UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Evaluación fisicoquímica y del potencial antioxidante del extracto micro encapsulado de uva de monte *Pourouma cecropiifolia* Mart. y su formulación de vino

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Jessica Paola Toalombo Laica

Tutor: Dr. José Homero Vargas López

Ambato – Ecuador

Julio – 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. José Homero Vargas López

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación Opción Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 23 de Junio de 2025.

Firmado electrónicamente por:
JOSE HOMERO VARGAS LOPEZ
Validar únicamente con FirmaEC

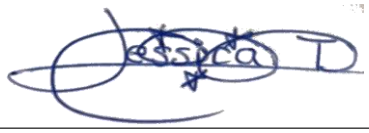
Dr. José Homero Vargas López

180197804-8

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jessica Paola Toalombo Laica, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Jessica Paola Toalombo Laica

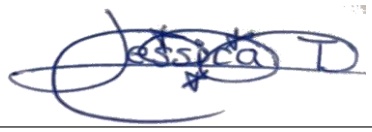
165007172-1

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Jessica Paola Toalombo Laica

165007172-1

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
LILIANA PATRICIA ACURIO ARCOS
Validar únicamente con FirmaEC

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RODNY DAVID PEÑAFIEL AYALA
Validar únicamente con FirmaEC

Dr. Rodny David Peñafiel Ayala

171228352-0

Firmado electrónicamente por:
ORESTES DARIO LOPEZ HERNANDEZ
Validar únicamente con FirmaEC

Dr. Orestes Darío López Hernández

175478486-4

Ambato, 07 de Julio de 2025

DEDICATORIA

A Dios por escucharme cada noche y guiar cada uno de mis pasos, iluminando mi camino incluso en los momentos más difíciles

A mis abuelos, Alejandro Laica y Juana Moposita, por brindarme su cariño incondicional y un hogar seguro durante esta etapa, en especial a mi abuelo, que aunque ya no esté físicamente conmigo, sé que se sentirá orgulloso porque al fin su "shuarita" como me solía llamar al fin consiguió el anhelado título.

A mis padres, Clelia Laica y Eduardo Toalombo, por ser una pieza fundamental de mi vida, por su amor, apoyo incondicional y sacrificio. Gracias por estar presente en cada proceso, por sostenerme en cada tropiezo y levantarme en cada caída, les agradezco por todo el esfuerzo que tuvieron que hacer para apoyarme, por nunca permitir que me rindiera y por darme el valor necesario para culminar la carrera.

A mi pareja Ernesto Alvarado, por escuchar mis constantes miedos y preocupaciones a lo largo de este trayecto, por su apoyo incondicional, que a pesar de las diferencias que hemos tenido ha estado presente en este proceso y a mi hijo, Alejandro Alvarado, por ser una fuente de inspiración constante, por entender y comprender porque su madre tiene que viajar constantemente a Ambato y siempre esperar mi regreso con los brazos abiertos y un beso lleno de amor.

A mis hermanas, Michelle Toalombo, Erika Toalombo y Flor Toalombo, por apoyarme en mi crecimiento profesional y por ayudarme tanto con la crianza de mi hijo, aliviaron mi carga de ser madre y estudiante al mismo tiempo.

A mi tía y prima, Sonia Laica y Dayana de los Ángeles Saigua, por abrirme las puertas de su hogar, por su escucha atenta y consejos en cada dilema durante esos años. A mi prima, por siempre estar disponible para escuchar, por sus consejos y por ser un sostén valioso a lo largo de todo este trayecto

AGRADECIMIENTO

A mi tutor, Dr. Homero Vargas

Al Ing. Orestes López

Al Mg. Israel Guanoquiza

Al Ing. Luis Tamayo

Al Ing. Alex Pabón

A la Ing. Isabel Noboa

A la Ing. Samantha

Por todo el apoyo y conocimiento brindado para la realización del presente trabajo

A mis amistades, Adriana P., Karla P., Gloria S., Soraya S., Alex P., Alex P., Karen S., Ana M., y Samantha P., quienes han estado desde el inicio de esta travesía. A pesar de que nuestros caminos se separaron, han estado presentes por medio de mensajes o llamadas, dándome ánimo para seguir adelante, aconsejándome en mi vida personal y estudiantil. Gracias por enseñarme el significado de la amistad verdadera y la confianza, siempre los tendré en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **II**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD ..... **III**

DERECHOS DE AUTOR ..... **IV**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **V**

AGRADECIMIENTO ..... **VII**

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO ..... **VIII**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XIII**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **XIII**

ÍNDICE DE ECUACIONES ..... **XIV**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **XV**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **XVI**

ABSTRACT ..... **XVII**

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Antecedentes investigativos **1**

1.1.1 Descripción de la familia Cecropiaceae 2

1.1.2 Descripción de la especie *Pourouma cecropiifolia* Mart. 2

1.1.2.1 Morfología 2

1.1.2.2 Taxonomía 3

1.1.2.3 Distribución ... 3
1.1.2.4 Usos ... 4
1.1.3 Composición nutricional ... 4
1.1.3.1 Macronutrientes ... 5
1.1.4 Vinificación a partir de frutas ... 6
1.1.4.1 Etapas básicas del proceso de vinificación ... 6
1.1.4.2 Papel de las levaduras ... 6
1.1.4.3 Requisitos fisicoquímicos del mosto ... 6
1.1.4.4 Procesos posts-fermentativos ... 7
1.1.5 Compuestos bioactivos ... 7
1.1.5.1 Polifenoles ... 7
1.1.6 Capacidad antioxidante ... 9
1.1.7 Microencapsulación mediante secado por aspersión ... 11

1.2 Objetivos ... 12
1.2.1 Objetivo General ... 12
1.2.2 Objetivos Específicos ... 12

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA ... 13

2.1 Materiales, equipos y reactivos ... 13
2.1.1 Materiales ... 13
2.1.2 Equipos ... 14
2.1.3 Reactivos ... 14

2.2 Métodos ... 15
2.2.1 Determinar la composición fisicoquímica de la fruta *Pourouma cecropiifolia* Mart. ... 15
2.2.1.1 Recolección del fruto ... 15
2.2.1.2 Preparación del fruto ... 15
2.2.1.3 Análisis fisicoquímico de la materia prima deshidratada ... 16
Determinación de cenizas totales ... 16
Determinación de proteína total ... 16
Determinación de humedad ... 16

Determinación de grasa total 17
Determinación de fibra cruda 17
Determinación de fibra dietética total 17
Determinación de carbohidratos totales 18
Cálculo de valor energético 18
Determinación de acidez titulable 18
Determinación de sólidos solubles 19
Determinación de pH 19
2.2.1.4 Extracción de compuestos bioactivos 19
Determinación de sólidos totales del extracto 19
2.2.1.5 Microencapsulación por secado por aspersión 20
2.2.1.6 Eficiencia del micro encapsulado 20
Cuantificación de polifenoles totales del micro encapsulado Pourouma cecropiifolia Mart.. mediante el método de Folin-Ciocalteu 21
2.2.2 Evaluar la capacidad antioxidante del extracto micro encapsulado por el método in vitro (DPPH). 21
2.2.2.1 Evaluación de la capacidad antioxidante por método in vitro 21
2.2.3 Realizar una formulación de un vino de uva de monte junto con sus propiedades sensoriales. 22
2.2.3.1 Elaboración de vino de uva de monte con el micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. 22
Recolección y evaluación de la materia prima 23
Selección y lavado 23
Separación de partes y deshidratación 23
Hidratación del fruto fresco 23
Formulación e inoculación 23
Fermentación alcohólica 24
Trasiego, clarificación e incorporación del micro encapsulado 24
Envasado y almacenamiento 24
Evaluación sensorial 24

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25

3.1 Análisis y discusión de los resultados 25

3.1.1 Caracterización fisicoquímica del fruto de *Pourouma cecropiifolia* Mart. 25

3.1.2 Extracción de compuesto bioactivos de los frutos de *Pourouma cecropiifolia* Mart. ... 28

3.1.2.1 Obtención del extracto vegetal liquido 28

3.1.3 Micro encapsulado de polifenoles mediante secado por aspersión 30

3.1.3.1 Eficiencia del micro encapsulado 31

3.1.3.2 Análisis de Espectrofotometría Infrarroja (FTIR-ATR) 32

3.1.3.3 Polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu del extracto y del micro encapsulado 36

3.1.3.4 Capacidad antioxidante por método in vitro del extracto concentrado y del micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. 36

3.1.3.5 Evaluación del potencial antioxidante del extracto concentrado y del micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. 37

3.1.4 Elaboración de un vino de uva de monte enriquecidas con el micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. 37

3.1.4.1 Resultados fisicoquímicos del vino elaborado 38

3.1.4.2 Incorporación del extracto micro encapsulado 38

3.1.4.3 Resultados del análisis sensorial 39

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43

4.1 Conclusiones 43

4.2 Recomendaciones 44

MATERIALES DE REFERENCIA 45

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 45

ANEXOS 50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras químicas de distintas clases de polifenoles 8
Figura 2. Reacción del reactivo de Folin-Ciocalteu en presencia de fenoles. 9
Figura 3. Principio de funcionamiento de Mini Spray Dryer B-290. 12
Figura 4. Diagrama de Pareto para la Concentración de polifenoles..... 29
Figura 5. Grafica de interacción para la Concentración de polifenoles. 29
Figura 6. Espectroscopia infrarroja del extracto de Pourouma cecropiifolia Mart. 33
Figura 7. Espectroscopia infrarroja del micro encapsulado de Pourouma cecropiifolia Mart. .. 34
Figura 8. Espectroscopia infrarroja del extracto, micro encapsulado y maltodextrina..... 35
Figura 9. Grafica de Aceptabilidad general 40
Figura 10. Grafica de los parámetros evaluados para el perfil sensorial 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de Pourouma cecropiifolia Mart..... 3
Tabla 2. Composición de macronutrientes de Pourouma cecropiifolia Mart. 5
Tabla 3. Características fisicoquímicas de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart..... 25
Tabla 4. Eficiencia de microencapsulación de Pourouma cecropiifolia Mart. 32
Tabla 5. Potencial antioxidante del extracto concentrado y del micro encapsulado de Pourouma cecropiifolia Mart..... 37
Tabla 6. Escala hedónica..... 39
Tabla 7. Resultados del análisis sensorial del vino elaborado con extracto micro encapsulado de Pourouma cecropiifolia Mart. 42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de porcentaje de cenizas 16
Ecuación 2. Cálculo de porcentaje de proteína total 16
Ecuación 3. Cálculo de porcentaje de humedad 17
Ecuación 4. Cálculo de porcentaje de grasa total 17
Ecuación 5. Cálculo de porcentaje de fibra cruda 17
Ecuación 6. Cálculo de porcentaje de fibra dietética total 18
Ecuación 7. Cálculo de porcentaje de carbohidratos totales 18
Ecuación 8. Cálculo de porcentaje de valor energético 18
Ecuación 9. Cálculo de porcentaje de acidez titulable 18
Ecuación 10. Cálculo de solidos totales 20
Ecuación 11. Cálculo de la eficiencia de microencapsulación 20
Ecuación 12. Cálculo de la concentración polifenoles expresado en (µg/mL) 21
Ecuación 13. Cálculo de la capacidad antioxidante 22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planta de Pourouma cecropiifolia Mart. 50
Anexo 2. Recolección de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart. 50
Anexo 3. Análisis proximal del fruto seco de Pourouma cecropiifolia Mart. 51
Anexo 4. Preparación de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart..... 52
Anexo 5. Análisis de ANOVA de los diferentes factores utilizados en la extracción de polifenoles de Pourouma cecropiifolia Mart. 52
Anexo 6. Análisis de optimización de respuesta 53
Anexo 7. Proceso de extracción y microencapsulación del compuesto bioactivo de Pourouma cecropiifolia Mart..... 53
Anexo 9. Proceso de elaboración de vino y cata 54

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se enfocó en el estudio de una fruta amazónica deshidratada que es la uva de monte *Pourouma cecropiifolia* Mart. que posee un alto valor nutricional pero es muy subvalorada en la industria, por consiguiente, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas como solidos solubles, pH, acidez, cenizas, proteínas, entre otros., y fue empleada para la obtención de un extracto concentrado en compuestos fenólicos (polifenoles, flavonoides, antocianinas, etc.,), el cual fue evaluado por su capacidad antioxidante siguiendo la metodología de Folin-Ciocalteu y DPPH, posteriormente dicho extracto concentrado fue sometido al proceso de microencapsulación por secado por aspersión empleando maltodextrina como agente encapsulante con la finalidad de conservar sus compuestos bioactivos y el polvo obtenido fue incorporado en la formulación de un vino artesanal, el cual fue sometido a evaluaciones sensoriales. Los resultados finales obtenidos indicaron que la fruta ocupada contiene compuestos bioactivos con capacidad antioxidante, además que el proceso de microencapsulación permitió conservar sus propiedades funcionales, por otro lado, la introducción del extracto micro encapsulado en el vino permitió mejorar su perfil sensorial indicando una buena aceptación del producto final, señalando la viabilidad de su uso en alimentos funcionales. El trabajo propone una alternativa innovadora y sostenible para la utilización de los recursos amazónicos despreciados, señalando que es posible la unión de extractos vegetales estabilizados mediante de la microencapsulación en alimentos fermentados, favoreciendo a la innovación en la industria alimentaria a través del uso de materias primas.

Palabras clave: uva de monte, antioxidantes, microencapsulación, vino artesanal, *Pourouma cecropiifolia*

ABSTRACT

This work focused on the study of a dehydrated Amazonian fruit, the mountain grape Pourouma cecropiifolia Mart., which has high nutritional value but is highly undervalued in the industry. Therefore, its physicochemical properties such as soluble solids, pH, acidity, ash, proteins, among others, were evaluated. It was used to obtain an extract concentrated in phenolic compounds (polyphenols, flavonoids, anthocyanins, etc.), which was evaluated for its antioxidant capacity following the Folin-Ciocalteu and DPPH methodology. Subsequently, said concentrated extract was subjected to the microencapsulation process by spray drying using maltodextrin as an encapsulating agent to preserve its bioactive compounds. The obtained powder was incorporated into the formulation of an artisanal wine, which was subjected to sensory evaluations. The final results obtained indicated that the dehydrated fruit contains bioactive compounds with antioxidant capacity, in addition to the microencapsulation process that preserved its functional properties. Furthermore, the introduction of the microencapsulated extract into wine improved its sensory profile, indicating a positive acceptance of the final product and the feasibility of its use in functional foods. The study proposes an innovative and sustainable alternative for harnessing neglected Amazonian resources, indicating that it is possible to combine microencapsulated stabilized plant extracts in fermented foods, promoting innovation in the food industry through the use of raw materials.

Keywords: mountain grape, antioxidants, microencapsulation, artisanal wine, Pourouma cecropiifolia

CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

El interés por las frutas amazónicas se ha incrementado en los últimos años debido a que aportan vitaminas, minerales, además de sus altas concentraciones de compuestos bioactivos con propiedades beneficiosas para la salud, además de su sabor y su refrescante aroma (Vasco et al., 2008). Entre estas especies se destaca la uva de monte (*Pourouma cecropiifolia* Mart.), es un árbol de crecimiento rápido que puede alcanzar hasta los 20 metros de altura, con hojas palmadas y frutos agrupados en racimos. Es una fruta nativa de la región Amazónica de América del Sur, ubicada en países como Ecuador, Perú, Colombia y Brasil, además, el fruto posee un alto contenido de vitamina C, niacina, riboflavina, flavonoides, quinonas, taninos, cumarinas, esteroides, azucares naturales, fibras, minerales y compuestos fenólicos, su fruto es carnoso, de un color oscuro en su estado de maduración, posteriormente ha sido tradicionalmente consumido por comunidades indígenas por su sabor agradable y propiedades nutricionales (Romero et al., 2020).

Estudios etnobotánicos han llegado a reportar que además de su consumo como fruta fresca, la uva de monte ha sido empleada en la medicina tradicional para conseguir tratar afecciones digestivas y como un tónico natural, aumentando su interés en investigar su potencial funcional y antioxidante, considerando que tiene una gran riqueza de compuestos bioactivos, lo que permite perfilar como una excelente materia prima para el desarrollo de productos alimenticios innovadores en estos se destaca extractos concentrados, suplementos funcionales o bebidas fermentadas (Morais et al., 2022).

Sin embargo, a pesar de estas propiedades, la uva de monte enfrenta la problemática de la falta de estudios de caracterización exhaustiva, la falta de tecnologías de procesamiento, conservación y transformación adecuadas, junto con cadenas de comercialización poco desarrolladas, limitando su valoración de su potencial agroindustrial, restringiendo su presencia en mercados, generando perdidas post cosecha y provocando un desaprovechamiento de su biodiversidad .

Frente a esta situación, la presente investigación se justifica por la necesidad de generar información científica actualizada sobre la caracterización fisicoquímica y el potencial

antioxidante de la uva de monte, asi como explorar su micro encapsulación como estrategia de conservación de sus compuestos bioactivos. Esta aplicación tecnológica permitiría estabilizar los extractos, prolongar su vida útil y facilitar su incorporación en productos innovadores como vinos, suplementos funcionales, bebidas fermentadas o jugos enriquecidos, contribuyendo asi a la diversificación productiva de especies amazónicas subutilizadas y promoviendo practicas sostenibles que generen ingresos para comunidades rurales.

1.1.1 Descripción de la familia Cecropiaceae

La familia Cecropiaceae (actualmente incluida dentro de la familia Urticácea según clasificaciones filogenéticas modernas) consta de 6 géneros y unas 200 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales, principalmente en América, por lo tanto, en Ecuador están representados 3 géneros y 59 especies (Berg & P. Franco, 1993).

1.1.2 Descripción de la especie *Pourouma cecropiifolia* Mart.

1.1.2.1 Morfología

Es un árbol pequeño o mediano que puede alcanzar desde los 12 hasta los 15 metros de altura, altitudinalmente se encuentra entre los 200 a 900 m.s.n.m en casi toda la Región Amazónica Ecuatoriana, además, se desarrolla en zonas húmedas no inundables con precipitación anual entre 1.000 y 3.400 mm, con temperaturas entre 17 y 25°C, por lo tanto, tiende a concentrarse en zonas aluviales cerca a los ríos y riachuelos (Yánez, 1999), con respecto al tronco es cilíndrico, delgado con copa de amplitud media entre los 7 y 14 m, corteza gris provista de anillos, poseen un diámetro de 30 cm, sus hojas peculiarmente son palmadas dispuestas en espiral, poseen alrededor de 9 a 11 foliolos y un peciolo de 20 cm de largo, presentan estricto dioicismo, sus flores son blancas, al ser dioico tiene cada sexo en pies distintos, es decir dos clases de flores, donde las pistiladas son hembras (miden 0.2 cm) y las estaminadas son machos (0.3 cm), sus frutos son de color violeta oscuro, globosos, ovoide, posee un diámetro de 2 a 3 cm y llegan a producir racimos de 100 a 150 frutos y la pulpa es blancuzca, dulce y jugosa (Gallegos et al., 2021; L. Morales & Varón, 2013; Yánez, 1999).

1.1.2.2 Taxonomía

En la siguiente tabla se presenta la clasificación taxonómica de la especie *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Tabla 1. *Clasificación taxonómica de Pourouma cecropiifolia Mart.*

Reino	**Plantae**
Subreino	
División	Magnoliophyta
Clase	Magniolosida
Subclase	Hammamelidae
Orden	Urticales
Suborden	
Familia	Cecropiaceae
Subfamilia	
Tribu	Moraceae
Subtribu	
Género	*Pourouma*
Especie	*cecropiifolia*

Fuente:(Berg, 1978; Ministerio de cultura y patrimonio, 2016)

1.1.2.3 Distribución

La uva de monte es nativa de la Amazonía y se localiza comúnmente en la región conocida como la Alta Cuenca Amazónica que comprende los sectores del norte de Bolivia, al noroeste de Brasil, al sur de Colombia, en la región amazónica de Ecuador, al este de Perú y en algunos casos al suroeste de Venezuela (Ministerio de cultura y patrimonio, 2016; Ramos, 2018). *Pourouma cecropiifolia* Mart. comúnmente denominado en Perú como uvilla, ubilla (Morales, 1997), en Colombia como uva caimarona, caimarón, caima, en Brasil como mapati, cucura, puruma, umbauba de cheiro, imbauba de vino, uva de mata, en Ingles como grape tree fruit (Gonzales Coral, 2002), y en Ecuador como caimarón, uvilla, uva caimarona, uva de árbol, uvilla cucura y uva de monte (Durán et al., 2013).

1.1.2.4 Usos

Su uso principalmente es de forma alimenticia debido a que su fruto es comestible porque es jugosa, dulce y posee un aroma agradable, pero hay investigaciones en donde se lo emplea en la elaboración de jugos, néctares, mermeladas, concentrados y postres artesanales, por otro lado los nativos emplean las semillas molidas de *Pourouma cecropiifolia* como sustituto del café y en la amazonia colombiana se ocupa la ceniza de las hojas para mezclarlas con la hoja de coca ocupadas para masticar (Orduz & Rangel, 2002).

Cabe destacar que posee un elevado contenido de compuestos bioactivos, los cuales son el ácido ascórbico, alcaloides, azucares reductores, cumarinas, flavonoides, antocianinas, taninos, saponinas y polifenoles, estos compuestos favorecen en la síntesis de colágeno, absorción de hierro, actividad antitumoral, desarrollo de funciones cerebrales, prevención de la formación de coágulos en vasos sanguíneos, fotoprotector, agente quimiopreventivo, ayuda a prevenir enfermedades de tipo cardiovasculares, fungicida, efectos antiinflamatorios, entre otros (Gallegos et al., 2021).

En la actualidad *Pourouma cecropiifolia* Mart. puede llegar a utilizarse en la agroindustria en productos como complejos vitamínicos, chocolates rellenos con jalea de uva de monte, bebidas nutraceúticas, yogurt, bebidas dietéticas, vino, protectores solares, complemento para la alimentación (polvo) extracción de la cascara, te medicinal, bebidas gaseosas, tensioactivos, entre otros (Gallegos et al., 2021**).**

Según Sevilla (2015), considera que esta relación se debe a compuestos como vitamina C, carotenoides y polifenoles poseen la actividad secuestradora de radicales libres, ayudando de forma benéfica a disminuir el daño causado por la peroxidación de lípidos o daño al ADN.

1.1.3 Composición nutricional

La composición nutricional es referente a la cantidad y proporción de nutrientes incluyendo los macronutrientes y micronutrientes que en conjunto proveen de un valor energético al alimento. Aunque estudios recientes para esta especie han determinado que la pulpa es rica en carbohidratos simples, fibra dietaría, vitamina C, minerales esenciales, valor energético, agua, proteína, grasas, carbohidratos, fibras, cenizas, potasio, calcio, fosforo, fierro, riboflavina,

niacina, ácido ascórbico y compuestos bioactivos antioxidantes, además la fruta es tolerada por el organismo, ampliando su aplicabilidad como ingrediente en alimentos infantiles, productos naturales, suplementos dietéticos y formulaciones alimentarias innovadoras (Montero et al., 2018)**.**

1.1.3.1 Macronutrientes

La composición nutricional de *Pourouma cecropiifolia* Mart. revela su valor como alimento funcional, especialmente por su aporte equilibrado de macronutrientes los cuales son energía, carbohidratos, azucares, fibra dietética y proteína son consideradas suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales diarias de una persona si consume 100 g de esta fruta, además por su bajo contenido graso lo convierte en una opción adecuada para dietas saludables (Gallegos et al., 2021).

Tabla 2. *Composición de macronutrientes de Pourouma cecropiifolia Mart.*

Composición Nutricional	**Valores para *P. cecropiifolia***	
	Base seca	**Base fresca**
Humedad (%)	_____	82.90 – 86.2
Extracto etéreo	1.87 – 2.04	0.29
Proteína total (%)	2.06 – 4.57	0.30 – 0.32
Fibra cruda(%)	5.42 – 6.35	0.84 – 0.90
Grasa (%)	_____	0.30
Carbohidratos (%)	88.84 – 14.87	13.77 – 16.70
Cenizas	1.81 – 3.33	0.28 – 0.30
Valor calórico(Kcal/100g)	412.90	64.00
pH	_____	3.4 – 4.6
Solidos solubles	_____	5.5 – 11.9
Acidez (% ácido tartárico)	_____	0.16 – 0.45

Nota: Extraído de (Calixto, 2020; Gonzales Coral, 2002; Orduz & Rangel, 2002)

1.1.4 Vinificación a partir de frutas

El desarrollo de vinificación artesanal con frutas tropicales se ha convertido en una alternativa sostenible para el aprovechamiento de recursos agrícolas subutilizados, los cuales poseen perfiles sensoriales únicos y alto valor funcional, impulsando así la diversificación productiva en regiones de clima cálido. A diferencia de la uva, las frutas tropicales presentan perfiles variables en cuanto a azucares, acidez y compuestos fenólicos, por lo cual, requieren una aplicación rigurosa de principios en lo que implica ajustes específicos durante el proceso fermentativo (Ramos, 2018).

1.1.4.1 Etapas básicas del proceso de vinificación

Las etapas básicas son selección, lavado y preparación del fruto, seguido de la extracción del mosto por medio de trituración, prensado o licuado, junto hay que considerar un ajuste de parámetros claves que son el pH, °Brix y acidez titulable con el propósito de tener una fermentación controlada para que al final del proceso fermentativo se realice la clarificación, estabilización y maduración del vino (Ramos, 2018)**.**

1.1.4.2 Papel de las levaduras

La fermentación alcohólica dirigida por la *Sacharomyces cervisiae*, debido a que es la levadura más empleada por su alta tolerancia al alcohol junto con la gran capacidad que posee de producir compuestos aromáticas, además, tiene la capacidad de transformas los azucares del mosto en etanol y compuesto volátiles responsables del aroma y sabor final del vino, por ende, la selección de la levadura es primordial para obtener un perfil sensorial deseado y evitar fermentaciones incompletas (Ramos, 2018).

1.1.4.3 Requisitos fisicoquímicos del mosto

Los requisitos primordiales del mosto implica evaluar y ajustar las variables como tener un pH optimo entre los 3.2 y 4.0, poseer grados brix entre los 18 y 24 con el fin de llegar a alcanzar concentraciones de alcohol entre los 10 % y 12 % v/v, además, de considerar la acidez titulable entre los 4.5 y 7.5 esto según la fruta de preferencia y debe de mantenerse entre los 22 °C y 26 °C con el fin de evitar procesos de fermentación lentas, estos aspectos son determinantes si se

desea tener una fermentación controlada (Ramos, 2018)**.** Después de medir estos parámetros y tenerlos controlados, se prosigue con la inoculación con cepas de levaduras seleccionadas.

1.1.4.4 Procesos posts-fermentativos

Una vez terminado el proceso de fermentación, el trasiego, clarificación y envejecimiento contribuyen a mejorar de forma positiva la limpieza, equilibrio y expresión organoléptica del vino, para conseguirlo, se pueden utilizar prácticas como el filtrado en frio, la incorporación de sulfitos o el embotellamiento bajo atmosfera inerte, estos procesos tienen la finalidad de asegurar la calidad sensorial y un producto microbiológicamente estable (Ramos, 2018)**.**

1.1.5 Compuestos bioactivos

Según Ud Din et al. (2023), varios compuestos bioactivos presentes en los alimentos de color verde, denominados como fitoquímicos han demostrado tener una fuerte relación con la prevención de enfermedades crónicas. Su consumo frecuente especialmente de frutas, verduras, frutos secos, granos, entre otros, contribuyen a mejorar los beneficios para la salud humana porque poseen excelentes aplicaciones biológicas como antiinflamatorias, antioxidantes, entre otras aplicaciones.

Entonces, los frutos de *P. cecropiifolia* contienen una diversidad de compuestos bioactivos, destacando los polifenoles, flavonoides, taninos y antocianinas que se localizan en todo el fruto de la especie, pero más se resalta en su pulpa y cascara (Ávila-Sosa et al., 2019).

1.1.5.1 Polifenoles

Los polifenoles son un grupo amplio de compuestos bioactivos presentes en los alimentos de origen vegetal, son muy reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, antitumorales, reguladores del sistema inmunológico y su excelente potencial para la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer, diabetes y patologías cardiovasculares, su consumo regular por medio de alimentos naturales o nutraceúticos ayuda de manera positiva la salud metabólica (González Aguilar et al., 2008). Considerando que se caracterizan por contener varios grupos hidroxilo en anillos aromáticos, presentes en plantas superiores y en plantas comestibles, estas moléculas poseen estructuras químicas que les

permiten neutralizar radicales libres, inhibir procesos oxidativos, modular enzimas y rutas metabólicas implicadas en el estrés oxidativo (Urrialde et al., 2022)**.**

Se llegan a clasificar en diferentes grupos en función específica del número de anillos fenólicos que contienen y de los elementos estructurales que los unen, por lo tanto, se distinguen entre ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos como se puede observar detenidamente en la **Figura 1**, por otro lado, los flavonoides están más presenten en frutas silvestres y tropicales, las cuales se destacan con mayor importancia las antocianinas, flavonoles, flavanonas e isoflavonas quienes son responsable de las características organolépticas de las plantas o futas como son el color, sabor y astringencia (Manach et al., 2004)**.**

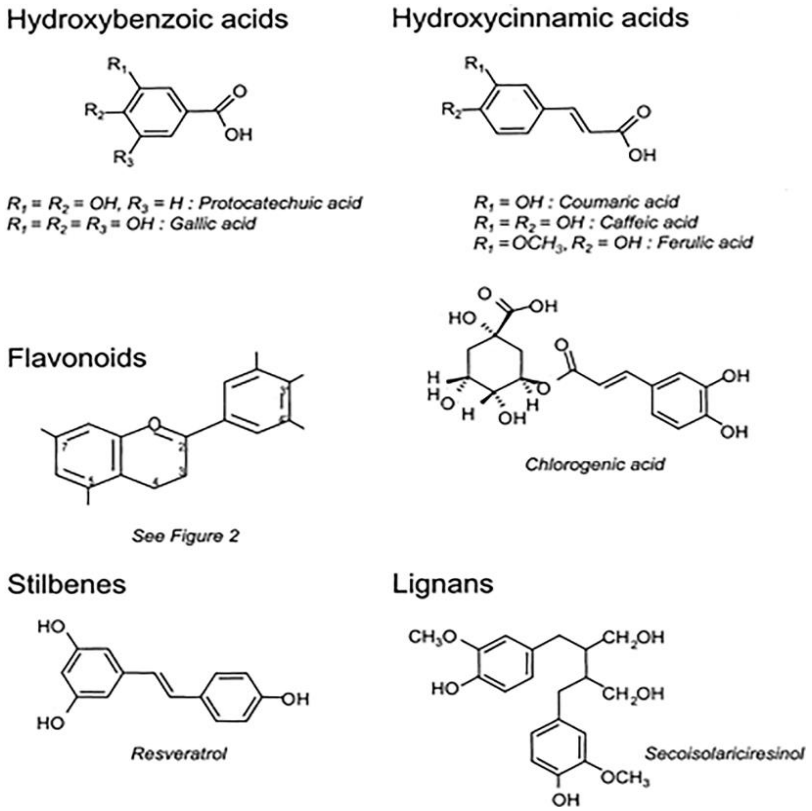


Figura 1. *Estructuras químicas de distintas clases de polifenoles*

Nota: Tomado de (Manach et al., 2004)

Fundamentación del método de Folin-Ciocalteu

El método de Folin-Ciocalteu es una técnica colorimétrica muy utilizada para estimar el contenido total de compuestos fenólicos en matrices vegetales, alimentos y productos naturales, su fundamentación se basa especialmente en una reacción redox, donde los compuestos

fenólicos presentes reducen los reactivos de Folin-Ciocalteu en medio alcalino, es decir, durante la reacción redox, los iones Mo^{6+} y W^{6+} del reactivo son reducidos a formas de menor valencia (Mo^{5+} y W^{5+}), originando una coloración azul cuya intensidad se relaciona al número de grupos hidroxilos fenólicos presentes, como se representa en la **Figura 2.**

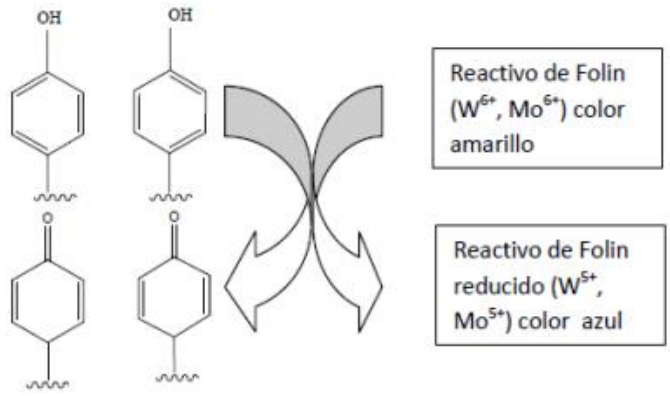


Figura 2. *Reacción del reactivo de Folin-Ciocalteu en presencia de fenoles.*

Nota: Tomado de (García et al., 2015)**.**

La reacción redox produce el ácido fosfomolibdotpungstico que son provenientes de las sales sódicas wolframato sódico y molibdato sódico, una vez obtenido el complejo azulado se requiere del uso del espectrofotómetro para realizar la medición de la absorbancia en una longitud de onda de 760 a 765 nm, utilizando una curva de calibración construida por medio de una recta patrón de ácido gálico con la finalidad de obtener la cuantificación de polifenoles, por ultimo los resultados se expresan como miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de la muestra (mg EAG/g) (García et al., 2015)**.**

1.1.6 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es referente a las sustancias capaces de neutralizar la acción de oxidación de los radicales libres que en exceso puede llegar a inducir el daño celular, oxidación de lípidos, proteínas y ADN, por consecuencia, llegan a contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como cáncer, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas que llegan a perjudicar de forma negativa la salud de las personas (Guija-Poma et al., 2015)**.**

Las moléculas que los componen son pequeñas y de origen endógeno, es decir, se producen dentro de un organismo, célula o sistema, los cuales son desarrollados por nuestro cuerpo para

la remoción de los radicales libres o de origen exógeno, se originan fuera del organismo, célula o sistema, en este caso serían los alimentos que ingerimos (Vázquez-Ovando et al., 2022)**.**

Los polifenoles presentes tanto en frutas, verduras, semillas y extractos vegetales son reconocidos por su elevada capacidad antioxidante, convirtiéndolos en compuestos claves para la prevención de enfermedades crónicas, debido a que las moléculas llegan a actuar a través de mecanismo de donación de electrones o átomos de hidrogeno, quelación de metales prooxidantes y modulación de enzimas antioxidantes (Sies et al., 2017).

En la actualidad existen números formas para determinar la capacidad antioxidante, las más utilizadas son los ensayos DPPH, ABTS, FRAP, ORAC y CUPRAC, cada uno de ellos presenta diferentes formas de mecanismo de acción y sensibilidad, por otro lado, es recomendable el uso combinado de varios métodos para una estimación más precisa del potencial antioxidante de una muestra (Apak et al., 2016).

Fundamento del método DPPH

El ensayo denominado DPPH, es el método de eliminación de radicales libres 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, esta prueba consiste principalmente en evaluar la capacidad antioxidante total de compuestos o extractos naturales, basándose en el principio de reducción del radical libre DPPH que llega a presentar un color violeta intenso o purpura intenso que son los antioxidantes presentes en la muestra, al momento de reaccionar con el antioxidante, en otras palabras, hace referencia a la capacidad para donar un electros o un átomo de hidrogeno y reducir el radical libre DPPH, ocasionando la perdida de decoloraciones menores, indicando de esta forma la eficiencia antioxidante y se lo puede medir por medio de un espectrofotómetro con una longitud de onda de 515 nm, el resultado final generalmente se expresa en términos de porcentaje de inhibición del radical o con la ayuda de una curva estándar antioxidante como el ácido ascórbico y más comúnmente utilizado el Trolox (Vázquez-Ovando et al., 2022)**.**

Este método es muy útil en el análisis comparativo de productos naturales, en especial sobre frutas nativas, extractos encapsulados y productos funcionales, por otro lado, también es compatible con extractos en estado líquidos o reconstruidos a partir de polvos micro encapsulados.

1.1.7 Microencapsulación mediante secado por aspersión

El micro encapsulado por aspersión es una técnica muy utilizada en sectores como la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, entre otros, con la finalidad de proteger los compuestos bioactivos frente a varios factores que llegan a perjudicar su estabilidad como la luz, oxigeno, humedad y temperatura, llegando a mejorar de forma positiva la estabilidad, biodisponibilidad y vida útil del producto (Fang & Bhandari, 2010). Entre los diferentes métodos de micro encapsulación existentes, el secado por aspersión (spray drying) es uno de los más empleados en los sectores industriales, esto se relaciona directamente por la eficiencia, su bajo costo operativo, escalabilidad industrial y la gran posibilidad de obtener polvos con excelentes propiedades funcionales, el enfoque principal es la conservación de sabores, ciertas propiedades del alimento, encapsulamiento de probióticos, vitaminas, fitoquímicos (Córdoba Leyton, 2021)**.**

El proceso consiste en transformar una emulsión o solución liquida que contenga el compuesto bioactivo junto con su agente encapsulante como maltodextrina, goma arábiga, almidones modificados, entre otros en polvo seco a través de una corriente de aire caliente, entonces, al momento de entrar en contacto con el aire caliente, el disolvente se evapora rápidamente, es decir, la emulsión es pulverizada en finas gotas por medio de un aspersor en donde es expone a cortos periodos de tiempo a temperaturas elevadas, permitiendo la rápida evaporación del solvente, originando las microcápsulas secas que encierran los compuestos de interés (Akhavan Mahdavi et al., 2016).

El secado ocurre en una cámara donde el aire caliente fluye hacia los aspersores ubicados en paralelo, en contracorriente con el flujo descendente de las microgotas atomizadas, por ende, a medida que el líquido se evapora en el gas caliente, se llegan a formar las partículas sólidas secas, las cuales son recolectadas en separadores ciclónicos o sistemas de filtrado (Espinosa & Márquez, 2017).

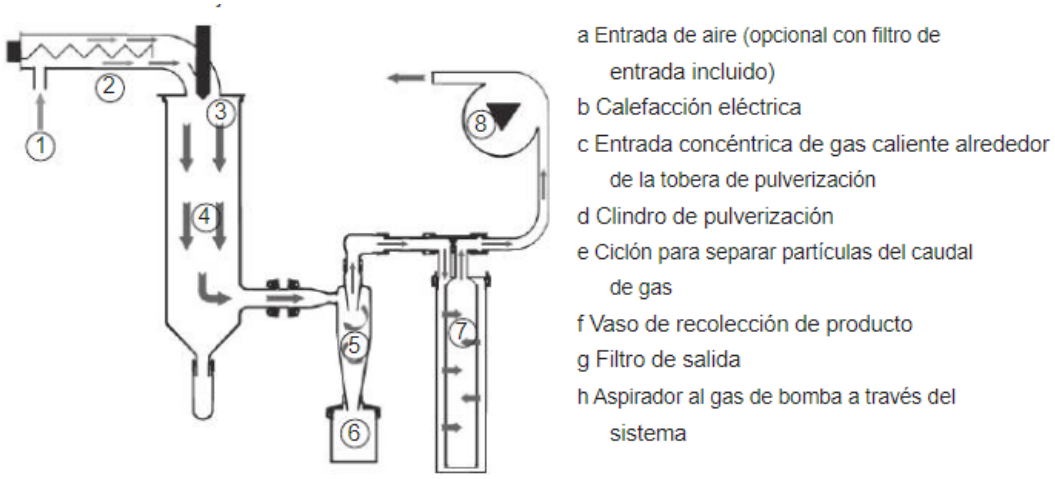


Figura 3. *Principio de funcionamiento de Mini Spray Dryer B-290.*

Nota: Tomado de**:**(BÜCHI, 2020)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar el análisis fisicoquímico y obtención de un extracto micro encapsulado rico en compuestos bioactivos de la fruta uva de monte *Pourouma cecropiifolia*

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la composición fisicoquímica de la fruta *Pourouma cecropiifolia*
- Evaluar la capacidad antioxidante del extracto micro encapsulado por el método in vitro (DPPH)
- Realizar una formulación de un vino de uva de monte junto con sus propiedades sensoriales

CAPÍTULO II.-METODOLOGÍA

El presente trabajo de titulación fue de tipo experimental y fueron llevados a cabo en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE), Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) y los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), ubicados en el Campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), a continuación se enlistara los materiales fungibles, equipos y reactivos utilizados durante la investigación.

2.1 Materiales, equipos y reactivos

2.1.1 Materiales

- Materia vegetal: Frutos de *Pourouma cecropiifolia* Mart.
- Balón de aforo (100 mL)
- Vaso de precipitación (100, 250, 2000 mL)
- Probeta de vidrio (100 mL)
- Tubos Eppendorf de 2 mL
- Micropipeta de 2- 20 µL
- Micropipeta de 10 - 1000 µL
- Caja de puntas de 2- 20 µL
- Caja de puntas de 10 - 1000 µL
- Placa (96 pocillos)
- Platos de aluminio
- Mortero
- Crisol de porcelana
- Embudo de filtración
- Pinza metálica
- Bureta de 25 mL
- Matraz Erlenmeyer 250 mL
- Pera de succión
- Toallas de papel

2.1.2 Equipos

- Balanza analítica
- Deshidratador por convección
- Nevera
- Potenciómetro portátil
- Refractómetro digital
- Termobalanza
- Condensador de reflujo
- Rotavapor
- Centrifuga
- Plancha de calentamiento
- Mini Spray Dryer
- Espectrofotómetro UV-Visible
- Espectrofotómetro Infrarrojo
- Sonicador
- Brixometro

2.1.3 Reactivos

En a la determinación de Acidez titulable se utilizó:

- Agua destilada
- Fenolftaleína 1%
- Hidróxido de sodio (0,1 N)

En la extracción del compuesto bioactivo se utilizó:

- Etanol (96%)

En la microencapsulación se utilizó:

- Maltodextrina

En la evaluación de la capacidad antioxidante por método *in vitro* se utilizó:

- 2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)
- Ácido 6-hydroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxilico (Trolox)
- Agua destilada
- Metanol

En la cuantificación de Polifenoles Totales por el método de Folin-Ciocalteu se utilizó:

- Reactivo de Folin-Ciocalteu
- Carbonato de Sodio
- Ácido Gálico

2.2 Métodos

2.2.1 Determinar la composición fisicoquímica de la fruta *Pourouma cecropiifolia* Mart.

2.2.1.1 Recolección del fruto

Se realizo la recolección de los frutos de *Pourouma cecropiifolia* Mart. en su etapa de madurez., la recolección se llevó a cabo en el Cantón Santa Clara, provincia de Pastaza, ciudad del Puyo, registrando las siguientes coordenadas de obtención del material vegetal, Latitud 1° 15’ 50,4’’ S longitud 77° 53’ 14,6’’ O, las muestras fueron recolectadas, deshidratadas y almacenadas en fundas plásticas estériles a temperatura ambiente.

2.2.1.2 Preparación del fruto

Los frutos fueron limpiados para eliminar impurezas del material. Posteriormente, se sometieron a deshidratación por un lapso de 48 horas, con una temperatura de 60°C, para reducir la cantidad de humedad presente en la fruta, finalmente de triturara para obtener un polvo fino, que fue la base para la extracción **(Pacheco Narváez, 2022).**

2.2.1.3 Análisis fisicoquímico de la materia prima deshidratada

Se realizaron los análisis fisicoquímicos de los frutos de *P. cecropiifolia* Mart. deshidratada, para obtener una referencia de la composición fisicoquímica presentes en los frutos mediante métodos estandarizados avalados por organismos internacionales como AOAC e INEN. Todos los análisis fisicoquímicos fueron realizados en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL).

Determinación de cenizas totales

El contenido de cenizas se determinó por medio del método gravimétrico, descrito por la AOAC 923.03 **(AOAC, 2023).** En donde se pesó 5 g de muestra y se incineró en una mufla a 550°C hasta peso constante con la finalidad de eliminar toda la materia orgánica.

$$Cenizas\ (\%) = \left(\frac{Peso\ del\ residuo}{Peso\ de\ la\ muestra}\right) * 100$$

Ecuación 1. Cálculo de porcentaje de cenizas

Determinación de proteína total

La cuantificación de proteínas se realizó mediante el método de digestión Kjeldahl, detallado en el método AOAC 2001.11, el cual comprende tres etapas: digestión, destilación y titulación. En donde se pesó 1 g de muestra, que fue sometida a digestión con ácido sulfúrico (H_2SO_4) en presencia de catalizadores, seguida de neutralización y destilación del nitrógeno. El contenido de nitrógeno se transformó a proteína aplicando al factor 6.25 **(AOAC, 2023).**

$$\text{Proteína total } (\%) = \text{Nitrogeno} * 6.25$$

Ecuación 2. Cálculo de porcentaje de proteína total

Determinación de humedad

La humedad se realizó por el método de gravimetría, en donde se colocó 5 g de muestra en capsulas de alumno previamente taradas y se secó en estufa a 105°C por 24 horas hasta peso constante, conforme el método AOAC 925.10, determina el contenido de agua presente en el alimento **(AOAC, 2023).**

$$\text{Humedad (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Pesp final}}{\text{Peso inicial}}\right) * 100$$

Ecuación 3. Cálculo de porcentaje de humedad

Determinación de grasa total

El contenido de grasas se determinó mediante hidrolisis acida de 2 g de muestra con HCl, seguido de extracción con solvente orgánico usando un equipo Soxhlet. El extracto graso fue sacado y pesado para calcular el porcentaje de grasa, según el método de AOAC 2003.06 **(AOAC, 2023).**

$$\text{Grasa (\%)} = \left(\frac{\text{Peso del extracto de grasa}}{\text{Peso de la muestra}}\right) * 100$$

Ecuación 4. Cálculo de porcentaje de grasa total

Determinación de fibra cruda

La fibra cruda se cuantificación por el método gravimétrico descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 522, mediante digestión acida y alcalina. En donde se pesó 1 g de muestra desengrasada, se digirió con 100 ml de ácido sulfúrico durante 1 hora con agitación, se filtró y lavo. Luego, se repitió la digestión con 100 ml de Na(OH) al 22%, filtrando nuevamente y lavando con agua caliente. El residuo fue secado a 103°C por 24 horas y calcinado a 550°C por 3 h.

$$\text{Fibra cruda (\%)} = \left(\frac{\text{Peso del residuo} - \text{Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}}\right) * 100$$

Ecuación 5. Cálculo de porcentaje de fibra cruda

Determinación de fibra dietética total

La fibra dietética total fue evaluada mediante el método AOAC 985.29, en donde se pedo 1 g de muestra fue sometida a digestión enzimática con α-amilasa, proteasa y aminoglucósido para

eliminar almidón y proteínas. El residuo fue secado, pesado y corregido por cenizas y proteínas **(AOAC, 2023).**

$$\text{Fibra dietétoca total (\%)} = \left(\frac{\text{Peso del residuo} - \text{Proteína} - \text{Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}}\right) * 100$$

Ecuación 6. Cálculo de porcentaje de fibra dietética total

Determinación de carbohidratos totales

Se estimaron por diferencia, restando a 100% la suma de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietética.

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\text{Proteína} + \text{Grasa} + \text{Cenizas} + \text{Humedad} + \text{Fibra dietética})$$

Ecuación 7. Cálculo de porcentaje de carbohidratos totales

Cálculo de valor energético

El valor energético se calculó usando los factores de Atwater, donde cada gramo de proteína y carbohidrato aporta 4 kcal y la grasa 9 kcal.

$$\text{Energía } \left(\frac{\text{kcal}}{100\text{g}}\right) = (4 * \text{Proteína}) + (4 * \text{Carbohidratos}) + (9 * \text{Grasa})$$

Ecuación 8. Cálculo de porcentaje de valor energético

Determinación de acidez titulable

Se coloco 10 ml de muestra diluida en agua destilada y se tituló con Na(OH) 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.1, ocupando un potenciómetro, siguiendo el método OAC 942.15 **(AOAC, 2023).** La acidez se expresó como g de ácido tartárico por 100 ml.

$$\text{Acidez } \left(\frac{\text{g}}{100\text{ ml}}\right) = \left(\frac{\text{V} * \text{N} * \text{E}}{\text{ml de muestra}}\right) * 100$$

Ecuación 9. Cálculo de porcentaje de acidez titulable

Determinación de sólidos solubles

Se siguieron las instrucciones proporcionadas por el método AOAC 981.12, donde la medición de sólidos solubles en un extracto acuoso se realizó con la ayuda de un refractómetro digital a 20°C, el cual proporciono una cuantificación numérica denominada °Brix **(AOAC, 2023).**

Determinación de pH

El pH se medió mediante potenciómetro, siguiendo la metodología AOAC 981.12, que indica que la medición deberá efectuarse directamente de una solución preparada con 5 gramos de la muestra en 45 mL de agua destilada **(AOAC, 2023).**

2.2.1.4 Extracción de compuestos bioactivos

Para la concentración de los polifenoles se sigue la técnica de **Abdel-Aal & Hucl (1999),** con ciertas modificaciones, para lo cual se mezcló un solvente que permitió la extracción de polifenoles de la fruta deshidratada previamente pulverizada, posterior se colocó en una plancha de calentamiento llevándola a ebullición, donde se lo mantuvo a una temperatura constante en un tiempo determinado; finalmente se centrifugo y almaceno en frascos ámbar a temperaturas menores a 3 grados para mantener su estabilidad. Según el trabajo realizado por **Sharma & Kumar (2011),** se observó que los extractos con mayor concentración fueron obtenidos utilizando etanol, por lo tanto, la concentración de etanol se mantuvo constante pero se varió la relación de materia vegetal y disolvente, junto con el tiempo de la extracción, determinado el tratamiento óptimo para la extracción de sólidos y polifenoles de la muestra.

Determinación de sólidos totales del extracto

Para la obtención de sólidos totales (STT) del extracto de la Uva de monte (P. cecropiifolia Mart.) se siguió la metodología expuesta por Quinaluisa Calvopiña (2018), empleando una balanza de humedad marca (KERN) y un recipiente de vidrio, se realizó una determinación por triplicado de humedad de los extractos obtenido, y posterior, se aplicó la **Ecuación 10** para calcular el porcentaje de sólidos totales.

$$\%STT = 100 - \%Humedad$$

Ecuación 10. *Cálculo de solidos totales*

Nota: Extraído de (Quina luisa Calvopiña, 2018)

2.2.1.5 Microencapsulación por secado por aspersión

Para la microencapsulación del extracto de polifenoles, se utilizó la metodología descrita en **Ramos Lalaleo (2019),** donde se empleó un Spray Dryer marca (Büchi B-290) y como material de recubrimiento se usó una matriz polimérica (maltodextrina) mezclada con agua destilada en una relación 20:80, esta mezcla se agitó constantemente a una temperatura de 45 °C para homogeneizar, posterior se sometió al proceso de secado por aspersión en condiciones controladas de presión (-50 mbar) y temperatura (entrada 150 °C y salida 90°C) para lograr la obtención de microcápsulas.

2.2.1.6 Eficiencia del micro encapsulado

Para establecer la eficiencia del micro encapsulado (extracto/maltodextrina), se llevó acabó un experimento en donde se calculó en base a la cantidad de polifenoles retenidos dentro de las microcápsulas, sometiendo a agitación por un lapso de 10 minutos una muestra compuesta por 1,5 gramos de micro encapsulado disuelto en 15 mL de agua destilada, con lo que se determinó la absorbancia utilizando un espectrofotómetro UV visible **(Figueroa et al., 2016).** Posteriormente, se repitió el procedimiento manteniendo las medidas constantes, pero utilizando etanol al 96% como sustituto del agua destilada. Para cuantificar la eficiencia del micro encapsulado se aplicó la **Ecuación 11**, ajustando las concentraciones según las medidas de absorbancia obtenidas.

$$EE\ (\%) = \frac{[H_20] - [E_tOH]}{[H_20]} * 100$$

Ecuación 11. *Cálculo de la eficiencia de microencapsulación*

Nota: Extraído de (Telechana Pérez, 2019)

En donde:

EE: Eficiencia del micro encapsulado en porcentaje de masa (%)

[H_2O]: Concentración total presente en las microcápsulas (mg/L)
[E_tOH]: Concentración superficial en las microcápsulas (mg/L)

Cuantificación de polifenoles totales del micro encapsulado Pourouma cecropiifolia Mart.. mediante el método de Folin-Ciocalteu

Tomando como referencia a los autores Vasco et al. (2009), se tomó 0,1 g del micro encapsulado diluido en 4 ml de agua destilada y se centrifugo por un tiempo de 15 minutos a 4000 RPM. Luego se añadió 0,1 mL de la muestra diluida y 0,1 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu en un balón de aforo con capacidad de 5 mL, se esperó un lapso de 3 minutos para la reacción, y luego se agregó 2 mL de solución de carbonato de sodio al 10%. Finalmente, se completó con agua destilada el aforo del balón y se dejará en reposo por 1 hora al ambiente. El proceso se repetirá para 0,1 mL de extracto.

La cuantificación de polifenoles se llevó a cabo mediante un espectrofotómetro UV visible, con una longitud de onda de 750 nm. Se preparo una curva de calibración utilizando un stock de ácido gálico en concentraciones de 50 a 200 ppm, este ensayo se realizó por triplicado.

Para calcular el contenido de fenoles totales del extracto y micro encapsulado, se utilizó la **Ecuación 12.**

$$Concetracion\ \left(\frac{\mu g}{mL}\right) = \frac{Absorbancia - Intercepto}{Pendiente}$$

Ecuación 12. *Cálculo de la concentración polifenoles expresado en (µg/mL)*

Nota: Extraído de (Vasco et al., 2009)

2.2.2 Evaluar la capacidad antioxidante del extracto micro encapsulado por el método in vitro (DPPH).

2.2.2.1 Evaluación de la capacidad antioxidante por método in vitro

Para establecer la capacidad antioxidante del extracto y micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. se aplicó la técnica de microplaca DPPH mencionada por **Figueroa Haro (2020),** en donde se preparó una curva de calibración diluyendo una solución madre de Trolox

a concentraciones que iban desde 5 a 5000 µmol L−1 utilizada como un estándar para la determinación. Posterior, en una microplaca de 96 pocillos que contendrá 20 µL de la muestra y 180 µL del compuesto DPPH (150 µmol L-1), y se agitara por un tiempo de 60 segundos y se dejó reposar por 40 minutos a temperatura ambiente en un cuarto oscuro, posterior se medió la absorbancia con una longitud de onda de 515 nm utilizando un espectrofotómetro UV visible **(Lopez et al., 2021; Pacheco Narváez, 2022).**

Por último, se aplicará la siguiente ecuación que determinará el porcentaje de inhibición del radical DPPH.

$$\%\ \boldsymbol{inhibición\ DPPH} = \left[\mathbf{1} - \left(\frac{\boldsymbol{A_m - A_b}}{\boldsymbol{A_c - A_b}}\right)\right] * \mathbf{100}$$

Ecuación 13. *Cálculo de la capacidad antioxidante*

Nota: Extraído de (Lopez et al., 2021; Pacheco Narváez, 2022)

Donde:
Am: Absorbancia de la muestra
Ab: Absorbancia del blanco
Ac: Absorbancia de control

2.2.3 Realizar una formulación de un vino de uva de monte junto con sus propiedades sensoriales.

2.2.3.1 Elaboración de vino de uva de monte con el micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Para la realización del vino de uva de monte, se siguió la metodología de Ramos (2018)**,** con ciertas modificaciones en el proceso:

Recolección y evaluación de la materia prima

El proceso empezó con la adquisición de la materia prima que ha sido cosechada en su punto óptimo de maduración, la fruta ingresada fue pesada con los racimos incluidos y sin incluir con la finalidad de determinar la cantidad exacta con la que se va a realizar el vino, posteriormente se midieron algunos parámetros como Brix, acidez y pH obteniendo un valor de 11, 0.405 g/100ml y 4.74 respectivamente.

Selección y lavado

Se realizo un proceso de selección manual, en donde se separaron las frutas inmaduras, dañadas o estropeadas, después se siguió con un lavado que consiste en lavar con agua destilada para remover suciedad superficial y residuos de tierra o insectos.

Separación de partes y deshidratación

Una vez clasificada las uvas aptas para el proceso, se procedió a realizar la separación manual de la semilla de la cascara y pulpa, al final se obtuvo la cascara y la pulpa, unidas para ser sometidas al proceso de deshidratación durante 52 horas a 70°C con la finalidad de preservar sus compuestos bioactivos.

Hidratación del fruto fresco

La fruta deshidratada fue hidratada con agua destilada por 12 horas, posteriormente volvieron a evaluar los parámetros fisicoquímicos obteniendo 9.5°Brix y pH de 4.67, los valores indicaron la necesidad de formulación adicional para el proceso de fermentación

Formulación e inoculación

A los 2 litros de mosto rehidratado se le adicionaron un litro más de agua destilada junto con 500 gramos de azúcar, alcanzando los 22°Brix. La fermentación alcohólica se inició con la adicción de 1.5 gramos de levadura seca activa *(Sacharomyces cerevisiae)*, previamente hidratada en agua esterilizada a 30 – 35°C.

Fermentación alcohólica

El mosto preparado fue colocado en recipientes con trampa de fermentación (airlock), manteniéndose en reposo a temperatura ambiente durante un periodo de 37 días aproximadamente, durante este tiempo se realizaron controles de Brix, al finalizar el vino presento un brix de 10.

Trasiego, clarificación e incorporación del micro encapsulado

Finalizado el proceso de fermentación, se procedió con el trasiego en donde se separa los sedimentos e impurezas, luego se realizó el proceso de clarificación del vino para llegar a incorporar el extracto micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. en una concentración de 2.35 g/L, correspondiente a 7.05 gramos aproximadamente en los 3 litros procesados, la adicción del micro encapsulado tiene como objetivo enriquecer el vino con compuestos antioxidantes.

Envasado y almacenamiento

El vino fue envasado en botellas de vidrio oscuro de 500 ml previamente esterilizadas, por último se almaceno en condiciones de refrigeración a temperaturas de 4°C para preservar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales

Evaluación sensorial

Para determinar la aceptación del vino de uva de monte y sus características organolépticas se realizó un análisis sensorial mediante catación, la evaluación se realizó con 20 a 29 personas, quienes evaluaron los atributos como color, aroma, sabor, cuerpo y aceptación, empleando una escala hedónica de cinco puntos.

CAPÍTULO III.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Caracterización fisicoquímica del fruto de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

La recolección de los frutos maduros de *Pourouma cecropiifolia* Mart., se lo realizo en el mercado central del Cantón Santa Clara, provincia de Pastaza, Ciudad del Puyo, este fruto solo se recolecta por temporada, la cual empieza a partir del mes de noviembre hasta mediados del mes de febrero, es un fruto muy similar a las uvas comercializadas e industrializadas, aunque de mayor tamaño tanto en el fruto como en la semilla, el árbol crece en zonas húmedas no inundables cerca de ríos o riachuelos en la selva amazónica (Yánez, 1999)

Este estudio aporta información sobre la composición fisicoquímica del fruto de *Pourouma cecropiifolia* Mart., presente en la Selva Amazónica Ecuatoriana como especie endémica. En la **Tabla 5** se presenta los resultados obtenidos en los análisis realizados en una muestra de frutos maduros deshidratados. Estos análisis fueron certificados por el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL), presentes en **Anexo 3.**

Tabla 3. *Características fisicoquímicas de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart.*

Componentes nutricionales	**Valores de *Pourouma cecropiifolia* Mart.**
Humedad (%)	15.2
pH	4.74
Brix °	11.0
Proteína (%) (N*6,25)	3.64
Fibra cruda (%)	4.75
Fibra dietética total (%)	22.9
Grasa (%)	0.458
Carbohidratos totales (%)	55.0
Cenizas (%)	3.07
Acidez (% ácido tartárico)	0.804
Energía (Kcal/100g)	236.0
(KJ/100g)	959.0

Nota: Análisis realizados en materia seca, con 3 réplicas para cada análisis, realizados en el Laboratorio de Control y análisis de alimentos (LACONAL).

Pourouma cecropiifolia Mart., denominada como “uva de monte”, pertenece a la familia Urticácea, el cual está distribuido ampliamente en regiones tropicales de América del Sur, su familia está comprendida por más de 2.600 especies, la mayoría con potencial alimentario y medicinal, pero son subvaloradas en la agroindustria.

Los resultados obtenidos sobre el perfil fisicoquímico realizados sobre la cáscara y mucílago deshidratado del fruto *P. cecropiifolia* Mart. comúnmente conocida como uva de monte, revela características favorables para su aprovechamiento agroindustrial como un alimento funcional de interés para el consumo humano, además, por ser una fruta deshidratada su composición fisicoquímica se modifica significativamente en comparación con la fruta en seco, teniendo esto en consideración, como primer parámetro se determinó el contenido de humedad de la fruta siendo de 15.2%, evidenciando un proceso de deshidratación efectivo, coherente y controlada, cuyo objetivo principal es la estabilización microbiológica contribuyendo a alargar su vida útil y favoreciendo su almacenamiento al momento de reducir la actividad de agua, mejorando de forma positiva la conservación de lo concentración de nutrientes. Esta cifra demuestra una reducción significativa a comparación de su estado fresco, el cual según Yánez (1999) y Arias Arroyo (2011) oscila entre los 82.95% y 86.2% respectivamente, haciéndolo altamente perecible al deterioro microbiano cuando alcanza su estado de madurez optimo.

El referencia al análisis de pH arrojo un resultado de 4.74 clasificando al fruto como razonablemente acido, una condición optima que concede ser usado para procesamientos como fermentación alcohólica, fabricación de vinagres frutales y estabilización de mermeladas sin necesidad de acidulantes, este rango supera a los conseguidos por Orduz y Rangel (2002), quienes indican que el pH de la fruta en estado fresco es de 3.4 a 4.4 respectivamente, su incremento propone que el fruto fue recolectado en un estado de madurez avanzado y que hubo una concentración de ácidos orgánicos más constantes durante su transcurso de secado. Este resultado es agradable porque ayuda a sostener un perfil sensorial activo y conservar la calidad organoléptica en productos como mermeladas, jugos funcionales o fermentos naturales (Ramos, 2018).

El contenido de sólidos solubles registrado es de 11 °Brix indicando que posee un alto contenido de azucares naturales concentrados como la glucosa y fructosa, facilitando su aplicación en productos con requerimientos de dulzor natural, convirtiéndolo en un insumo valioso para la elaboración de productos como concentrados, vinos frutales, pulpas

reconstruidas, néctares y mermeladas. De hecho el valor se encuentra dentro del límite superior del rango de madurez optima que reporta Orduz y Rangel (2002), siendo los valores de 5.5 a 11.9 °Brix.

En cuanto al resultado del contenido proteico total de la fruta fue de 3.64%, un valor que se encuentra entre los obtenidos por Arias Arroyo (2011) con 2.06% y Gallegos et al. (2021) con 4.57% llegando a clasificar a la uva de monte como una fuente proteica vegetal alternativa justificando su aplicación en el uso de formulaciones de galletas, batidos o harinas mixtas, además, la variación se le atribuye a algunos factores genéticos en los que se destaca el estado de madurez y su procedencia geográfica.

La fibra cruda llego a presentar un contenido de 4.75%, resultado que garantiza el manejo de este fruto en la regulación del tránsito intestinal, aunque fue menor a los valores alcanzados por Gallegos et al. (2021) con 6.35% y 5.42% por Arias Arroyo (2011), se trata de un valor perceptible dentro de matrices vegetales secas, principalmente analizando que la muestra examinada procedió exclusivamente de la cáscara y mucílago. Además, la presencia complementaria de fibra dietética total con un valor de 22.9% fortifica su potencial como alimento prebiótico favoreciendo en la prevención de enfermedades gastrointestinales.

El contenido de grasa reportados por Gallegos et al. (2021) con 2.04% y Arias Arroyo (2011) con 1.87% y el obtenido 0.458% se asumiría a la eliminación de componentes internos de la pulpa, donde se agrupa por lo usual un mayor contenido lipídico, por ende, es perfecto para la fabricación de productos bajos en grasa como snacks deshidratados o mezclas de cereales, esta peculiaridad permite disminuir la oxidación durante el almacenamiento, extendiendo la vida útil del producto

Con respecto al contenido de carbohidratos totales se señaló un valor de 55.0% que es referente a una fuente energética natural y sostenida, llegando a demostrar su aplicación en mezclas energéticas, aunque es una cifra menor registrada por Arias Arroyo (2011) con 88.84%, es apto para términos industriales como un complemento energético en snacks saludables. La discrepancia entre los dos valores se puede haber dado por el método de secado, el fraccionamiento del fruto y a su contenido inicial de azucares.

El contenido de cenizas fue de 3.07% señal de que el fruto posee contenido mineral, es un resultado equivalente al obtenido por Arias Arroyo (2011) con 1.81% y superior al de Gallegos et al. (2021) con 3.33%, posicionando al fruto como un alimento con principio natural de micronutrientes esenciales como calcio, fosforo y potasio, valores obtenidos en estudios anteriores.

La acidez titulable reportada es de 0.804% expresada como ácido tartárico, excediendo el rango de frutas maduras en estado fresco que según Orduz y Rangel (2002) tienen un intervalo entre 0.16 a 0.45%., el valor obtenido en el presente estudio no solo interviene en la estabilidad microbiológica, sino que fortalece el perfil sensorial en productos fermentados.

Finalmente, el contenido energético alcanzo las 236 kcal/100 g, siendo un valor inferior a lo reportado por Arias Arroyo (2011) con 412.9 kcal/100 g y superior a lo obtenido por Espinoza (2021) con 65.17 kcal/100g, lo que demuestra que la fruta se puede situar como un ingrediente flexible en la industria alimentaria.

3.1.2 Extracción de compuesto bioactivos de los frutos de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

3.1.2.1 Obtención del extracto vegetal liquido

La extracción de compuestos bioactivos de polifenoles de *P. cecropiifolia* Mart. se desarrolló con el propósito de aumentar la recuperación de compuestos antioxidantes, por ende, fue ejecutada siguiendo un diseño experimental factorial 2^2, el cual dejo estudiar la influencia de dos factores importantes que son la relación solido-liquido en proporciones de 1:15 y 1:20 y el tiempo de extracción entre los 20 y 30 minutos posterior a conseguir el punto de ebullición, a una temperatura máxima de 70°C, dicha temperatura permite favorecer la solubilización de compuestos fenólicos sin involucrar su estabilidad, además, de ocupar etanol al 96% como disolvente por su alta eficiencia de extracción y compatibilidad con aplicaciones alimentarias (Yuxuan et al., 2022)**.**

Los resultados conseguidos mediante análisis de varianza (ANOVA) ocupando el software Statgraphics Centurion XVI junto con los gráficos de Pareto, la superficie de respuesta y el grafico de integración, reconocieron que la variable más importante para la concentración de polifenoles fue la relación solido-liquido (factor A). Sin embargo, la relación con el tiempo de

extracción mostro una influencia significativa sobre el rendimiento final de polifenoles, reflejando que la eficiencia de extracción no depende exclusivamente de uno de ellos, sino de su combinación como se observó en la **Figura 4**, es decir, el tiempo de extracción (B) de forma solitaria no represento una diferencia significativa, pero, la interacción entre ambos factores (AB) resulto estadísticamente significativa, señalando que el efecto del tiempo depende del volumen del disolvente ocupado.

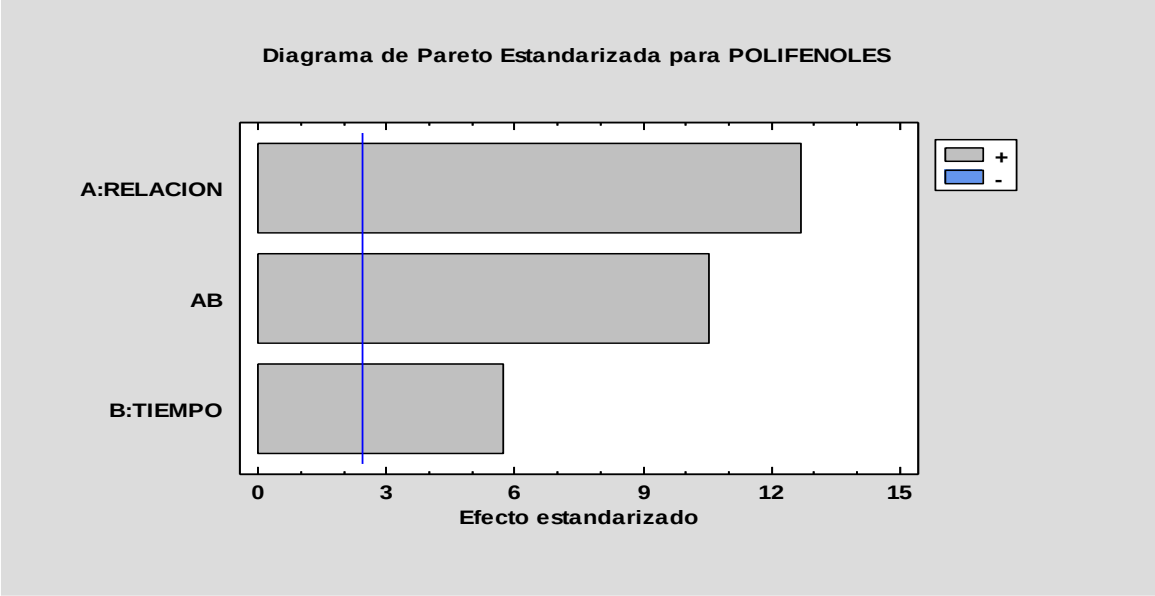


Figura 4. *Diagrama de Pareto para la Concentración de polifenoles.*

Nota: el diagrama muestra cada uno de los factores y su interacción evaluados del diseño experimental

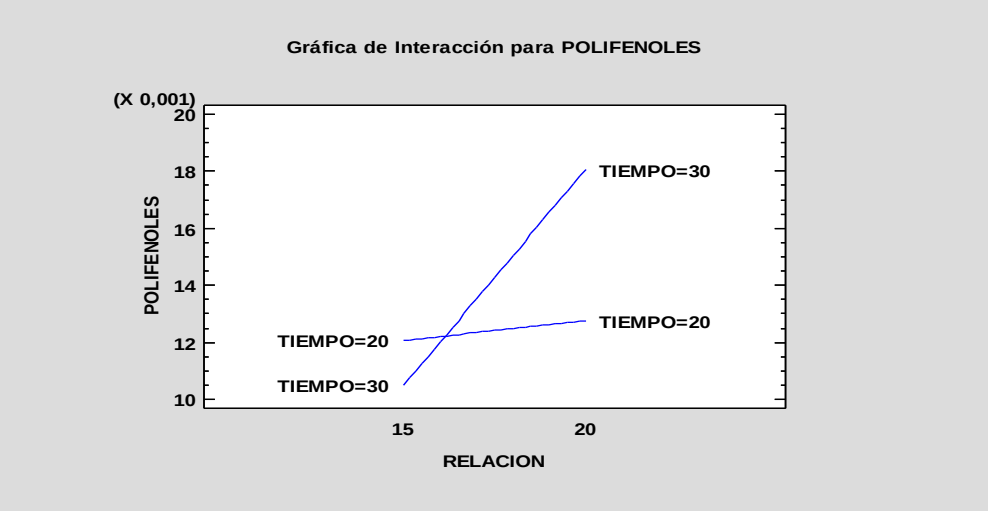


Figura 5. *Grafica de interacción para la Concentración de polifenoles.*

Nota: en la gráfica de interacción se puede evidenciar la interacción que existe entre el material vegetal/ disolvente en relación al tiempo

La grafica de interacción (**Figura 5, Anexo 5**) evidencio que en el tiempo de 30 minutos de extracción sucede un aumento significativo en la relación solido-liquido, por otro lado, cuando el tiempo solo fue de 20 minutos de extracción, no genero diferencias apreciables, manteniendo prácticamente constante, por lo tanto, se determinó que a máxima extracción de concentración de polifenoles es mayor el tiempo de extracción. Indica un comportamiento de dependencia sinérgica entre tiempo y relación, situación reportada por Calixto Cotos et al. (2017),quienes señalan que a una mayor proporción de disolvente y mayor tiempo de contacto incrementan la eficiencia de extracción de antioxidantes fenólicos.

La mejor condición experimental se identificó como una extracción de 30 minutos con una relación 1:20 bajo agitación térmica, lo cual resulto en un rendimiento óptimo de 184.72 mg GAE/g de materia seca por medio del análisis de optimización de respuestas en el **Anexo 6.**

Para la realización del procedimiento practico que consiste en la extracción de compuestos bioactivos de *P. cecropiifolia* Mart., se llevó a cabo usando 100 g de muestra deshidratada en polvo, los cuales se colocaron en 2000 ml de etanol al 96 %, siguiendo el protocolo de Abdel-Aal & Hucl (1999), el sistema fue colocado en una plancha de calentamiento hasta alcanzar el punto de ebullición, manteniéndose por 30 minutos a una temperatura constante entre los 60°C y 70 °C, luego se realizó una centrifugación a 5000 rpm alrededor de 10 minutos con el fin de separar los sólidos. El sobrenadante fue concentrado empleando un rota evaporador a una temperatura de 60°C y presión de 270 rpm, recuperando alrededor de 100 ml del extracto concentrado, el extracto registro un contenido de 37.92% de solidos totales, evidenciando la eliminación completa del disolvente.

3.1.3 Micro encapsulado de polifenoles mediante secado por aspersión

La microencapsulación presenta múltiples beneficios en la conservación de componentes funcionales de diferentes matrices, en este caso, la capacidad antioxidante de los fenoles, al proteger el compuesto de su degradación por factores externos, y lograr la adsorción controlada del compuesto en el sistema digestivo de individuo (Tangarife et al., 2021)**.**

La microencapsulación se realizó a partir de una emulsión compuesta por maltodextrina y extracto concentrado en una relación 80:20 respectivamente. Generalmente, la maltodextrina se usa comúnmente como encapsulador en la industria alimentaria debido a su sabor neutro, alta solubilidad en agua, y baja viscosidad en altas concentraciones, lo cual favorece el atomizado en el Spray Dryer, además de su capacidad de preservar la muestra encapsulada de factores externos que puedan degradarla (Ríos-Aguirre & Gil-Garzón, 2021b)**.**

La microencapsulación se realizó en el Mini Spray Dryer (BUCHI B-290), sometiendo a dicha operación la mezcla de maltodextrina y el extracto concentrado, las condiciones de operación del equipo se establecieron en una presión -50 mbar y una temperatura de entrada de 150 °C y salida 90 °C, que fueron controladas para la obtención del micro encapsulado (Ramos Lalaleo, 2019)**.**

3.1.3.1 Eficiencia del micro encapsulado

En la **Tabla 4** se observa la eficiencia promedio del micro encapsulado obteniendo un resultado de 72.29%, este resultado indica que tan solo aproximadamente dos tercios del contenido fenólico total fue retenido exitosamente dentro de la matriz de microencapsulación, por otro lado, el 27.71% corresponde a compuestos no adheridos en la superficie de las microcápsulas, esto se debe a diversos factores que están asociados tanto a las propiedades del extracto como a las condiciones de secado y el tipo de material encapsulante utilizado.

Como menciona Tonon et al. (2008)**,** la eficiencia depende en gran medida del tipo y calidad del agente encapsulante, por ende, cuando se emplea maltodextrina de forma individual, se observa una menor capacidad de retención de compuestos fenólicos, en comparación con mezclas de maltodextrina y goma arábiga u otros polímeros, llegan a intervenir factores como la baja viscosidad, limitada capacidad emulsificante y porosidad de la matriz, ocasionando pérdidas durante el secado, provocando una disminución considerable en la eficiencia.

Los Autores Jafari et al. (2008)**,** señalan que el proceso de secado por aspersión implica variables criticas como la temperatura de entrada, el caudal de alimentación, el tamaño de partícula y el tiempo de residencia, por consiguiente, a temperaturas excesivamente altas provocan la degradación de los compuestos sensibles o las rupturas de las capsulas, además si se produce un secado rápido origina la formación de paredes delgadas con baja capacidad de

retención. En investigaciones de Pacheco (2022)**,** manifiesta que la temperatura ideal de salida de una microencapsulación es entre 50°C a 90°C y la temperatura adecuada de ingreso puede estar entre los 140°C a 200°C considerando que para polifenoles su rango máximo es entre los 140°C y 150°C, con la finalidad de preservar los sabores en la microcápsula y evitar en si la degradación de los polifenoles, considerando que a temperaturas superiores al rango produce grietas en la microcápsulas y a rangos inferiores de temperaturas ocasionan una formación de mayor densidad junto con el contenido de agua, provocando aglomeraciones, llegando a reducir significativamente la fluidez en el secado (Cardona Tangarife et al., 2021; Ríos-Aguirre & Gil-Garzón, 2021).

Además, el uso de etanol al 96% como solvente es adecuado, porque permite extraer eficientemente los compuestos presentes en la superficie de las microcápsulas, pero poseen una alta polaridad y poder de penetración porque este solvente tiene la capacidad de penetrar parcialmente la estructura superficial de la capsula, especialmente si la matriz encapsulante no es suficientemente densa, conduciendo a una posible sobreestimación del contenido libre, es decir, algunos compuestos que han sido encapsulado de forma débil pueden llegar ser liberados por el etanol, disminuyendo así la eficiencia (Akhavan Mahdavi et al., 2016).

Tabla 4. *Eficiencia de microencapsulación de Pourouma cecropiifolia Mart.*

Replica	Absorbancia (535nm)		Concentración (mg/L)		Eficiencia (%)	Promedio
	Agua	Etanol 96%	Agua	Etanol 96%		
1	0.823	0.318	337.47	88.91	73.65%	
2	0.826	0.332	338.48	94.93	71.96%	72.29%
3	0.825	0.338	338.23	97.19	71.26%	

Nota: los análisis de la eficiencia se realizaron por triplicado, en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE)

3.1.3.2 Análisis de Espectrofotometría Infrarroja (FTIR-ATR)

La técnica de FTIR-ATR es un método que permite explorar el sondeo de vibraciones moleculares cuando llega a pasar por una capa delgada de una sustancia, en un rango de longitudes de onda que llegan a comprender regiones de infrarrojo cercano, medio y lejano, las mismas que se logran identificar por medio de bandas de absorción en el espectro infrarrojo,

vinculado con los grupos funcionales presentes en la muestra (Berthomieu & Hienerwadel, 2009)**.** Por lo general las variaciones en la energía vibracional se localizan en la región media del infrarrojo, comprendida entre los 4000 y 400 cm^{-1}, dentro de este intervalo se llegan a clasificar cuatro zonas principales que tienen la función de detectar los distintos tipos de enlaces químicos en donde se destacan los enlaces simples entre 2500 y 4000 cm^{-1}, enlaces dobles entre 2000 y 2500 cm^{-1} y enlaces triples entre 1500 y 2000 cm^{-1} (Mohamed et al., 2017)**.**

Con el propósito de identificar los grupos funcionales del extracto concentrado y del extracto micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia*, se utilizó la espectroscopia infrarroja, las mediciones empleadas en las muestras fueron examinadas en un rango espectral entre los 550 y 4000 cm^{-1}.

El espectro del extracto concentrado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. observado en la **Figura 6** presenta una banda ancha en 3319.74 cm^{-1}, lo que sugiere un estiramiento O-H, caracteristico de polifenoles libres presentes en frutas amazonicas, otra de las señales mas relevante aparece en 1633.80 cm^{-1}, vinculada directamente con las vibraciones de enlaces dobles C=C y de grupos carbonilo conjugados en estructuras aromaticas.

Ademas, las bandas o vibraciones menores o por debajo de 1200 cm^{-1} son correspondientes a vibraciones de enlaces C-O, reforzando de manera positiva la presencia de flavonoides y otros metabolitos secundarios comunes en especies del genero *Pourouma*.

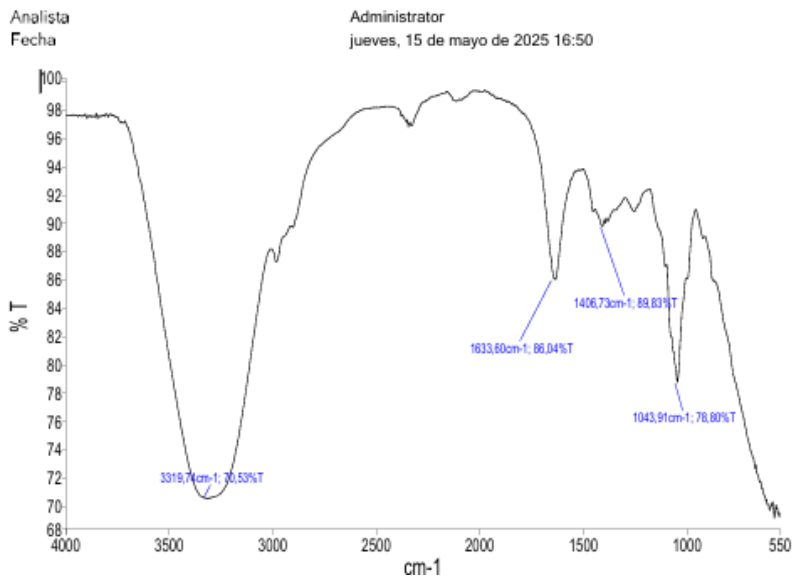


Figura 6. Espectroscopia infrarroja del extracto de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Nota: la espectroscopia infrarroja se realizó en el Espectroscopio Infrarrojo Transformada Fourier (FTIR), ubicado en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE)

En el analisis obtenido del espectro infrarrojo correspondiente al microencapsulado de *Pourouma cecropiifolia* visualizado en la **Figura 7**, muestra 10 bandas intensas con coordenadas de 3308.77 cm^{-1}, 2922.18 cm^{-1}, 1710.16 cm^{-1}, 1338.32.77 cm^{-1}, 1147.42 cm^{-1}, 1075.85 $cm^{-}1$, 993.48 cm^{-1}, 928.84 cm^{-1}, 761.66 cm^{-1} y 568.90 cm^{-1}, estas coordenas estan relacionadas a el estiramiento O-H de grupos hidroxilo, estiramiento C-H alifatico, vibración C=O de carbonilos, deformación C-H y C-N, estiramiento C-O-C, Vibraciones C-O y C-C en carbohidratos, vibracion de estructuras aromaticas sustitudas, deformaciones C-C o C-O de la matriz encapsulante, deformacion fuera del plano C-H de anillos aromáticos y región de huela digital respectivamente (Bañuelos-Valenzuela et al., 2018; Cortez, 2020; Domínguez-Pérez et al., 2019; Nancy del Carmen et al., 2022).

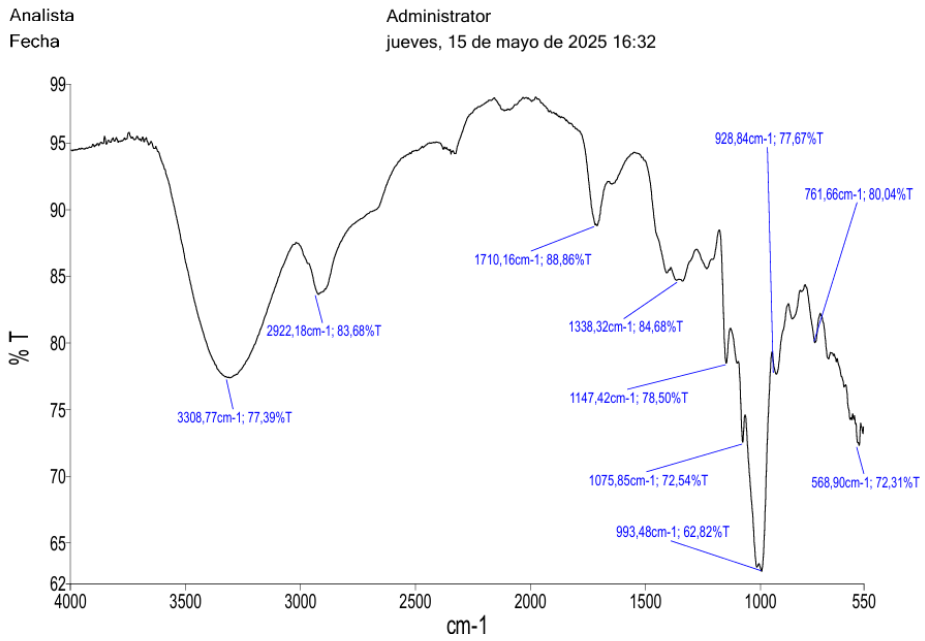


Figura 7. Espectroscopia infrarroja del micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Nota: la espectroscopia infrarroja se realizó en el Espectroscopio Infrarrojo Transformada Fourier (FTIR), ubicado en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE)

La **Figura 8** indica los espectros infrarrojos añadidos o combinados del extracto concentrado, el extracto micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. y la maltodextrina, aplicada como un agente encapsulante. En donde la línea roja corresponde al extracto concentrado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. la línea negra corresponde a la maltodextrina y la línea azul corresponde al micro encapsulado del extracto concentrado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. El análisis indica como las bandas tanto del extracto de uva de monte como del micro encapsulado se asocian parcialmente, implicando la incorporación efectiva de los polifenoles en la matriz encapsulante.

La manifestación simultánea del pico en la región de 1710 cm^{-1} y 1630 cm^{-1} en el micro encapsulado corrobora que los compuestos fenólicos no se degradaron durante el proceso y fueron eficientemente retenidos. Según estudios de Reyes-Rivera & Terrazas (2024)**,** las bandas que se manifiestan entre 1600 y 1700 cm^{-1} se ocupan comúnmente para distinguir la presencia de fenoles y compuestos con anillos aromáticos. Entonces el extracto concentrado (línea roja) muestra un rastro en esta región que es asignada a carbonilos de ácidos fenólicos y flavonoides, en el micro encapsulado también se mantiene, por ende, confirma la protección de compuestos bioactivos durante el proceso de microencapsulación.

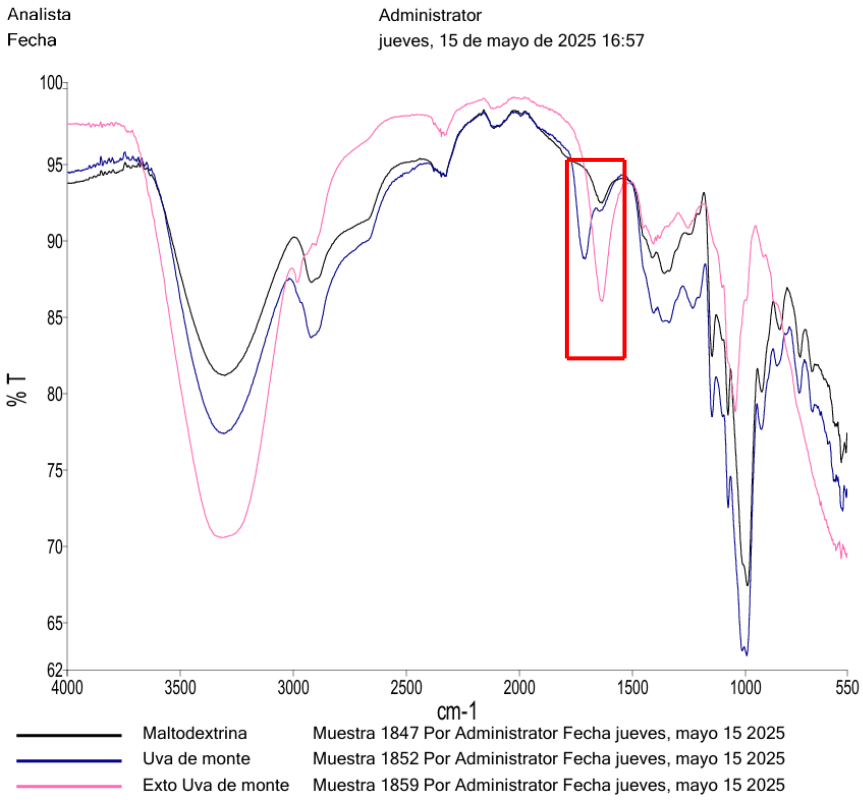


Figura 8. Espectroscopia infrarroja del extracto, micro encapsulado y maltodextrina

Nota: la espectroscopia infrarroja se realizó en el Espectroscopio Infrarrojo Transformada Fourier (FTIR), ubicado en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE)

3.1.3.3 Polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu del extracto y del micro encapsulado

La determinación del contenido de polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu del extracto y del micro encapsulado revelaron que el extracto concentrado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. presento un contenido promedio de 184.72 mg EAG/100g de materia seca, mientras que en el micro encapsulado se obtuvo un valor ligeramente menor 151.45 mg EAG/100g de materia seca, esta diferencia o reducción del contenido fenólico se puede atribuir al efecto de la encapsulación, debido a que algunos de los componentes fenólicos que posee la fruta quedan atrapados, protegidos o recubiertos parcialmente por la matriz encapsulante como la maltodextrina, provocando una reducción de la accesibilidad o disponibilidad del reactivo colorimétrico al núcleo encapsulado, aun así, el valor conservado es significativo, llegando a demostrar que si hay eficiencia en el proceso de protección de los compuestos bioactivos.

Estos valores son mayores a estudios encontrados en otras especies de la familia Urticácea, como la *U. dioica, U. urens, U, leptophylla* y *U. baccifera* que tienen valores de 87.840 ± 2.83 mg EAG/g, 70.160 ± 1.728 mg EAG/g, 41.11± 0.74 mg EAG/g y 83.33 ± 1.11 mg EAG/g respectivamente, esto se debe a los métodos de extracción y condiciones de procesamiento a los cuales fueron sometidos (Mariño, 2023)**.** Sin embargo, existen escasos estudios cuantitativos sobre el contenido de polifenoles de frutas amazónicas más en la especie de *Pourouma cecropiifolia* Mart. debido a que es una especie muy poco estudiada.

3.1.3.4 Capacidad antioxidante por método in vitro del extracto concentrado y del micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

En el estudio se presentó que el extracto concentrado y el micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart. presento un porcentaje de inhibición de 79.25% equivalente a 446.37 µmol Trolox/L y 61.83% equivalente a 351.12 µmol Trolox/L detallados en la **Tabla 5.**

A pesar que se evidencia una disminución en la capacidad antioxidante tras la micro encapsulación , los valores siguen indicando que poseen una elevada capacidad antioxidante, sugiriendo que en el proceso de micro encapsulación se logró preservar una parte significativa de los compuestos bioactivos. De acuerdo con Akhavan Mahdavi et al. (2016), quienes observaron que se produce una reducción en la capacidad antioxidante tras la encapsulación, la cual es atribuida a la protección parcial de los polifenoles por medio de la matriz encapsulante, llegando a ocasionar una limitación en su disponibilidad inmediata al momento de reaccionar con el radical DPPH.

3.1.3.5 Evaluación del potencial antioxidante del extracto concentrado y del micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Los datos obtenidos finales en relación del potencial antioxidante del extracto concentrado y del micro encapsulado se resume en la **Tabla 5.**

Tabla 5. Potencial antioxidante del extracto concentrado y del micro encapsulado de Pourouma cecropiifolia *Mart.*

Muestra	Polifenoles totales (mg EAG/100g)	Inhibición DPPH (%)	Capacidad antioxidante (µmol Trolox/L)
Extracto *Pourouma cecropiifolia* Mart.	184,72	79,25	446,37
Micro encapsulado *Pourouma cecropiifolia* Mart.	151,45	61,83	351,12
Vino adicionado el micro encapsulado	114	41	238

Nota: Análisis realizado en los laboratorios de la Unidad de Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE)

3.1.4 Elaboración de un vino de uva de monte enriquecidas con el micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

3.1.4.1 Resultados fisicoquímicos del vino elaborado

Una vez terminado el proceso fermentativo, el vino elaborado a partir de *P. cecropiifolia* Mart. registro un contenido final de solidos solubles de 10 °Brix, un pH de 3.57 y una acidez titulable de 0.74/100 ml. Los resultados obtenidos fueron comparados con los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 374 (2016), la cual regula los parámetros fisicoquímicos y la calidad aceptables para vinos de frutas, entonces, el pH reportado bajo esta normativa no supera el límite máximo 4.5, umbral que asegura estabilidad microbiológica, el valor determinado en este parámetro está de acuerdo al límite establecido, favoreciendo la conservación del vino durante su almacenamiento.

En cuanto a la acidez titulable, se requiere un valor mínimo de 0.35 g/100 ml, obteniendo el resultado de 0.74 g/100 ml superando el parámetro establecido por la norma, por lo cual, proporciona una percepción sensorial acida sin comprometer la aceptabilidad del producto final. Además, la cantidad de azua fes residuales finales de 10 °Brix permitió clasificar el producto como un vino dulce en función de su contenido de °Brix finales.

Por último se calculó el contenido de alcohol estimado, dando un resultado de 7.6% v/v, valor que se encuentra dentro del rango característico de vinos artesanales, que según Ramos (2018)**,** oscila entre los 6% y 12 % v/v, el cálculo fue realizado mediante una formula empírica ampliamente ocupada en vinificación artesanal, el cual se basa en el contenido inicial de azucares y el °Brix residual al finalizar la fermentación.

3.1.4.2 Incorporación del extracto micro encapsulado

La adición del extracto micro encapsulado de *P. cecropiifolia* Mart. en una concentración de 2.35 g/L, se implementó con el propósito de enriquecer el perfil funcional del vino, la formulación busco mejorar las propiedades funcionales del vino aumentando la concentración de compuestos fenólicos con reconocida capacidad antioxidante. Estudios realizados como la de Ríos-Aguirre & Gil-Garzón (2021), han demostrado que la utilización de matrices encapsulantes en extractos de frutas nativas permite estabilizar y proteger sus compuestos bioactivos frente a condiciones desfavorables como la oxidación, exposición a la luz y cambios

térmicos, garantizando su liberación controlada durante el consumo, a través del uso de recubrimientos poliméricos.

La decisión de incorporar el extracto micro encapsulado después de los procesos de trasiego y clarificación, se debe a que estas etapas representan puntos críticos donde pueden ocurrir pérdidas significativas que podrían llegar a degradar los compuestos bioactivos sensibles como los polifenoles, flavonoides y compuestos volátiles responsables principales del aroma. En efecto, se ha demostrado que procesos fermentativos intensivos, como los del vino, pueden llegar a modificar o degradar ciertos metabolitos secundarios, por lo que se optó por una estrategia post fermentativa con el fin de preservar la integridad funcional del vino (Akhavan Mahdavi et al., 2016; Fang & Bhandari, 2010).

3.1.4.3 Resultados del análisis sensorial

Para la realización de la evaluación del análisis sensorial, se contó con aproximadamente 29 panelistas no entrenados, aplicando una escala hedónica de cinco puntos, como se detalla en la **Tabla 6.** Esta herramienta permitió estimar la aceptabilidad del producto, donde el puntaje más bajo (1) correspondió a un rechazo total (“me disgusta mucho”) y el puntaje más alto (5) indicando una aceptación total (“me gusta mucho”), expresando de este modo las preferencias individuales de los evaluadores (Stone & Sidel, 2004)**.**

Tabla 6. Escala hedónica

Criterio de aceptabilidad	Puntaje
Me disgusta mucho	1
Me disgusta	2
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me gusta	4
Me gusta mucho	5

Nota: Referencia de criterios de aceptabilidad con su respectiva descripción y puntajes para calificar los puntos de la evaluación sensorial.

Los resultados finales del análisis sensorial evidencio que la mayoría de los atributos presento altos niveles de agrado por parte de los panelistas. Sin embargo, para que el producto sea considerado sensorialmente aceptable, se determinó que al menos el 70% de los participantes calificara el producto dentro de las categorías “me gusta” y “me gusta mucho”, por lo tanto, en una muestra de 29 panelistas, esto representa un mínimo de 21 valoraciones positivas. De no alcanzar el umbral estimado, se planteó la necesidad de modificar o ajustar alguna de las características sensoriales del producto evaluado (Stone & Sidel, 2004).



Figura 9. Grafica de Aceptabilidad general

Nota: Representación gráfica de la aceptabilidad general del vino de una de monte con el micro encapsulado *P. cecropiifolia* Mart. Proceso realizado en la Sala de Catación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB)

De acuerdo a los resultados expuestos en la **Figura 9** se presentó la aceptabilidad general de vino de uva de monte con la incorporación del micro encapsulado de *P. cecropiifolia* Mart. en la que se evidencio que alcanzó un nivel de agrado del 65%, correspondiente a 19 panelistas que calificaron el producto entre los rangos de “me gusta” y “me gusta mucho con porcentajes entre los 31% y 34% respectivamente. Aunque esta cifra se ubicó cerca del umbral mínimo del 70% propuesto como criterio de aceptación sensorial, si se llegó a acercar significativamente al valor requerido, por ende, el vino puede catalogarse como un buen potencial de aceptación, aunque con necesidades de mejoras especificas (Stone & Sidel, 2004).

Sin embargo, el 28% restante se mantuvo en una valoración neutral, posiblemente influenciado como una falta de impacto sensorial en ciertos atributos entre ellos la acidez, el cual fue un parámetro que genero mayor dispersión negativa en las respuestas, como se refleja en la **Figura 10**. Este atributo sensorial genero una respuesta dividida, aproximadamente alrededor de 14 personas valoraron este atributo entre el desagrado y la neutralidad, mientras que 11 personas expresaron agrado por el producto, limitando de forma negativa el reconocimiento global del atributo como se evidencia en la **Tabla 7.** Pese a lo anterior, los atributos como sabor, apariencia, color y aroma, recibieron valoraciones positivas, reafirmando la viabilidad de la presencia de características sensoriales agradables al vino

En cuanto a la micro encapsulación, la técnica usada permitió conservar y mantener la estabilidad de los compuestos bioactivos presentes en el extracto de *P. cecropiifolia* Mart. sin llegar a alterar o comprometer la calidad organoléptica del producto, sugiriendo una buena compatibilidad entre el extracto encapsulado y la matriz liquida del vino, llegando a aportar un valor agregado al vino como bebida funcional. Como menciona Fang & Bhandari (2010), la micro encapsulación mediante secado por aspersión permite proteger compuestos sensibles frente a factores como luz, oxigeno, calor, con propósito de asegurar su estabilidad durante el procesamiento de alimentos funcionales.

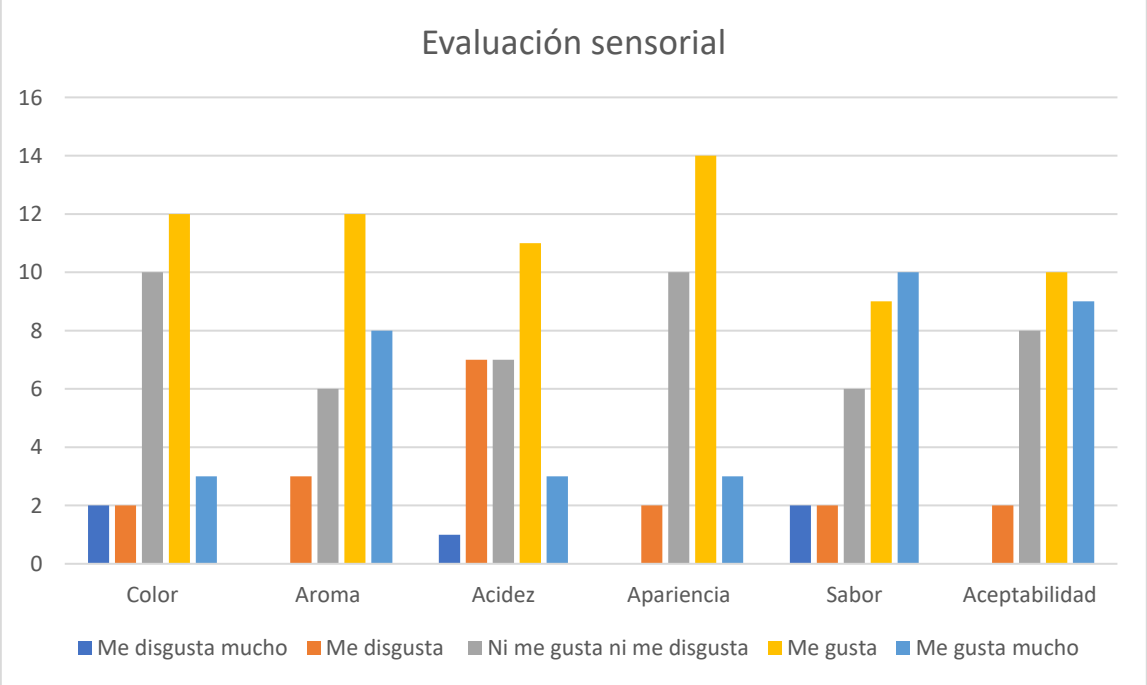


Figura 10. Grafica de los parámetros evaluados para el perfil sensorial

Nota: Representación gráfica de los parámetros evaluados del perfil sensorial del vino de una de monte con el micro encapsulado *P. cecropiifolia* Mart. Proceso realizado en la Sala de Catación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB)

Tabla 7. Resultados del análisis sensorial del vino elaborado con extracto micro encapsulado de *Pourouma cecropiifolia* Mart.

Evaluación	Color	Aroma	Acidez	Apariencia	Sabor	Aceptabilidad
Me disgusta mucho	2	0	1	0	2	0
Me disgusta	2	3	7	2	2	2
Ni me gusta ni me disgusta	10	6	7	10	6	8
Me gusta	12	12	11	14	9	10
Me gusta mucho	3	8	3	3	10	9

Nota: Resultados del análisis sensorial del vino de una de monte con el micro encapsulado *P. cecropiifolia* Mart. Proceso realizado en la Sala de Catación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB)

CAPÍTULO IV.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La caracterización fisicoquímica de la uva de monte *(Pourouma cecropiifolia* Mart.*)* en un estado deshidratado evidencio valores destacados en parámetros de humedad, pH, solidos solubles, proteína, fibra dietética total y un contenido elevado de carbohidratos totales, el proceso de deshidratación no solo provoco prolongar la vida útil de la fruta, si no también, concentrar varios de sus compuestos funcionales, lo cual refuerza su potencial como materia prima para el desarrollo de productos funcionales, en comparación con otras frutas de la misma familia Urticácea y especies amazónicas, justificando así su valorización y aprovechamiento en el ámbito agroindustrial.

- La capacidad antioxidante del extracto concentrado de uva de monte evaluado mediante el método in vitro DPPH, mostro una alta actividad si bien la encapsulación mediante secado por aspersión genero una disminución cuantificativa de esta capacidad antioxidante permaneció en niveles significativos lo que evidencio que el proceso tecnológico logro conservar parcialmente los compuestos bioactivos, por ello, se valida el uso de las técnicas de encapsulación como una estrategia efectiva para la protección y conservación compuestos fenólicos en matrices alimentarias a base de uva de monte.

- El vino dulce elaborado a partir de uva de monte con la incorporación del micro encapsulado evidencia una buena aceptación sensorial , la inclusión del micro encapsulado no afectó negativamente las características organolépticas del producto contribuyendo a una mayor estabilidad de los compuestos bioactivos de este mismo y con este resultado resalta el potencial de la formulación como vino funcional y representa una propuesta innovadora para el aprovechamiento de todos las frutas amazónicas subutilizadas aportando así un factor económico en el desarrollo de productos con valor agregado y fortaleciendo la innovación alimentaria con base en frutas amazónicas desaprovechadas.

4.2 Recomendaciones

- Se recomendó continuar con la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de Pourouma cecropiifolia Mart. en diferentes estados de madurez y bajo distintas formas de procesamiento con el fin de obtener un perfil organoléptico más completo, representativo y detallado de la fruta, ampliando así el conocimiento sobre su potencial funcional.

- Hacer un estudio de la eficiencia de encapsulación utilizando diferentes tipos de encapsulantes como la goma arábica o la inulina empleando el mismo método y parámetros utilizados en el secado por aspersión con el propósito de determinar el mejor encapsulante para los compuestos bioactivos presente en *P. cecropiifolia* Mart.

- Realizar una comparación de vinos con y sin la adicción de micro encapsulado para la observación de los efectos de la calidad del vino considerando también el añadirlos a otros productos como como yogures, jugos, mermeladas, gomitas, entre otros, con el objetivo de diversificar su aplicación comercial.

- Desarrollar un estudio de la liberación y degradación del micro encapsulado presentes en el vino debido a su contenido de etanol y acidez baja que aumenta la solubilidad de la matriz maltodextrina que es susceptible a parámetros de acidez baja

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

Abdel-Aal, E. S. M., & Hucl, P. (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*, *76*(3), 350–354. https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.3.350

Akhavan Mahdavi, S., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. (2016). Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, *85*, 379–385. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011

Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant Activity/Capacity Measurement. 1. Classification, Physicochemical Principles, Mechanisms, and Electron Transfer (ET)-Based Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(5), 997–1027. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04739

Arias Arroyo, G. C. (2011). ESTUDIO QUÍMICO BROMATOLÓGICO Y SCREENING FITOQUÍMICO DEL FRUTO DE Pourouma cecropiifolia C. MARTIUS "UVILLA" Bromatological chemical study and phytochemical screening of fruit from Pourouma cecropiifolia c. Martius "uvilla." In *Ciencia e Investigación* (Vol. 14, Issue 2).

Avila-Sosa, R., Montero-Rodríguez, A. F., Aguilar-Alonso, P., Vera-López, O., Lazcano-Hernández, M., Morales-Medina, J. C., & Navarro-Cruz, A. R. (2019). Antioxidant Properties of Amazonian Fruits: A Mini Review of in Vivo and in Vitro Studies. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Vol. 2019, p. 11). Hindawi Limited. https://doi.org/10.1155/2019/8204129

Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Echavarría-Cháirez, F., Delgadillo-Ruiz, O., & Meza-López, C. (2018). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FTIR DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE Larrea tridentata, Origanum vulgare, Artemisa ludoviciana Y Ruta graveolens CHEMICAL COMPOSITION AND FTIR OF ETHANE EXTRACTS OF Larrea tridentata, Origanum vulgare, Artemisa ludoviciana and Ruta graveolens. In *Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia* (Vol. 52).

Berg, C. C. (1978). CECROPIACEAE A NEW FAMILY OF THE URTICALES. *TAXON*, *27*(1), 39–44. https://doi.org/10.2307/1220477

Berg, C. C., & P Franco, R. (1993). *Cecropiaceae, en: G. Harling y B. Sparre (eds.), Flora of Ecuador*. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=20064

Berthomieu, C., & Hienerwadel, R. (2009). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Photosynthesis Research*, *101*(2–3), 157–170. https://doi.org/10.1007/s11120-009-9439-x

BÜCHI. (2020). *B-290 Mini Spray Dryer Manual de instrucciones 093004*. BÜCHI Labortechnik AG.

Calixto Cotos, M., Montero, L., Soberon Lozano, M., & Arnao, I. (2017). *Análisis fitoquímico, actividad antioxidante y caracterización de compuestos polifenólicos de "Uvilla" (Pourouma cecropiifolia Mart) por HPLC-DAD-MS*. UniversidadNacionalMayordeSanMarcos.

Calixto, M. (2020). *Evaluación de los componentes bioactivos, actividad inhibitoria hialuronidasa y la capacidad antioxidante de Pourouma cecropiifolia C. Martius "Uvilla Amazónica."* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. M. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, *22*(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899

Córdoba Leyton, M. M. (2021). Análisis de la estabilidad de micro-cápsulas elaboradas con diferentes combinaciones de material de pared, incorporadas en matrices alimentarias. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 1–64.

Cortez, P. (2020). *Principios y aplicaciones de la espectroscopia de infrarrojo en el análisis de alimentos y bebidas*.

Domínguez-Pérez, L. A., Lagunes-Gálvez, L. M., Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, M. de los Á., García-Alamilla, R., & García-Alamilla, P. (2019). Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. *Acta Universitaria*, *29*, 1–17. https://doi.org/10.15174/au.2019.2172

Durán, S., Veloza, C., Magnitskiy, S., & Orlando, H. (2013). Evaluation of uva camarona (Macleania Rupestris Kunth A.C. smith) propagation with air layering. *Agronomía Colombiana*, *31*(1), 18–26.

Espinosa, H., & Márquez, E. (2017). *TECNOLOGÍAS DE NANO/MICROENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS*.

Espinoza, A. (2021, January 3). *Mermeladas con la uva de monte*. EL HERALDO.

Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, *21*(10), 510–523. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003

Gallegos, M., Díaz, B., & López, J. (2021). COMPONENTES BIOACTIVOS Y USOS POTENCIALES DE LA UVA SILVESTRE (POUROUMA CECROPIIFOLIA) EN LA AGROINDUSTRIA, UNA REVISIÓN. *RECIENA*, 36–44.

García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu. *Etsiamn*, 9.

Gonzales Coral, A. (2002). *APORTES A LA CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE Pourouma cecropiifolia C. Martius "Uvilla" EN LA AMAZONÍA PERUANA Iquitos-Perú* (Vol. 13, Issue 2).

González Aguilar, G., Robles Sánchez, M., Martínez Téllez, M., Olivas, G., Álvarez, E., & De la Rosa, L. (2008). Bioactive compounds in fruits: health benefits and effect of storage conditions. *Stewart Postharvest Review*, *4*(3), 1–10. https://doi.org/10.2212/spr.2008.3.8

Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M., Ponce-Pardo, J., & Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, *15*(1), 57–60. https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08

Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying. *Drying Technology*, *26*(7), 816–835. https://doi.org/10.1080/07373930802135972

Lopa, J., Valderrama, M., León, N., Lazo, L., Llerena, J. P., Ballón, C., & Guija-Poma, E. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de tumbo (Passiflora mollissima) y cerezo (Prunus serotina) X1 - Evaluation of the antioxidant capacity and bioactive compounds of banana passionfruit (Passiflora mollissima) and black cherr. *Horizonte Médico (Lima)*, *21*(3), e1365–e1365.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *79*(5), 727–747. https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727

Mariño, K. (2023). *Determinación del efecto antioxidante y antimicrobiano de extractos de diferentes tipos de ortiga (Urtica dioica, Urtica urens, Urtica leptophylla, Urera baccifera) frente a cepas de Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Listeria monocytogenes y Bacillus cereus.* Universidad Técnica de Ambato.

Ministerio de cultura y patrimonio. (2016, July 25). *Patrimonio alimentario*. https://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Uva_de_monte.

Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., & Rahman, M. A. (2017). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. In *Membrane Characterization* (pp. 3–29). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00001-2

Montero, I., Chagas, E., De Melo, A. A., Saravia, S., Santos, R. C., Chagas, P., & Duarte, E. (2018). Evaluation of total phenolic compounds and antioxidant activity in amazon fruit. *Chemical Engineering Transactions*, *64*, 649–654. https://doi.org/10.3303/CET1864109

Morais, R. A., Teixeira, G. L., Ferreira, S. R. S., Cifuentes, A., & Block, J. M. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Native Brazilian Fruits of the Arecaceae Family and Its Potential Applications for Health Promotion. *Nutrients*, *14*(19), 235–252. https://doi.org/10.3390/nu14194009

Morales, A. (1997). Frutoterapia: los frutos que dan la vida. *EcoeEdiciones*.

Morales, L., & Varón, T. (2013). *Arboretum y Palmetum, Guia de Identificación*. UniversidadNacionaldeColombia.

Nancy del Carmen, H.-C., Sandra Jazmín, F.-R., Jesús, P.-C., & Juan Manuel Tadeo, S.-G. (2022). Caracterización fitoquímica y espectroscópica de extractos de las hojas de la Coccoloba uvifera. In *Handbook Ingeniería y Materiales Aplicados al Medio Ambiente TII* (pp. 49–58). ECORFAN. https://doi.org/10.35429/h.2022.10.49.58

Orduz, J. O., & Rangel, J. A. (2002). *Frutales tropicales potenciales para el piedemonte llanero*. www.produmedios.com

Pacheco, L. (2022). *Evaluación del potencial antioxidante del extracto de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze microencapsulado mediante secado por aspersión y su uso en la formulación de una bebida instantánea*. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/77d50fa6-ad65-44c4-a816-5c6c4ac67f87/content

Pacheco Narváez, L. J. (2022). Evaluación del potencial antioxidante del extracto de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze microencapsulado mediante secado por aspersión y su uso en la formulación de una bebida instantánea. In *Universidad Técnica de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato.

Quinaluisa Calvopiña, D. C. (2018). *Microencapsulación de componentes bioactivos de pulpa de arazá (Eugenia stipitata) mediante secado por aspersión.* Universidad Técnica de Ambato.

Ramos Lalaleo, E. C. (2019). Extracción y Microencapsulación de antocianinas a partir de col morada (Brassica oleracea L.) [Universidad Técnica de Ambato]. In *Universidad Técnica de Ambato*. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29999/1/BQ 192.pdf

Ramos, M. (2018). *OBTENCIÓN DE VINO UTILIZANDO LA CAIMARONA (UVA DE MONTE) (POUROUMA CECROPIIFOLIA)*. Universidad Agraria del Ecuador.

Reyes-Rivera, J., & Terrazas, T. (2024). *Lignin Analysis by HPLC and FTIR: Spectra Deconvolution and S/G Ratio Determination* (pp. 149–169). https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3477-6_12

Rios-Aguirre, S., & Gil-Garzon, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. . *TecnoLogicas*, *24*(51), 24. https://doi.org/https://doi.org/10.22430/22565337.1836

Romero, C., Paniagua-Zambrana, N. Y., & Bussmann, R. W. (2020). *Ethnobotany of Mountain Regions – Andes – Colombia and Ecuador* (N. Paniagua Zambrana & R. Bussmann, Eds.; pp. 1–22). https://doi.org/10.1007/978-3-319-77093-2_3-1

Sevilla, B. (2015). *Frutas tropicales de sudamérica*. Caracas:Llanos.

Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017). Oxidative Stress. *Annual Review of Biochemistry*, *86*(1), 715–748. https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037

Stone, H., & Sidel, J. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672690-9.X5000-8

Tangarife, D. P. C., Arias, L. P. P., & Zapata, A. M. O. (2021). Technological aspects of the microencapsulation bioactive food compounds by spray-drying. *Ciencia Tecnologia Agropecuaria*, *22*(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL22_NUM1_ART:1899

Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, *88*(3), 411–418. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029

Ud Din, S., Saeed, S., Ullah, S., Ayub, F., Mohammed, A., & Zhong, M. (2023). Bioactive Compounds (BACs)_ A Novel Approach to Treat and Prevent Cardiovascular Diseases - PubMed. *Curr Probl Cardiol*. https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101664

Urrialde, R., Pintos, B., Cifuentes, B., Gómez-Cifuentes, A., & Gómez-Garay, M. A. (2022). Compuestos bioactivos de origen vegetal: desarrollo de nuevos alimentos. *Arán*, 8–11. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20960/nh.04302

Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U., & Kamal-Eldin, A. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (Solanum betaceum Cav.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *60*(SUPPL. 7), 278–288. https://doi.org/10.1080/09637480903099618

Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, *111*(4), 816–823. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054

Vázquez-Ovando, A., Mejía-Reyes, J. D., García-Cabrera, K. E., & Velázquez-Ovalle, G. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, *9*(1), 9–33. https://doi.org/10.23850/24220582.4023

Yánez, P. (1999). Distribución geográfica y aspectos etnobotánicos de tres especies del género Pourouma ("uva de monte"), Cecropiaceae, en la región amazónica de Ecuador. *Revista Forestal Venezolana*, *43*, 103–109. https://www.researchgate.net/publication/236833859_Distribucion_geografica_y_aspectos_etnobotanicos_de_tres_especies_del_genero_Pourouma_uva_de_monte_Cecropiaceae_en_la_region_amazonica_de_Ecuador

Yuxuan, G., Zhihao, D., Shiyun, G., Yujie, L., Sen, M., Tong, Z., Qing, Y., Ying, C., Yajie, W., Qi, L., Dongcuan, L., Xiaogang, W., & Huahan, T. (2022). Optimization of Ethanol-Based Extraction Process for Duliang Formula by Central Composite Design and Response Surface Methodology. *Natural Product Communications*, *17*(12). https://doi.org/10.1177/1934578X221142719

Anexos

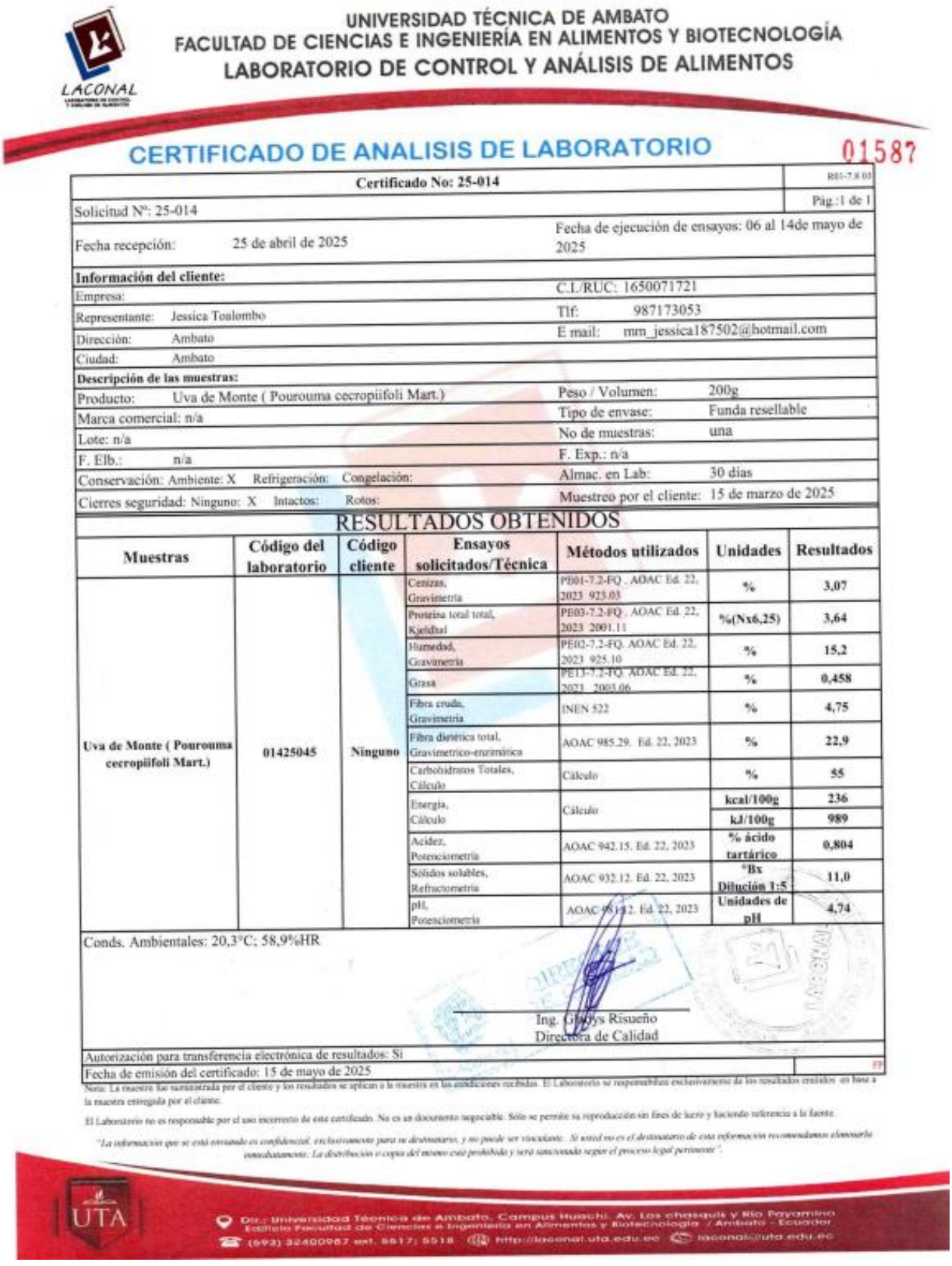
Anexo 1. Planta de Pourouma cecropiifolia Mart.



Anexo 2. Recolección de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart.



Anexo 3. Análisis proximal del fruto seco de Pourouma cecropiifolia Mart.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO 01587

Certificado No: 25-014 R03-7.8.03

Solicitud Nº: 25-014 Pág.:1 de 1

Fecha recepción: 25 de abril de 2025 Fecha de ejecución de ensayos: 06 al 14de mayo de 2025

Información del cliente:

Empresa: C.I./RUC: 1650071721

Representante: Jessica Toalombo Tlf: 987173053

Dirección: Ambato E mail: mm_jessica187502@hotmail.com

Ciudad: Ambato

Descripción de las muestras:

Producto: Uva de Monte (Pourouma cecropiifoli Mart.) Peso / Volumen: 200g

Marca comercial: n/a Tipo de envase: Funda resellable

Lote: n/a No de muestras: una

F. Elb.: n/a F. Exp.: n/a

Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación: Almac. en Lab: 30 dias

Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos: Muestreo por el cliente: 15 de marzo de 2025

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Uva de Monte (Pourouma cecropiifoli Mart.)	01425045	Ninguno	Cenizas, Gravimetría	PE01-7.2-FQ . AOAC Ed. 22, 2023 923.03	%	3,07
			Proteína total total, Kjeldhal	PE03-7.2-FQ . AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	3,64
			Humedad, Gravimetría	PE02-7.2-FQ. AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	15,2
			Grasa	PE13-7.2-FQ. AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	0,458
			Fibra cruda, Gravimetría	INEN 522	%	4,75
			Fibra dietética total, Gravimetrico-enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	22,9
			Carbohidratos Totales, Cálculo	Cálculo	%	55
			Energía, Cálculo	Cálculo	kcal/100g	236
					kJ/100g	989
			Acidez, Potenciometría	AOAC 942.15. Ed. 22, 2023	% ácido tartárico	0,804
			Sólidos solubles, Refractometría	AOAC 932.12. Ed. 22, 2023	°Bx Dilución 1:5	11,0
			pH, Potenciometría	AOAC 981.12. Ed. 22, 2023	Unidades de pH	4,74

Conds. Ambientales: 20,3°C; 58,9%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 15 de mayo de 2025

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

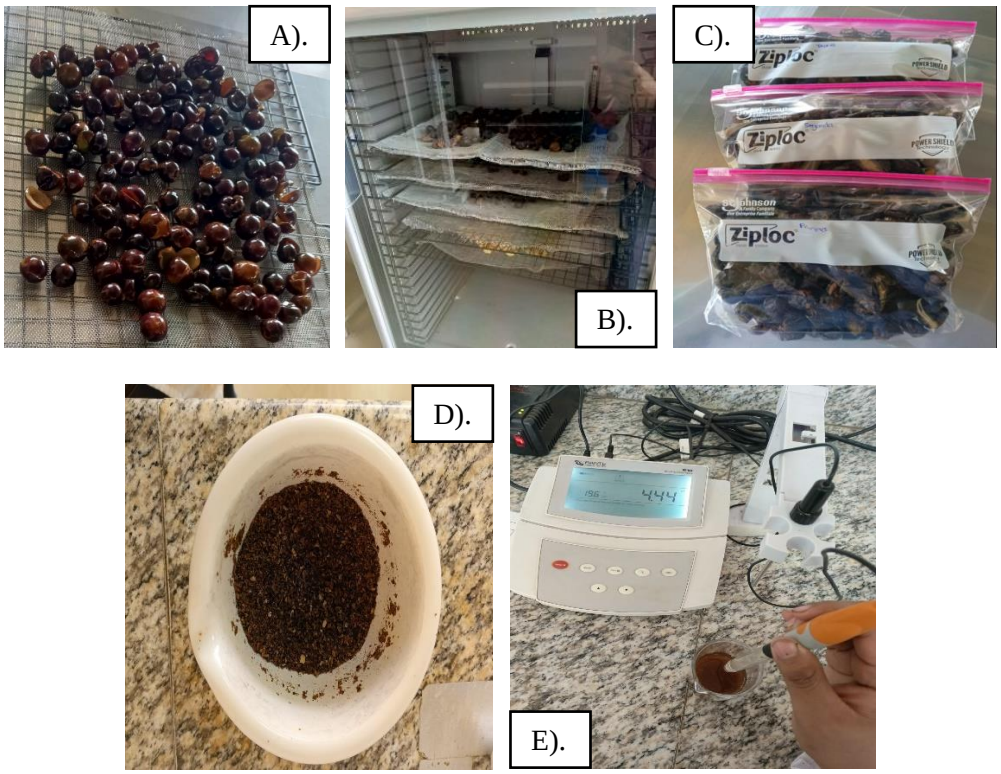
El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

UTA

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi. Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 8617; 8618 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

Anexo 4. Preparación de los frutos de Pourouma cecropiifolia Mart.



A). Fruta lavada y separada de la semilla, B). Deshidratación de la fruta, C). Enfundado de la fruta deshidratada, D). Muestra seca pulverizada, E). Determinación de pH

Anexo 5. Análisis de ANOVA de los diferentes factores utilizados en la extracción de polifenoles de Pourouma cecropiifolia Mart.

Análisis de Varianza para Concentración de polifenoles

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Relación MV/DV	5,12533E-05	1	5,12533E-05	161,43	0,0000
B: Concentración	1,04533E-05	1	1,04533E-05	32,92	0,0012
AB	3,53633E-05	1	3,53633E-05	111,38	0,0000
bloques	5,15E-07	2	2,58E-07	0,81	0,4878
Error total	0,000001905	6	3,18E-07		
Total (corr.)	0,00009949	11			

R-cuadrada = 98,0852 porciento

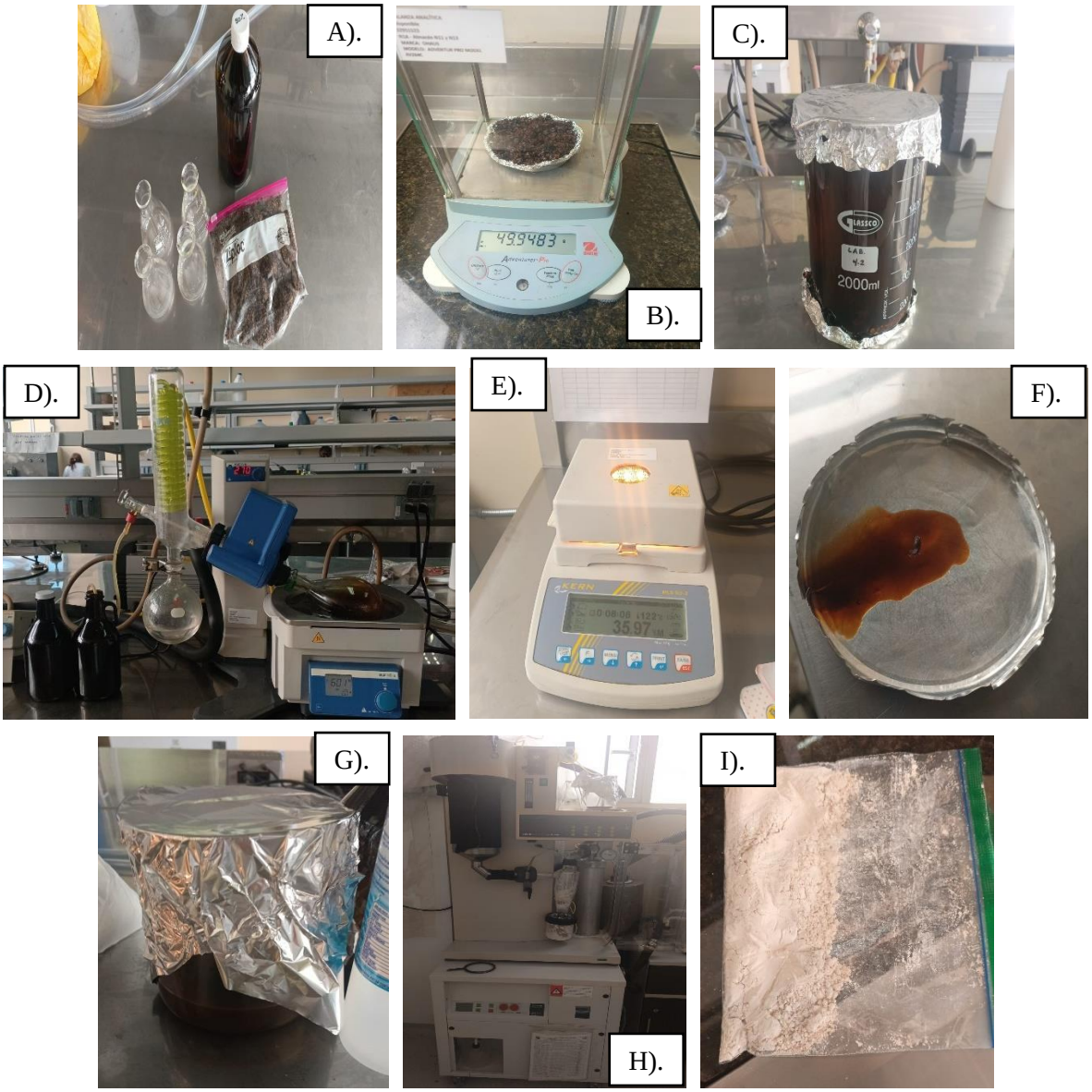
Anexo 6. Análisis de optimización de respuesta

Meta: maximizar Concentración de polifenoles

Valor óptimo = 184.72 mg GAE / g materia seca

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Relación MV/DV	1:15	1:20	1:20
Tiempo	20	30	30

Anexo 7. Proceso de extracción y microencapsulación del compuesto bioactivo de Pourouma cecropiifolia Mart.



A). Preparación del material para la extracción, B). Pesado de la muestra vegeta, C). Extracción con plancha de calentamiento, Microencapsulación por secado por aspersión, D). Concentración de extracto en Rota evaporador, E). Determinación de solidos totales del

extracto concentrado por balanza infrarroja, F). Residuo del extracto concentrado de la balanza infrarroja, G). Preparación del extracto concentrado con agua destilada y maltodextrina, H). Microencapsulación por secado por aspersión , I). Micro encapsulado resultante

Anexo 8. Proceso de elaboración de vino y cata



















A) Fruta hidratada por 12 horas , B). brix iniciales de la fruta, C). pH inicial del hidratado de la fruta, D). Pesado de azúcar, E). Mezclado de azúcar con agua destilada, F). brix

alcanzado para el proceso de fermentación, G). Incorporación de levaduras al mosto, H). Colocación de airlock, I). Control de temperatura, J). Botellas esterilizadas, K). Trasiego de vino, M). Eliminación de residuos del vino del recipiente ámbar, N). Envasado de vino, O). Embotellado de vino y almacenado en refrigeración, P). Preparación de sala de catación, Q). Explicación sobre los parámetros a evaluar , R). Catación por parte de jueces