



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

Microencapsulación del extracto antioxidante del subproducto de mortiño
Vaccinium floribundum kunth

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Burneo Tapia, Katerine María.

DIRECTOR: Meneses Chamba, Miguel Ángel, Ph.D.

LOJA – ECUADOR
2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D.

Miguel Ángel Meneses Chamba

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “**Microencapsulación del extracto antioxidante del subproducto de mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*)**”, realizado por Burneo Tapia Katerine María, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, abril de 2018

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Burneo Tapia Katerine María declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Microencapsulación del extracto antioxidante del subproducto de mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth)”, de la Titulación de Bioquímica y Farmacia, siendo el PhD. Miguel Ángel Meneses Chamba director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Autora: Burneo Tapia Katerine María

Cédula: 1103703037

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo primeramente a Dios, por haberme guiado en este camino y sobre todo darme las fuerzas para llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mis hijos Salomé y Dereck por ser ese pilar fundamental en mi vida y sobre todo por ser mi inspiración día a día.

A mi esposo Adrian por ser ese apoyo incondicional, por estar siempre dispuesto a apoyarme en todo momento y acompañarme en este largo camino.

A mi madre Francisca por ser padre y madre a la vez, por ser una persona luchadora que supo guiarme siempre por el buen camino y enseñarme que las cosas se las obtiene con esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos Adrian, Minoska, Ulises y Marjorie que todo con esfuerzo se logra, sigan sus sueños y cumplan sus metas.

Katerine.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, por guiarme, y sobre todo por sus bendiciones que ha puesto sobre mí para lograr llegar a donde estoy.

A mis hijos y mi esposo por ser ese pilar fundamental en mi vida, por todo su apoyo, amor y paciencia que han sabido brindarme para la culminación de esta etapa de mi vida.

A mi madre y hermanos por esos buenos consejos y el apoyo brindado en todo momento de mi vida.

A mis amigas Soraya y Andrea por brindarme su ayuda en todo momento, por las largas pláticas y consejos brindados en esta etapa.

Al Ph.D. Miguel Ángel Meneses por ser esa ayuda por brindarme ese conocimiento para lograr culminar esta investigación.

Al Ing. Holger Jaramillo por todos sus buenos consejos, la paciencia y ayuda brindada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 El Mortiño	6
1.1.1. Origen.....	6
1.1.2. Composición química del fruto	7
1.2. Subproductos de la industrialización de frutas	8
1.3. Aprovechamiento del subproducto de mortiño	8
1.3.1. Extracción de antioxidantes	8
1.4. Micro encapsulación	9
1.4.1. Atomización	10
1.4.2. Etapas en el secado por atomización	10
1.4.3. Estudios previos del atomizado	11
1.4.4. Agente encapsulante	14
CAPITULO II	15
METODOLOGÍA.....	15
2.1. Lugar de desarrollo.....	16

2.2. Materia prima	16
2.3. Caracterización	16
2.3.1. Determinación de humedad	16
2.3.2. Determinación de pH	16
2.3.3. Determinación de acidez.....	17
2.3.4. Determinación de sólidos solubles totales.....	17
2.3.5. Determinación de color	17
2.4. Preparación de materia prima para extracción	17
2.4.1 Procesado del fruto fresco para obtención de los subproductos (corteza y semilla)....	17
2.5. Atomización y obtención de antioxidantes del subproducto de mortiño	18
2.5.1. Extracción de antioxidantes del subproducto para atomizado	18
2.5.2. Proceso de atomización	20
2.6. Determinación de actividad antioxidante y contenido de fenoles totales.....	21
2.6.1. Método DPPH.....	22
2.6.2. Determinación del contenido de fenoles totales	22
2.7. Diseño Experimental	23
CAPITULO III	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Caracterización del mortiño	25
3.2. Cuantificación de antioxidantes en subproducto de mortiño antes de atomizar	26
3.3. Cuantificación de antioxidantes en subproducto de mortiño atomizados	27
3.4. Porcentaje de rendimiento en atomizados del subproducto	30
3.5. Cuantificación de antioxidantes en subproducto de mortiño atomizado	31
3.5.1. Cuantificación de antioxidantes método DPPH	31
3.5.2. Cuantificación de antioxidantes método de fenoles totales	32
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de Mortiño.....	6
Figura 2. Partes de mortiño a) pulpa, b) cáscara, c) semilla	7
Figura 3. Subproductos de mortiño	8
Figura 4. Jugo de mortiño	18
Figura 5. Cáscara y semilla de mortiño.....	18
Figura 6. Extracción de antioxidantes del subproducto de mortiño.....	19
Figura 7. Filtración al vacío del extracto del subproducto de mortiño.....	19
Figura 8. Eliminación del etanol de extractos	20
Figura 9. Mini Spray Dryer B-290.....	20
Figura 10. Polvo atomizado del subproducto de mortiño.....	21
Figura 11. Polvos empacados al vacío en fundas laminadas	21
Figura 12. Diagrama de Pareto Estandarizada para Rendimiento.....	30
Figura 13. Grafica de Efectos Principales para Rendimiento.....	30
Figura 14. Diagrama de Pareto Estandarizada para DPPH	31
Figura 15. Grafica de Efectos Principales para DPPH	32
Figura 16. Diagrama de Pareto Estandarizada para Fenoles Totales.....	32
Figura 17. Grafica de Efectos Principales para Fenoles Totales.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de mortiño por cada 100 y 142 g de fruto.....	7
Tabla 2. Estudios previos del atomizado.....	12
Tabla 3. Caracterización de la materia prima.....	25
Tabla 4. Resultados del contenido de fenoles totales con comparación de medias.....	26
Tabla 5. Resultados de la actividad de antioxidantes por el método de DPPH con comparación entre medias.....	26
Tabla 6. Resultados de la cuantificación de antioxidantes y porcentaje de rendimiento del subproducto atomizado.	28
Tabla 7. Optimización de las condiciones de atomización	33
Tabla 8. Ecuaciones de segundo orden de cada variable de respuesta	34
Tabla 9. Valores óptimos y porcentaje de diferencia	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Procesado del fruto fresco para la obtención del subproducto	42
ANEXO 2. Extracción de antioxidantes del subproducto para atomizado	44
ANEXO 3. Proceso de atomización	45
ANEXO 4. Determinación de actividad antioxidante. Método DPPH.....	46
ANEXO 5. Curva de calibración de Trolox	47
ANEXO 6. Determinación de actividad antioxidante. Método Folin - Ciocalteu	48
ANEXO 7. Curva de calibración de Ácido Gálico.....	49
ANEXO 8. Combinaciones propuestas por el diseño experimental.....	50
ANEXO 9. Análisis estadísticos para las variables de respuesta.....	51
ANEXO 10. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para rendimiento ...	54
ANEXO 11. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para Fenoles Totales	56
ANEXO 12. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para DPPH	58

LISTA DE ABREVIATURAS

EtOH	: Etanol absoluto
Meoh	: Metanol
DPPH	: 2,2-difenil-2-picrilhidrazilo
TROLOX	: 6-hidroxi-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxilic acid
$\mu\text{Mol T / g ext}$: Micromoles de trolox por gramo de extracto
mg EAG/ g ext	: Micromoles de ácido gálico por gramo de extracto
mL	: Mililitro
g	: Gramo
mg	: Miligramo
μM	: Micromol
mg/L	: Miligramo por litro

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la extracción de antioxidantes del subproducto de mortiño, usando la técnica de microencapsulación mediante secado por aspersion utilizando las variables de temperatura de entrada de aire 140, 155 y 170°C, flujo de alimentación 20, 30 y 40%, concentración de sólidos (p/p) 5, 7.5 y 10% y como agente encapsulante la maltodextrina en diferentes proporciones. Los resultados de los polvos atomizados tuvieron un rendimiento 82.30%, una capacidad antioxidante por el método de DPPH de 1590.77 μM T/g atomizado y para el contenido de fenoles totales de 88.80 mg EAG/ g atomizado.

Palabras claves: Subproductos, antioxidantes, microencapsulación, mortiño.

ABSTRACT

In the present research the extraction of antioxidants from the mortiño by-product was carried out using the microencapsulation technique by spray drying using the variables of air inlet temperature 140, 155 and 170 ° C, feed flow 20, 30 and 40% , solids concentration (w / w) 5, 7.5 and 10% and maltodextrin in different proportions as the encapsulating agent. The results of the atomized powders had a yield of 82.30%, an antioxidant capacity by the DPPH method of 1590.77 $\mu\text{M T} / \text{g}$ atomized and for the total phenol content of 88.80 mg EAG / g atomized.

Keywords: Byproducts, antioxidants, microencapsulation, mortiño.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país no se ha dado la importancia necesaria y mucho menos el aprovechamiento del subproducto del mortiño o uva del monte (*Vaccinium floribundum* kunth) ya que no se han realizado estudios necesarios para conocer los componentes bioactivos que lo enriquecen, entre los estudios que se proponen esta la microencapsulación de compuestos bioactivos de los subproductos de esta súper-fruta, en este proyecto se propone aplicar la microencapsulación para obtener compuestos bioactivos con capacidad antioxidante los cuales son de interés en la industria farmacéutica, alimentaria y de gran beneficio para la salud y la sociedad en general.

En el capítulo 1 de esta investigación se detalla las generalidades de fruto, subproductos de mortiño, fundamentos de la técnica de microencapsulación y del método de secado por aspersion. En el capítulo 2 se describe la metodología y materiales que comprende la caracterización de la materia prima, extracción, microencapsulación y evaluación de capacidad antioxidante de los polvos microencapsulados. Finalmente en el capítulo 3 se detalla los resultados obtenidos y discusiones, centrándose en el rendimiento de los polvos atomizados, en la determinación de capacidad antioxidante y la cuantificación de fenoles totales.

Actualmente, los subproductos de frutas y verduras no son valorados comercialmente, produciendo contaminación ambiental y elevados costos en su proceso de disposición final. En estudios recientes se ha evidenciado que estos subproductos contienen compuestos bioactivos de gran importancia, ya que la mayor cantidad de antioxidantes de las frutas están concentradas en la cáscara y semillas.

Es por ello que los subproductos son usados como fuente de compuestos bioactivos, o como ingredientes en nutracéuticos y alimentos funcionales para ser aplicados en la industria farmacéutica y alimenticia. Existe un creciente interés por estudiar nuevas fuentes de antioxidantes naturales para responder a las demandas de consumidores, autoridades y la industria de contar con ingredientes y productos seguros en lugar de los sintéticos.

Los objetivos tanto general como específicos fueron cumplidos, se aplicó la técnica de microencapsulación usando el método de secado por aspersion obteniendo extractos atomizados, luego a estos polvos atomizados se les determinó su rendimiento y finalmente fueron evaluados mediante los análisis de actividad antioxidante por el método de DPPH y el contenido de fenoles totales.

La presente investigación se llevó a cabo primeramente con la obtención de la materia prima a la cual se le realizó una separación del subproducto (cáscara y semilla) mediante la técnica de prensado en frío, se realizó una extracción de los antioxidantes del subproducto de mortiño utilizando la maceración dinámica con una solución de agua: etanol (50/50) v/v, luego se realizó la técnica de microencapsulación mediante el secado por aspersión usando como agente encapsulante la maltodextrina en proporciones de 5, 7.5 y 10% y las variables de temperatura de entrada de aire, flujo de alimentación y concentración de sólidos, finalmente después de obtener los polvos atomizados determino su rendimiento y se evaluó la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH y el contenido de fenoles totales.

Esta presente investigación se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Universidad Técnica Particular de Loja, la cual tiene a su disposición el equipo de secado por aspersión Mini Spray Dryer Buchi B-290, facilitando la realización de la misma. Una de las limitantes principales en el desarrollo de la misma es la obtención de la materia prima debido a que solo se da una cosecha por año entre los meses de octubre y noviembre en Ecuador, por lo tanto hay que tener en cuenta esta limitante para posteriores estudios a realizarse.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 El Mortiño

El mortiño, figura 1, pertenece al orden de las ericales, familia *ericaceae*, género *vaccinium*, es un arbusto ramificado el cual alcanza una altura de 2.5 m, el fruto del mortiño es una baya esférica que mide de 5 a 8 mm de diámetro, presenta un color azul oscuro, esta baya tiene una cubierta lisa que está envuelta por un polvo blanquecino, la pulpa es de color verde y posee numerosas semillas las cuales son pequeñas (Aguilar, Ulloa, & Hidalgo, 2009)



Figura 1. Fruto de Mortiño

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

En la medicina tradicional ha sido usada dando grandes beneficios entre los que se puede mencionar el restablecer los niveles de azúcar en la sangre, prevenir la diabetes, reumatismo, inflamación de vías urinarias, reducir el riesgo de propagación y desarrollo del cáncer, enfermedades cardíacas, acumulación de grasas en las arterias (arterosclerosis), combate trastornos digestivos como diarrea y estreñimiento y otras relacionadas con el estrés oxidativo (Aguilar et al., 2009).

1.1.1 Origen

Se originó en Asia y Europa con el género *Vaccinium*, que luego de ser colonizado el Este de Estados Unidos avanzó a Centroamérica y Sudamérica.

En Ecuador la especie *Vaccinium floribundum* presenta una mayor distribución la cual es cultivada entre 1000-4500 msnm; localizada en las provincias de Pichincha, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua, Imbabura, Loja y Azuay (Luteyn, 2002). El consumo en Ecuador es básicamente en fresco en la elaboración de la tradicional colada morada y ensalada, y algo procesado como en jugos, mermeladas, tortas y vinos, el colorante del fruto es aprovechado en la elaboración de tintes naturales, su comercialización se basa en el aprovechamiento o cosecha de plantas silvestres (Coba et al., 2012).

1.1.2 Composición química del fruto

El mortiño es un fruto conformado por tres partes: pulpa, cáscara y semillas que se muestra en la figura 2.



Figura 2. Partes de mortiño a) pulpa, b) cáscara, c) semilla

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

En la tabla 1 se muestra la composición química del mortiño

Tabla 1. Composición química de mortiño por cada 100 y 142 g de fruto

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Proteínas (g/100 g) 1	0,70 g	Ácidos Orgánicos	
Fibra (g/100 g) 1	7.60 g	Ácido cítrico (mg/100 g) 1	3.142 mg
Carbohidratos (g/100 g) 1	16.90 g	Ácido málico (mg/100 g) 1	1.823 mg
Minerales		Vitaminas	
Ca (mg/100 g) 2	17 mg	Retinol A (IU/142 g) 2	145.0 IU
Cu (mg/100 g) 2	0.12 mg	Tiamina B1 (mg/142 g) 2	0.07 mg
Fe (mg/100 g) 2	0.64 mg	Riboflavina B2 (mg/142 g) 2	0.07 mg
K (mg/100 g) 2	607 mg	Niacina B3 (mg/142 g) 2	0.25 mg
Zn (mg/100 g) 2	0.13 mg	Ácido Pantoténico B5 (mg/142 g) 2	0.13 mg
Mg (mg/100 g) 2	10.20 mg	Piridoxina B6 (mg/142 g) 2	0.05 mg
P (mg/142 g) 1	15 mg	Folacina B9 (mg/142 g) 2	9.3 mg

Na (mg/142 g) 1	9 mg	Ácido Ascórbico C (mg/142 g) 2	18.9 mg
-----------------	------	--------------------------------	---------

Componentes Antioxidantes		Azúcares Solubles	
Contenido fenólico (mg AG/100 g)	882 mg	Fructosa (g/100 g) 2	4.40 g
Capacidad antioxidante (mg T/100 g)	1.203 mg	Glucosa (g/100 g) 2	2.60 g

Fuente: (Vasco, Riihinen, Ruales, & Kamal-Eldin, 2009) ; *Food and Drug Administration* (FDA-2000)
Elaborado: La Autora

1.2 Subproductos de la industrialización de frutas

Actualmente los subproductos de frutas y verduras no son comercialmente valorados, creando una contaminación ambiental y elevados costos en su proceso de desecho. En varios estudios se ha evidenciado que los subproductos contienen compuestos bioactivos de vital importancia, debido a que la cantidad de antioxidantes se encuentran concentrada en la cascara y semilla de las frutas (Albuquerque et al., 2016) ; (Melo, Maciel, Lima, & Nascimento, 2008) En la figura 3 se muestra los subproductos de mortiño (cáscara y semilla)



Figura 3. Subproductos de mortiño

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

Por lo tanto los subproductos presentan un gran potencial para el uso como fuente de compuestos bioactivos tanto en la industria farmacéutica como alimenticia participando en la elaboración de nutracéuticos y alimentos funcionales dando a la sociedad productos seguros y naturales en lugar de sintéticos (Dorta, Lobo, & González, 2013).

1.3 Aprovechamiento del Subproducto de mortiño

1.3.1 Extracción de antioxidantes

La extracción de antioxidantes de los subproductos depende principalmente de la técnica de extracción a utilizar y los disolventes. Los disolventes principalmente utilizados a nivel industrial son metanol, etanol, acetato de etilo, acetona y mezclas de estos disolventes con agua en distintas proporciones (Dorta et al., 2013).

La técnica de extracción más utilizada es la de extracción Sólido- Líquido debido a que esta tiene un bajo costo, fácil manejo y no es necesario el uso de equipos sofisticados. El principal problema con las técnicas clásicas de extracción son la degradación térmica en la que influye la temperatura y la degradación química sobre los compuestos lábiles y el residuo del disolvente que en ciertos casos es dañino afectando la calidad y seguridad del extracto (Wijngaard, Hossain, Rai, & Brunton, 2012). Otro problema importante es la relación del solvente- extracto.

1.4 Microencapsulación

La microencapsulación es una técnica mediante la cual los compuestos bioactivos son introducidos en una matriz protectora, material encapsulante o polímero como la maltodextrina, goma arábiga, almidón, etc. Los compuestos bioactivos son cubiertos con el propósito de proteger a los mismos de reacciones con otros compuestos presentes y sobre todo la degradación por oxidación (Soottitantawat, Yoshii, Furuta, Ohkawara, & Linko, 2003 ; McNamee, O’Riordan, & O’Sullivan, 2001).

La técnica de secado por aspersion es un método económico y utilizado para la encapsulación de ingredientes y productos alimenticios, como vitaminas, aromas, aceites vegetales, minerales y pigmentos. También es utilizada en la elaboración de fármacos y principios activos que son de mucha ayuda en la industria farmacéutica (Chistine Wandrey, Artur Bartkowiak, 2009) ayudando en la disponibilidad fácil de equipamiento, costos bajo de procesado y estabilidad del producto final (Favaro-Trindade, Santana, Monterrey-Quintero, Trindade, & Netto, 2010)

Ventajas de la microencapsulación (Astray, Gonzalez-Barreiro, Mejuto, Rial-Otero, & Simal-Gándara, 2009)

1. Dar protección al material activo de la degradación causada por el medio ambiente como la luz, oxígeno y calor.
2. En el material original sus características físicas son modificadas (el líquido es convertido en polvo) haciendo un cambio en su densidad y la higroscopia sea reducida.
3. Su sabor y olor pueden ser enmascarados facilitando su utilización.

4. Facilidad para transformar sustancias líquidas en sólidas

1.4.1 Atomización

El secado por aspersión facilita una eficiencia de encapsulación sumamente alta. La eficiencia de encapsulación llega hasta un 96 % que es un valor superior comparando otros métodos utilizados.

Las variables más importantes a controlar durante el proceso de secado por aspersión son la temperatura de entrada y salida del aire de secado, flujo de alimentación del producto a secar, tiempo de residencia y acondicionamiento de la materia prima (García, C., González, M., Ochoa, L., Medrano, H, 2004)

Este proceso consiste en atomizar la sustancia que se encuentra en estado líquido, al final dando la formación de finas gotas sobre una corriente de gas calentado, cuando estas pequeñas gotas de líquido toman contacto con el gas, y con elevada temperatura, se produce una rápida evaporación del solvente dando formación a una fina película del material de recubrimiento que se encuentra la misma (Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, & Saurel, 2007).

1.4.2 Etapas en el secado por atomización

El secado por atomización entiende cuatro etapas principales:

1. Atomización
2. Contacto spray-aire
3. Secado
4. Separación del producto

Las cuales son detalladas a continuación:

1. **Atomización:** Se basa en la dispersión del fluido por medio de una energía entregada, transformándolo al mismo en pequeñas gotas entre un rango de tamaños establecidos que depende del tipo de atomizador, así como de las condiciones dadas.
2. **Contacto spray-aire:** El fluido dispersado por el equipo (atomizado) se pone en contacto con el aire caliente que puede circular en co-corriente o en contracorriente.
3. **Secado:** Dentro de este proceso de secado, la gota pasa por dos etapas muy importantes en la cual la primera que es la de evaporación constante y la segunda sería el decaimiento de la evaporación. El porcentaje de grado de secado a alcanzar

por la partícula depende de varias situaciones como es el tiempo expuesto al medio caliente, la temperatura final, la humedad de este medio y el tamaño de partícula (Siccha & Ugaz, 1995).

4. **Separación del producto final:** Esta etapa se ve afectada, de acuerdo a la forma en que cada paso antes mencionado se realice de la mejor manera, siendo el tipo de producto que se va a secar el que establezca las características del sistema de recolección (Peves Coronado, Victor., Villon Ulloa, Angel., 1982).

1.4.3 Estudios previos del atomizado

En la tabla 2, se citan diferentes estudios realizados por medio de la técnica de microencapsulación usando el método de secado por aspersion empleado en un equipo sofisticado como es el Spray Dryer, con diferentes frutas y vegetales dando un buen uso en la utilización de los subproductos.

Tabla 2. Estudios previos del atomizado

ESTUDIO	CONDICIONES	RESULTADOS	REFERENCIA
Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersión	Temperatura de entrada de aire : 120, 140 y 160°C Flujo de alimentación: 9, 11,13 ml/ min Concentración de maltodextrina: 1, 3 y 5% Temperatura de salida de aire: 70 a 80°C	Temperatura de entrada de aire : 140°C Flujo de alimentación: 11 ml/ min Concentración de maltodextrina: 1 % Temperatura de salida de aire: 80°C	(Garcia, C., Gonzalez, M., Ochoa, L., Medrano, H, 2004)
Microencapsulación y Estabilización enzimática del jugo de chirimoya	Temperatura del aire de entrada: 120, 140 y 140 °C Flujo de alimentación: 10 ml/ min.	Temperatura del aire de entrada: 160 °C Flujo de alimentación: 10 ml/ min.	(Rivas, 2010)
Desarrollo de un ingrediente funcional a partir de pulpa de mora y mortiño mediante la micro encapsulación de compuestos fenólicos	Temperatura de entrada de aire : 130 y 150°C Concentración de Maltodextrina: 80 y 90 g Goma Arábica: 10 g	Temperatura de entrada de aire : 130 y 150°C Concentración de Maltodextrina: 90 g Goma Arábica: 10 g	(Abadiano, 2015)
Diseño de los procesos de secado por rodillos y Spray Dryer para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla de amaranto, quinua, chocho y avena	Temperatura de entrada de aire: 180 y 200°C Temperatura de salida de aire: 90°C Flujo de alimentación: 1 ml/ min	Temperatura de entrada de aire : 200°C Temperatura de salida de aire: 90°C Flujo de alimentación: 1 ml/ min	(Morales, 2014)
Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (<i>Solanum melongena</i> L.) mediante secado por aspersión y	Temperatura de entrada de aire: 170 y 180°C	Temperatura de entrada de aire: 180°C	(Arrazola, Herazo, & Alvis, 2014)

Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante Concentración de Maltodextrina: 15, 20 y 30 % Concentración de Maltodextrina: 30 %

Fuente: (García, C., González, M., Ochoa, L., Medrano, H., 2004); (Rivas, 2010); (Abadiano, 2015); (Morales, 2014); (Arrazola; Herazo, & Alvis, 2014)

Elaborado: La Autora

1.4.4 Agente Encapsulante

La microencapsulación es una técnica aplicada en la preservación y protección de ingredientes y productos, la misma que empaqueta los materiales líquidos gaseosos y sólidos en miniatura. Los materiales microencapsulados ayudados conjuntamente con un agente encapsulante el cual le brinda una pared para que sean cubiertos de forma individual con la finalidad de dar protección del medio ambiente, su reacción con otros compuestos, y sobre todo la oxidación provocada por la luz y el oxígeno.

La maltodextrina es un polisacárido el cual es obtenido por la hidrólisis parcial enzimática o ácida del maíz, arroz y papa, tiene un peso molecular aproximado de 1800 g/mol (Pedroza-Islas et al., 2000), con un aporte nutricional de 4 cal/g. Su uso como agente encapsulante en la utilización en el proceso de micro encapsulación se basa en que esta tiene buena solubilidad, es incolora, inodora, alta capacidad en la formación de películas, baja viscosidad a una alta proporción de sólidos, no enmascara el sabor original del producto, tiene bajo costo y alta efectividad por lo cual es comúnmente utilizada en la industria alimenticia (Madene, Jacquot, Scher, & Desobry, 2006); (García, C., González, M., Ochoa, L., Medrano, H, 2004)

CAPÍTULO II
METODOLOGÍA

2.1 Lugar de desarrollo

La presente investigación fue realizada en la Universidad Técnica Particular de Loja en el Laboratorio de Alimentos, durante los meses de octubre del 2016 hasta mayo del 2017.

2.2 Materia Prima

La materia prima fue obtenida el 30 de septiembre del 2016 de la cual se utilizó el subproducto de mortiño procedentes de la ciudad de Quito perteneciente a la provincia de Pichincha, Ecuador.

2.3 Caracterización

Su caracterización se determinó con la finalidad de estandarizar y minimizar el efecto de los cambios físicos, químicos y fisiológicos de la materia prima, los análisis elaborados se especifican a continuación:

2.3.1 Determinación de humedad

El porcentaje de humedad del subproducto de mortiño se determinó basándose en la metodología de la técnica AOAC 934. El método fue realizado en una estufa a vacío (LAB COMPANION OV-12) a $70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y - 0,05 MPa, se pesaron 5 g de muestra en una cápsula de porcelana previamente secada, las capsulas se pesaron continuamente hasta alcanzar un peso constante. Para la confirmación de peso se dejó enfriar media hora en el desecador, los resultados se obtuvieron por diferencia de pesos, los mismos que se realizaron por triplicado y expresados con la media \pm desviación estándar mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

2.3.2 Determinación de pH

Para la determinación de pH se siguió el procedimiento de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 389 (INEN 1985), usando un pH-metro digital (METTLER TOLEDO) previamente calibrado con buffer pH 4.01 – 7.00. Se pesaron 10 g de la muestra del subproducto de mortiño mezclándolo con 100 ml de agua destilada, se colocó el pH-metro digital y se realizó la medición, el análisis se desarrolló por triplicado a temperatura ambiente (22°C) y el resultado se expresó como valor promedio \pm desviación estándar.

2.3.3 Determinación de acidez

Para la determinación de acidez se siguió el procedimiento basándose en el método oficial AOAC 942.15, en el cual se utilizaron 0.5 g de la muestra a la cual la diluimos en 50 ml de agua destilada, se adicionaron 4 gotas de fenolftaleína homogenizamos y titulamos con hidróxido de sodio 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.3 (viraje de la fenolftaleína). El porcentaje de acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico utilizando la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{Volumen de hidróxido gastado} \cdot \text{Normalidad real} \cdot \text{meq del ácido cítrico} \cdot 100}{\text{Peso de muestra} \cdot 0.1} \quad \text{Ec. (2)}$$

2.3.4 Determinación de sólidos solubles totales

Para la determinación de sólidos solubles totales se usó un refractómetro (METTLER TOLEDO) se colocaron de 1 a 2 gotas del jugo de mortiño, el resultado lo expresamos siguiendo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 380 (INEN, 1985) como °Brix.

2.3.5 Determinación de color

Para la determinación de color se usó el colorímetro portátil (C-R14 KONICA MINOLTA) con sensor óptico en el sistema de Y x y, que posteriormente fueron transformadas al sistema de color CIE, L*, a*, b*. El ángulo de tono (h°) y el croma (C*) se calculó según las ecuaciones:

$$h^{\circ} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde L* es la coordenada espacial la cual indica la luminosidad, 0 para negro y 100 para blanco, a* el cambio entre rojo y verde (+ a indica rojo, - a indica verde) y b* el cambio entre azul y amarillo (+ b indica amarillo, - b indica azul), por medio de estas coordenadas de color se determinó las magnitudes psicofísicas croma C* que indica la intensidad de color y h° que indica la percepción de color (Salinas-Hernández, González-Aguilar, & Tiznado-Hernández, 2015).

2.4 Preparación de materia prima para extracción

A continuación se muestra el procesamiento del producto fresco para obtener el subproducto de mortiño.

2.4.1 Procesado del fruto fresco para la obtención del subproducto

El fruto de mortiño fue limpiado (quitando el tallo y hojas propias de la planta), luego por medio de la técnica de prensado en frío se separó el jugo figura 4 de la cáscara y la semilla figura 5,

el subproducto se colocó en fundas plásticas ziploc y se almacenó en congelación a -18°C hasta su utilización. El Proceso se muestra en el anexo 1

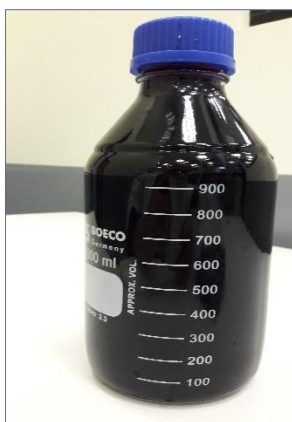


Figura 4. Jugo de mortiño

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora



Figura 5. Cáscara y semilla de mortiño

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

2.5 Atomización y obtención de antioxidantes del subproducto de mortiño

A continuación se muestra el proceso para la extracción de antioxidantes del subproducto de mortiño para luego ser atomizado.

2.5.1 Extracción de antioxidantes del subproducto para atomizado

La extracción de antioxidantes se elaboró por extracción sólido-líquido, basándose en la metodología de Schieber, Berardini, & Carle, (2003), el procedimiento se detalla en el anexo 2, se pesaron 50 g del subproducto de mortiño y se adiciono una solución de agua: etanol (50/50) v/v en una relación 1:20 (peso/volumen) agregando 0.5 g de ácido ascórbico / 50 g

muestra (peso:peso, se colocó en una plancha de calentamiento con agitación magnética (RO 15 P SI IKA Labortechnik) por un tiempo de tres horas y con una temperatura de 60°C (Figura 6).



Figura 6. Extracción de antioxidantes del subproducto de mortiño

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

Se realizó la separación del extracto y el residuo para el que se usó la filtración al vacío figura 7 los cuales posteriormente fueron almacenados en congelación.



Figura 7. Filtración al vacío del extracto del subproducto de mortiño

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

El etanol presente en los extractos se evapora utilizando un rotavaporador al vacío marca Buchi R-200 figura 8 a una temperatura entre 37 - 40°C logrando obtener un extracto acuoso concentrado.



Figura 8. Eliminación del etanol de extractos

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

2.5.2 Proceso de atomización

El proceso de atomización se lo realizó en un Mini Spray Dryer (BUCHI B-290). El Proceso se muestra en el anexo 3, figura 9 donde se modificaron las variables ya establecidas como la temperatura de entrada de aire (140, 155, 170 °C), flujo de alimentación (20, 30 y 40%) y concentración de sólidos en solución (5, 7.5 y 10%, peso/volumen) para cada atomización realizada. El Proceso se muestra en el anexo 3.



Figura 9. Mini Spray Dryer B-290

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

Se establecieron tres concentraciones de sólidos solubles 5, 7.5 y 10% para los extractos acuosos concentrados. El agente encapsulante utilizado fue la maltodextrina con la finalidad de mejorar la recuperación de antioxidantes y dar estabilidad a los polvos atomizados, la cual se adicionó dependiendo el contenido de sólidos de los extractos acuosos en una relación 1:2 (peso/peso) figura 10



Figura 10. Polvo atomizado del subproducto de mortiño

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

Los polvos obtenidos fueron empacados al vacío en fundas laminadas y almacenados en congelación para posteriores análisis figura 11.



Figura 11. Polvos empacados al vacío en fundas laminadas

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

2.6 Determinación de actividad antioxidante y fenoles totales

Los extractos fueron diluidos en agua hasta una concentración de 50ppm (peso/volumen) para la determinación de DPPH y 500 ppm (peso/volumen) para fenoles totales.

2.6.1 Método DPPH

Para el método de DPPH se utilizó la técnica de Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, (1995) con modificaciones descritas por Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos, & Hawkins Byrne (2006), se preparó una solución madre (SM) de DPPH, donde se disolvieron 12 mg de DPPH aforados en 50 mL de metanol la cual fue almacenada en congelación hasta su posterior uso. Luego, se preparó una solución de trabajo (ST) agregando 10 mL de la solución madre ya antes preparada con 45 ml de metanol y medimos la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro hasta obtener una absorbancia de 1.1 ± 0.02 unidades de longitud de onda.

Se tomaron 150 μ L de muestra (estándares o extracto), se adicionaron 2850 μ L de la solución de trabajo de DPPH, se agito y se dejó reposar por 24 horas en oscuridad a temperatura ambiente, transcurridas las 24 horas se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 515 nm en un Espectrofotómetro UV- visible. El Proceso se muestra en el anexo 4.

Se realizó una curva de calibración usando una solución patrón de Trolox disolviendo 12.5 mg aforados en 50 ml de metanol con concentración de 25 – 800 μ M. El Proceso se muestra en el anexo 5.

Los resultados se expresaron en μ Mol equivalente de Trolox / gramo de extracto atomizado (mg ET/ g E At).

2.6.2 Determinación de fenoles totales

Para la determinación de fenoles totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteu, adaptado por Swain & Hillis (1959) y modificado por Thaipong et al. (2006) se prepararon las soluciones de Folin-Ciocalteu al 0.25N y de carbonato de sodio al 1N.

Se tomaron 150 μ L muestra (estándares o extracto), se adicionaron 2400 μ L de agua y 150 μ L de la solución de Folin-Ciocalteu, se agitó por 5 minutos y se dejó reaccionar por 3 minutos en la oscuridad, luego se adicionó 300 μ L de la solución de carbonato de sodio, finalmente se dejó reaccionar por 2 horas en oscuridad a temperatura ambiente, transcurridas las 2 horas se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 725 nm en un Espectrofotómetro UV- visible. El Proceso se muestra en el anexo 6.

Se realizó una curva de calibración usando una solución patrón de Ácido Gálico disolviendo 20 mg aforados en 10 ml de metanol con concentración de 5 – 100 ppm. El Proceso se muestra en el anexo 7.

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico / g de extracto atomizado (mg EAG/ g E At).

2.7 Diseño experimental

Para el diseño experimental se usó un Diseño factorial multinivel de 3x3 como variables independientes la temperatura de entrada de aire 140, 155, 170 °C, flujo de alimentación 20, 30 y 40% y concentración de sólidos en solución 5, 7.5 y 10%, peso/volumen. En el anexo 8 se muestran las 27 combinaciones previamente establecidas las cuales fueron realizadas por triplicado.


La influencia de cada parámetro se evaluará mediante un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$), los resultados se muestran en el Anexo 9 al igual que se evaluarán las gráficas de efectos principales y el Diagrama de Pareto Estandarizada tanto para los métodos de DPPH y fenoles totales como para el rendimiento. Los análisis se realizarán en el software estadístico Statgraphics centurión XVI 64.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del mortiño

En la tabla 3 se muestran los resultados de la caracterización de la materia prima, comparando con las referencias.

Tabla 3. Caracterización de la materia prima

Mortiño	Ensayo	Resultado	Referencia	Bibliografía
	% Humedad	78.84	81.0	(Vasco et al., 2009)
	Grados °Brix	14.2	12.6 - 6.0	(Ruiz Ortega, 2011)
	Acidez	6.4	7.2 ± 0.2	(Tupuna, Vera, & Ruales, 2016)
	pH	3.807	3.92 - 2.13	(Ruiz Ortega, 2011)
	Color	L* 20.4 a* 1.7 b* 0,8	NR	

NR: sin referencia

Fuente: (Vasco et al., 2009); (Ruiz Ortega, 2011); (Tupuna, Vera, & Ruales, 2016)

Elaborado: La Autora

El contenido de humedad del fruto fresco de mortiño fue de 78.84%, Vasco et al., (2009) mencionan que el valor de referencia de porcentaje de sólidos que compone este fruto fresco es de 81.0%.

Los grados °Brix que presentó el fruto fresco de mortiño fueron de 14.2 y para el pH 3.807, Ruiz Ortega (2011) menciona que el valor de referencia para la medición de grados °Brix está entre 12.6 - 6.0 y para el pH de 3.92 - 2.13.

El porcentaje de ácido cítrico que presentó el fruto fresco de mortiño fue de 6.4, (Tupuna et al., 2016) mencionan que el valor de referencia para la acidez titulable es de 7.2±0.2.

Para la medición de color se utilizó el sistema de color CIE L^* , a^* , b^* donde Salinas-Hernández et al. (2015) mencionan que la coordenada L indica la luminosidad la misma que para el fruto de mortiño fue de 20.4 la cual está en un color oscuro, la coordenada a^* fue de 1.7 indicando un color medio entre rojo y verde y para b^* fue de 0.8 la cual tiende a un color azul. El fruto fresco presenta un color negro azulado muy oscuro en su estado de madurez organoléptica.(Tupuna et al., 2016)

Para la comparación de los resultados obtenidos de la caracterización se tomaron en cuenta los valores de referencia en los cuales se pudo evidenciar que los valores son similares a los obtenidos en los análisis realizados en el mortiño.

3.2 Cuantificación de antioxidantes en subproductos de mortíño antes de atomizar

Las tablas 4 y 5 muestran los resultados obtenidos de la actividad antioxidante por el método de DPPH y el contenido de fenoles totales realizados en los extractos acuosos antes de ser atomizados.

Tabla 4. Resultados del contenido de fenoles totales con comparación de medias

	Temperatura °C			Relación %		
	Agua pura	Etanol puro	Agua- Etanol	Agua pura	Etanol puro	Agua- Etanol
20	15.83 ± 0.25 a,a	36.07 ± 7.56 a,b	87.52 ± 14.34 a,c			
40	21.68 ± 0.76 b,a	50.72 ± 1.49 b,b	150.09 ± 10.81 b,c			
60	21.87 ± 1.43 b,a	90.67 ± 3.08 c,b	261.21 ± 2.51 c,c			

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

Tabla 5. Resultados de la actividad de antioxidantes por el método de DPPH con comparación entre medias

	Temperatura °C			Relación %		
	Agua pura	Etanol puro	Agua- Etanol	Agua pura	Etanol puro	Agua- Etanol
20	1.89 ± 0.18 a,a	4.51 ± 0.20 a,b	8.77 ± 0.10 a,c			
40	2.24 ± 0.19 a,a	6.68 ± 0.43 b,b	16.00 ± 0.45 b,c			
60	6.63 ± 0.49 b,a	9.14 ± 0.22 c,b	20.62 ± 0.49 c,c			

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

En la tabla 4 y 5 podemos observar la diferencia en las letras entre filas y columnas esto significa que existe diferencia significativa en la capacidad antioxidante de las muestras por el método de DPPH y el contenido de fenoles totales usando diferente temperatura y relación.

Existen muchos factores que intervienen en la cuantificación de antioxidantes mejorando la eficiencia de extracción como el disolvente, relación solvente - extracto, altas temperaturas y elevados tiempos de extracción. (González-montelongo, Lobo, & González, 2010).

En la presente investigación se obtuvo un valor de capacidad antioxidante de 261.21 mg Trolox/ g M para el método de DPPH y 20.62 mg EAG/ g M para el contenido de fenoles totales.

Si comparamos valores con otras frutas ecuatorianas que contengan capacidad antioxidante según Vasco et al. (2009) tenemos el *V. corymbosum* L. (200 - 675 mg Trolox/ g M), donde podemos observar que nuestro valor se encuentra dentro del rango ubicando al fruto del mortiño dentro de la frutas ecuatorianas con mayor capacidad antioxidante.

3.3 Cuantificación de antioxidantes en subproductos de mortiño atomizados

En la tabla 5 se muestran los datos de cada variable independiente y los resultados obtenidos para las variables independientes las cuales son el rendimiento de actividad antioxidante por el método de DPPH y el contenido de fenoles totales.

Tabla 6. Resultados de la cuantificación de antioxidantes y porcentaje de rendimiento del subproducto atomizado.

Temperatura	Flujo de alimentación	Conc. de sólidos	Recuperación	Actividad antioxidante DPPH	Contenido de fenoles totales
°C	%	%	%	µM T/ g Atomizado	mg AG/ g Atomizado
140	20	5	73.00 ± 2.67	1473.33 ± 33.33	70.30 ± 0.67
140	20	7.5	80.04 ± 0.30	1140.00 ± 27.78	52.16 ± 0.21
140	20	10	78.10 ± 2.93	1453.89 ± 29.63	57.04 ± 0.41
155	20	5	68.33 ± 5.67	1559.44 ± 12.96	70.37 ± 0.47
155	20	7.5	82.00 ± 1.33	1187.22 ± 18.52	75.88 ± 0.83
155	20	10	84.13 ± 2.89	1212.22 ± 35.19	62.93 ± 0.78
170	20	5	70.33 ± 8.04	1490.00 ± 11.11	103.2 ± 0.57
170	20	7.5	71.11 ± 2.96	1315.00 ± 33.33	70.45 ± 0.83
170	20	10	77.07 ± 0.71	1137.22 ± 25.93	59.44 ± 0.62
140	30	5	57.80 ± 6.67	1526.11 ± 18.52	71.46 ± 0.98
140	30	7.5	69.16 ± 2.96	1198.33 ± 33.33	52.47 ± 0.93
140	30	10	78.10 ± 0.67	1176.11 ± 29.63	52.85 ± 0.98
155	30	5	74.40 ± 2.00	1548.33 ± 33.33	71.30 ± 0.47
155	30	7.5	73.78 ± 2.73	1253.89 ± 25.93	49.21 ± 0.62
155	30	10	76.53 ± 5.29	1184.44 ± 20.37	54.17 ± 0.83
170	30	5	77.40 ± 0.08	1853.89 ± 29.63	71.69 ± 0.83

170	30	7.5	74.71 ± 1.04	1192.78 ± 18.52	63.16 ± 0.93
170	30	10	79.47 ± 2.98	1242.78 ± 25.93	56.81 ± 0.83
140	40	5	72.07 ± 1.69	1528.89 ± 20.37	70.68 ± 0.67
140	40	7.5	73.20 ± 5,16	1234.44 ± 31.48	55.88 ± 0.72
140	40	10	47.17 ± 8.56	1387.22 ± 7.41	60.76 ± 0.83
155	40	5	74.13 ± 1.42	1262.22 ± 14.81	74.48 ± 0.52
155	40	7.5	73.96 ± 2.55	1731.67 ± 33.33	59.44 ± 0.62
155	40	10	68.90 ± 0.67	1687.22 ± 29.63	60.30 ± 0.67
170	40	5	70.60 ± 0.8	1381.67 ± 33.33	70.61 ± 0.93
170	40	7.5	72.93 ± 1.69	1748.33 ± 33.33	59.75 ± 0.52
170	40	10	71.13 ± 1.71	1242.78 ± 29.63	55.95 ± 0.47

Los valores se expresaron como n=3; ± desviación estándar y el triplicado respectivamente.

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

3.4 Porcentaje de rendimiento en atomizados del subproducto

En la tabla 5 se muestra el porcentaje de rendimiento para cada una de las variables propuestas, el análisis de varianza ANOVA nos muestra que las variables propuestas como la concentración de sólidos, temperatura de entrada de aire y el flujo de alimentación tienen un valor de $p < 0.05$ lo que indica que influyen de manera significativa sobre los resultados, esto también se puede observar en la figura 12 (diagrama de Pareto).

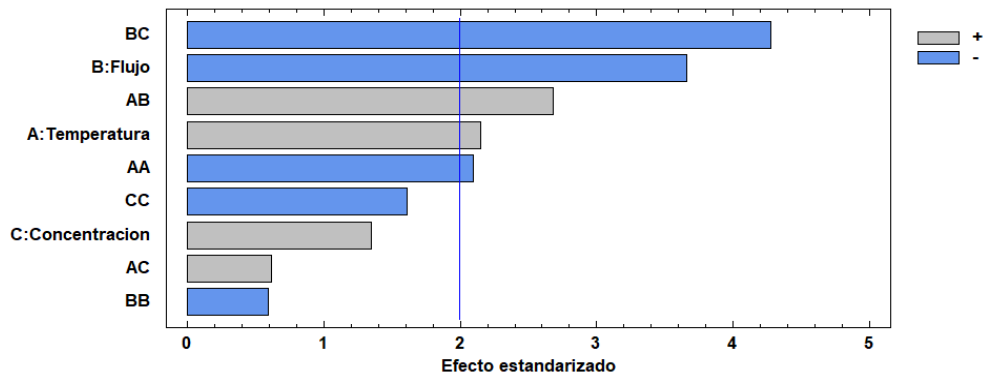


Figura 12. Diagrama de Pareto Estandarizada para Rendimiento

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

En la figura 13 se muestra la gráfica de los efectos principales, la cual indica que a menor flujo de alimentación mejor rendimiento; en cambio al aumentar la temperatura de entrada de aire y la concentración de sólidos el rendimiento aumenta gradualmente hasta un valor máximo cuando se alcanza una temperatura de 150°C y concentración de sólidos de 8%.

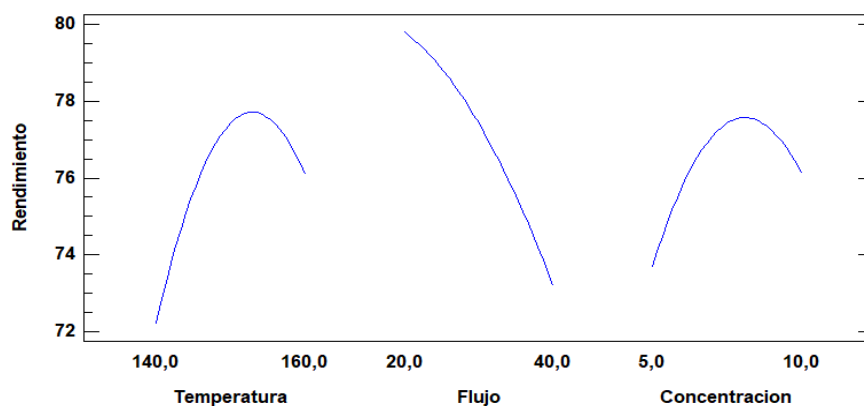


Figura 13. Grafica de Efectos Principales para Rendimiento

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

Las condiciones de optimización para el porcentaje de rendimiento mostradas en la tabla 6, fueron temperatura de entrada de aire a 149.47°C, flujo de alimentación de 20 % y concentración de sólidos de 10%, las cuales nos dieron un valor óptimo del 83%.

El porcentaje de rendimiento obtenido en este ensayo se considera alto, debido a que en las investigaciones de Arrazola et al., (2014) y Tapia, (2017) obtuvieron rendimientos del 90.74 y 83.41% pero esto depende de las variables a utilizar como la temperatura y concentración del agente encapsulante en el proceso de secado por aspersión.

El rendimiento después del secado por aspersión influye directamente en la rentabilidad del proceso mientras mayor es este factor obtendremos mejores resultados desde el punto de vista económico.

3.5. Cuantificación de antioxidantes del subproducto de mortño atomizado

Se realizó el ANOVA para el método de DPPH y de contenido de fenoles totales

3.5.1 Cuantificación de antioxidantes método DPPH

En el caso de DPPH se observó que las variables propuestas como la concentración de sólidos, temperatura de entrada de aire y el flujo de alimentación tienen un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo mismo se puede evidenciar en la figura 14 (diagrama de Pareto)

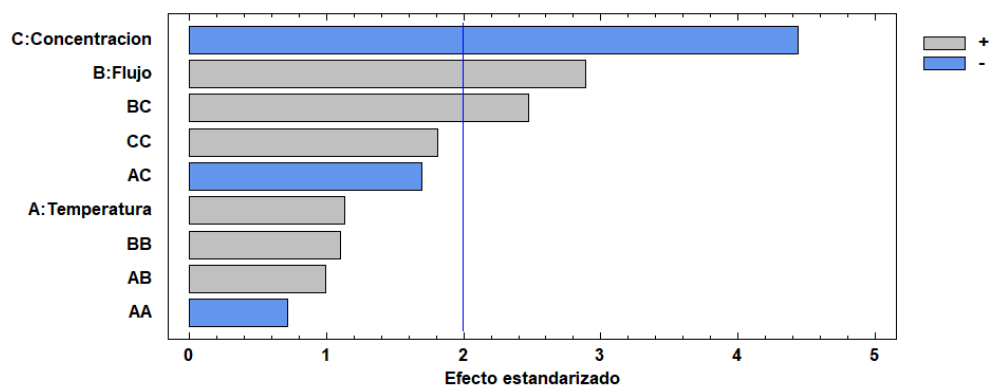


Figura 14. Diagrama de Pareto Estandarizada para DPPH

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

En la figura 15 se muestra la gráfica de los efectos principales en el método de DPPH, la cual indica que a mayor temperatura de entrada de aire y flujo de alimentación mayor contenido de antioxidantes y a mayor concentración de sólidos menor contenido de antioxidantes.

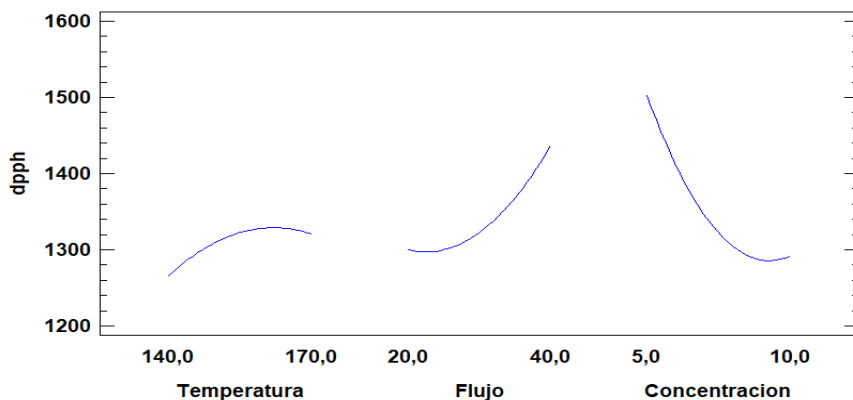


Figura 15. Grafica de Efectos Principales para DPPH

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

Las condiciones de optimización para este método mostradas en la tabla 6, fueron temperatura de entrada de aire a 170°C, flujo de alimentación de 40 % y concentración de sólidos de 5%, las cuales nos dieron un valor óptimo de 1621.01 $\mu\text{Mol Trolox/ 100 g}$ de extracto atomizado.

3.5.2 Cuantificación de antioxidantes método de Fenoles totales

Para fenoles totales se observó que la concentración de sólidos, temperatura de entrada de aire y el flujo de alimentación presentaron un efecto significativo sobre el contenido de fenoles totales ($p < 0.05$), lo cual podemos evidenciar en la figura 16 (diagrama de Pareto).

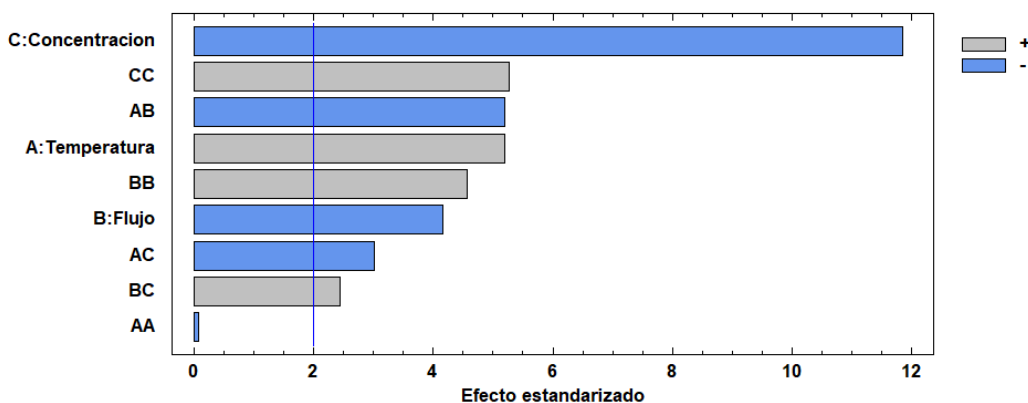


Figura 16. Diagrama de Pareto Estandarizada para Fenoles Totales

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

En la figura 17 se muestra la gráfica de los efectos principales en el método de fenoles totales, la cual describe que a mayor temperatura de entrada de aire mayor cantidad de

fenoles totales mientras que a menor flujo de alimentación y menor concentración de sólidos existe mayor cantidad de fenoles totales determinados.

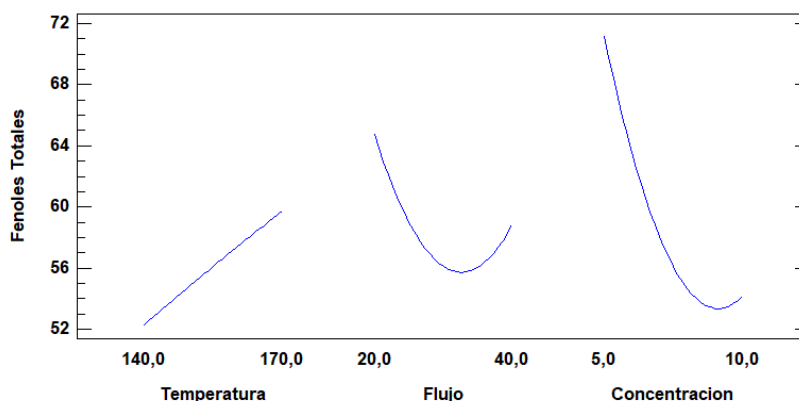


Figura 17. Grafica de Efectos Principales para Fenoles Totales

Fuente: La Autora

Elaborado: La Autora

Las condiciones de optimización para este método mostradas en la tabla 6, fueron temperatura a 170°C, flujo de alimentación de 20 % y concentración de sólidos de 5%, las cuales nos dieron un valor óptimo de 92.84 EAG/ 100 g de extracto atomizado,

La actividad antioxidante en esta investigación es evaluada por los métodos de DPPH y el contenido de fenoles totales dando diferentes resultados en cada método debido a la variabilidad de compuestos polifenólicos que contiene el fruto, los mismos que se comportan de manera diferente mediante mecanismos de acción reductora en sus interacciones de oxígeno y otros radicales (Rojano, Zapata, & Cortes, 2012).

En la tabla 7 se muestra un resumen de las condiciones óptimas para cada una de las variables de respuesta, mostrando que cada una de las variables se optimizó en condiciones diferentes.

Tabla 7. Optimización de las condiciones de atomización

Variable Respuesta	Valor óptimo	Condiciones que optimizan		
		Temperatura (°C)	Flujo de alimentación	de Concentración de sólidos
Rendimiento (%)	83	149.47	20	10

DPPH (uM T/ g atomizado)	1621.01	170	40	5
Fenoles Totales (mg EAG/ g atomizado)	92.84	170	20	5

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

Para poder concluir en una sola combinación de condiciones que optimicen todas las variables de respuesta, se usaron los modelos matemáticos ya obtenidos en el análisis de coeficiente de regresión, los mismos que se detallan en la tabla 8.

Tabla 8. Ecuaciones de segundo orden de cada variable de respuesta

Variable de Respuesta	Ecuación de segundo orden
Rendimiento	$y = 129.664 - 0.59929*A - 1.97577*B + 3.32963*C + 0.0197426*A *B + 0.0181481*A *C - 0.188556*B *C$
DPPH (uM T/ g atomizado)	$y = 1231.51 + 5.87481*A - 44.6479*B + 75.1888*C + 0.192965*A *B - 1.31506*A *C + 2.88075*B *C$
Fenoles Totales (mg EAG/ g atomizado)	$y = -144.423 + 1.69312*A + 3.77718*B + 5.00411*C - 0.0304481*A *B - 0.0708541*A *C + 0.0857878*B *C$

A=Temperatura, B= Flujo de alimentación, C= Concentración de sólidos

Fuente: La Autora
Elaborado: La Autora

En cada una de las ecuaciones de segundo orden se realizó la sustitución de las condiciones óptimas para cada una de las variables de respuesta y se analizaron los porcentajes de diferencia con cada valor óptimo. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 9 y los cálculos en el anexo 10.

Tabla 9. Valores óptimos y porcentaje de diferencia

	Rendimiento %		DPPH	uM T /g atomizado	Fenoles totales	mg EAG/ g atomizado
Condiciones óptimas	Valor optimo	Porcentaje de diferencia	Valor optimo	Porcentaje de diferencia	Valor optimo	Porcentaje de diferencia

Rendimiento	82.30*	-----	1155.93	27.34	54.46	7.78
DPPH	77.37	6	1590.77*	-----	69.39	21.85
Fenoles Totales	68.61	16.63	1539.57	3.22	88.80*	-----

*= Valor óptimo

Fuente: La Autora

Elaborado: La autora

En la tabla 8 se muestra que en rendimiento existe un menor porcentaje de diferencia con respecto al valor óptimo (DPPH 6.0% y fenoles totales de 16.63%), tomando en cuenta que las condiciones óptimas son temperatura de entrada de 150°C, flujo de alimentación de 20% y concentración de sólidos de 10%

CONCLUSIONES

1. Aplicando la técnica de micro encapsulación por el secado de aspersion se logró obtener polvos atomizados con capacidad antioxidante a partir de extractos del subproducto de mortiño que posteriormente podrían ser utilizados en la industria alimenticia y farmacéutica.
2. Los extractos iniciales antes de ser atomizados los cuales se obtuvieron a partir del subproducto de mortiño presentaron una buena actividad antioxidante dando como resultado $261.21 \pm 2.51 \mu\text{M T/ g Ext}$ para el método de DPPH y $20.62 \pm 0.49 \text{ mg EAG/ g Ext}$ para el contenido de fenoles totales.
3. Los polvos atomizados presentaron un rendimiento 82.30%, una capacidad antioxidante por el método de DPPH de $1590.77 \mu\text{M T/ g atomizado}$ mientras que para el contenido de fenoles totales de $88.80 \text{ mg EAG/ g atomizado}$.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios mediante el análisis cromatográfico HPLC para conocer de mejor manera los compuestos biactivos que existe en el subproducto de mortiño.
2. Estudiar la estabilidad de los polvos atomizados realizando pruebas de humedad, tamaño de partícula y densidad.
3. Incorporar los polvos atomizados en productos alimenticios o farmacéuticos para que sean de gran beneficio tanto para las industrias alimenticia y farmacéutica como para la sociedad en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadiano, L. (2015). Desarrollo de un ingrediente funcional a partir de pulpa de mora (*Rubus glaucus* Benth) y pulpa de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), mediante la microencapsulación de compuestos fenólicos, 1–107.
- Aguilar, Z., Ulloa, C., & Hidalgo, P. (2009). *Guía de Plantas Útiles de los Páramos de Zuleta, Ecuador*.
- Albuquerque, T. G., Santos, Sanches-Silva, A., Beatriz Oliveira, M., Bento, A. C., & Costa, H. S. (2016). Nutritional and phytochemical composition of *Annona cherimola* Mill. fruits and by-products: Potential health benefits. *Food Chemistry*, 193, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.044>
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de antocianinas de berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por aspersión y evaluación de la estabilidad de su color y capacidad antioxidante. *Información Tecnológica*, 25(3), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>
- Astray, G., Gonzalez-Barreiro, C., Mejuto, J. C., Rial-Otero, R., & Simal-Gándara, J. (2009). Food Hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1631–1640. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.01.001>
- Brand-Williams, Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Sci. Technol.*, 28, 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Christine Wandrey, Artur Bartkowiak, and S. E. H. (2009). *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1008-0>
- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M., Yugsi, E., & Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *La Granja*, 16(2), 5–13. <https://doi.org/10.17163/LGR.N%20X>
- Dorta, E., Lobo, M. G., & González, M. (2013). Optimization of Factors Affecting Extraction of Antioxidants from Mango Seed. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 1067–1081. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0750-0>
- Favaro-Trindade, C. S., Santana, A. S., Monterrey-Quintero, E. S., Trindade, M. A., & Netto, F. M. (2010). The use of spray drying technology to reduce bitter taste of

- casein hydrolysate. *Food Hydrocolloids*, 24(4), 336–340.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.10.012>
- Garcia, C., Gonzalez, M., Ochoa, L., Medrano, H. (2004). Microencapsulación de Jugo de Cebada Verde mediante Secado por Aspersión. *Drying Technology*, 4(4), 262–266.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- González-montelongo, R., Lobo, M. G., & González, M. (2010). The effect of extraction temperature , time and number of steps on the antioxidant capacity of methanolic banana peel extracts, 71, 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.12.022>
- Luteyn, J. L. (2002). Diversity, Adaptation, and Endemism in Neotropical Ericaceae: Biogeographical Patterns in the Vaccinieae. *The Botanical Review*, 68(1), 55–87.
[https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0055:DAAEIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0055:DAAEIN]2.0.CO;2)
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- McNamee, B. F., O’Riordan, E. D., & O’Sullivan, M. (2001). Effect of partial replacement of gum Arabia with carbohydrates on its microencapsulation properties. *J. Agri. Food Chem.*, 49, 3385–3388.
- Melo, E. de A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G. de, & Nascimento, R. J. do. (2008). Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44(2), 193–201. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>
- Morales, S. (2014). Diseño de los procesos de secado por rodillos y spray dryer para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla de amaranto, quinua, chocho y avena. *Escuela Politecnica Nacional*, 1–142.
- Peves Coronado, Victor., Villon Ulloa, Angel. (1982). Estudio Teorico Experimental del Secado por Aspesión, 1–170.
- Rivas, C. (2010). Microencapsulacion y Estabilizacion Enzimatica del Jugo de Chirimoya (*Annona cherimola* Mill), 1–82.
- Rojano, B. A., Zapata, K., & Cortes, F. (2012). Capacidad atrapadora de radicales

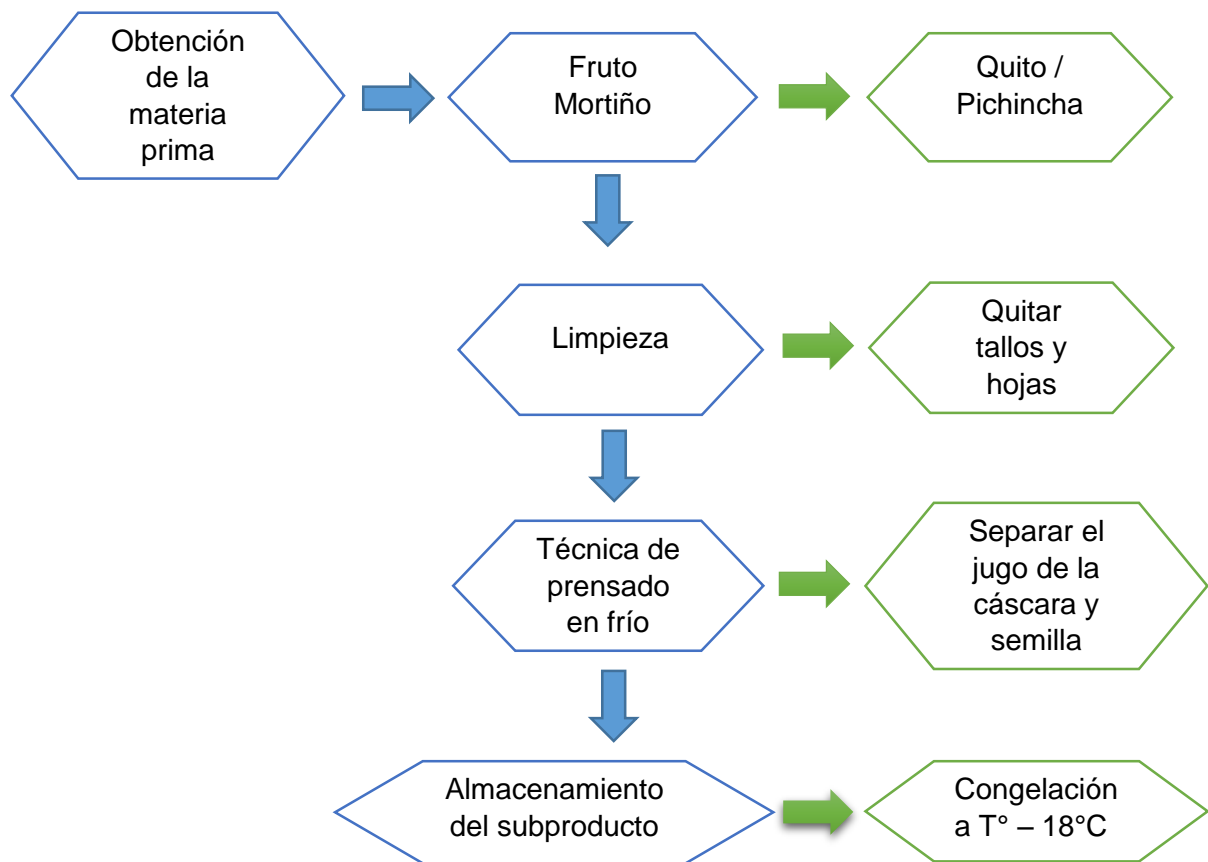
- libres de *Passiflora mollissima* (Kunth) L . H . Bailey (curuba), 17(4), 408–419.
- Ruiz Ortega, H. (2011). Desarrollo de un vino de mortiño (arándanos) en la corporacion grupo salinas de ecuador, 1–97.
- Salinas-Hernández, R. M., González-Aguilar, G. A., & Tiznado-Hernández, M. E. (2015). Utilization of physicochemical variables developed from changes in sensory attributes and consumer acceptability to predict the shelf life of fresh-cut mango fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 63–77.
<https://doi.org/10.1007/s13197-013-0992-0>
- Schieber, A., Berardini, N., & Carle, R. (2003). Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. Cv. "Tommy Atkins") peels by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 5006–11.
<https://doi.org/10.1021/jf030218f>
- Siccha, A., & Ugaz, O. (1995). Secado por Atomización (Sprye Dryer). *Revista de Química*, IX(1), 39–48.
- Soottitantawat, a, Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M., & Linko, P. (2003). Microencapsulation by Spray Drying : Influence of Emulsion Size on the retention of volatile compounds. *Food Engineering and Physical Properties*, 68(7), 2256–2262. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05756.x>
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.— The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63–68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Tapia, M. J. (2017). *Microencapsulación del Ácido Ascórbico mediante Secado por Aspersión con Almidón y Maltodextrina*.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Tupuna, S., Vera, E., & Ruales, J. (2016). Obtención de Jugo Clarificado Concentrado de Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) Mediante el Uso de Tecnología de Membranas Concentration of Clarified Juice Blueberry (*Vaccinium floribundum* Kunth) by Membrane Technology, 38(1).

Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009). Chemical composition and phenolic compound profile of morti??o (*vaccinium floribundum* kunth). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8274–8281. <https://doi.org/10.1021/jf9013586>

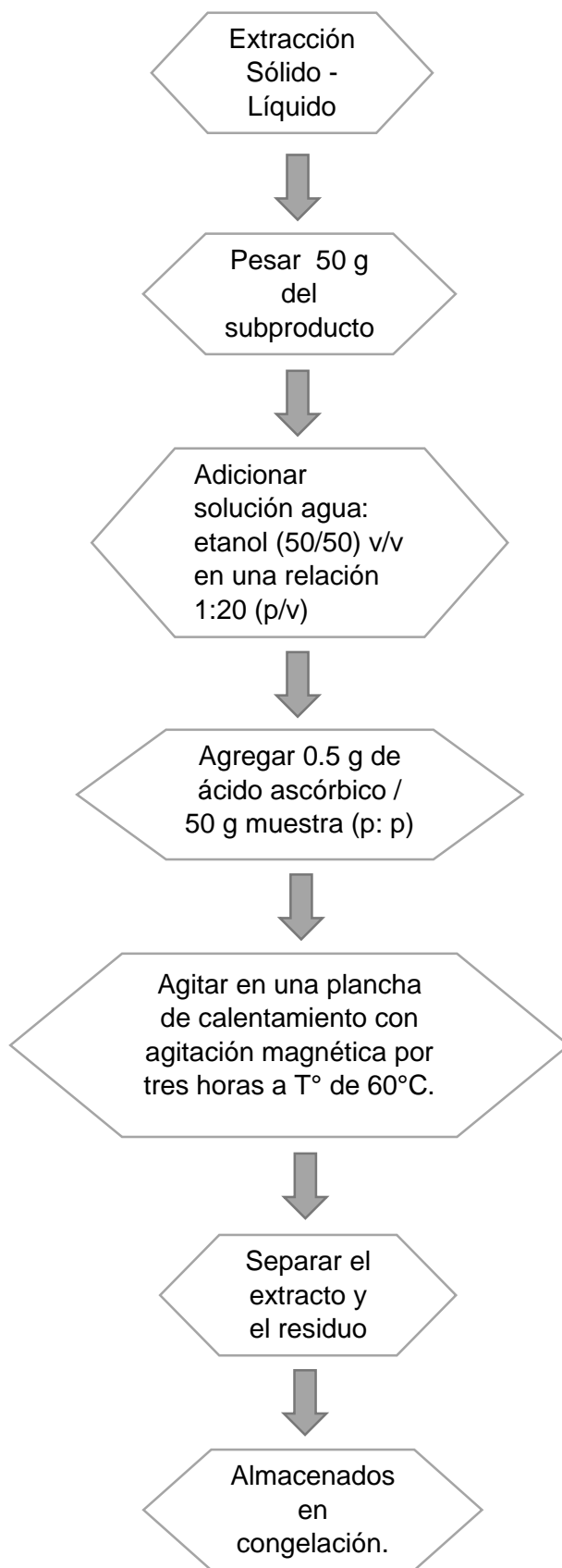
Wijngaard, H., Hossain, M. B., Rai, D. K., & Brunton, N. (2012). Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Research International*, 46(2), 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.027>

ANEXOS

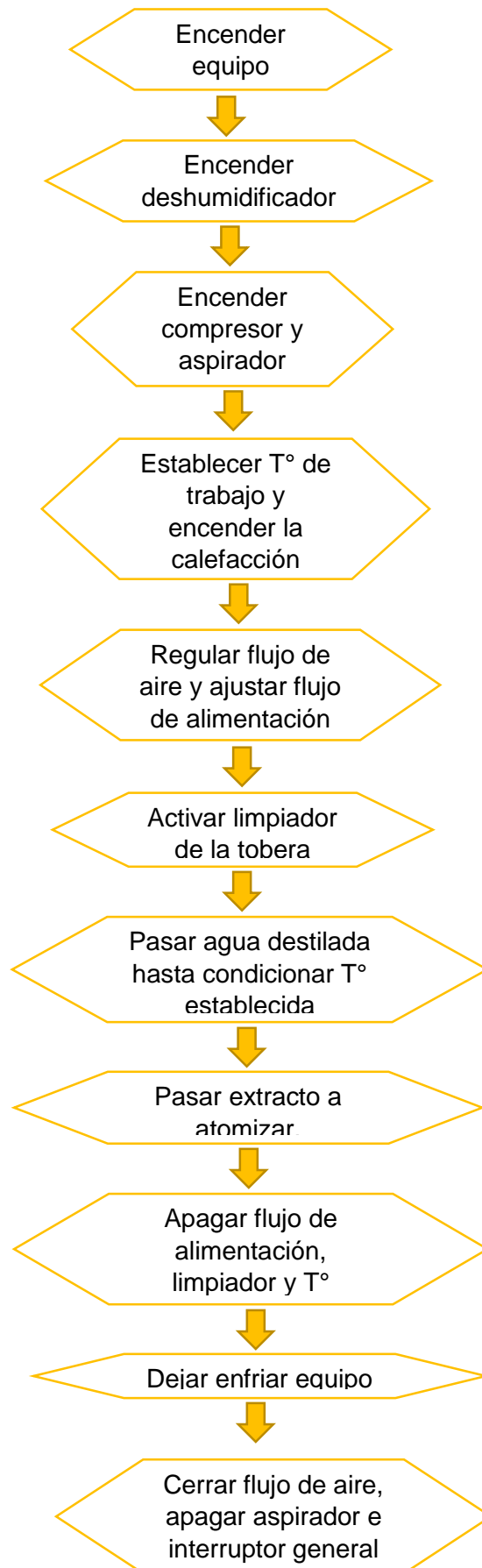
ANEXO 1. Procesado del fruto fresco para la obtención del subproducto



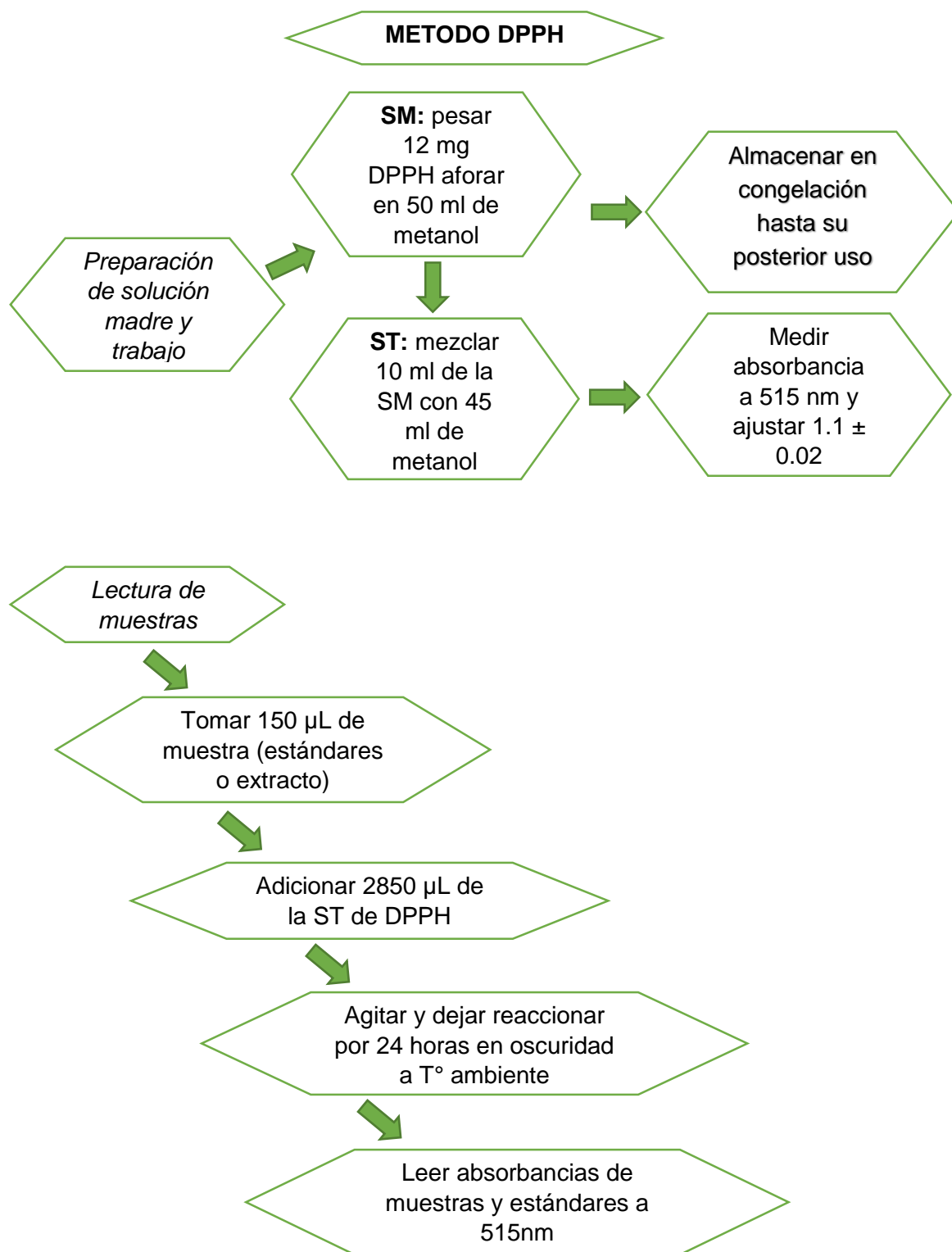
ANEXO 2. Extracción de antioxidantes del subproducto para atomizado



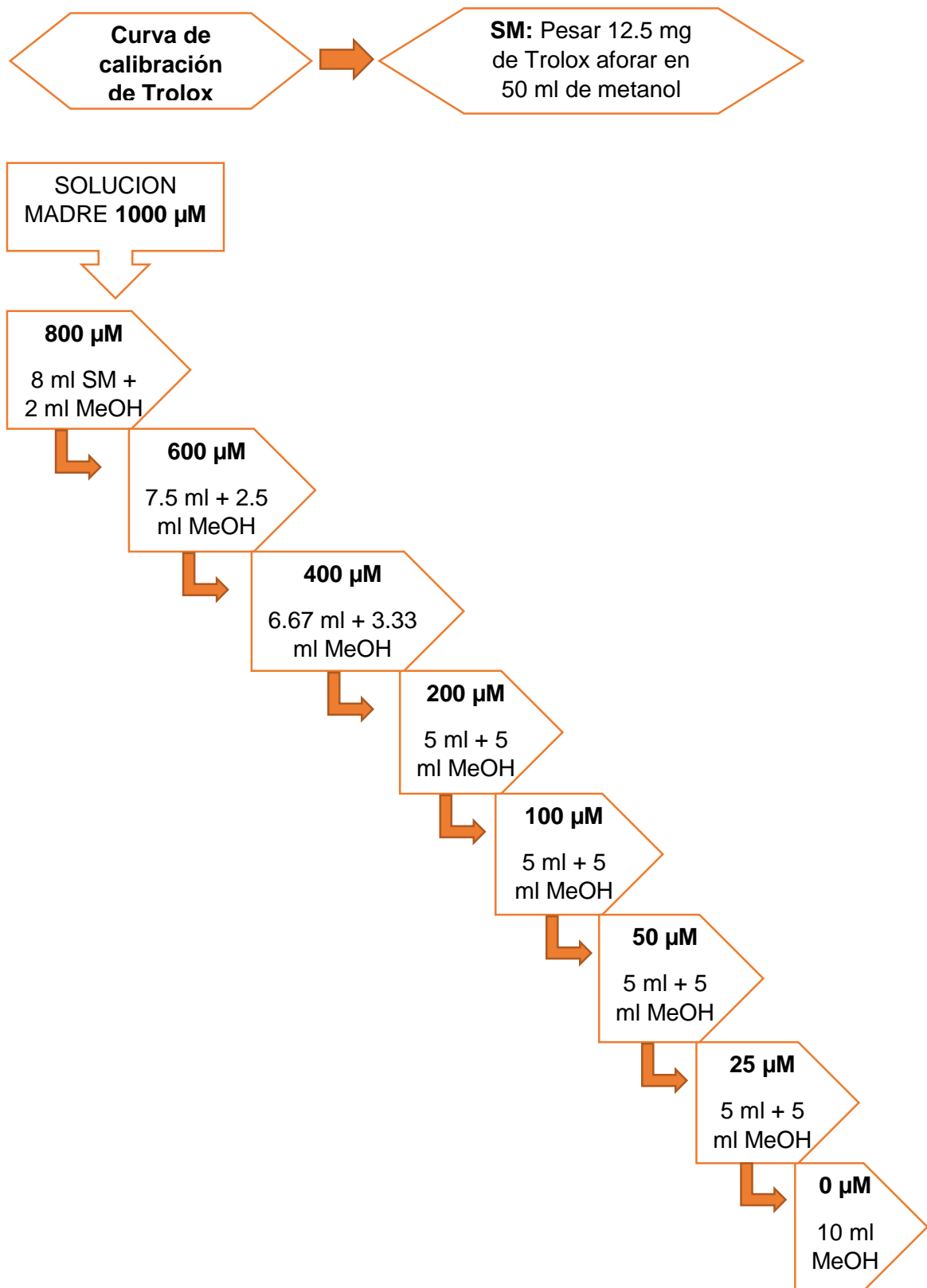
ANEXO 3. Proceso de atomización



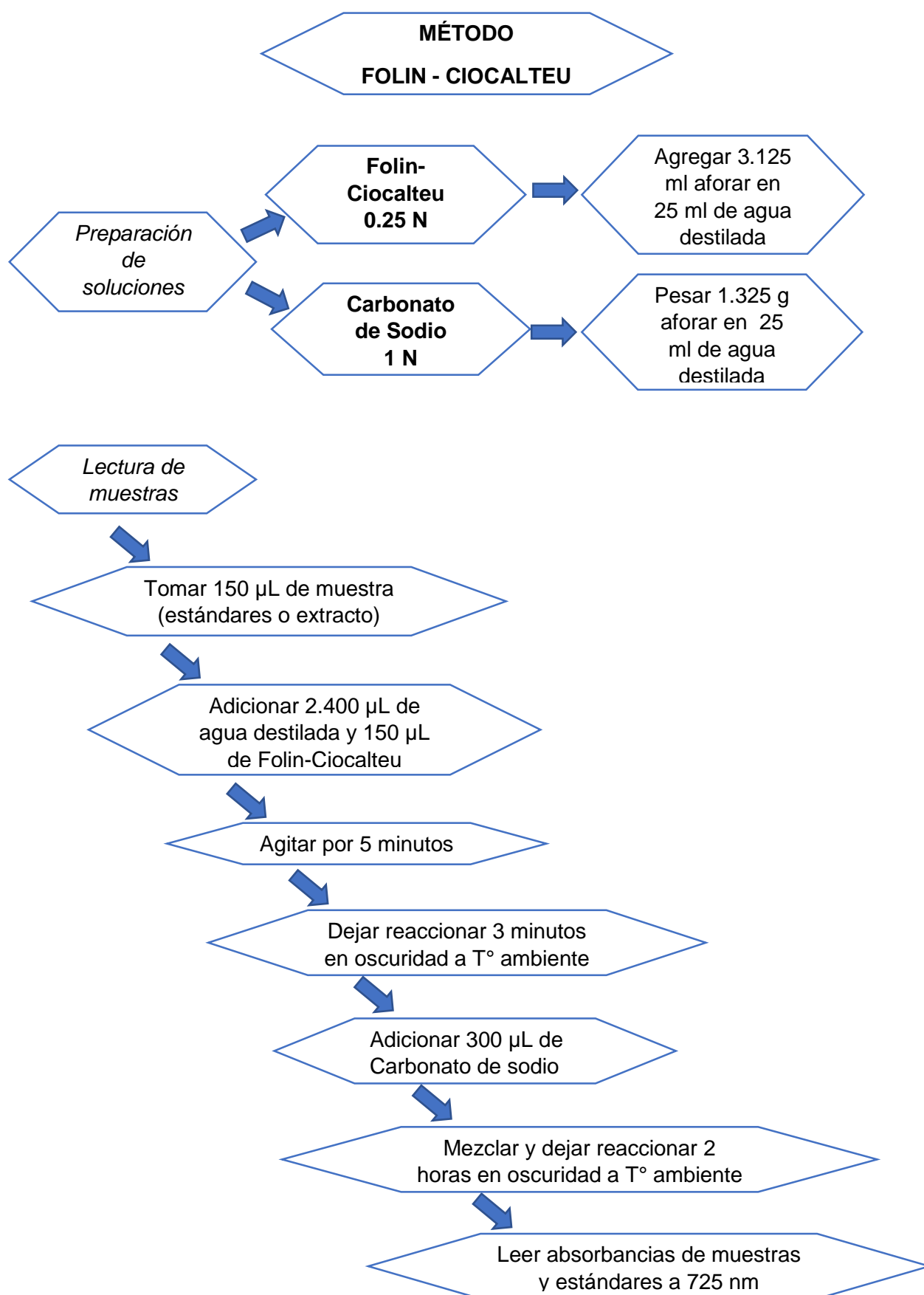
ANEXO 4. Determinación de actividad antioxidante. Método DPPH



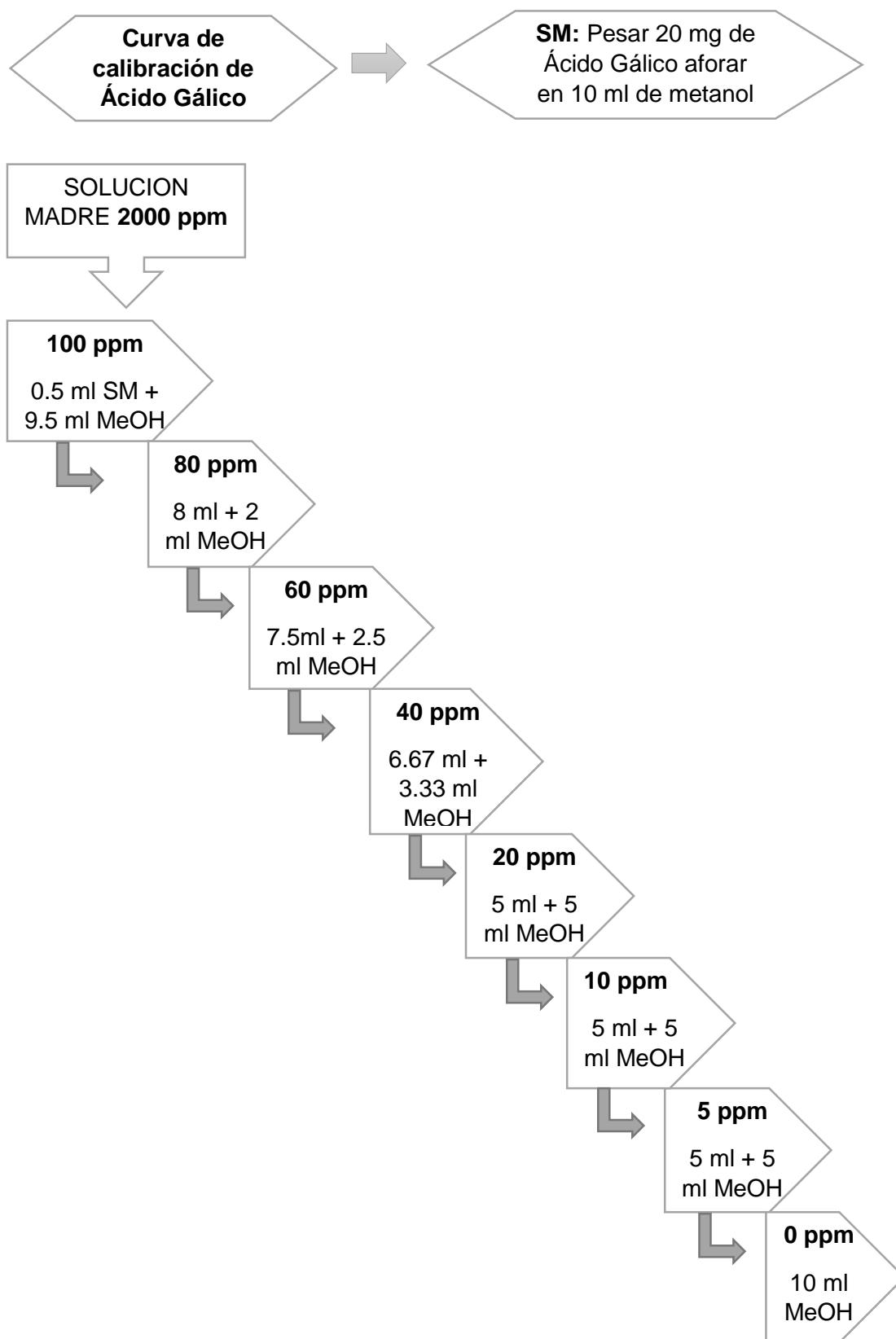
ANEXO 5. Curva de calibración de Trolox



ANEXO 6. Determinación de actividad antioxidante. Método Folin - Ciocalteu



ANEXO 7. Curva de calibración de Ácido Gálico



ANEXO 8. Combinaciones propuestas por el diseño experimental

N° de experimentos	Temperatura	Flujo de bomba	Concentración de sólidos
	°C	%	%
1	140	20	5
2	155	20	5
3	170	20	5
4	140	30	5
5	155	30	5
6	170	30	5
7	140	40	5
8	155	40	5
9	170	40	5
10	140	20	7.5
11	155	20	7.5
12	170	20	7.5
13	140	30	7.5
14	155	30	7.5
15	170	30	7.5
16	140	40	7.5
17	155	40	7.5
18	170	40	7.5
19	140	20	10
20	155	20	10
21	170	20	10
22	140	30	10
23	155	30	10
24	170	30	10
25	140	40	10
26	155	40	10
27	170	40	10

ANEXO 9. Análisis estadísticos para las variables de respuesta

Análisis de Varianza para Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	202.498	1	202.498	4.62	0.0351
B:Flujo	587.466	1	587.466	13.41	0.0005
C:Concentracion	79.6919	1	79.6919	1.82	0.1819
AA	192.625	1	192.625	4.40	0.0397
AB	315.714	1	315.714	720	0.0091
AC	16.6736	1	16.6736	0.38	0.5394
BB	15.352	1	15.352	0.35	0.5559
BC	799.947	1	799.947	18.26	0.0001
CC	113.67	1	113.67	2.59	0.1118
bloques	40.6213	2	20.3107	0.46	0.6310
Error total	3023.59	69	43.8202		
Total (corr.)	5387.85	80			

R-cuadrada = 43.8813 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 34.9348 por ciento

Error estándar del est. = 6.61968

Error absoluto medio = 4.39159

Estadístico Durbin-Watson = 2.22584 (P=0,6614)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.124004

Análisis de Varianza para Método DPPH

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TEMPERATURA	39402.5	1	39402.5	1.29	0.2600
B:FLUJO	254663.0	1	254663.0	8.34	0.0052
C:CONCENTRA	601664.0	1	601664.0	19.70	0.0000
AA	15631.5	1	15631.5	0.51	0.4768
AB	30160.7	1	30160.7	0.99	0.3238
AC	87549.4	1	87549.4	2.87	0.0950
BB	37285.1	1	37285.1	1.22	0.2731
BC	186722.0	1	186722.0	6.11	0.0159
CC	100386.0	1	100386.0	3.29	0.0742
Bloques	3802.78	2	1901.39	0.06	0.9397
Error total	2.10759E6	69	30544.8		
Total (corr.)	3.46485E6	80			

R-cuadrada = 39.1724 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 29.4752 por ciento
Error estándar del est. = 174.771
Error absoluto medio = 130.965
Estadístico Durbin-Watson = 1.3552 (P=0.0003)
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.305525

Análisis de Varianza para Fenoles Totales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:TEMPERATURA	748.874	1	748.874	26.91	0.0000
B:FLUJO	482.371	1	482.371	17.33	0.0001
C:CONCEN	3912.15	1	3912.15	140.56	0.0000
AA	0.151678	1	0.151678	0.01	0.9414
AB	750.943	1	750.943	26.98	0.0000
AC	254.153	1	254.153	913	0.0035
BB	580.617	1	580.617	20.86	0.0000
BC	165.59	1	165.59	5.95	0.0173
CC	772.935	1	772.935	27.77	0.0000
bloques	6.70146	2	3.35073	0.12	0.8868
Error total	1920.4	69	27.8319		
Total (corr.)	9594.88	80			

R-cuadrada = 79.9852 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 76.7944 porciento

Error estándar del est. = 5.27559

Error absoluto medio = 3.55364

Estadístico Durbin-Watson = 2.52848 (P=0.9611)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.264392

ANEXO 10. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para rendimiento

Condiciones óptimas	Rendimiento
Temperatura °C	149.47
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	10

Modelo matemático para valor optimo teórico de Rendimiento

Ecuación de segundo orden

$$y = 129,664 - 0,59929*A - 1,97577*B + 3,32963*C + 0,0197426*A *B + 0,0181481*A *C - 0,188556*B *C$$

$$y = 129,664 - 0,59929*149.47 - 1,97577*20 + 3,32963*10 + 0,0197426*149.47 *20 + 0,0181481*149.47 *10 - 0,188556*20 *10$$

82.3023172%

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de DPPH en la ecuación del modelo matemático de rendimiento

Condiciones óptimas	DPPH
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	40
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para rendimiento sustituyendo las variables que optimizan DPPH

Ecuación de segundo orden

$$y = 129,664 - 0,59929*A - 1,97577*B + 3,32963*C + 0,0197426*A *B + 0,0181481*A *C - 0,188556*B *C$$

$$y = 129,664 - 0,59929*170 - 1,97577*40 + 3,32963*5 + 0,0197426*170*40 + 0,0181481*170*5 - 0,188556*40*5$$

77.366415%

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de rendimiento usando las condiciones de DPPH:

82.3023172 100%
77.366415 X

x= 94.00

Obtenemos el % de diferencia

100% - 94.00% = 6%

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de fenoles totales en la ecuación del modelo matemático de rendimiento

Condiciones óptimas	Fenoles Totales
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para fenoles totales sustituyendo las variables que optimizan DPPH

Ecuación de segundo orden

$$y = 129,664 - 0,59929*A - 1,97577*B + 3,32963*C + 0,0197426*A *B + 0,0181481*A *C - 0,188556*B *C$$

$$y = 129,664 - 0,59929*170 - 1,97577*20 + 3,32963*5 + 0,0197426*170*20 + 0,0181481*170*5 - 0,188556*20*5$$

$$68.612575\%$$

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de fenoles totales usando las condiciones de DPPH:

82.3023172	100%	
68.612575	X	x= 83.37

Obtenemos el % de diferencia

$$100\% - 83.37\% = 16.63\%$$

$$\text{redondeando} = 17\%$$

ANEXO 11. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para Fenoles Totales

Condiciones óptimas	Fenoles totales
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para valor optimo teórico de fenoles totales

Ecuación de segundo orden

$$y = -144,423 + 1,69312*A + 3,77718*B + 5,00411*C - 0,0304481*A *B - 0,0708541*A *C + 0,0857878*B *C$$

$$y = -144,423 + 1,69312*170 + 3,77718*20 + 5,00411*5 - 0,0304481*170 *20 - 0,0708541*170 *5 + 0,0857878 *20 *5$$

88.800805 mg EAG/ 100g atomizado

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de rendimiento en la ecuación del modelo matemático de fenoles totales

Condiciones óptimas	Rendimiento
Temperatura °C	149.47
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	10

Modelo matemático para fenoles totales sustituyendo las variables que optimizan rendimiento

Ecuación de segundo orden

$$y = -144,423 + 1,69312*A + 3,77718*B + 5,00411*C - 0,0304481*A *B - 0,0708541*A *C + 0,0857878*B *C$$

$$y = -144,423 + 1,69312*149,47 + 3,77718*20 + 5,00411*10 - 0,0304481*149,47 *20 - 0,0708541*149,47 *10 + 0,0857878 *20 *10$$

54.462733 mg EAG/ 100g atomizado

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de fenoles totales usando las condiciones de rendimiento:

8.800805 100%
 54.462733 X x= 61.33

Obtenemos el % de diferencia

$$100\% - 61.33\% = 38.67\% \\ \text{redondeando} = 39\%$$

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de DPPH en la ecuación del modelo matemático de fenoles totales

Condiciones óptimas	DPPH
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	40
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para fenoles totales sustituyendo las variables que optimizan DPPH

Ecuación de segundo orden

$$y = -144,423 + 1,69312*A + 3,77718*B + 5,00411*C - 0,0304481*A * B - 0,0708541*A * C + 0,0857878*B * C$$

$$y = -144,423 + 1,69312*170 + 3,77718*40 + 5,00411*5 - 0,0304481*170 * 40 - 0,0708541*170*5 + 0,0857878 * 40 * 5$$

69.399645 mg EAG/ 100g atomizado

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de fenoles totales usando las condiciones de DPPH:

8.800805 100%
 69.399645 X x= 78.15

Obtenemos el % de diferencia

$$100\% - 78.15\% = 21.85\% \\ \text{redondeando} = 22\%$$

ANEXO 12. Valores óptimos teóricos y porcentajes de diferencia para DPPH

Condiciones óptimas	DPPH
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	40
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para valor optimo teórico de fenoles totales

Ecuación de segundo orden

$$y = 1231,51 + 5,87481 * A - 44,6479 * B + 75,1888 * C + 0,192965 * A * B - 1,31506 * A * C + 2,88075 * B * C$$

$$y = 1231,51 + 5,87481 * 170 - 44,6479 * 40 + 75,1888 * 5 + 0,192965 * 170 * 40 - 1,31506 * 170 * 5 + 2,88075 * 40 * 5$$

1590.7667 uM T/ 100g atomizado

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de rendimiento en la ecuación del modelo matemático de DPPH

Condiciones óptimas	Rendimiento
Temperatura °C	149.47
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	10

Modelo matemático para DPPH sustituyendo las variables que optimizan rendimiento

Ecuación de segundo orden

$$y = 1231,51 + 5,87481 * A - 44,6479 * B + 75,1888 * C + 0,192965 * A * B - 1,31506 * A * C + 2,88075 * B * C$$

$$y = 1231,51 + 5,87481 * 149.47 - 44,6479 * 20 + 75,1888 * 10 + 0,192965 * 149.47 * 20 - 1,31506 * 149.47 * 10 + 2,88075 * 20 * 10$$

1155.92724 uM T/ 100g atomizado

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de fenoles totales usando las condiciones de rendimiento:

$$\frac{1155.92724}{1590.7667} \times 100\% = x = 72.66$$

Obtenemos el % de diferencia

$$100\% - 72.66\% = 27.34\% \\ \text{redondeando} = 27\%$$

Ahora sustituimos las condiciones que optimizan la variable de fenoles totales en la ecuación del modelo matemático de DPPH

Condiciones óptimas	Fenoles Totales
Temperatura °C	170
Flujo de alimentación	20
Concentración de sólidos	5

Modelo matemático para DDPPH sustituyendo las variables que optimizan Fenoles Totales

Ecuación de segundo orden

$$y = 1231,51 + 5,87481 * A - 44,6479 * B + 75,1888 * C + 0,192965 * A * B - 1,31506 * A * C + 2,88075 * B * C$$

$$y = 1231,51 + 5,87481 * 170 - 44,6479 * 20 + 75,1888 * 5 + 0,192965 * 170 * 20 - 1,31506 * 170 * 5 + 2,88075 * 20 * 5$$

$$1539.5687 \text{ uM T/ 100g atomizado}$$

A= Temperatura, B= Flujo, C= Concentración

Finalmente para determinar el % que corresponde al contenido de fenoles totales usando las condiciones de DPPH:

$$\begin{array}{rcl} 1590.7667 & 100\% & \\ 1539.5687 & X & x = 96.78 \end{array}$$

Obtenemos el % de diferencia

$$100\% - 96.78\% = 3.22\% \\ \text{redondeando} = 3\%$$