



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA
TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

Encapsulación de compuestos fenólicos de subproductos de café.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: González Sarango, Johanna Alexandra.

DIRECTORA: Castillo Carrión, Maritza Janneth, Mgs.

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 DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgts.

Maritza Janneth Castillo Carrión

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Encapsulación de compuestos fenólicos de subproductos de café realizado por Johanna Alexandra González Sarango ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, junio del 2018

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Johanna Alexandra González Sarango declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: **“Encapsulación de compuestos fenólicos de subproductos de café”**, de la Titulación Bioquímica y Farmacia, siendo la Mgs. Maritza Janeth Castillo Carrión director (a) 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 o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.....

Autora Johanna Alexandra González Sarango

Cédula. 1104196637

DEDICATORIA

A Dios

Por derramar bendiciones durante este largo camino.

A mis Padres

Por el apoyo brindado y cariño sincero durante esta etapa.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios por permitir culminar esta meta.

A mis padres que me brindaron su apoyo incondicional durante esta etapa.

A mi directora de tesis Mgts. Maritza Janneth Castillo Carrión, que supo impartir sus sabios conocimientos y experiencia, para de esta manera poder culminar este trabajo de la mejor manera, de la misma agradezco la confianza y paciencia.

Al Mgtr. Geovanny Figueroa Hurtado por impartir sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo, gracias también por la paciencia, confianza y su predisposición en ayudarme

A mi tribunal Mgtr. María del Cisne Guamán y Mgts. Ruth Martínez por su dedicación y apoyo en este trabajo.

Al Ing. Holger Jaramillo y Ing. Carlos Aguilar por su motivación y estar presto para ayudarme en lo necesario.

A mis amigas Dolores y Karina por su amistad verdadera en esta larga etapa universitaria

A mi amiga y compañera Celene Paucar con quien compartí la realización del proyecto y trabajo, dentro del laboratorio; brindándome su sincera amistad y ayuda académica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE GRÀFICAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Café y sus subproductos	6
1.2. Antioxidantes	7
1.3. Compuestos fenólicos	7
1.4. Extracción de antioxidantes.....	8
1.5. Encapsulación de antioxidantes.....	9
1.5.1. Técnicas de encapsulación.....	10
1.5.2. Material encapsulante.....	11
1.6. Determinación de actividad antioxidante.	12
1.6.1. ABTS.....	12
1.6.2. DPPH.	12
1.6.3. FRAP.....	12
1.7. Determinación de compuestos fenólicos.	12

2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Muestra y preparación.....	15
2.2. Proceso de extracción	15
2.2.1. Obtención del extracto.....	15
2.2.2. Determinación de sólidos totales del extracto (ST)	16
2.3. Obtención de encapsulados.	16
2.3.1. Preparación de tratamientos.....	16
2.3.2. Proceso de atomización	17
2.4. Calculo de rendimiento.....	18
2.5. Preparación de la muestra atomizada.....	18
2.6. Cuantificación de fenoles totales.....	18
2.7. Cuantificación de la actividad antioxidante	20
2.7.2. Método FRAP	21
2.7.3. Método DPPH.....	22
2.7.4. Método ABTS	23
2.8. Diseño estadístico.....	24
3. RESULTADOS Y DISCUSION	25
3.1. Extractos iniciales	26
3.2. Rendimiento del producto atomizado.....	27
3.3. Fenoles totales y capacidad antioxidante del producto atomizado.	31
3.3.1. Fenoles totales	32
3.3.2. Capacidad antioxidante	34
3.4. Optimización múltiple.....	36
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFIA.....	40
ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de las estructuras de compuestos fenólicos	8
Figura 2. Diagrama del Mini Spray Dryer	10
Figura 3. Obtención de subproducto de café (a) Pulpa de café, (b) pulpa deshidratada, (c) pulpa en polvo	15
Figura 4. Rotaevaporación del extracto.....	16
Figura 5. Equipo Mini Spray Dryer (BUCHI B-290).....	18
Figura 6. Preparación de la solución madre y estándares de ácido gálico	19
Figura 7. Cuantificación fenoles totales.....	19
Figura 8. Preparación de la solución madre y estándares de TROLOX.....	21
Figura 9. Preparación de la solución de trabajo FRAP	21
Figura 10. Preparación de la solución madre y solución de trabajo DPPH	22
Figura 11. Preparación de la solución madre de ABTS	23
Figura 12: Diagrama de Pareto para el rendimiento.....	29
Figura 13: Grafica de efectos principales para rendimiento.....	29
Figura 14: Diagrama de Pareto para fenoles totales	32
Figura 15: Gráfica de interacciones para fenoles totales.....	32
Figura 16: Diagrama de Pareto para ABTS, DPPH y FRAP	34
Figura 17. Gráfica de interacciones para ABTS, DPPH y FRAP.....	35

ÍNDICE DE GRÀFICAS

Gráfica 1: Contenido de fenoles totales	27
Gráfica 2: Contenido de fenoles totales de productos atomizados	33
Gráfica 3: Actividad antioxidante de productos atomizados	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos para la obtención de encapsulados	17
Tabla 2: Orden de la microplaca para la lectura	20
Tabla 3. Fenoles totales y actividad antioxidante de extractos iniciales	26
Tabla 4. Resultados de rendimiento	28
Tabla 5. Optimización del rendimiento.....	30
Tabla 6. Resultados de Fenoles totales y Capacidad antioxidante del producto atomizado	31
Tabla 7: Optimización fenoles totales	33
Tabla 8: Optimización: ABTS, FRAP Y DPPH	36
Tabla 9: Optimización múltiple respuestas para: Rendimiento, ABTS, DPPH, FRAP Y Fenoles totales	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento del producto atomizado	48
Anexo 2. Fenoles totales.....	51
Anexo 3. Preparación de los estándares de la solución madre de trolox para los métodos FRAP, DPPH y ABTS.	52
Anexo 4. Método FRAP	53
Anexo 5. Método DPPH	56
Anexo 6. Método ABTS.....	58
Anexo 7. Determinación de sólidos totales.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

CV: Coeficiente de variación

Co: Concentración

DPPH: 2,2-difenil-1-picrihidracil

EAG: Equivalente de ácido gálico

ET: Equivalente de Trolox

FRAP: Poder de reducción férrica

FT: Fenoles totales

g: Gramo

HCl: Ácido clorhídrico

MeOH: Metanol

mg: Miligramo

mL: Mililitro

mM: Milimolar

N: Normal

Na₂CO₃: Carbonato de sodio

nm: Nanómetro

%: Porcentaje

p/v: Peso /volumen

P. inicial: Peso inicial

P. final: Peso final

ppm: Partes por millón

R²: Factor de correlación

ST: Sólidos totales

rpm: Revoluciones por minuto

μL: Microlitro

μM: Micromolar

v/v: Volumen/volumen

RESUMEN

Durante el procesamiento del café se generan grandes cantidades de subproductos, que representan una fuente potencial de compuestos bioactivos que pueden ser utilizados como ingredientes naturales para mejorar la calidad nutricional y funcional de los alimentos. El presente trabajo tuvo como objetivo optimizar el proceso para encapsular compuestos fenólicos de subproductos de café (*Coffea arabica*). La encapsulación se llevó a cabo utilizando el método de secado por aspersión, estudiando el efecto de las variables: temperatura de entrada (140, 155 y 170°C), concentración de sólidos totales en el extracto usando maltodextrina (5, 7,5, 10%) y flujo de bomba (20, 30, 40%); sobre el contenido de FT y capacidad antioxidante. Empleando un análisis de superficie respuesta, se determinó que con una temperatura de 156,93°C, sólidos totales del 5% y un flujo de bomba del 20% se consiguen los valores óptimos para FT de 36,39 mg EAG/g atomizado y en capacidad antioxidante de 21,24; 15,99 y 12,44 µM ET/g atomizado para ABTS, DPPH y FRAP respectivamente. El producto atomizado presentó un buen rendimiento de 74,50% y características físicas adecuadas para poder ser usado en la industria de alimentos.

PALABRAS CLAVES: subproducto de café, secado por aspersión, capacidad antioxidante, fenoles totales, optimización.

ABSTRACT

The processing of coffee generates large quantities of by-products that represent a potential source of bioactive compounds that can be used as natural ingredients to improve the nutritional and functional quality of food. The objective of this work was to optimize the process to encapsulate the phenolic compounds of coffee byproducts (*Coffea arabica*). The encapsulation was carried out using the spray drying method studying the effect of the variables: inlet temperature (140, 155 and 170°C), concentration of total solid in the extract using maltodextrin (5, 7, 5 and 10%), and pump flow (20, 30, and 40%) on the content of FT and antioxidant capacity. Using a response surface analysis, it was determined that with a temperature of 156.93°C, total solids of 5% and a pump flow of 20% the optimum values for FT of 36,39 mg EAG / g atomized and in antioxidant capacity of 21,24; 15,99 and 12,44 μ M ET / g atomized for ABTS, DPPH and FRAP respectively. The atomized product presented a good yield of 74, 50% and adequate physical characteristics to be used in the food.

Keywords: Coffee by-product, spray drying, antioxidant capacity, total phenols, optimization.

INTRODUCCIÓN

La pulpa o exocarpio del café (*Coffea arabica*) es el primer subproducto que se genera durante el procesamiento y representa en base húmeda, alrededor del 43.58% del peso del fruto fresco (Rodríguez, 2013). Los subproductos de la industria del café en muchos casos no son manejados adecuadamente y por lo tanto generan un grave problema ambiental por la concentración de ácidos orgánicos generados por su descomposición (Armas, Cornejo & Murcia, 2008). Se han desarrollado estudios que buscan aprovechar este subproducto como materia prima y que pueda ser combinada de varias maneras para elaborar alimentos o ingredientes de interés para la industria de alimentos. La pulpa de café contiene antioxidantes y flavonoides que son los principales compuestos de las antocianinas que dan el color del fruto, además contienen compuestos polifenólicos, tales como los ácidos clorogénicos, ácido ferúlico, ácido p-cumárico y cafeína (Esquivel & Jiménez, 2012).

Los antioxidantes son sustancias que ayudan a neutralizar la oxidación de las células, proceso por el cual los radicales libres favorecen la aparición de enfermedades como: cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y pulmonares (Vilaplana, 2017). Existen estudios que han evaluado la capacidad antioxidante de subproductos de café en los que se reportan valores de 124,47-151,72, 69,08-73,85 y 387-1454 mol Trolox / g con los métodos ABTS, DPPH y FRAP, respectivamente (Jimenez, Pastoriza & Rufian, 2015; Esquivel & Jiménez, 2012).

Al ser la pulpa de café una buena fuente de compuestos bioactivos, que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos y con efectos beneficiosos para la salud, se requiere de técnicas que permitan su conservación. Una de las aplicaciones tecnológicas que se ha desarrollado es la encapsulación, proceso mediante el cual sustancias bioactivas de los alimentos se introducen en una matriz para protegerlas de reacciones con otros compuestos o para frenar reacciones de oxidación a causa de la luz o del oxígeno, permitiendo mantener su estabilidad y viabilidad (López, 2012). La atomización es la técnica que se usa para deshidratar los alimentos y a su vez encapsular compuestos de interés, transformando una suspensión en un material seco particulado (Mondragón, Julia, Barba, & Jarque, 2013). Este método ofrece además beneficios como la reducción del volumen o peso, el fácil manejo y transporte, y el aumento de la vida útil durante el almacenamiento (Guevara & Jimenez, 2008). Dentro de las variables que influyen en el proceso se puede distinguir entre aquellas propias de la suspensión: densidad de la suspensión, contenido en sólidos, viscosidad, tensión superficial, temperatura, estado de desfloculación y distribución de tamaños de partícula de las materias primas; y las del equipo de secado: temperatura, caudal, humedad relativa del aire de secado, presión de inyección y el diámetro de salida del inyector (Ray, Raychaudhuri,

& Chakraborty, 2016). Para facilitar el proceso de secado, mejorarlo y reducir los problemas de pegajosidad y aglomeración durante el almacenamiento, se añaden solutos tales como la maltodextrina para aumentar la temperatura de transición vítrea del producto seco y superar el problema de adherencia durante el secado por pulverización (Parra, 2011 ; Caparino et al., 2012).

Se han desarrollado varios métodos para evaluar la capacidad antioxidante en los alimentos, pero es necesario combinar más de un método para evaluar la capacidad de reducción férrica y captación de distintos radicales libres. Los métodos más usados son: FRAP, ABTS, DPPH, ORAC y TRAP (Vangdal & Slimestad, 2006).

El presente trabajo tuvo como objetivo optimizar el proceso para encapsular compuestos fenólicos de subproductos de café y valorar la bioactividad *in vitro* de los compuestos fenólicos encapsulados, con el fin de promover el aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria para la elaboración de alimentos saludables y con potencial funcional. El trabajo se presenta en tres capítulos, en el primero se detalla la revisión bibliográfica sobre el café, sus subproductos, los compuestos fenólicos, su extracción, encapsulación y los fundamentos de los métodos para la determinación de la capacidad antioxidantes. En el segundo capítulo de detalla la metodología empleada para extraer, encapsular y cuantificar los antioxidantes. El tercer capítulo hace referencia a los resultados obtenidos, su interpretación y comparación con otros estudios; así mismo se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Café y sus subproductos

Coffea arabica es una planta perenne de la familia Rubiáceas, ampliamente cultivada en muchos países tropicales, es originaria de las altiplanicies de Abisinia (actual Etiopía) (Dechamp, Breitler, Leroy, & Etienne, 2015). En la actualidad se cultiva en diversas partes del mundo como en África, el sureste asiático, en China, en Latinoamérica y en islas del Caribe y el Pacífico (Valenzuela, 2010).

En Ecuador, por su ubicación geográfica, se da la producción de dos variedades de café Arábigo (*Coffea arabica* L.) y Robusta (*C. canephora* Pierre) (Guerrero, 2016). La especie de café Arábigo representa aproximadamente el 68% de la producción nacional, constituye uno de los principales productos de exportación y de gran importancia económica (Torres, Cumbicus & Jimenez, Azuero, 2012). La producción del café de mejor calidad se encuentra en las provincias de Manabí, Loja y las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes (PROECUADOR, 2013).

Durante el procesamiento del café en la etapa beneficio húmedo se generan grandes cantidades de subproductos que al descomponerse terminan siendo una gran preocupación ambiental por su alta concentración de ácidos orgánicos (Armas, Cornejo & Murcia, 2008; Machado, Oliveira, Pandey, & Soccol, 2000). Según Perraud-Gaime, Saucedo-Castañeda, Augur, & Roussos (2000) solo 6% en peso de la baya cosechada en el campo de café termina en las tazas, dejando el 94% como subproductos. La pulpa de café representa el primer subproducto y el más voluminoso, pues corresponde alrededor del 43.58% en peso húmedo. La pulpa de café contiene antioxidantes y flavonoides que son los principales compuestos de las antocianinas que dan el color del fruto, además contienen compuestos polifenólicos, tales como los ácidos hidroxicinámicos (clorogénico, cafeico y ácido ferúlico) (Duangjai et al., 2016).

Los subproductos de café representan una fuente potencial de compuestos bioactivos (antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, aromatizantes y agentes espesantes) que podrían ser utilizados con fines terapéuticos para el cuidado de la salud, como ingredientes naturales para mejorar la calidad nutricional y funcional de los alimentos, incrementar su estabilidad y vida útil. Todo ello permitiría a la Agroindustria minimizar la contaminación e incrementar su rentabilidad (Ayala-Zavala et al., 2011).

1.2. Antioxidantes

Los antioxidantes pueden definirse como sustancias que presentan propiedades contra los radicales libres que ayudan a disminuir la oxidación en las células (Martínez, Gonzalez, Culebras & Tuñón, 2002). Entre los antioxidantes más conocidos están la vitamina C y E, carotenoides, antocianinas, flavonoides, polifenoles, entre otros (Olivares, Cabrera, Martínez, & Teresa, 2010).

Cuando están presentes en los alimentos, los antioxidantes retrasan, controlan e inhiben la oxidación y el deterioro de los alimentos (Shahidi, 2015). En la actualidad los alimentos que contienen antioxidantes presentan una gran importancia en el cuidado de la salud por poseer una actividad farmacológica frente a enfermedades degenerativas como la diabetes, la artritis, enfermedades cardiovasculares, el cáncer, el Alzheimer y la osteoporosis, entre otras (López, Fernando, Lazaro, Bañuelos & Sánchez, 2012).

El café contiene antioxidantes como la cafeína, ácidos fenólicos (cafeico y clorogénico), polifenoles y alcaloides que le dan al café la calidad de alimento funcional y nutraceutico (Lazcano, Trejo, Vargas, & Pascual, 2015). La pulpa de café es una buena fuente de antioxidantes naturales y sustancias fenólicas, se ha encontrado ácido clorogénico en altas concentraciones, ácidos hidroxycinámicos y ácido cafeico (Niseteo, Komes, Belščak, Horžić, & Budeč, 2012).

1.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los principales metabolitos secundarios presentes en las plantas, que se caracterizan por tener en su estructura química uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático (Peñarrieta, Tejeda, Mollinedo, Vila, & Bravo, 2014). Estos compuestos fenólicos son esenciales para el crecimiento, reproducción de las plantas y protección frente a patógenos; siendo secretados como mecanismo de defensa (Martínez, Periago, & Ros, 2000).

Según Gimeno (2004), estos compuestos se pueden clasificar de diversas maneras debido a su diversidad estructural (**Figura 1**). Entre los grupos que presentan mayor importancia nutricional están: los fenoles, camarinas, lignanos, flavonoides y los taninos (Martínez et al., 2000).

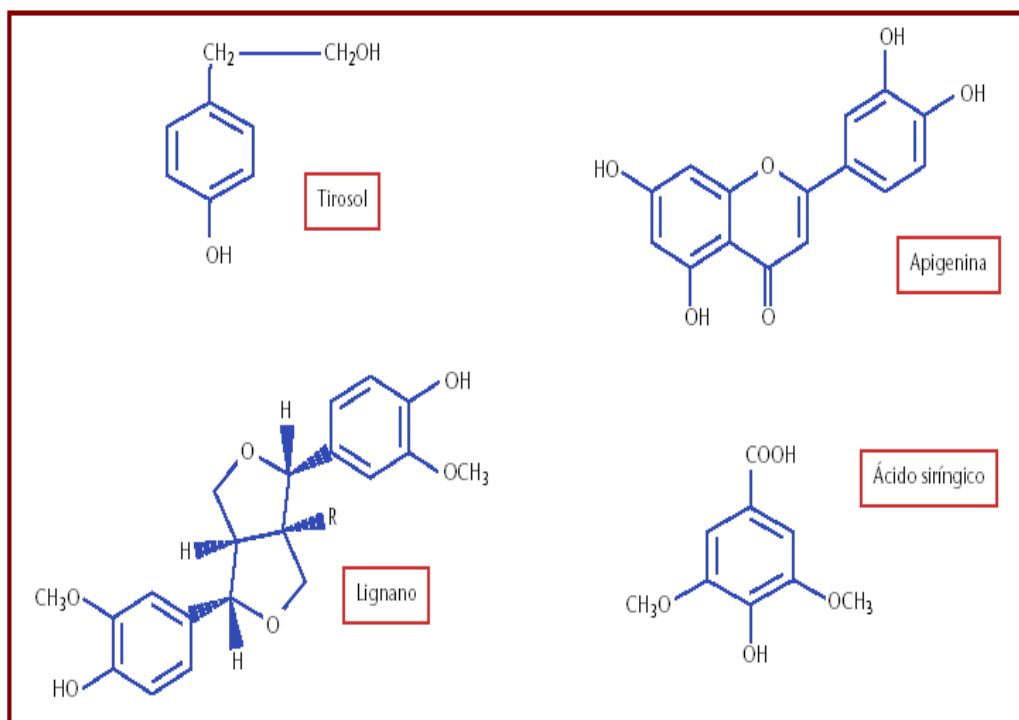


Figura 1. Ejemplos de las estructuras de compuestos fenólicos

Fuente: Gimeno (2004)

Elaboración: Gimeno (2004)

Las principales características de los compuestos fenólicos es poseer propiedades antioxidantes, ejercer efectos quelantes y modular la actividad de varios sistemas enzimáticos, de modo que promueven la salud ante factores químicos y físicos estresantes para el organismo (Gutiérrez, 2002).

Entre los compuestos fenólicos que están presentes en el café están: los ácidos clorogénico, cafeico, epicatequina, ácido 4-dicaffeoilquinico, melanoidinas, ácido ferúlico, rutina y camárico (Esquivel & Jiménez, 2012 ; Lazcano et al., 2015).

1.4. Extracción de antioxidantes

Según Spigno & De Faveri (2007), para obtener un buen rendimiento en la extracción de antioxidantes influyen algunos parámetros como la preparación de la muestra (secado y tamaño de la partícula), relación de disolvente-muestra, tipo de disolvente, temperatura y el tiempo de maceración. Los parámetros adecuados para lograr una buena extracción dependerán de la naturaleza diversa de los antioxidantes presentes en la matriz (Liyana & Shahidi, 2005).

El rendimiento en la extracción depende del tipo de disolvente empleado o a una mezcla realizada entre dos disolventes, debido a que existen compuestos fenólicos que son más solubles en una mezcla que en los disolventes puros, condición que está asociada a la polaridad del solvente (Muñoz et al., 2015). Entre los solventes más usados en la extracción de antioxidantes de plantas están agua, mezclas acuosas de metanol o etanol que contiene una pequeña cantidad de ácido clorhídrico o el ácido fórmico y la acetona que permiten una extracción más eficiente y reproducible a bajas temperaturas (Cerón, Higuira, & Cardona, 2011; Xu & Chang, 2015). Cuando el propósito de la extracción es la aplicación en alimentos el disolvente más adecuado es el etanol por presentar una baja toxicidad y debido a ello se lo considera seguro para el consumo humano (Diem, Elisa, & Tran-nguyen, 2013).

La temperatura tiene un impacto significativo en la extracción de antioxidantes, ya que afecta el equilibrio, la velocidad de transferencia y la estabilidad de compuestos fenólicos (Luthria, 2008). Generalmente la extracción de compuestos fenólicos se lleva a cabo a temperatura ambiente (20 a 30°C), sin embargo al aumentar la temperatura mejora el rendimiento de extracción debido a la velocidad de difusión y mejorada solubilidad de los fotoquímicos en los disolventes (Gonzalez & Gonzalez, 2010).

1.5. Encapsulación de antioxidantes

La encapsulación está tomando cada vez más importancia en la industria de alimentos, es definida como una técnica de empaque, en la cual gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas, son cubiertas con una película polimérica porosa conteniendo una sustancia activa (Parra, 2011). Entre las sustancias que se pueden encapsular están los colorantes, enzimas, probióticos, grasas, aceites esenciales, vitaminas, minerales, edulcorantes, colorantes, antioxidantes e incluso fertilizantes (Sandoval, Rodríguez & Ayala, 2011). El principal objetivo de la encapsulación es proteger el material contenido en el núcleo de condiciones ambientales adversas como la luz, humedad y oxígeno; contribuyendo de esta forma a un aumento de la vida útil del producto y promoviendo al mismo tiempo una liberación controlada del encapsulado (Fang, 2010).

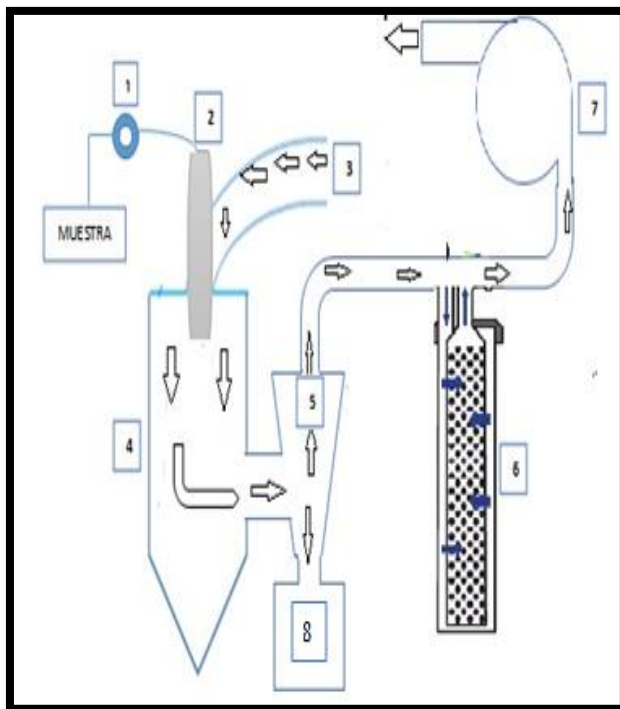


Figura 2.Diagrama del Mini Spray Dryer

Autor: La autora

Elaboración: La autora

1. Bomba peristáltica: Usada para bombear la muestra hacia la tobera.

2. Tobera (1.5mm): Permite la mezcla óptima del líquido y el gas.

3. Calefacción eléctrica: Permite que el aire de entrada se caliente hasta la temperatura deseada a través

4. Cámara de secado: Permite la transferencia entre el calor por conducción entre el gas de secado y las gotitas de las muestra.

5. Ciclón: Recolector de partículas para separar el polvo del aire caliente, de la corriente de aire húmedo.

6. Filtro de salida: Recolección de partículas finas para proteger a usuario, equipo y medio ambiente.

7. Aspirador: Permite generar la corriente de aire.

8. Recolector del atomizado.

1.5.1. Técnicas de encapsulación.

El método de encapsulación se elige de acuerdo a la aplicación requerida, el material a encapsular, el costo y las propiedades físicas y químicas del recubrimiento (Daza, Granato, Fávaro-Trindade, & Genovese, 2017).

De acuerdo a Madene, Jacquot, Scher & Desobry (2006); las técnicas de encapsulación se las puede dividir en químicas como la coacervación simple o compleja e inclusión molecular; y las mecánicas como el secado por atomización, refrigeración por aspersión, extrusión y fluidización de lecho.

En la industria de alimentos el método más utilizado es el secado por atomización o secado por aspersión, por ser económico, poseer un funcionamiento flexible y continuo, y proporcionar partículas de buena calidad (Fang, 2010). El principio de este método es la producción de un polvo seco por medio de la atomización de una solución que va a ser secada en forma de gotas muy finas en una corriente de aire caliente en una cámara de secado (**Figura 2**). El agua se evapora instantáneamente, permitiendo que el material activo presente en la emulsión, quede atrapado dentro de una película de material encapsulante (López, 2010).

La encapsulación de compuestos fenólicos mediante la atomización proporciona a estos una menor evaporación y degradación durante su procesamiento, debido a que esta tecnología puede proporcionar barreras que protegen a los materiales bioactivos sensibles. Otra razón importante del uso de la atomización en la industria de alimentos, es que los productos finales poseen una estabilidad mejorada y ayuda a controlar la liberación de estos compuestos (Nedovic, Kalusevic, Manojlovic, Levic, & Bugarski, 2011) .

1.5.2. Material encapsulante

En la actualidad existe una gama de materiales que pueden usarse como encapsulante, entre ellos se incluyen a los carbohidratos (almidones, maltodextrinas, jarabes de maíz y goma arábica), lípidos (ácido esteárico, mono y diglicéridos) y proteínas (gelatina, caseína, suero lácteo, soja y trigo) (Ray et al., 2016).

Las proteínas son ampliamente utilizadas como microencapsulantes de sabor, poseen excelentes propiedades funcionales, como solubilidad, viscosidad y emulsificación, tienen la propiedad de formar películas, debido a sus diversos grupos químicos, alto peso molecular y capacidad de asociación (Guevara & Jimenez, 2008).

Los carbohidratos son ampliamente utilizados como material encapsulante, son una buena elección por presentar baja viscosidad a altas concentraciones, bajo costo, disponibles en un amplio intervalo de tamaños de partícula y poseer buena solubilidad (Guevara & Jimenez, 2008). Los almidones y los ingredientes basados en almidón son utilizados para retener y proteger compuestos volátiles, además pueden actuar como portadores para la encapsulación del aroma, reemplazantes de grasa y también estabilizadores de la emulsión (Madene et al., 2006). La goma arábica puede tener un efecto pronunciado en el sabor, se usa a menudo como matriz encapsulante de sabor, presenta alta solubilidad, baja viscosidad, emulsificación y buena retención de compuestos volátiles (Yañez, Salazar, Chaires, & Jimenez, 2002).

La maltodextrina es una mezcla de polímeros de glucosa que se forma mediante la hidrólisis parcial de la harina de maíz con ácidos o enzimas y se suministran como equivalentes de dextrosa, es buena opción al momento de elegir un agente encapsulante por presentar un bajo costo económico, poseer sabor suave, baja viscosidad a una relación de sólidos elevada, es soluble en agua, actúa como agente gelificante y como crioprotector, además se caracteriza por extender la vida útil del producto (Madene et al., 2006 ; Celi Bonilla, 2016).

1.6. Determinación de actividad antioxidante.

1.6.1. ABTS.

Con este método se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, presenta una excelente estabilidad (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & Fett, 2005). Este método mide la capacidad de los antioxidantes naturales de eliminar radicales libres, se basa en la activación de metmioglobina con peróxido de hidrógeno en presencia de ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) para producir el radical catiónico, cuando hayan o no antioxidantes (Arnao, Cano, & Acosta, 2001). Este método se mide a una longitud de onda de 593 nm y el resultado se expresa en μM de equivalentes Trólox/g de materia seca (Prior, Wu, & Schaich, 2005).

1.6.2. DPPH.

Este método se fundamenta en que el radical DPPH tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo-pálido por reacción con una sustancia antioxidante. En su forma libre el radical DPPH se absorbe a una longitud de onda de 515 nm y se expresará el resultado en μM de equivalentes Trólox/g de materia seca (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995). Además ofrece ciertas ventajas por ser un método rápido, sensible, rentable y utiliza menos reactivos y se puede almacenar durante un máximo de 6 meses (Musa, Abdullah, & Al-Haiqi, 2016).

1.6.3. FRAP.

Este método determina la capacidad que posee una muestra para reducir hierro férrico mediante una reacción de reducción del complejo de la Tripiridiltriazina férrica que presenta un color amarillo al complejo ferroso, formando un complejo de color azul (Benzie & Strain, 1996). A medida que exista mayor cantidad de antioxidantes en la muestra mayor será la señal de absorbancia dada. Este método se mide a una longitud de onda de 593 nm y el resultado se expresan en μM de equivalentes Trólox/g de materia seca (Prior et al., 2005).

1.7. Determinación de compuestos fenólicos.

Los métodos usados comúnmente para determinar y cuantificar fenoles totales en alimentos son el ensayo de la vainillina y el de Folin-Ciocalteu. El método de Folin-Ciocalteu se basa en la reducción de fenoles con el reactivo Folin Ciocalteu y posterior neutralización con

bicarbonato de sodio. El reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico (Gutiérrez, Ortiz, & Cisneros, 2008). Este método se lee a una absorbancia de 725 nm, los resultados se expresan como equivalentes de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra en base seca (Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos, & Hawkins Byrne, 2006).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestra y preparación.

Se utilizó café (*Coffea arábica*) proveniente de la parroquia Vilcabamba del cantón Loja, provincia de Loja. Para la obtención de la pulpa, el café en cerezo se lavó con agua y se desinfectó con hipoclorito de sodio al 0,1% durante 5 minutos, luego se despulpó manualmente para separar el grano. La pulpa fue secada en estufa de convección forzada, a 60°C, por 48 horas; posteriormente triturada en un molino mecánico para disminuir el tamaño de partícula y luego en un molino ultra centrífugo marca Retsch ZM 200 hasta obtener un tamaño de partícula $\leq 350 \mu\text{m}$ (**Figura 3**).

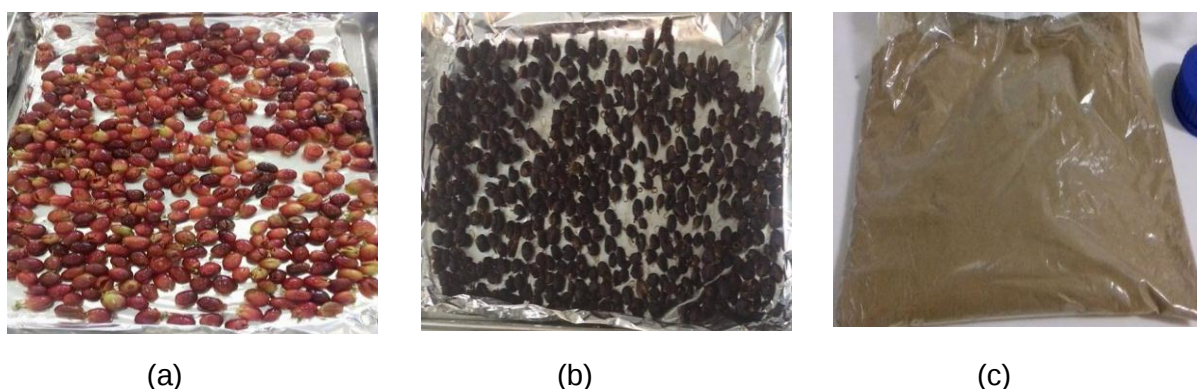


Figura 3. Obtención de subproducto de café (a) Pulpa de café, (b) pulpa deshidratada, (c) pulpa en polvo

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

2.2. Proceso de extracción

2.2.1. Obtención del extracto

Para la obtención del extracto se utilizó como solvente una mezcla de etanol-agua (50:50 v/v) con relación muestra-solvente de 1:20 (p/v). La extracción se realizó a una temperatura de 60°C mediante maceración dinámica, manteniendo la muestra en agitación constante (2500rpm) durante 1 hora y 30 minutos.

Terminada la maceración, la mezcla se filtró al vacío para separar las partículas sólidas y obtener el extracto acuoso sin impurezas. Previo a la atomización, el etanol presente en el extracto fue eliminado mediante rotaevaporación en un equipo marca Hei-VAP Value “The Collegiate” a una temperatura de 30°C y 150rpm (**Figura 4**). Los extractos fueron conservados en congelación hasta su uso.



Figura 4. Rotaevaporación del extracto

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

2.2.2. Determinación de sólidos totales del extracto (ST)

La determinación se basó en la metodología descrita por la técnica AOAC 931.04. En viales previamente limpios, secos y pesados ($P_{inicial}$), se colocó una alícuota de 2 mL del extracto. La concentración se realizó mediante evaporación en una estufa de convección forzada, con un incremento progresivo de temperatura desde 40°C hasta 100°C por 6 horas, luego fueron enfriados en un desecador por 1 hora y finalmente pesados. Se aplicó el mismo procedimiento hasta conseguir un peso constante (P_{final}).

El porcentaje de sólidos totales se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de sólidos totales} = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{\text{Alícuota}}$$

2.3. Obtención de encapsulados.

2.3.1. Preparación de tratamientos

El extracto a encapsular se preparó usando maltodextrina (MEELUNIE), la cual fue seleccionada por presentar baja viscosidad a alta proporción de sólidos, inodora, incolora, además permite la formación de polvos de libre flujo sin enmascarar el sabor original (Parra, 2011). La cantidad de maltodextrina usada estuvo en función del contenido de sólidos en el extracto, hasta alcanzar los niveles de 10, 7.5 y 5 % ST (peso/volumen). Cada tratamiento se preparó por triplicado.

2.3.2. Proceso de atomización

El proceso de atomización se realizó en un equipo Mini Spray Dryer (BUCHI B-290) (**Figura 5**) que funciona con un flujo de co-corriente del gas de secado y el caudal del producto, lo que significa que el producto pulverizado y el gas caliente tienen la misma dirección de flujo descendiente

Se estudiaron tres variables del proceso de atomización: temperatura de secado (140, 155 y 170°C), flujo de entrada del producto (20, 30 y 40%) y concentración de sólidos totales (5, 7,5 y 10%). En la **Tabla 1** se muestra el diseño experimental factorial multinivel 3x3 que se siguió para la obtención de los encapsulados por atomización.

Tabla 1. Tratamientos para la obtención de encapsulados

Temperatura	Flujo de entrada	% Sólidos
140	20	10
140	40	10
170	40	5
170	40	7,5
155	40	7,5
140	40	5
155	40	10
140	20	7,5
140	30	10
140	30	5
170	30	10
155	20	10
170	30	7,5
170	20	7,5
155	40	5
170	40	10
170	30	5
155	30	10
155	20	5
155	30	5
140	40	7,5
155	20	7,5
170	20	10
170	20	5
155	30	7,5
140	30	7,5
140	20	5

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

Cada encapsulado fue almacenado en fundas metalizadas para protegerlos de la humedad, luz y oxígeno.



Figura 5. Equipo Mini Spray Dryer (BUCHI B-290)

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

2.4. Cálculo de rendimiento

El rendimiento obtenido de los extractos atomizados, se obtuvo relacionando el contenido de sólidos que ingresan, con el polvo obtenido después del proceso (**Anexo 1**).

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100$$

2.5. Preparación de la muestra atomizada

Las 81 muestras atomizadas fueron pesadas y disueltas en H₂O destilada a una concentración de 10000 ppm.

2.6. Cuantificación de fenoles totales.

Para la determinación de fenoles totales se siguió el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu de acuerdo a la metodología descrita por Thaipong et al (2006) con algunas modificaciones.

a) Preparación de la solución Madre y estándares de ácido gálico.

Se utilizó como estándar el ácido gálico a diferentes concentraciones en la **Figura 6** se detalla la preparación de solución madre y en el **Anexo 2 (a)**, se describe la preparación de los estándares.

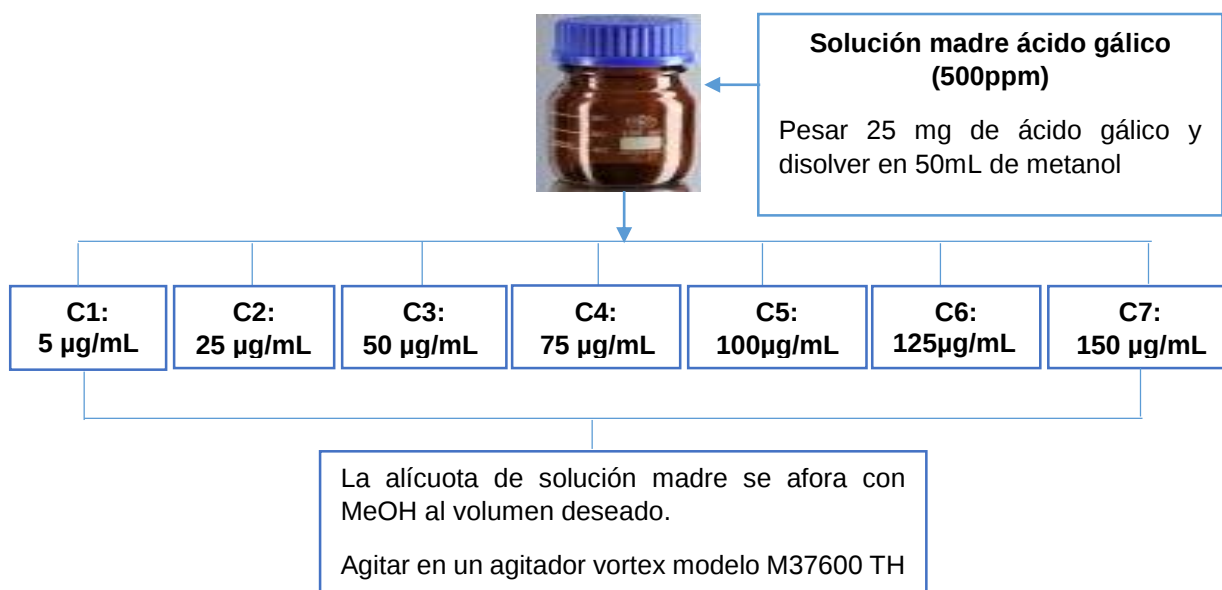


Figura 6. Preparación de la solución madre y estándares de ácido gálico

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora

b) Lectura de absorbancia

El procedimiento para la lectura de la absorbancia tanto de los estándares como de las muestras se describe en la **Figura 7.**

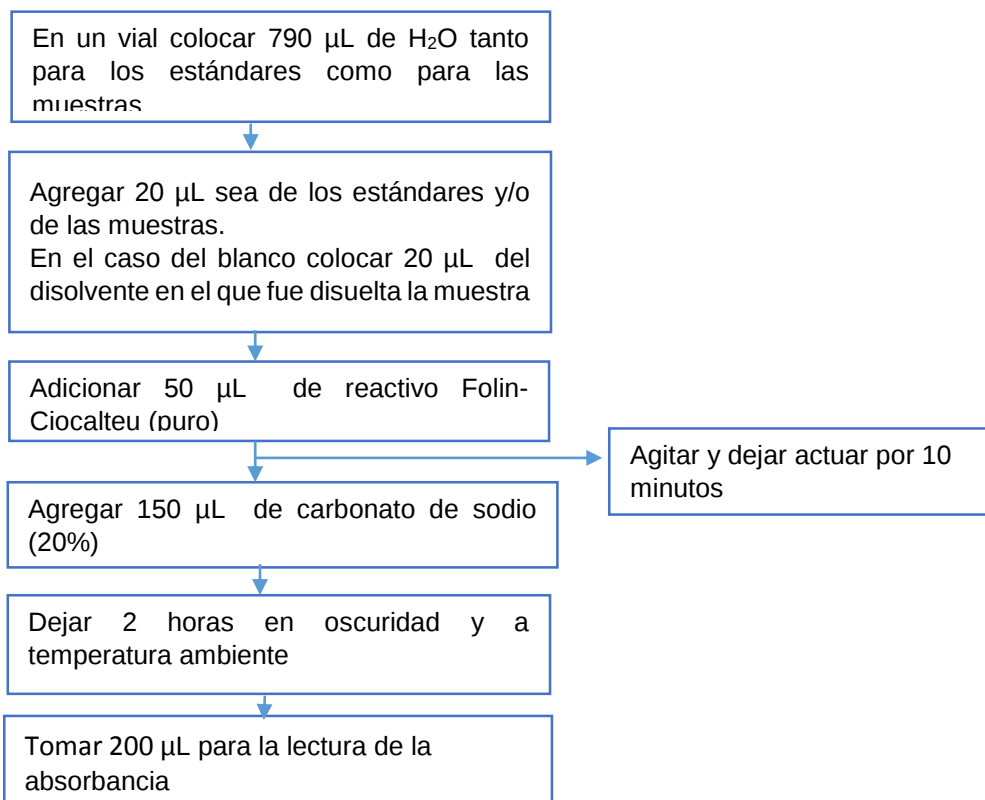


Figura 7. Cuantificación fenoles totales

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora

La lectura se realizó por triplicado en una microplaca de 96 pocillos fondo plano (TR5003 96 well) a una temperatura de 25°C y longitud de onda de 725 nm en un lector de microplaca (Bio Tech, EPOCH 2), en la **Tabla 2** se detalla el orden de los estándares y muestras para la lectura.

Tabla 2: Orden de la microplaca para la lectura

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	BLK	BLK	BLK	E ₅	E ₅	E ₅	E ₂₅	E ₂₅	E ₂₅	E ₅₀	E ₅₀	E ₅₀
B	E ₇₅	E ₇₅	E ₇₅	E ₁₀₀	E ₁₀₀	E ₁₀₀	E ₁₂₅	E ₁₂₅	E ₁₂₅	E ₁₅₀	E ₁₅₀	E ₁₅₀
C	M ₁	M ₁	M ₁	M ₂	M ₂	M ₂	M ₃	M ₃	M ₃	M ₄	M ₄	M ₄
D	M ₅	M ₅	M ₅	M ₆	M ₆	M ₆	M ₇	M ₇	M ₇	M ₈	M ₈	M ₈
E	M ₉	M ₉	M ₉	M ₁₀	M ₁₀	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₁	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₂	M ₁₂
F	M ₁₃	M ₁₃	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₄	M ₁₄	M ₁₅	M ₁₅	M ₁₅	M ₁₆	M ₁₆	M ₁₆
G	M ₁₇	M ₁₇	M ₁₇	M ₁₈	M ₁₈	M ₁₈	M ₁₉	M ₁₉	M ₁₉	M ₂₀	M ₂₀	M ₂₀
H	M ₂₁	M ₂₁	M ₂₁	M ₂₂	M ₂₂	M ₂₂	M ₂₃	M ₂₃	M ₂₃	M ₂₄	M ₂₄	M ₂₄

BLK: Blanco

E: Estándar

M: Muestra

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

La curva de calibración se construyó con la concentración del ácido gálico µg/mL (eje X) vs la absorbancia obtenidas de los estándares (eje Y), y mediante regresión lineal se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson (R^2) que tuvo que ser igual o mayor a 0,99 (**Anexo 2, b**).

En el **Anexo 2 (c)**, se detallan los cálculos para reportar los resultados de las muestras en mg EAG/g de atomizado.

2.7. Cuantificación de la actividad antioxidante

2.7.1. Preparación de la solución Madre y estándares de TROLOX

Se utilizó como estándar el reactivo Trolox (Acido-6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) a diferentes concentraciones. En el **Figura 8** se detalla la preparación de solución madre y en el **Anexo 2**, se describe la preparación de los estándares de la solución madre de trolox para los métodos FRAP, DPPH y ABTS.

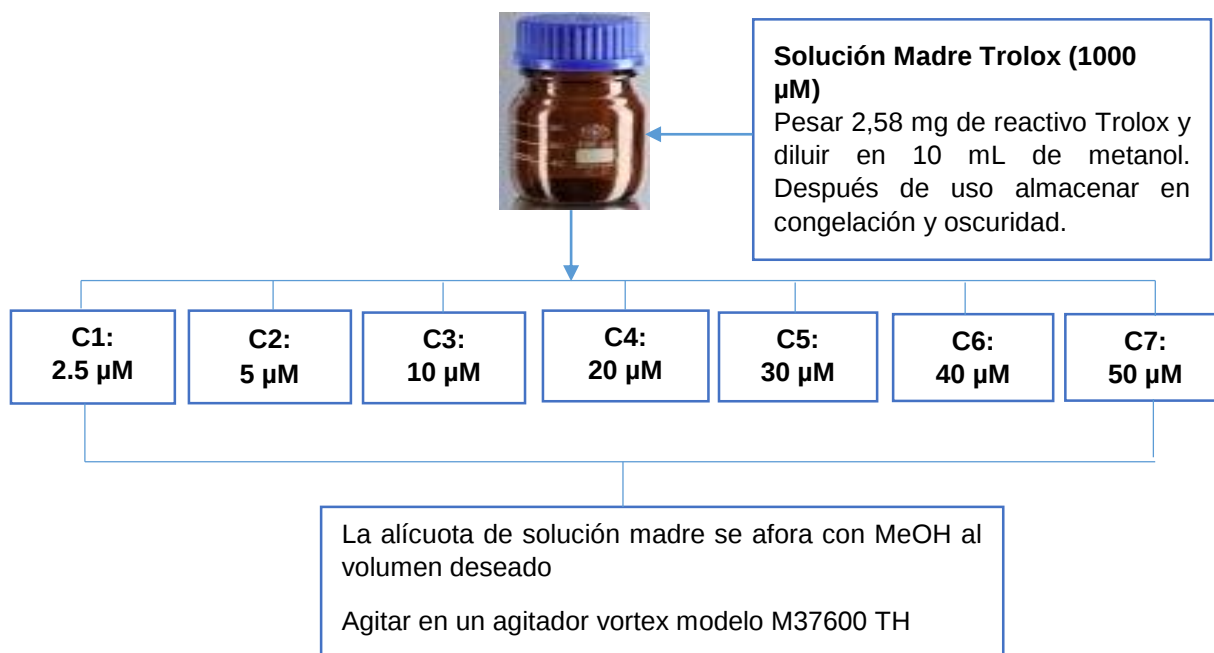


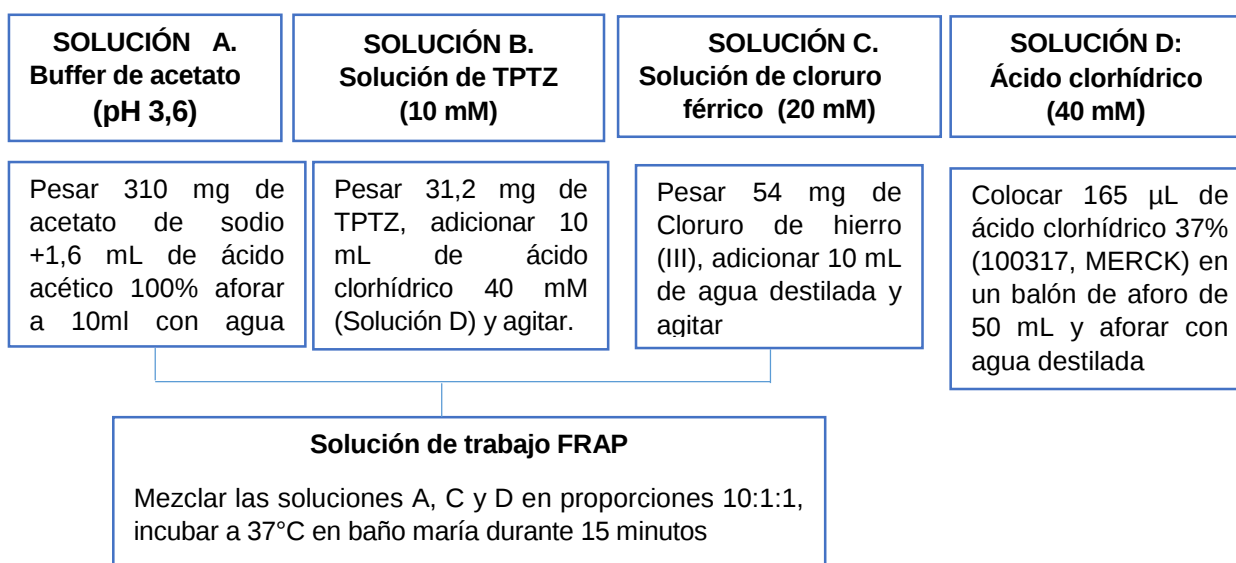
Figura 8. Preparación de la solución madre y estándares de TROLOX

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora

2.7.2. Método FRAP

Para cuantificar el poder de reducción férrica, se utilizó la metodología de Benzie & Strain (1996) con modificaciones descritas por Thaipong et al (2006). En el **Anexo 3 (a)**, se describen los cálculos para la preparación de los reactivos y en la **Figura 9** se detalla la preparación de la solución de trabajo.



TPTZ= 2, 4, 6-tripiridil-s-triazina

Figura 9. Preparación de la solución de trabajo FRAP.

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora

La lectura de las absorbancias se realizó en el lector de microplaca (Bio Tech, EPOCH 2), organizando la microplaca del mismo modo indicado para Fenoles totales (**Tabla 2**). En este caso el blanco consistió en 300 μL de metanol y los estándares de 30 μL del estándar + 270 μL de la solución de trabajo FRAP. Se dejó reaccionar 30 minutos a una temperatura 37°C antes de la lectura.

Se construyó la curva de calibración con la concentración del Trolox (μM) (eje X) vs. la absorbancia obtenida de los estándares (eje Y) y mediante regresión lineal se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson (R^2) que tuvo que ser igual o mayor 0,99 (**Anexo 4, b**).

En el **Anexo 4 (c)**, se detallan los cálculos para reportar los resultados de las muestras en $\mu\text{MET/g}$ de atomizado.

2.7.3. Método DPPH

Para medir la capacidad que tienen los antioxidantes para atrapar el radical libre 2-2-difenil-1-picrihidracil (DPPH), se utilizó la metodología descrita por Brand-Williams et al (1995) con modificaciones descritas por Thaipong et al (2006). En el **Anexo 4 (a)**, se describen los cálculos para la preparación de los reactivos y en la **Figura 10** se indica la preparación de la solución madre y solución de trabajo DPPH.

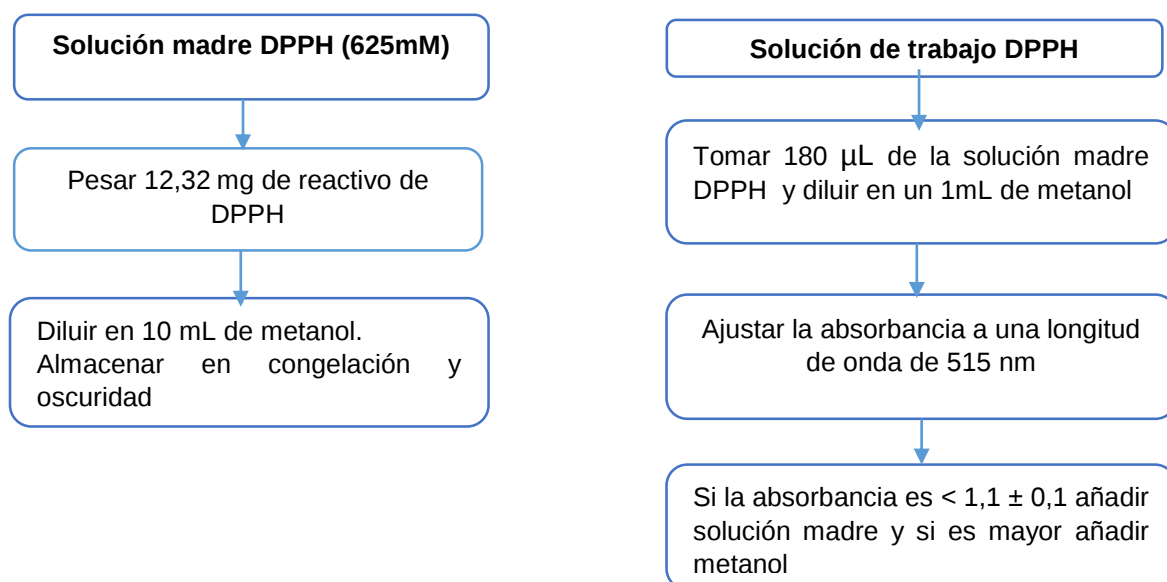


Figura 10. Preparación de la solución madre y solución de trabajo DPPH

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora

La lectura de las absorbancias se realizó en el lector de microplaca (Bio Tech, EPOCH 2) a 515 nm, organizando la microplaca del mismo modo indicado para Fenoles totales (**Tabla 2**). El blanco consistió en 300 μL de metanol y los estándares de 30 μL del estándar + 270 μL de la solución de trabajo DPPH. Se dejó reaccionar 1 hora a una temperatura 25°C antes de la lectura.

En el **Anexo 4 (b, c)**, se muestra la curva de calibración construida con la concentración del Trolox (μM) (eje X) y las absorbancias de los estándares (eje Y), así como el detalle de los cálculos para reportar los resultados $\mu\text{MET/g}$ de atomizado.

2.7.4. Método ABTS

Se utilizó la metodología descrita por Thaipong et al. (2006) con algunas modificaciones. Este método puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica y se basa en la reducción de la coloración de verde/ azul producida por la reacción del radical ABTS con el antioxidante presente en la muestra. En la **Figura 11** se indica la preparación de la solución madre ABTS y en el **Anexo 5 (a)** la preparación de reactivos.

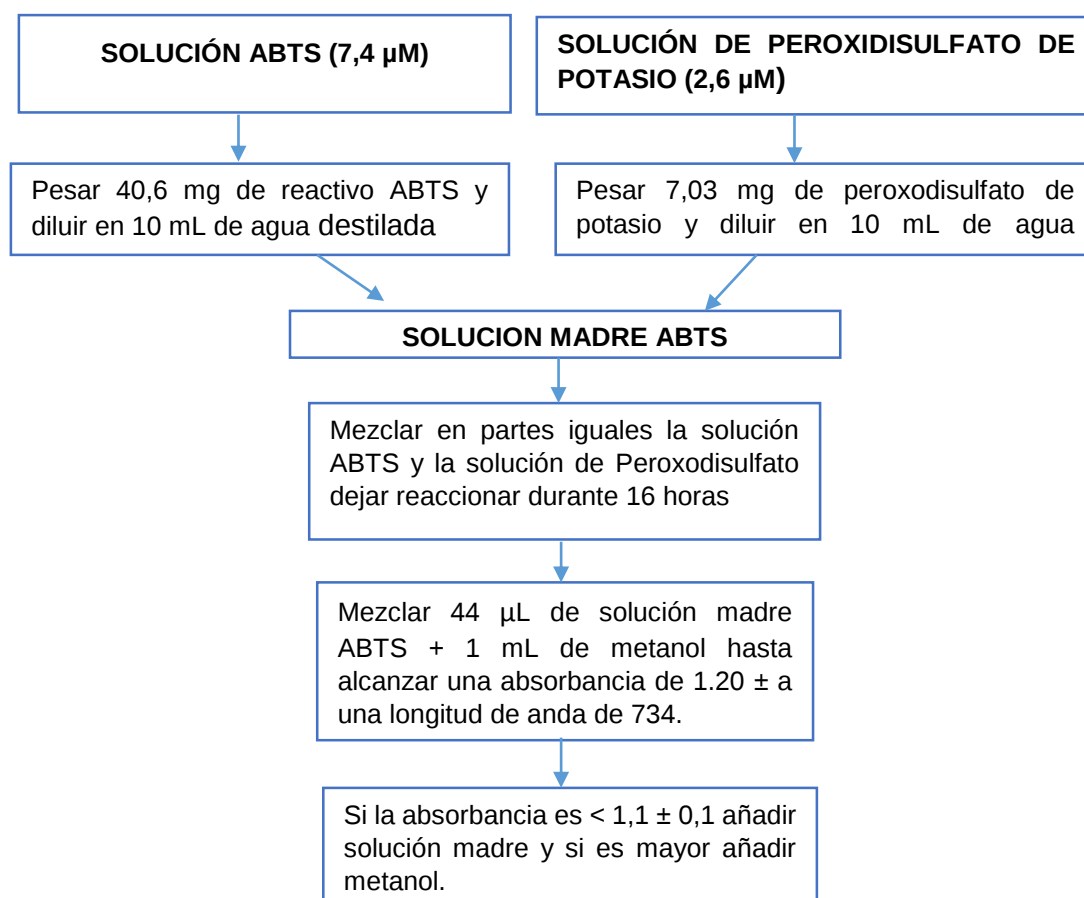


Figura 11. Preparación de la solución madre de ABTS

Fuente: Thaipong et al (2006)

Elaboración: La autora.

La lectura de las absorbancias se realizó en el lector de microplaca (Bio Tech, EPOCH 2) a 734 nm, organizando la microplaca del mismo modo indicado para Fenoles totales (**Tabla 2**). El blanco consistió en 300 μL de metanol y los estándares de 30 μL del estándar + 270 μL de la solución de trabajo ABTS. Se dejó reaccionar 1 hora a una temperatura 25°C antes de la lectura.

Se construyó la curva de calibración con la concentración del Trolox (μM) en el eje X vs. la absorbancia de los estándares en el eje Y, y mediante regresión lineal se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson (R^2) que tuvo que igual o mayor 0,99 (**Anexo 6, b**).

En el **Anexo 6 (c)**, se detallan los cálculos para reportar los resultados en $\mu\text{MET/g}$ de atomizado.

2.8. Análisis estadístico

Se analizará la influencia de las variables de estudio sobre las variables respuesta, mediante un análisis de varianza ANOVA y las diferencias estadísticas se determinarán a través de la comparación de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de 0.05; considerando que se planteó un diseño experimental factorial multinivel 3x3 con tres repeticiones. Para el análisis se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Extractos iniciales

El contenido de sólidos totales (ST) del extracto puro fue de 4,22% (**Anexo 6**), por lo que para ajustar los sólidos totales al 5, 7.5 y 10% fue necesaria la adición ascendente de maltodextrina. En la **Tabla 3** se puede apreciar que a mayor cantidad de maltodextrina, la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales disminuye ($p<0,05$) en comparación con el extracto inicial; se debe al efecto de dilución del extracto conforme se va adicionando el material encapsulante. En un estudio realizado por Mishra, Mishra, & Mahanta (2014) también se observó que el contenido fenólico disminuía significativamente cuando se aumentaba la concentración de maltodextrina del 5 al 9%.

Tabla 3. Fenoles totales y actividad antioxidante de extractos iniciales

EXTRACTOS INICIALES	FENOLES mg EAG/g ext	DPPH uMET/g ext	FRAP uMET/g ext	ABTS uMET/g ext
Extracto inicial	48,71 ±0,34 ^a	41,42±1,80 ^a	48,08± 1,35 ^a	69,56± 3,79 ^a
Extracto al 5% de ST	45,72±1,34 ^b	35,49±0,45 ^b	31,00±0,70 ^b	40,23± 2,27 ^b
Extracto al 7,5% de ST	42,12±1,52 ^c	26,46±0,36 ^c	28,09±0,28 ^c	32,67±1,27 ^c
Extracto al 10% de ST	32,32±0,27 ^d	18,72±0,64 ^d	20,57± 1,65 ^d	24,56± 2,94 ^d

n = 3

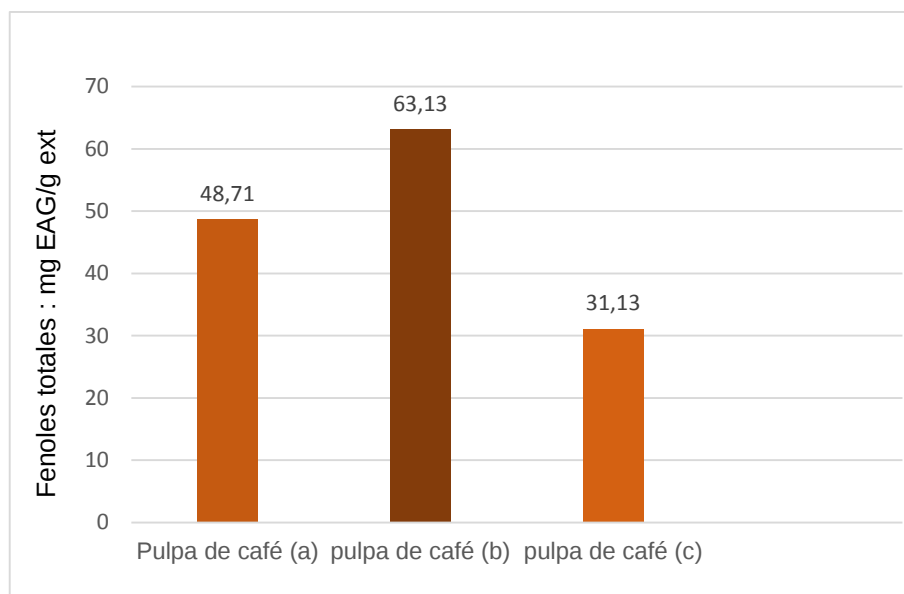
EAG = Equivalentes de ácido gálico, ET = Equivalentes trolox

Letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes ($p<0,05$)

Fuente: La autora

Elaboración: La autora

En la **Gráfica 1** se muestra el contenido de fenoles totales alcanzado frente a estudios previos de subproductos de café. En los tres estudios se utilizó la misma mezcla de disolventes etanol: agua. Sin embargo en el trabajo realizado por Tobón (2015) se utilizó una extracción asistida por ultrasonido a diferencia del presente estudio en el que se empleó maceración dinámica.



Gráfica 1: Contenido de fenoles totales

Fuente: a) La autora, b) Tobón (2015), c) Navarrete (2017)

Elaboración: La autora

3.2. Rendimiento del producto atomizado

En la **Tabla 4** se muestra el rendimiento obtenido de los extractos atomizados. Según las especificaciones del equipo de secado utilizado en este trabajo, se estima que presenta rendimientos altos de hasta el 70% (Kawakami Kohsaku, n.d.) y el rendimiento que se obtuvo en este trabajo se encuentra entre 39,93 y 74,50%. El mayor rendimiento se obtuvo a la temperatura de 155°C, sólidos totales 7,5% y flujo de bomba de 20 %. En el trabajo realizado por Maldonado (2018) se obtuvo un rendimiento de 71,81% a 170°C, 7,5% de sólidos y 20% de flujo de bomba, así mismo en el estudio realizado por Bakowska-Barczak & Kolodziejczyk (2011) utilizando el mismo equipo (Mini Spray Dryer B-290), se obtuvo un rendimiento alto de 87% a 150 °C y utilizando como agente encapsulante maltodextrina con una Equivalencia de dextrosa (DE) de 11. En este estudio se utilizó maltodextrina de 16-20 (DE), según Raja, Sankarikutty, Sreekumar, Jayalekshmy, & Narayanan (1989), la maltodextrina con equivalencia de dextrosa entre 10 y 20 es apto para usar como material de pared.

Tabla 4. Resultados de rendimiento

Sólidos totales (%)	Flujo de Bomba (%)	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)
5	20	140	49,62 ±1,90
		155	68,85±2,57
		170	70,76±2,42
	30	140	59,17±0,72
		155	60,52±3,88
		170	62,53±3,05
	40	140	48,02±4,06
		155	60,22±1,67
		170	52,55±3,85
7,5	20	140	70,66±1,05
		155	74,50±0,33
		170	71,26±0,77
	30	140	65,52±0,54
		155	66,06±0,91
		170	68,73±2,36
	40	140	60,18±0,63
		155	59,72±1,30
		170	61,64±0,65
10	20	140	49,62±4,25
		155	59,15±3,25
		170	51,93±1,27
	30	140	50,77±1,61
		155	49,77±2,00
		170	47,64±1,84
	40	140	44,91±3,88
		155	47,62±1,75
		170	39,93± 2,32

n = 3

Fuente: La autora**Elaboración:** La autora

Las variables que influyeron significativamente en el rendimiento (**Figura 12**) fueron el flujo de bomba y el porcentaje de sólidos.

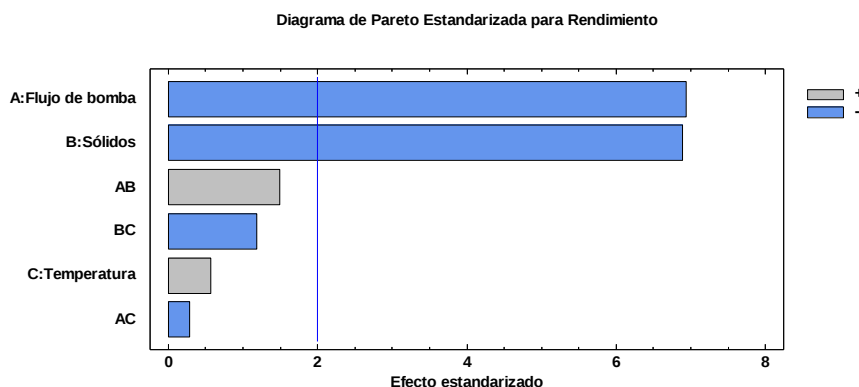


Figura 12: Diagrama de Pareto para el rendimiento

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora.

En la gráfica de efectos principales (**Figura 13**) para el rendimiento se observa que conforme se disminuye el flujo de la bomba, se obtiene un mayor rendimiento ($p < 0,05$). Resultado similar se encontró en un estudio sobre el mucílago de nopal (León, Méndez, & Rodríguez, 2010) donde los valores de rendimiento fueron 70,74 % a esto Shishir & Chen (2017) mencionan que a mayor flujo se requiere más energía para evaporar el disolvente que tiene la muestra y existe transferencia más lenta de calor, lo que produce que las gotitas de la muestra sean más difíciles de secar y se producen partículas húmedas que se pegan en la pared de la cámara de secado afectando así el rendimiento.

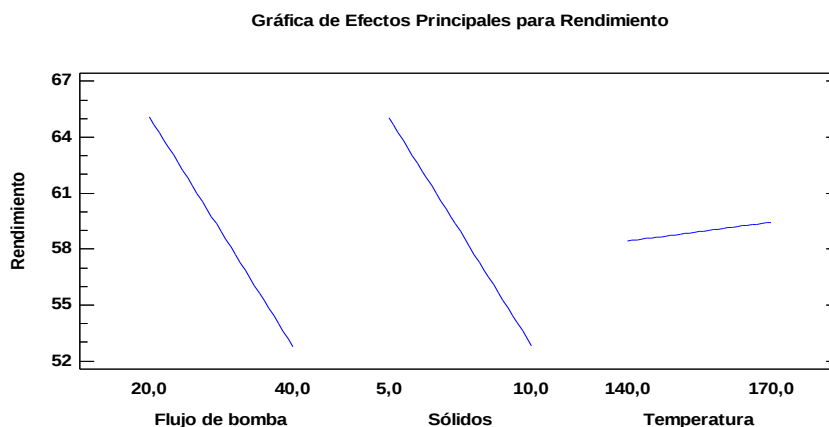


Figura 13: Grafica de efectos principales para rendimiento

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora.

El porcentaje de sólidos es otra de las variables que presentó efecto significativo sobre el rendimiento, esta variable ha sido estudiada en varios trabajos, según Shishir & Chen (2017) una mayor concentración de maltodextrina redujo la deposición del polvo en la pared de la cámara de secado y aumentó los porcentajes de rendimiento; por el contrario Tonon, Brabet, & Hubinger, (2008) demostraron que el rendimiento del polvo de acai (*Euterpe oleraceae*

Mart.) secado por pulverización disminuyó al aumentar la concentración del agente encapsulante debido al aumento de la viscosidad de la muestra.

En la **Tabla 5** se detallan las condiciones óptimas para maximizar el rendimiento a 74,96%, el cual se daría bajo las condiciones estudiadas de flujo de bomba, sólidos y temperatura; sin embargo este atomizado con 5% de sólidos se compacta durante su almacenamiento a diferencia de los atomizados con mayor cantidad de maltodextrina, por lo que no sería factible probar tratamientos que contengan una concentración de sólidos menor al 5%. Según Ray et al., (2016) el material para la encapsulación se homogeniza con el material de soporte generalmente en una proporción de 1:4, condición que se no se cumpliría al disminuir la concentración de sólidos. Con respecto a probar temperaturas mayores a 170 °C, no sería viable, ya que según Ray et al. (2016) si la temperatura es demasiado alta, se producen grietas en las microcápsulas, y, tampoco sería viable probar con flujos menores al 20%; según LeClair, Cranston, Xing, & Thompson (2016), a flujos bajos las partículas se adhieren más fácil a las pared de la cámara de secado y ciclón disminuyendo el rendimiento del producto.

Tabla 5. Optimización del rendimiento

Factor	Bajo	Alto	Óptimo	Rendimiento
Flujo de bomba	20,0	40,0	20,0	74,96 %
Sólidos totales	5,0	10,0	5,0	
Temperatura	140,0	170,0	170,0	

Fuente: STATGRAPHICS Centurion.

Elaboración: La autora.

Mohammed, Tan, Manap, Alhelli, & Hussin (2017) en su trabajo sobre las “Condiciones de proceso de microencapsulación por secado por pulverización de aceite de *Nigella sativa*” reportaron que las condiciones óptimas para alcanzar un rendimiento de 92,71% fueron 160°C, 10% de aceite de *N. sativa* y 30% del material de pared. En el trabajo de Hu et al., (2016) los resultados indicaron que las mejores condiciones para obtener microcápsulas de aceite de brucea javanica (*Brucea javanica*) secadas por pulverización fueron la temperatura del aire de entrada de 151,3°C, un caudal de alimentación de 1,32 mL / min y una velocidad de flujo de aire de secado de 80 L / min para alcanzar un rendimiento de 82,9% (p/p). Según Di Battista, Constenla, Ramírez Rigo, & Piña (2017) las condiciones óptimas para alcanzar un rendimiento de 84,36% son temperatura de entrada de 160°C, velocidad de flujo de 7% y contenido de sólidos de 15 g / 100 mL.

3.3. Fenoles totales y capacidad antioxidante del producto atomizado.

En la **Tabla 6** se observa los resultados de los productos atomizados de subproducto de café.

Tabla 6. Resultados de Fenoles totales y Capacidad antioxidante del producto atomizado.

Solidos totales (%)	Flujo de bomba (%)	Temperatura °C	Fenoles mg EAG/g atomizado	Capacidad antioxidante (uMET / g atomizado)		
				FRAP	ABTS	DPPH
5	20	140	35,10± 1,32	11,97± 0,59	22,21± 0,15	17,25± 0,61
		155	27,73± 1,14	14,19± 0,98	12,59± 0,57	15,16± 1,25
		170	43,49± 1,29	12,83± 0,77	24,95± 0,23	16,58± 1,41
	30	140	20,55± 1,36	13,92± 1,18	15,51± 0,60	15,41± 1,29
		155	27,90± 1,40	14,29± 0,70	22,17± 0,34	15,61± 1,29
		170	30,51± 1,15	13,54± 0,74	17,84± 1,07	15,23± 1,26
	40	140	3,12± 0,24	15,35± 1,63	18,47± 1,33	19,65± 2,13
		155	32,73± 1,14	13,95± 1,13	14,13± 0,46	15,20± 1,42
		170	5,62± 1,80	11,68± 2,73	13,70± 0,52	19,34± 2,60
7,5	20	140	26,55± 0,80	9,97± 0,77	17,98± 0,70	14,74± 1,16
		155	32,43± 1,73	12,36± 0,63	23,94± 0,90	16,49± 1,27
		170	28,47± 1,10	10,51± 0,51	14,47± 0,38	16,26± 1,30
	30	140	27,99± 0,66	12,17± 0,46	15,04± 0,39	14,08± 0,57
		155	35,46± 0,82	11,73± 0,53	15,04± 0,39	13,37± 0,70
		170	27,72± 0,93	8,83± 0,78	18,01± 1,48	14,90± 0,61
	40	140	26,62± 1,58	11,09± 0,44	16,83± 0,34	15,76± 1,31
		155	30,63± 1,29	10,26± 0,58	19,48± 1,77	15,33± 0,76
		170	25,65± 1,41	8,81± 0,74	16,82± 1,58	15,67± 1,33
10	20	140	26,33± 0,54	11,18± 0,78	12,58± 0,26	12,68± 0,59
		155	26,78± 0,83	11,06± 0,67	8,39± 0,65	13,45± 0,90
		170	19,81± 1,38	10,63± 0,36	12,62± 0,17	11,21± 1,08
	30	140	24,75± 0,81	11,17± 0,33	13,94± 0,67	12,42± 0,97
		155	24,74± 0,99	10,78± 0,56	11,28± 0,56	10,98± 0,46
		170	19,54± 0,81	10,00± 0,66	11,62± 0,22	13,47± 0,71
	40	140	23,07± 0,87	10,54± 0,35	14,50± 0,48	11,50± 0,73
		155	32,73± 1,14	11,01± 0,58	15,16± 0,19	11,91± 0,68
		170	22,24± 0,80	11,23± 0,53	15,93± 0,56	12,014± 0,68

n = 3

EAG = Equivalentes de ácido gálico, ET = Equivalentes trolox

Fuente: La autora

Elaboración: La autora.

3.3.1. Fenoles totales

De acuerdo al diagrama de Pareto (**Figura 14**) las variables que afectan significativamente el contenido de fenoles totales son, el flujo de bomba, la interacción entre el flujo de bomba con los sólidos totales y los ST con la temperatura.

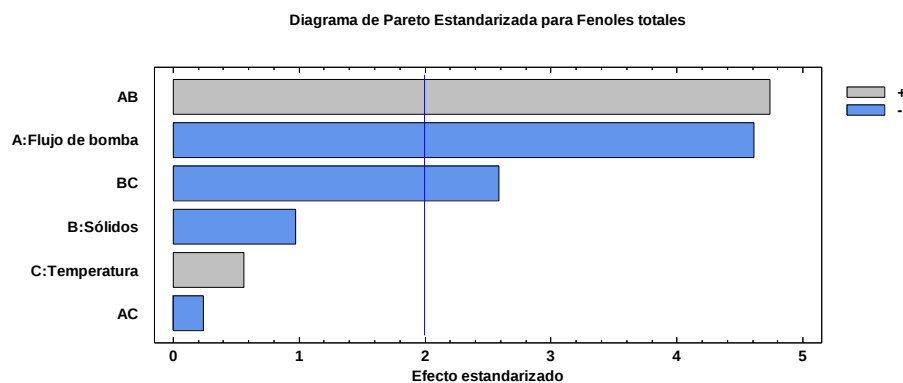


Figura 14: Diagrama de Pareto para fenoles totales

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora.

Con el menor flujo de bomba (20%) se obtiene mayor concentración de fenoles totales ($p < 0.05$). El menor flujo de bomba junto con un menor contenido de sólidos permite obtener mejores resultados de fenoles (**Figura 15**). El mismo resultado fue demostrado por Vidović, Vladić, Vaštag, Zeković, & Popović (2014) en su estudio sobre el extracto de polvo seco de Satureja montana en donde el contenido más alto de fenoles totales (153,61 mg GAE/g) se obtuvo en el extracto con 10% de maltodextrina, seguido del que contenía 30% (128,23 mg GAE / g) y 50% de maltodextrina (100,94 mg GAE / g).

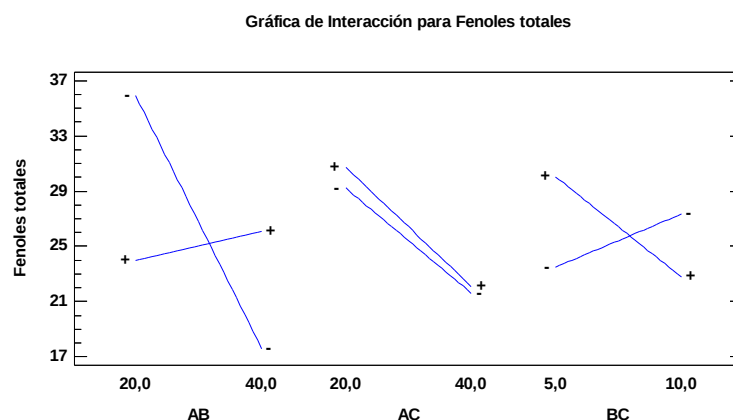


Figura 15: Gráfica de interacciones para fenoles totales

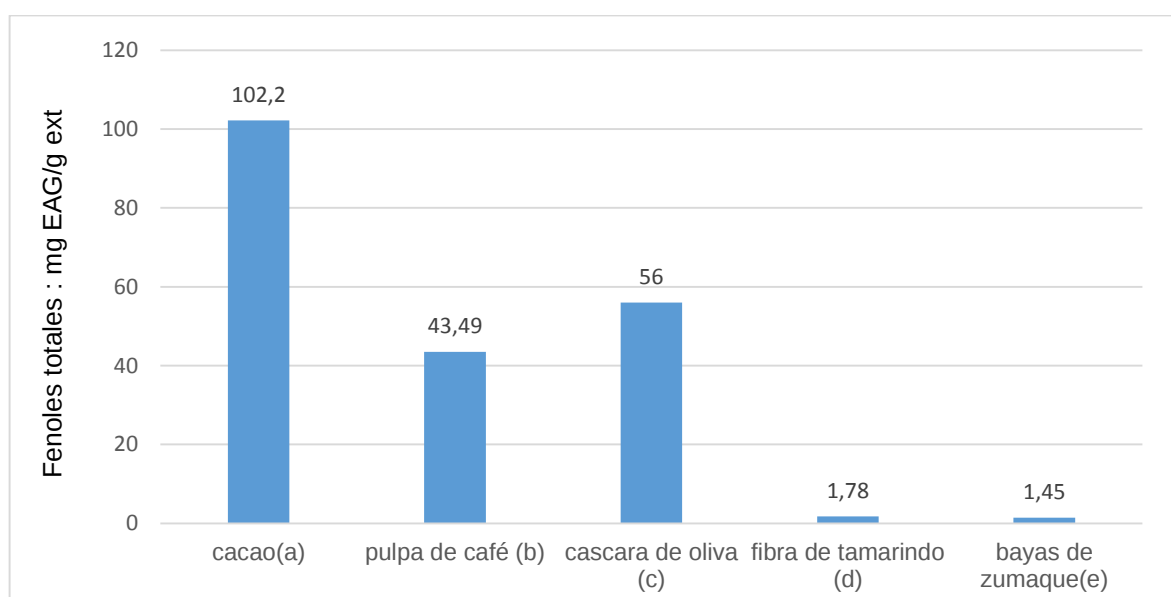
Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora. STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

La interacción entre el contenido de sólidos totales y la temperatura también afecta significativamente al contenido fenoles totales; la mayor concentración se obtuvo con el menor

porcentaje de sólidos y la temperatura más alta. Según Mishra et al., (2014) la temperatura de secado y la concentración de maltodextrina mostraron un efecto significativo sobre contenido fenólico total del polvo de jugo de amla (*Emblica officinalis*), con temperaturas sobre los 175°C aumentó el contenido fenólico total; así mismo, el contenido fenólico de los polvos se redujo significativamente cuando la concentración de maltodextrina se incrementó de 5 a 9%.

El mayor contenido fenólico del producto atomizado fue de 43,49 mg EAG/g (Tabla 6). En la Gráfica 2 se compara el contenido de fenoles totales obtenido frente a otros estudios de atomización.



Gráfica 2: Contenido de fenoles totales de productos atomizados

Fuente: a) Villamagua (2017), b) La autora, c) Aliakbarian et al., (2018), d) Maldonado (2018), e) Caliskan & Nur Dirim (2013)

Elaboración: La autora

En la Tabla 7 se detallan las condiciones óptimas para fenoles totales para maximizar el contenido a 39,47 mg EAG/g ext, el cual se dio bajo las condiciones estudiadas.

Tabla 7: Optimización fenoles totales.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo	Fenoles totales
Flujo de bomba	20,0	40,0	20,0	39,47
Sólidos totales	5,0	10,0	5,0	
Temperatura	140,0	170,0	170,0	

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora.

3.3.2. Capacidad antioxidante

En la **Figura 16** se aprecia que para las tres medidas de antioxidantes (ABTS, FRAP y DPPH), la variable que presenta mayor efecto significativo son los sólidos totales. Para ABTS y DPPH la combinación entre sólidos totales y flujo de bomba también tiene un efecto significativo, mientras que para FRAP otra de las variables que afecta significativamente es la temperatura.

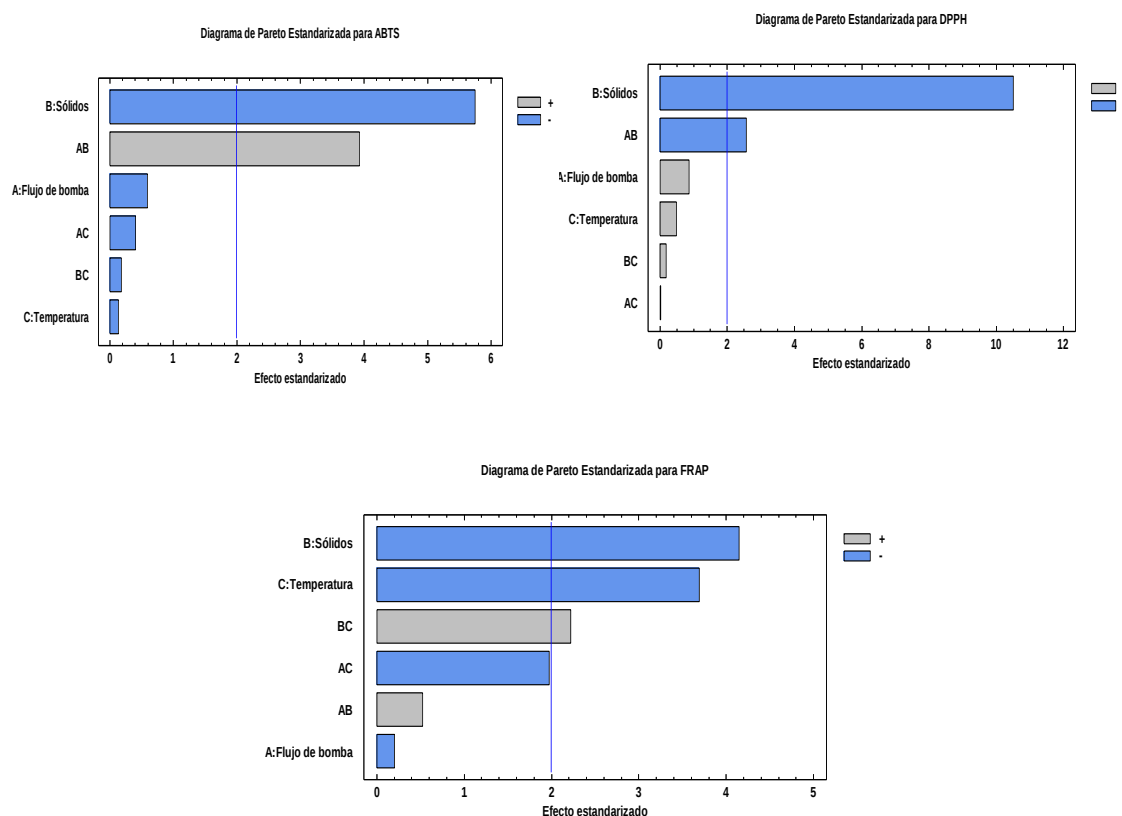


Figura 16: Diagrama de Pareto para ABTS, DPPH y FRAP

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora. STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

A menor concentración de sólidos se obtuvo mayor concentración de antioxidantes con los tres métodos empleados (**Figura 17**). Kha, Nguyen, & Roach (2010) en su estudio sobre los “Efectos de las condiciones de secado por aspersión sobre las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del polvo de fruta de Gac (*Momordica cochinchinensis*)”, explican que no hubo diferencias significativas en la actividad antioxidante total cuando se agrega maltodextrina, a las concentraciones de 10 y 20%; sin embargo, cuando se aumenta la concentración del 20 al 30% y con temperaturas de 120 a 200°C, se observó una pérdida significativa de actividad antioxidante. Gabbay Alves et al., (2017) coincide con este criterio, indicando que se alcanza mayor concentración de antioxidantes a la menor concentración de maltodextrina (5%).

En la gráfica de interacciones simples para el metodo FRAP se puede observar que a menor temperatura se obtiene mayor actividad antioxidante, esto se debe a que el contenido de compuestos sensibles al calor, como los antioxidantes, disminuyen al aumentar la temperatura debido a la degradación térmica y oxidativa (Shishir & Chen, 2017). De acuerdo a Murali, Kar, Mohapatra, & Kalia (2015) en su estudio sobre la encapsulación de jugo de zanahoria negra mediante spray dryer y liofilización también obtuvieron un mejor resultado en cuanto a capacidad antioxidante conforme disminuía la temperatura (292,90 mM ET / g materia seca a 150°C y 201,3mM ET / g materia seca a 225°C).

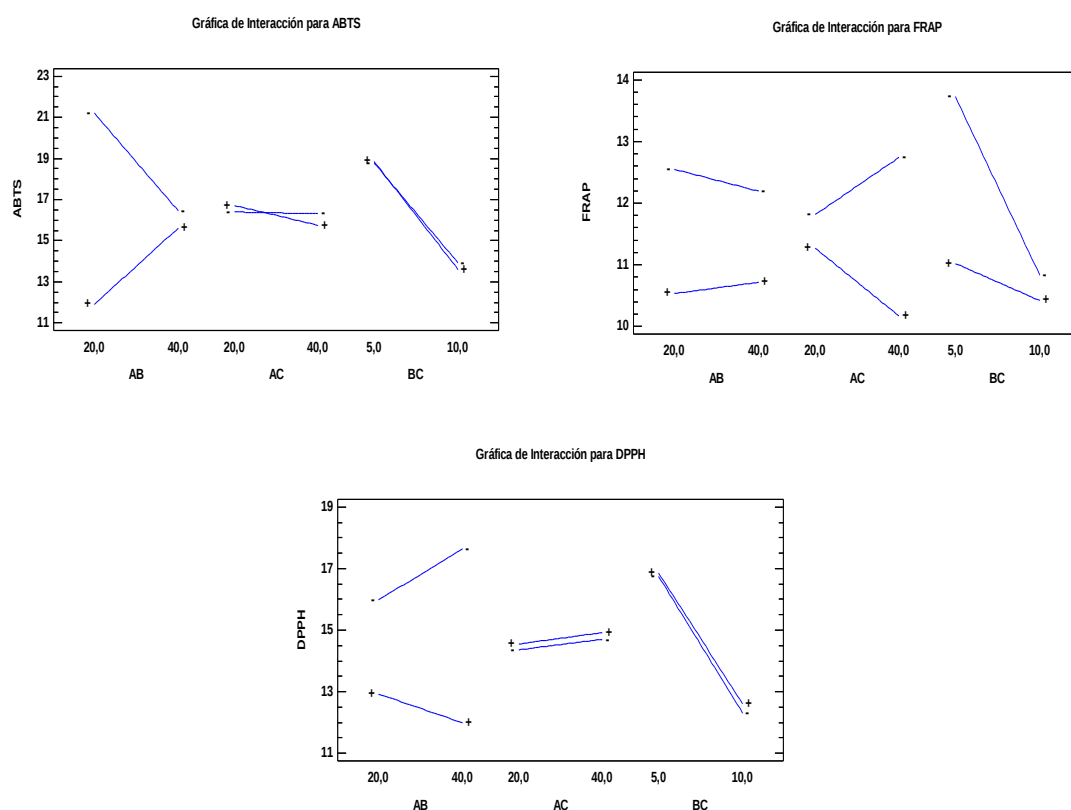
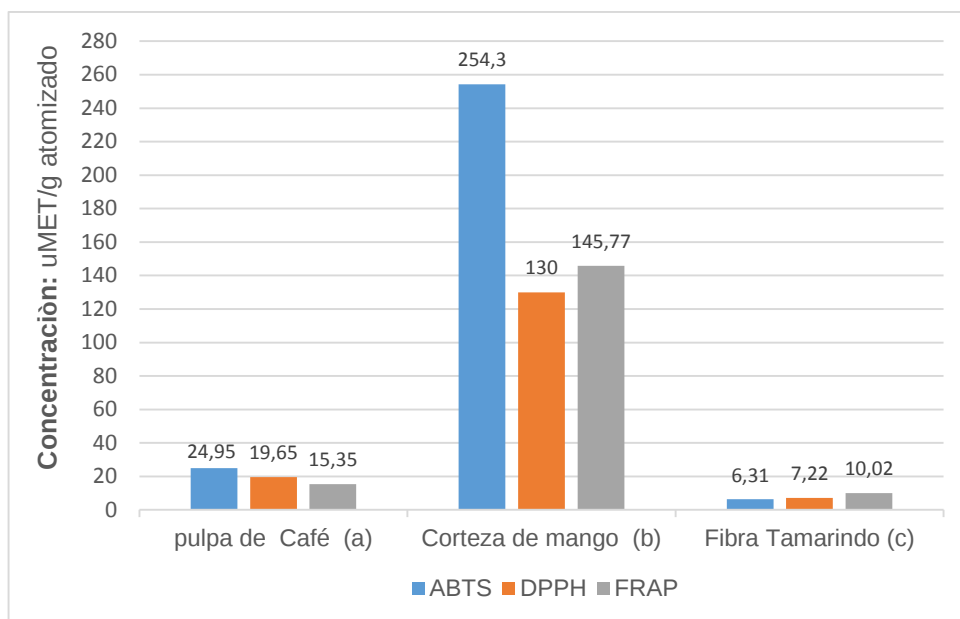


Figura 17. Gráfica de interacciones para ABTS, DPPH y FRAP

Fuente: STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

Elaboración: La autora. STATGRAPHICS Centurión XVI.I.

La mayor capacidad antioxidante media por cada método (ABTS, DPPH y FRAP) fue de 24,95; 19,65; y 15,35 uMET/g atomizado, respectivamente. En la **Gráfica 3** se observa la capacidad antioxidante del producto atomizado frente a otros estudios de atomización.



Gráfica 3: Actividad antioxidante de productos atomizados

Fuente: a) La autora, b) Macas,(2015), c) Maldonado,(2018)

Elaboración: La autora.

En la **Tabla 8**, se describen las condiciones óptimas de la capacidad antioxidante medida por los tres métodos: ABTS, FRAP Y DPPH para maximizar su contenido a: 21,46; 14,06 y 17,70 respectivamente, las cuales se dieron dentro de las condiciones estudiadas.

Tabla 8: Optimización: ABTS, FRAP Y DPPH

Factor	ABTS	DPPH	FRAP
Flujo de bomba	20,00	40,00	40,00
Sólidos totales	5,00	5,00	5,00
Temperatura	170,00	170,00	140,00

Fuente: STATGRAPHICS Centurion.

Elaboración: La autora.

3.4. Optimización múltiple

La optimización múltiple ayuda a determinar la combinación de las variables experimentales que en combinación simultánea optimizan varias respuestas, para conseguir las mismas condiciones óptimas para todas las respuestas estudiadas (support.minitab, n.d.).

Para obtener el valor óptimo de las cinco respuestas evaluadas a los productos atomizados (Rendimiento, Fenoles totales, ABTS, DPPH Y FRAP), se realizó la optimización de múltiples respuestas, con la cual se obtuvo los resultados indicados en la **Tabla 9**, destacándose que los valores óptimos para los tres factores se encuentran dentro los valores estudiados.

Tabla 9: Optimización múltiple respuestas para: Rendimiento, ABTS, DPPH, FRAP Y Fenoles totales

Factor	Bajo	Alto	Óptimo	Rendimiento	Fenoles totales	Capacidad antioxidante		
						ABTS	DPPH	FRAP
Flujo de bomba	20,00	40,00	20,00	73,12	36,39	21,23	15,98	12,44
Sólidos totales	5,00	10,00	5,00					
Temperatura	140,00	170,00	156,92					

Fuente: STATGRAPHICS Centurion.**Elaboración:** La autora.

En cuanto a los sólidos, no sería posible realizar otro tratamiento menor al 5%, ya que si se disminuye el porcentaje de sólidos no sería necesaria la adición de encapsulante y solo se estaría atomizando el extracto que tiene un 4,22% de sólidos, en este caso se estaría tratando de un proceso de secado solamente y no de encapsulación, ya que según Ray et al., 2016 el material encapsulante debe ser como mínimo 4 veces superior a la muestra para lograr encapsularla. En cuanto al flujo de bomba, la optimización indicaría que se debe probar flujos menores al 20%, lo cual no sería viable ya que dentro de la cámara de secado habría menos líquido para la evaporación, elevando así las temperaturas dentro del material de vidrio de la cámara de secado y el ciclón; provocando que las partículas se adhieran fácilmente a las paredes y reduciendo la producción de polvo (LeClair et al., 2016).

CONCLUSIONES

- El contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del producto atomizado fue menor en comparación al extracto inicial sin atomizar.
- El mayor rendimiento del proceso de atomización (70,72%) se obtuvo con el menor flujo de bomba y menor cantidad de sólidos totales, es decir menor cantidad de maltodextrina añadida.
- La interacción entre el flujo de bomba y los sólidos totales influyó significativamente en el contenido de fenoles y capacidad antioxidante, siendo mejor los niveles más bajos de las dos variables.
- Las condiciones de optimización fueron diferentes para cada respuesta (rendimiento, fenoles totales y capacidad antioxidante), por lo que la optimización de múltiple indica que las condiciones ideales de temperatura de entrada es 156,92°C, concentración sólidos totales del 5% y un flujo de bomba del 20%.
- El contenido fenólico del producto atomizado estuvo entre: 5,62 y 43,49 mg EAG/g atomizado y la capacidad antioxidantes fue entre: 8,39 y 24,95 uMET/g atomizado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de vida útil al producto atomizado, para comprobar que el agente encapsulante protege a los compuestos de interés de factores ambientales que pudieran causar su degradación.
- Para asegurar que efectivamente se logra encapsular los compuestos antioxidantes de los extractos de subproductos de café, se recomienda realizar pruebas mediante microscopia de barrido electrónico y también pruebas de liberación controlada.

BIBLIOGRAFIA

- Aliakbarian, B., Coelho, F., Teles, J., Faria, D., Grijó, C., Lovaglio, F., ... Perego, P. (2018). LWT - Food Science and Technology Optimization of spray drying microencapsulation of olive pomace polyphenols using Response Surface Methodology and Artificial Neural Network. *LWT - Food Science and Technology*, 93(March), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.048>
- Armas, C. & M. (2008). “ Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva .”
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239–244. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1)
- Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodriguez, J. A., Siddiqui, M. W., ... González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866–1874. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
- Bakowska-Barczak, A. M., & Kolodziejczyk, P. P. (2011). Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1301–1309. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.002>
- Benzie, I. ., & Strain, J. . (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–6. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- 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)
- Caliskan, G., & Nur Dirim, S. (2013). The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4), 539–548. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.06.004>
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Celi Bonilla, X. E. (2016). *Encapsulacion de antioxidantes provenientes de subproductos alimentarios*. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Cerón, Higueta, & Cardona. (2011). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. *Vector*, 5(2010), 17–26.

- Daniel Daza, L., Fujita, A., Granato, D., Silvia Fávaro-Trindade, C., & Inés Genovese, M. (2017). Functional properties of encapsulated Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extract. *Food Bioscience*, 18, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.03.003>
- Dechamp, E., Breitler, J.-C., Leroy, T., & Etienne, H. (2015). Coffee (*Coffea arabica* L.) (pp. 275–291). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1658-0_22
- Di Battista, C. A., Constenla, D., Ramírez Rigo, M. V., & Piña, J. (2017). Process analysis and global optimization for the microencapsulation of phytosterols by spray drying. *Powder Technology*, 321, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.08.008>
- Diem, Q., Elisa, A., & Tran-nguyen, P. L. (2013). ScienceDirect Effect of extraction solvent on total phenol content , total flavonoids content , and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
- Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnong, N., & Yosboonruang, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integrative Medicine Research*, 5(4), 324–331. <https://doi.org/10.1016/J.IMR.2016.09.001>
- Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Fang, Z. (2010). Encapsulation of polyphenols e a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 510–523. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>
- Gabbay Alves, T. V., Silva da Costa, R., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Perego, P., Carréra Silva Júnior, J. O., ... Converti, A. (2017). Microencapsulation of *Theobroma cacao* L. waste extract: optimization using response surface methodology. *Journal of Microencapsulation*, 34(2), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02652048.2017.1296499>
- Gimeno-Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 80–84.
- Gonzalez, & Gonzalez. (2010). Sample preparation of tropical and subtropical fruit biowastes to determine antioxidant phytochemicals. *Analytical Methods*, (i), 1842–1866. <https://doi.org/10.1039/c0ay00361a>
- Guerrero, M. (2016). Rendimientos De Cafe grano seco en el Ecuador 2016.
- Guevara, N., & Jimenez, M. (2008). Materiales utilizados en la encapsulacion. *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*.
- Guevara & Jimenez. (2008). TSIA-2(1)-Guevara-Breton-et-al-2008b.pdf, 2, 36–49.
- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Cisneros, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. *Simposio de Metrologia*, 1–5. Retrieved from http://cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf

- Gutiérrez Maydata, A. (2002). CAFÉ, ANTIOXIDANTES Y PROTECCIÓN A LA SALUD. *MEDISAN*, 6(4), 72–81. Retrieved from http://www.bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_4_02/san11402.pdf
- Hu, L., Zhang, J., Hu, Q., Gao, N., Wang, S., Sun, Y., & Yang, X. (2016). Microencapsulation of brucea javanica oil: Characterization, stability and optimization of spray drying conditions. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 36, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2016.09.008>
- Jimenez, A., Pastoriza, S & Rufian, J. (2015). Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.031>
- Kawakami Kohsaku. (n.d.). Mini Secador por aspersión B-290 | buchi.com. Retrieved March 4, 2018, from <https://www.buchi.com/es-es/products/spray-drying-and-encapsulation/mini-secador-por-aspersión-b-290>
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Lazcano, E., Trejo, M., Vargas, M., & Pascual, S. (2015). CONTENIDO DE FENOLES, CAFEINA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE GRANOS DE CAFÉ VERDES Y TOSTADOS DE DIFERENTES ESTADOS DE MÉXICO. *Redalyc.*, 16, 293–298.
- LeClair, D. A., Cranston, E. D., Xing, Z., & Thompson, M. R. (2016). Optimization of Spray Drying Conditions for Yield, Particle Size and Biological Activity of Thermally Stable Viral Vectors. *Pharmaceutical Research*, 33(11), 2763–2776. <https://doi.org/10.1007/s11095-016-2003-4>
- León, F., Méndez, L., & Rodríguez, J. (2010). Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. *Carbohydrate Polymers*, 81(4), 864–870. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.03.061>
- Liyana-Pathirana, C., & Shahidi, F. (2005). Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chemistry*, 93(1), 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.050>
- López, Fernando, Lazarova, B. & S. (2012). Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. (Spanish). *Antioxidants, a Paradigm for Diseases Treatment. (English)*, 6(1), 48–53. Retrieved from

- <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=76282449&lang=es&site=ehost-live>
- López, A. (2012). *Desarrollo De Sistemas De Encapsulación Compuestos Para La Protección De Extractos Antioxidantes De Yerba Mate*. Tesis de Maestría.
- López Hernández, O. D. (2010). Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(3), 381–389.
- Luthria, D. L. (2008). Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. *Food Chemistry*, 107, 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.074>
- Macas, G. (2015). *Optimización de las condiciones de atomización de antioxidantes obtenidos de los subproductos de mango (Mangifera indica L.)*. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Machado, C. M. M., Oliveira, B. H., Pandey, A., & Soccol, C. R. (2000). Coffee Husk as Substrate for the Production of Gibberellic Acid by Fermentation. In *Coffee Biotechnology and Quality* (pp. 401–408). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1068-8_37
- 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>
- Maldonado, J. (2018). *Secado por atomización del extracto de subproducto de tamarindo Tamarindus indica L.* Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Martínez, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5–18. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11048566>
- Martínez, S., Gonzalez, J., Culebras, J., & Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp*, 17(6), 271–278. Retrieved from http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34677751/2002_los_flavonoides_propiedades_y_acciones_antioxidantes_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498101701&Signature=lpIFpi68f%252F4QpIP93mXf0hXvdfM%253D&response-content-disposition=inli
- Mishra, P., Mishra, S., & Mahanta, C. L. (2014). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblca officinalis*) juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 92(3), 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.003>
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Alhelli, A. M., & Hussin, A. S. M. (2017). Process conditions of spray drying microencapsulation of *Nigella sativa* oil. *Powder Technology*,

- 315, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.03.045>
- Mondragón, R., Julia, J. E., Barba, A., & Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: Formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio*, 52(4), 159–168. <https://doi.org/10.3989/cyv.212013>
- Muñoz, W., Chavez, W., Ludy, C., Rendón, M., Chaparro, P., & Otalvaro, A. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *CENIC.Ciencias Químicas*, 46, 38–46.
- Murali, S., Kar, A., Mohapatra, D., & Kalia, P. (2014). Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying. *Food Science and Technology International*, 21(8), 604–612. <https://doi.org/10.1177/1082013214557843>
- Musa, K. H., Abdullah, A., & Al-Haiqi, A. (2016). Determination of DPPH free radical scavenging activity: Application of artificial neural networks. *Food Chemistry*, 194, 705–711. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.038>
- Navarrete, Y. (2017). *Determinación de la calidad fenólica total de la pulpa del café Coffea arabica*. L. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1, 1806–1815. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265>
- Niseteo, T., Komes, D., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Budeč, M. (2012). Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. *Food Chemistry*, 134(4), 1870–1877. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.095>
- Olivares, D., Cabrera, B., Martínez, S., & Teresa, M. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Redalyc*, 50, 10–15. Retrieved from <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=67415744003>
- Parra, R. / U. N. del C. (2011). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Open Journal Systems*, 63(2), 37055. Retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/25055/37055>
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD. *Bolivian Journal of Chemistry*, 31(312), 68–81. Retrieved from <http://www.scribd.com/bolivianjournalofchemistry>
- Perraud-Gaime, I., Saucedo-Castañeda, G., Augur, C., & Roussos, S. (2000). Adding Value to Coffee Solid by-Products Through Biotechnology. In *Coffee Biotechnology and Quality* (pp. 437–446). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1068-8_41

- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- PROEcuador. (2013). Análisis sectorial de café. *Instituto de Promociones de Exportaciones E I*, 1–52. Retrieved from http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf
- Raja, K. C. M., Sankarikutty, B., Sreekumar, M., Jayalekshmy, A., & Narayanan, C. S. (1989). Material Characterization Studies of Maltodextrin Samples for the Use of Wall Material. *Starch - Stärke*, 41(8), 298–303. <https://doi.org/10.1002/star.19890410805>
- Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.009>
- Rodriguez, N. (2013). PRODUCCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE, 64(2), 78–93.
- Sandoval, A., Rodríguez, E., & Ayala, A. (2011). Encapsulación de Aditivos para la Industria de Alimentos. *Ingeniería Y Competitividad*, 5(2), 73. <https://doi.org/10.25100/iyc.v5i2.2298>
- Shahidi, F. (2015). *Handbook of antioxidants for food preservation*.
- Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science and Technology*, 65, 49–67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.006>
- Spigno, G., & De Faveri, D. M. (2007). Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 793–801. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.020>
- support.minitab. (n.d.). ¿Qué es la optimización de respuestas? Retrieved April 16, 2018, from <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/using-fitted-models/supporting-topics/response-optimization/what-is-response-optimization/>
- 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>
- Tobón, N. (2015). *Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (Coffea arabica L.) variedad Castillo*. Universitaria Lasallista.
- 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>

- Torres, Cumbicus, E. M., & Jimenez, Azuero, R. M. (2012). *Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador* ". Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Valenzuela, A. (2010). EL CAFÉ Y SUS EFECTOS EN LA SALUD CARDIOVASCULAR Y EN LA SALUD MATERNA COFFEE,. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(3), 514–523.
- Vangdal, E., & Slimestad, R. (2006). Methods to determine antioxidative capacity in fruit. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14(2), 1–9. Retrieved from http://www.insad.pl/files/journal_pdf/Suppl_2_2006/Suppl_2_full_11_2006.pdf
- Vidović, S. S., Vladić, J. Z., Vaštag, Ž. G., Zeković, Z. P., & Popović, L. M. (2014). Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in Satureja montana dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology*, 258, 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.03.038>
- Vilaplana, M. (2017). Beneficios cardiovasculares , antioxidantes y gastrointestinales de los frutos secos, 22.
- Villamagua, M. (2017). *Microencapsulación de antioxidantes de cacao*. Universidad Tecnica Particular de Loja.
- Xu, & Chang. (2015). A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes, (August). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x>
- Yañez, J., Salazar, J., Chaires, L., & Jimenez, J. (2002). Aplicaciones Biotecnológicas de la Microencapsulación. *ResearchGate*, (January).

ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento del producto atomizado

% solidos (peso/peso)	Flujo de entrada	Temperatura	Peso del recipiente vacío (g)	Peso del recipiente con muestra (g)	Peso del polvo (g)	Rendimiento %	Promedio	Desviación estándar	%CV
5	20	140	1190,03	1195,19	3,99	67,45	68,98	1,90	2,76
		140	1190,03	1195,47	4,63	71,11			
		140	1190,03	1195,26	4,21	68,37			
		155	1190,03	1195,52	4,06	71,76	68,85	2,57	3,73
		155	1190,03	1195,15	4,26	66,93			
		155	1190,03	1195,22	4,04	67,84			
		170	1190,03	1195,63	3,34	73,20	70,76	2,42	3,42
		170	1190,03	1195,44	3,88	70,72			
		170	1190,03	1195,26	3,50	68,37			
	30	140	1190,03	1194,56	0,46	59,22	59,17	0,72	1,22
		140	1190,03	1194,5	1,01	58,43			
		140	1190,03	1194,61	1,53	59,87			
		155	1190,03	1194,45	2,41	57,78	60,52	3,88	6,42
		155	1190,03	1194,53	3,29	58,82			
		155	1190,03	1195,00	3,41	64,97			
		170	1190,03	1194,56	3,23	59,22	62,53	3,05	4,88
		170	1190,03	1194,86	3,96	63,14			
		170	1190,03	1195,02	2,92	65,23			
	40	140	1190,03	1193,61	*	46,80	48,02	4,06	8,46
		140	1190,03	1194,05	*	52,55			
		140	1190,03	1193,45	*	44,71			
		155	1190,03	1194,72	1,00	61,31	60,22	1,67	2,77
		155	1190,03	1194,70	1,28	61,05			
		155	1190,03	1194,49	1,37	58,30			
		170	1190,03	1194,22	*	54,77	52,55	3,85	7,32
		170	1190,03	1194,22	0,80	54,77			
		170	1190,03	1193,71	*	48,10			
7,5	20	140	1190,03	1196,70	4,99	71,26	70,66	1,05	1,48

		140	1190,03	1196,53	6,23	69,44	74,50	0,33	0,44
		140	1190,03	1196,70	5,81	71,26			
		155	1190,03	1197,03	6,48	74,79			
		155	1190,03	1197,01	6,04	74,57			
		155	1190,03	1196,97	6,03	74,15			
		170	1190,03	1196,68	6,18	71,05	71,26	0,77	1,08
		170	1190,03	1196,64	5,77	70,62			
		170	1190,03	1196,78	5,82	72,12			
	30	140	1190,03	1196,17	5,76	65,60	65,53	0,54	0,82
		140	1190,03	1196,21	5,40	66,03			
		140	1190,03	1196,11	4,46	64,96			
		155	1190,03	1196,21	6,62	66,03	66,06	0,91	1,38
		155	1190,03	1196,30	5,27	66,99			
		155	1190,03	1196,13	5,96	65,17			
		170	1190,03	1196,52	5,19	69,34	68,73	2,36	3,43
		170	1190,03	1196,65	5,68	70,73			
		170	1190,03	1196,22	5,64	66,13			
	40	140	1190,03	1195,62	2,24	59,72	60,19	0,63	1,04
		140	1190,03	1195,73	2,62	60,90			
		140	1190,03	1195,64	2,38	59,94			
		155	1190,03	1195,69	4,49	60,47	59,72	1,30	2,17
		155	1190,03	1195,69	3,70	60,47			
		155	1190,03	1195,48	3,79	58,23			
		170	1190,03	1195,87	3,93	62,39	61,65	0,65	1,05
		170	1190,03	1195,77	4,49	61,32			
		170	1190,03	1195,76	4,73	61,22			
10	20	140	1190,03	1197,36	4,04	48,87	49,62	4,25	8,57
		140	1190,03	1198,16	6,24	54,20			
		140	1190,03	1196,90	5,70	45,80			
		155	1190,03	1199,33	8,49	62,00	59,16	3,13	5,29
		155	1190,03	1198,98	8,32	59,67			
		155	1190,03	1198,40	7,40	55,80			
		170	1190,03	1197,6	7,48	50,47	51,93	1,27	2,45
		170	1190,03	1197,93	4,96	52,67			

	30	170	1190,03	1197,93	6,35	52,67	50,78	1,61	3,18
		140	1190,03	1197,82	5,33	51,93			
		140	1190,03	1197,75	6,02	51,47			
		140	1190,03	1197,37	5,40	48,93			
		155	1190,03	1197,28	5,61	48,33	49,78	2,00	4,03
		155	1190,03	1197,84	6,54	52,07			
		155	1190,03	1197,37	6,38	48,93			
		170	1190,03	1197,16	6,03	47,53	47,64	1,84	3,85
		170	1190,03	1196,91	5,65	45,87			
		170	1190,03	1197,46	5,93	49,53			
	40	140	1190,03	1196,72	0,13	44,60	44,91	3,88	8,63
		140	1190,03	1197,37	1,53	48,93			
		140	1190,03	1196,21	0,31	41,20			
		155	1190,03	1197,32	5,76	48,60	47,62	1,75	3,68
		155	1190,03	1196,87	5,19	45,60			
		155	1190,03	1197,33	4,70	48,67			
		170	1190,03	1196,13	4,86	40,67	39,93	2,32	5,81
		170	1190,03	1195,63	4,02	37,33			
		170	1190,03	1196,30	4,80	41,80			

*No se obtuvo polvo

Fuente: La autora

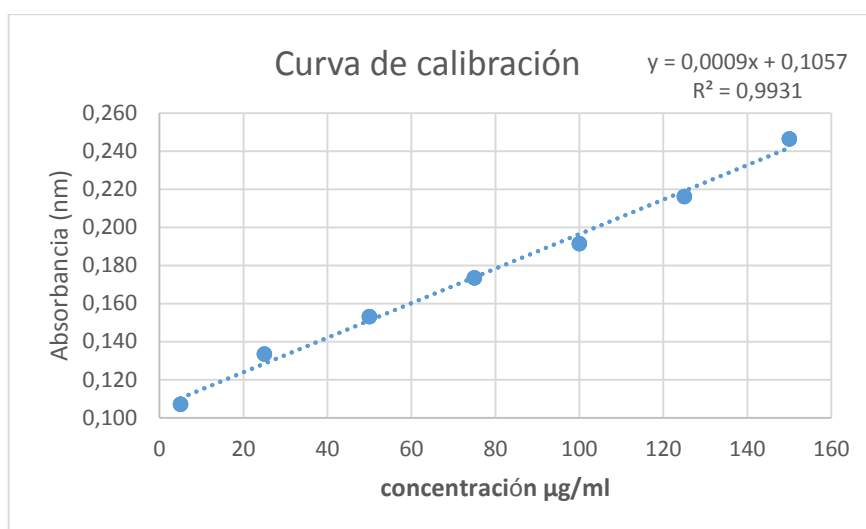
Elaboración: La autora

Anexo 2. Fenoles totales

a) Preparación estándares para la curva de calibración

Estándar	Concentración de ác. gálico (µg/mL)	Alícuota Sol. Madre ác. gálico 500 ppm(µL)	Volumen Metanol (µL)
1	5	15	1485
2	25	25	475
3	50	20	180
4	75	30	170
5	100	40	160
6	125	50	150
7	150	60	140

b) Curva de calibración de fenoles totales



R^2	0,9931
-------	--------

c) Cálculo para transformar el contenido de fenoles totales en mg EAG/g atomizado de muestra, a partir de la concentración (co) ug/mL.

- 87,42 µg 1000 µL
X 400 µL **X = 34,96 µg**
- 34,96 µg 100 µL
X 2460 µL **X = 860,21 µg**
- 860,21 µg 24,60mg
X 1000mg **X = 34967,88 µg**

Transformamos µg de a mg

$$34967,88 / 1000 = 34,97 \text{ mg EAG / g atomizado}$$

Anexo 3. Preparación de los estándares de la solución madre de trolox para los métodos FRAP, DPPH y ABTS.

a) Solución madre de Trolox 1000 μM

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)(R)}{(M)(Vm)}$$

Peso molecular Trolox (PM)= 250,29 g/mol

Concentración final (Cf)= 1000 μM

Volumen final (Vf)= 10mL

Riqueza (R)= 0.97

Molaridad (M)= 1000000 μM

Volumen de molaridad (Vm) = 1000mL

La cantidad de Trolox a pesar es:

$$x = \frac{\left(250.29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) (1000\mu\text{M})(10\text{mL})(0.97)}{(1000000\mu\text{M})(1000\text{mL})}$$

$$x = 0.00242\text{g}$$

b) Preparación estándares para la curva de calibración

Estándar	Concentración de Trolox (μM)	Alícuota Sol. Madre Trolox (μL)	Metanol (μL)
E 1,25	1,25	12,5	987,5
E 5	5	50	950
E 10	10	100	900
E 20	20	200	800
E 30	30	300	700
E 40	40	400	600
E 50	50	500	500

Anexo 4. Método FRAP

a) Preparación de reactivos

- Solución de ácido clorhídrico (40mM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)(R)}{(M)(Vm)}$$

Peso molecular del HCL (PM)= 36,46094g/mol

Concentración final (Cf)= 40 mM

Volumen final (Vf)= 50mL

Riqueza (R)= 0,37

Molaridad (M)= 1000mmoL

Volumen de molaridad (Vm) = 1000mL

La cantidad a medir de HCL fue:

$$x = \frac{(36.46094 \text{ g/mol})(40\text{mM})(50 \text{ mL})(0,37)}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.02698 \text{ g}$$

Luego:

$$V = \frac{m}{d}$$

Donde el volumen a medir de HCl a medir es:

$$V = \frac{0.02698\text{g}}{1.19\text{g/mL}}$$

$$V = 0.02267 \text{ mL}$$

Se transforma los 0.02267 mL a microlitros:

$$0.02267 * 1000 = 22.67 \text{ uL de HCL}$$

➤ Solución de TPTZ (10 μM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)}{(M)(Vm)}$$

PM= 312.33 g/mol

Cf= 10 mM

Vf= 10mL

M= 1000mmol

Vm = 1000mL

La cantidad a pesar de TPTZ fue:

$$x = \frac{(312.33 \text{ g/mol})(10\text{mM})(10 \text{ mL})}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.0312 \text{ g de TPTZ}$$

➤ Solución de cloruro Férrico (20μM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)}{(M)(Vm)}$$

PM= 270.204 g/mol

Cf= 20mM

Vf= 10mL

M= 1000mmol

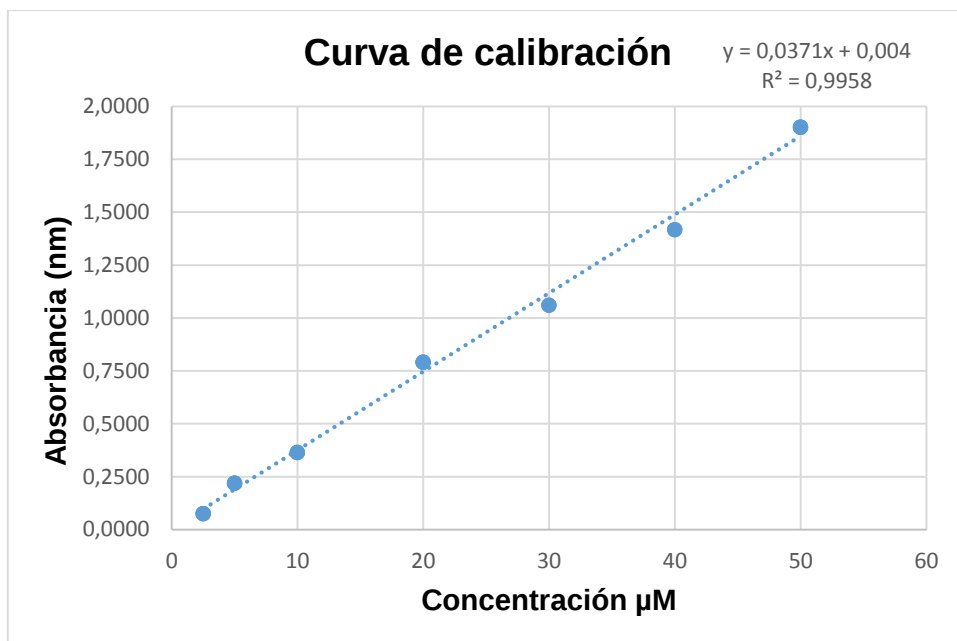
Vm = 1000mL

La cantidad a pesar de cloruro férrico fue:

$$x = \frac{(270.204 \text{ g/mol})(20\text{mM})(10 \text{ mL})}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.0540 \text{ g de cloruro ferrico}$$

b) Curva de calibración FRAP



R^2	0,9958
-------	--------

c) Cálculo para transformar el contenido de FRAP en $\mu\text{MET/g}$ de atomizado de muestra, a partir de la concentración (co) μM .

- 28,75 μM 1000000 μL
X 400 μL **X = 0, 0115 μM**

- 0,0115 μM 100 μL
X 2460 μL **X = 0, 2829 μM**

- 0, 2829 μM 24,60mg
X 1000mg **X = 11,5 $\mu\text{M ET/g}$ de atomizado**

Anexo 5. Método DPPH

a) Preparación de reactivos

- Preparación solución madre de DPPH (625mM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)}{(M)(Vm)}$$

Peso molecular DPPH (PM)= 394.32 g/mol

Concentración final (Cf)= 625 mM

Volumen final (Vf)= 50mL

Molaridad (M)= 1000mmol

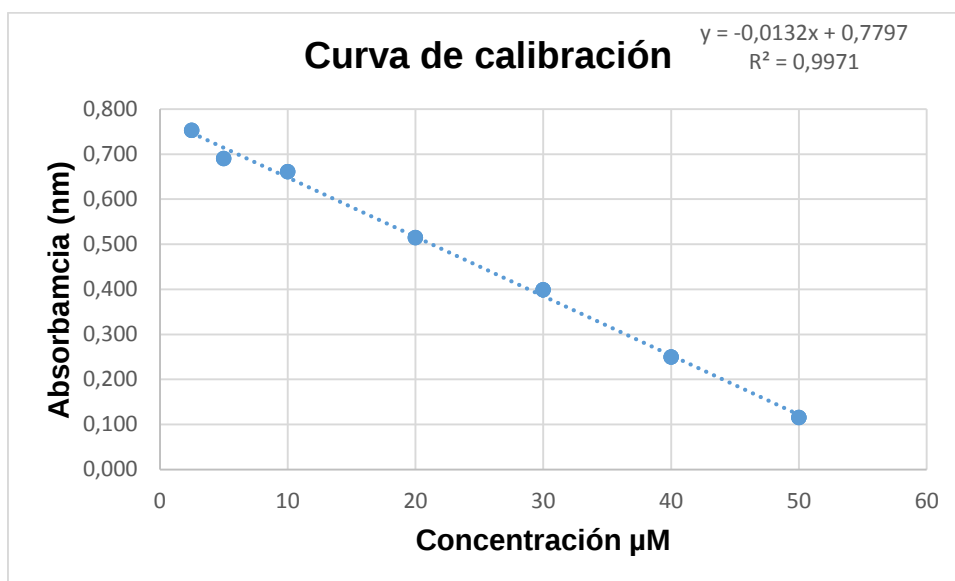
Volumen de molaridad (Vm) = 1000mL

La cantidad a pesar de DPPH fue:

$$x = \frac{(394.32 \text{ g/mol})(625\text{mM})(50 \text{ mL})}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.01232 \text{ g de DPP}$$

b) Curva de calibración



R^2	0,997
-------	-------

c) Cálculo para transformar el contenido de DPPH en $\mu\text{MET/g}$ de atomizado de muestra, a partir de la concentración (co) μM .

- $\frac{42,71 \mu\text{M}}{X} = \frac{1000000 \mu\text{L}}{400 \mu\text{L}}$ **$X = 0,0170 \mu\text{M}$**
- $\frac{0,0170 \mu\text{M}}{X} = \frac{100 \mu\text{L}}{2460 \mu\text{L}}$ **$X = 0,4202 \mu\text{M}$**
- $\frac{0,4202 \mu\text{M}}{X} = \frac{24,60 \text{mg}}{1000 \text{mg}}$ **$X = 17,08 \mu\text{M ET/g de atomizado}$**

Anexo 6. Método ABTS

a) Preparación de soluciones

➤ Solución ABTS (7.4mM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)}{(M)(Vm)}$$

PM= 548.68 g/mol

Cf= 7.4mM

Vf= 10mL

M= 1000mmol

Vm = 1000mL

La cantidad a pesar de reactivo de ABTS fue:

$$x = \frac{(548.68 \text{ g/mol})(7.4\text{mM})(10 \text{ mL})}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.0406 \text{ g de ABTS}$$

➤ Solución de Peroxodisulfato de potasio (2.6 mM)

Formula:

$$x = \frac{(PM)(Cf)(Vf)}{(M)(Vm)}$$

PM= 270.32 g/mol

Cf= 2.6mM

Vf= 10mL

M= 1000mmol

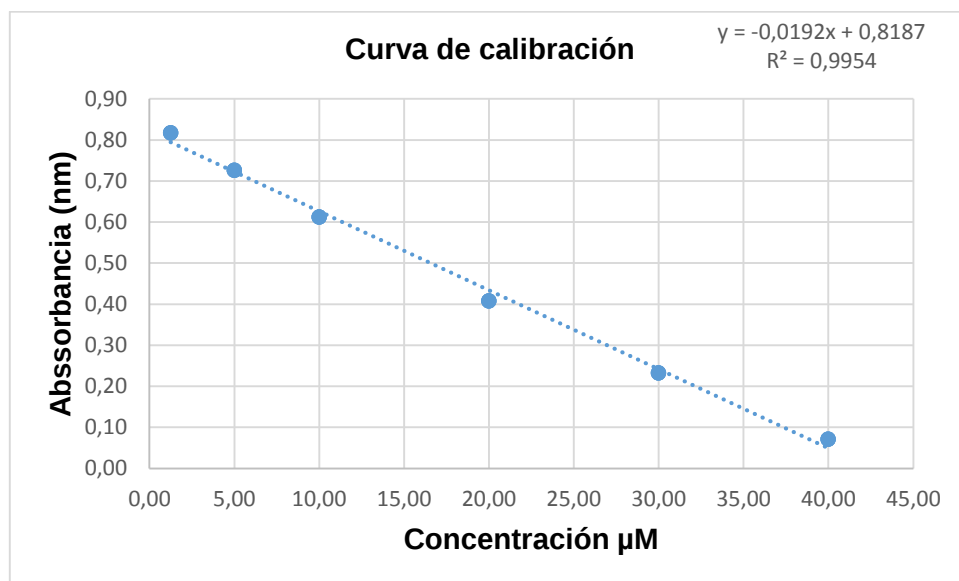
Vm = 1000mL

La cantidad a pesar de Peroxodisulfato de potasio fue:

$$x = \frac{(270.32 \text{ g/mol})(2.6\text{mM})(10 \text{ mL})}{(1000\text{mmol})(1000\text{mL})}$$

$$X = 0.0703 \text{ g de Peroxodisulfato de potasio}$$

b) Curva de calibración ABTS



R^2	0,995
-------	-------

c) Cálculo para transformar el contenido de ABTS en $\mu\text{MET/g}$ de atomizado de muestra, a partir de la concentración (co) μM .

- $22,30 \mu\text{M}$
X $1000000 \mu\text{L}$
1000 μL **X = 0, 0223 μM**
- $0,0223 \mu\text{M}$
X $100 \mu\text{L}$
2460 μL **X= 0, 5485 μM**
- $0, 5485 \mu\text{M}$
X $24,60\text{mg}$
1000mg **X= 22,30 μM ET/g de atomizado**

Anexo 7. Determinación de sólidos totales

a) Determinación de sólidos totales del extracto inicial.

#	Alícuota (g)	P. Vial vacío (g)	P. Vial con muestra (g)	% sólidos totales	Promedio
1	2	9,9713	10,0591	4,390	4,225
2	2	10,2032	10,2829	3,985	
3	2	9,9964	10,0824	4,300	

Fórmula:

$$\text{porcentaje de sólidos totales} = \frac{P_{\text{final}} - P_{\text{vial}}}{\text{Alícuota}}$$

Ejemplo:

$$\text{porcentaje de sólidos totales} = \frac{10,0591 - 9,9713}{2} \times 100$$

$$\text{porcentaje de sólidos totales} = 4,390\%$$

b) Determinación de sólidos totales del extracto con maltodextrina al 10 %

#	Alícuota (g)	P. Vial vacío (g)	P. Vial con muestra (g)	% sólidos totales	Promedio
1	2	21,7458	21,9573	10,57	10,08
2	2	23,4658	23,6562	9,52	
3	2	22,9592	23,1623	10,15	

c) Determinación de sólidos totales del extracto con maltodextrina al 7,5 %

#	Alícuota (g)	P. Vial vacío (g)	P. Vial con muestra (g)	% sólidos totales	Promedio
1	2	10,0420	10,1789	6,84	7,26
2	2	7,6101	7,7599	7,49	
3	2	7,6490	7,7980	7,45	

d) Determinación de sólidos totales del extracto con maltodextrina al 5 %

#	Alícuota (g)	P. Vial vacío (g)	P. Vial con muestra (g)	% sólidos totales	Promedio
1	2	22,1469	22,2516	5,23	5,1
2	2	22,3177	22,4215	5,9	
3	2	19,8996	19,9616	5,0	