



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

**Optimización de las condiciones de atomización de antioxidantes obtenidos
de los subproductos de guayaba (*Psidium guajava*)**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Ramón Jaramillo, Viviana Cristina

DIRECTOR: Meneses Chamba, Miguel Ángel, PhD.

LOJA – ECUADOR

2017



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>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dr.

Miguel Ángel Meneses Chamba

DOCENTE DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “Optimización de las condiciones de atomización de antioxidantes obtenidos de los subproductos de guayaba (*Psidium guajava*)”, realizado por Viviana Cristina Ramón Jaramillo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero de 2017

f).

Dr. Miguel Ángel Meneses Chamba

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Viviana Cristina Ramón Jaramillo, declaro ser autor (a) del presente trabajo de titulación: “Optimización de las condiciones de atomización de antioxidantes obtenidos de los subproductos de guayaba (*Psidium guajava*)”, de la Titulación de Ingeniería en Alimentos, siendo el Dr. Miguel Ángel Meneses Chamba 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).....

Viviana Cristina Ramón Jaramillo

CI. 1104731219

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a un ser muy especial que llegó a iluminar mi vida, mi hija Annie ya que es mi inspiración y la que me alienta a superarme día tras día, y a mi esposo Roddy por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones presentes en mi vida.

A mi compañero de vida, mi esposo Roddy, y a mi pequeña Annie que han sido un pilar fundamental en la culminación de este trabajo ya que con su amor, paciencia y apoyo me ayudaron a cumplir una de mis metas planteadas.

A mis padres Efrén y Nancy que de una u otra forma me han ayudado a finalizar mis estudios universitarios.

A mis hermanos Lizeth y Christian, por brindarme su apoyo en todo momento.

Al Dr. Miguel Ángel por su confianza, paciencia y por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi carrera universitaria, especialmente en la realización de este trabajo investigativo.

Al Ing. Holger Jaramillo, por su ayuda en el laboratorio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
GLOSARIO.....	5
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO	6
1.1. Guayaba.....	7
1.1.1 Composición bioquímica de las partes de la guayaba (Psidium guajava).....	8
1.1.2. Subproducto de guayaba	9
1.2 Aprovechamiento del subproducto de guayaba.....	10
1.2.1 Extracción de antioxidantes.....	10
1.2.2 Atomización de subproducto de guayaba.....	10
1.2.3 Ciclos de un secador por aspersion.	11
1.2.4 Investigaciones sobre la tecnología de la atomización	13
CAPÍTULO II.....	16
OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo General:	17
2.2 Objetivos Específico:.....	17
CAPÍTULO III.....	18

METODOLOGÍA	18
3.1 Lugar de desarrollo	19
3.2 Materia prima.....	19
3.3 Caracterización.....	19
3.3.1 Determinación de la humedad.....	19
3.3.2 Determinación de pH.	19
3.3.3 Determinación del color.....	20
3.3.4 Determinación de la acidez.	20
3.3.5 Determinación de sólidos solubles totales.....	20
3.3.6 Determinación del índice de madurez.	20
3.4 Procesamiento de Guayaba.	21
3.4.1 Despulpado de la fruta.	21
3.4.2 Secado del subproducto de guayaba.	22
3.4.3 Triturado del subproducto de guayaba.	22
3.4.4 Tamizado del subproducto de guayaba.....	23
3.5 Cuantificación inicial de la capacidad antioxidante en subproductos escaldado y deshidratados.	23
3.5.1 Atomización de antioxidantes de subproducto de guayaba	24
3.5.1.1 Extracción de compuestos antioxidantes.....	24
3.5.1.2 Atomización de subproducto de guayaba.....	25
3.5.1.3 Cuantificación de antioxidantes.....	27
3.5.1.4 Diseño experimental.	29
CAPÍTULO IV	30
RESULTADOS.	30
4.1 Caracterización de la guayaba	31
4.2 Cuantificación de antioxidantes en guayaba escaldada y deshidratada.....	32
4.3 Cuantificación de antioxidantes en extractos de subproducto de guayaba	34
4.4 Cuantificación de antioxidantes en subproducto de guayaba atomizada	35

4.4.1	Porcentaje de recuperación en atomizados del subproducto de guayaba.....	37
4.4.2	Cuantificación de antioxidantes del subproducto de guayaba atomizado.....	38
4.4.3	Determinación de condiciones óptimas.....	43
	CONCLUSIONES	45
	RECOMENDACIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA.....	47
	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de guayaba.....	7
Figura 2. Partes de la guayaba.	8
Figura 3. Subproducto de guayaba.	9
Figura 4. Proceso de atomización.....	11
Figura 5. Fruta de guayaba.....	21
Figura 6. Desinfección de la guayaba.	21
Figura 7. Pulpa de guayaba.	22
Figura 8. Secado subproducto de guayaba.....	22
Figura 9. Triturado del subproducto seco de guayaba.	23
Figura 10. Polvos del subproducto de guayaba.	23
Figura 11. Extracción de antioxidantes del subproducto de guayaba.....	24
Figura 12. Centrifugación del extracto subproducto de guayaba.....	25
Figura 13. Eliminación solvente subproducto de guayaba.	25
Figura 14. Mini spray Dryer B290.....	26
Figura 15. Polvos atomizados del subproducto de guayaba.	27
Figura 16. Cuantificación de antioxidantes muestra deshidratada y escaldada.....	33
Figura 17. Cuantificación de antioxidantes en extractos expresados en base seca.	34
Figura 18. Grafica de Pareto del porcentaje de recuperación	37
Figura 19. Gráfica de contornos del porcentaje de recuperación a una Temperatura entrada de 140°C, 25% flujo de bomba	37
Figura 20. Gráfica de Pareto para la cuantificación por DPPH.....	39
Figura 21. Gráfica de Contornos de la cuantificación por DPPH a una Temperatura de entrada 120°C, 40%Flujo de bomba	39
Figura 22. Gráfica de Pareto de la cuantificación por FRAP	40
Figura 23. Gráfica de Contornos de la cuantificación por FRAP, Temperatura de entrada de 160°C, 40% de flujo de bomba	40
Figura 24. Gráfica de Pareto para la cuantificación por ABTS	41
Figura 25. Gráfica de Contornos de la cuantificación de antioxidantes por ABTS	41

Figura 26. Gráfica de Pareto para fenoles totales	42
Figura 27. Gráfica de Contornos de fenoles totales con una temperatura de entrada de 160 °C, flujo de bomba del 40 %	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones sobre la tecnología de la atomización.	14
Tabla 2. Resultados de la caracterización del fruto de la guayaba.....	31
Tabla 3.Resultados de la cuantificación de antioxidantes y porcentaje de recuperación del subproducto de guayaba atomizado.	36
Tabla 4. Valores óptimos (*) y porcentaje de pérdidas.	43

RESUMEN

La guayaba contiene antioxidantes y polifenoles. En esta investigación se evaluó la capacidad antioxidante del subproducto de guayaba y su rendimiento al ser sometido a atomización, usando como variables la temperatura de entrada (Te) 120-160 °C, flujo de bomba (Fb) 10-40 %, flujo de aire (Fa) 20-40 mm de altura, y concentración de sólidos totales (cs) 2-10 %, con encapsulante (goma arábica). Obteniéndose una recuperación del 81%, y en la cuantificación por ABTS de 158 μMol eq. trolox/g atomizado, a 120 °C (Te), con 20 mm de altura (Fa), 40 % (Fb) y 10 % (cs); FRAP 297 μMol eq. trolox/g atomizado, a 160 °C (Te), 40 % (Fb), 40 mm de altura (Fa) y el 2 % (cs), DPPH 143 μMol eq. trolox/g atomizado, con el 10 % (cs), a 120 °C (Te), 40 % (Fb) y 20 mm de altura (Fa); y en fenoles totales 2667 mg GAE /100 g de atomizado, a 160 °C (Te), con 40% (Fb), 20 mm de altura (Fa), con el 2 % (cs); obteniendo polvos estables que tienen antioxidantes.

PALABRAS CLAVE: subproducto, atomización, capacidad antioxidante

ABSTRACT

Guava contains antioxidants and polyphenols. In this research, the antioxidant capacity of the by-product of guava and its performance were evaluated, after being subjected to atomization. The variables used were input temperature (Te) (120–160 °C), flow pump (Fb) (10-4%), air flow (Fa) (20-40 mm height), and total solids concentration (cs) (2-10%) with encapsulates (gum arabic). The results obtained are 81% recovery, and in the quantification by ABTS were 158 μMol eq. of trolox/g atomized to 120 °C (Te) with 20 mm in height (Fa), 40% (Fb) and 10% (cs). FRAP was 297 μMol eq. of trolox/g atomized at an input temperature of 160 °C, 40 % (Fb), 40 mm in height (Fa) and 2% (cs). In DPPH was 143 μMol eq. trolox/g atomized with 10% (cs) at an input temperature of 120 °C, 40% (FB) and 20 mmm in height (Fa). Finally, in total phenols were 2667 mg GAE/100 g of atomized at 160 °C (Te), with 40% (Fb), 20 mm in height (Fa) and 2% (Cs), resulting in stable powders that have antioxidants.

KEYWORDS: by-product, atomization, antioxidant capacity.

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad la guayaba se la usaba en la medicina alternativa por sus diferentes propiedades que estaban presentes en las hojas, tallo y fruto, las que se utilizaban como analgésico y antiinflamatorio por su elevado contenido en flavonoides, fenoles y citosina (Dutta & Das, 2010).

La guayaba es una fruta que posee un elevado valor nutricional ya que contiene antioxidantes del 2.62% - 7.79%, vitamina C que va desde 35-397 mg/100g en base húmeda, fenoles entre 148-426 mg de GAE/100g en base húmeda y fibra alimentaria del 5.76% (Filipovich, 2015). Esta variedad de fruta tiene un importante valor nutritivo en la corteza y en la pulpa ya que aporta con 63.40mg/100g de vitamina A y B₃, riboflavina 0.10mg/100g, niacina 2.49mg/100g, tiamina 0.27mg/100g, potasio 235.44mg/100g, hierro 0.67 mg/100g, calcio 14.06 mg/100g y azúcares como fructuosa y glucosa (Espinel, 2010). De igual forma contiene flavonoides como la miricetina 255.8 mg/kg, quercetina 3604.7 mg/kg al igual que el té y la manzanilla, polifenoles 10.36 g/100g piel (Engleman, 2006), β-caroteno 2.0- 2.1 μg/100g de fruta y licopeno 44.1 μg/ 100g de fruta (Rodríguez, 2008).

El consumo de la guayaba es variado por sus facilidades en los diferentes procesamientos ya sea fresca, jugos, mermeladas, jaleas entre otros (Filipovich, 2015).

La producción de guayaba a nivel nacional según López (2008), menciona que se producen 1604 toneladas métricas de guayaba, siendo la provincia de Pichincha la que aporta con un 34% de la producción total seguida de Pastaza con 14% y Esmeraldas 11%.

En la industria el subproducto de guayaba entre piel, semillas y pulpa representan el 30% del peso total de la fruta (Thongsombat, 2007).

Para lograr el aprovechamiento de estos subproductos que genera la industria se han implementado algunas tecnologías como es el caso de la atomización la cual permite obtener un producto en polvo a partir de una sustancia líquida, transformando una dilución, emulsión suspensión o una dispersión líquida, en un sólido totalmente estable y seco (Olivera Fox, 2013).

Este trabajo investigativo consta de cuatro capítulos, el primero consta de una breve revisión bibliográfica acerca de la guayaba y el subproducto de la misma, el segundo capítulo están los objetivos que se pretendieron alcanzar con la investigación, en el tercer capítulo se detalla la metodología empleada para obtener los polvos atomizados y finalmente en el cuarto capítulo se encuentran los resultados y discusión obtenidos de la caracterización de

la guayaba, cuantificación de antioxidantes en el extracto y la cuantificación de antioxidantes en los polvos atomizados del subproducto de la guayaba.

Los objetivos planteados en este trabajo tanto el general como los específicos fueron cumplidos, obteniendo extracto con alta capacidad antioxidante, recuperando los polvos una vez sometidos a la tecnología de la atomización y finalmente evaluando la capacidad antioxidantes y el contenido de fenoles totales de los polvos.

Para obtener los antioxidantes del subproducto de guayaba (corteza+semilla), se realizó un secado, triturado y tamizado de la muestra, luego se realizó una extracción sólido-líquido con etanol, a estos extractos se les adicionó goma arábica como agente encapsulante para su posterior atomización, para realizar este procedimiento se usó como variables la temperatura de entrada, flujo de bomba, flujo de aire y concentración de sólidos totales.

Los polvos obtenidos se evaluaron mediante el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante por los métodos FRAP, DPPH y ABTS y rendimiento.

GLOSARIO

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Trolóx: 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid

ABTS: 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

TPTZ: 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine

FRAP: poder antioxidante reductor hierro

μMol: micro moles

Eq: equivalente

g: gramos

mg: miligramos

GAE: equivalente ácido gálico

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Guayaba.

La guayaba es un fruto que conforma algunas de las cien especies perteneciente a la familia de las Myrtaceae, comúnmente se dan en el Caribe y parte del continente americano; según Jiménez-Saura-Calixto, 2001, se caracteriza por su exuberante aroma y sabor.

El fruto de guayaba tiene una forma esférica, la misma que cambia dependiendo de la variedad.

La variedad que será objeto de estudio “pera rosada” tiene las siguientes características: largo: 5 – 12 cm, ancho: 5 – 7 cm, peso: 30 – 225 g, el color del fruto es amarillo verdoso en su estado de madurez completa características que se muestran en la figura 1, su sabor es dulce, ligeramente ácido y varía dependiendo del estado de madurez por lo que no es una característica constante.



Figura 1. Fruto de guayaba.

Elaboración. La Autora.

En la antigüedad la guayaba era muy utilizada en la medicina alternativa por sus diferentes propiedades en las hojas, tallo y fruto, utilizándola como antiinflamatorio y analgésico por su elevado contenido de flavonoides, fenoles y citosina (Dutta & Das, 2010).

El origen de esta fruta es bastante inexacto, dado que su cultivo se dió en un área en el sur de México (Rueda, 2005).

La producción de la guayaba se realiza en países que cuenten con climas tropicales y subtropicales. Según Antonio Yam Tzec, (2010), India es el país con mayor producción, seguido por Pakistán, México y Brasil. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia MADR (2010) explica que a nivel mundial se producen 1.2 millones de toneladas de guayaba, siendo los principales contribuyentes los países

de Pakistán e India con un 50%, México aporta el 25% y otros países como Colombia, Egipto y Brasil el 25%. A nivel nacional según López, (2008) se produce 1.604 toneladas métricas de guayaba, siendo la provincia de Pichincha la que aporta con una producción del 34%, seguida de las provincias de Pastaza y Esmeraldas con un 14% y 11% respectivamente.

Industrialmente la guayaba posee varios usos desde la elaboración de néctares, conservas, jugos, mermeladas etc., convirtiéndose en la fruta de mayor aceptabilidad entre miles y millones de personas en trópicos y subtropicos (Gutiérrez, Mitchell, & Solís, 2008).

1.1.1 Composición bioquímica de las partes de la guayaba (*Psidium guajava*).

La guayaba está formada por tres partes: casco, piel y pulpa. Las cuales se muestran en la figura 2

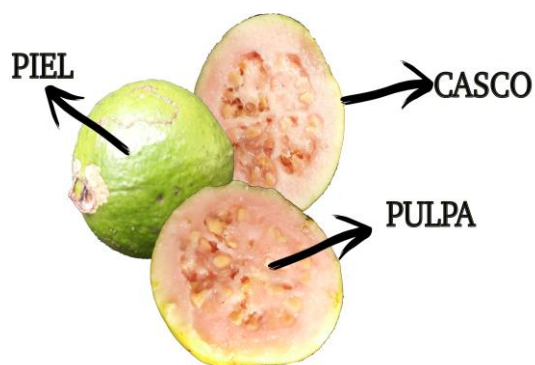


Figura 2. Partes de la guayaba.
Elaboración. La Autora.

El consumo de la guayaba es variado ya sea fresca, jugos, mermeladas, jaleas y otros. Por su alto valor nutricional, contiene antioxidantes 2.62% - 7.79%, posee un alto porcentaje de fibra alimentaria 5.76% (Filipovich, 2015), también contiene 49% de fibra en base seca, teniendo un efecto leve como laxante, un aporte significativo de vitamina C que va desde 35 a 397 mg/100 g en base húmeda, fenoles entre 148 - 462 mg de ácido gálico/100g en base húmeda dependiendo de la variedad de la fruta (Restrepo-Sánchez, 2009), agua 84 g/100g, carbohidratos 4.5 g/100g, energía 23 Kcal (96 KJ) g/100g (Espinel, 2010).

Esta variedad de fruta contiene un importante valor nutritivo en la corteza y la pulpa siendo el aporte de vitamina A y B₃ del 63.40 mg/100g, riboflavina 0.10mg/100g, niacina 2.49 mg/100g, tiamina 0.27 mg/ 100g, potasio 235.44 mg/100g, hierro 0.67 mg/100g, calcio 14.06 mg/100 g, y azúcares (fructuosa y glucosa) que oscilan entre los 5.0 y 13.2 °Brix (Espinel, 2010).

De igual forma contiene un aporte significativo de flavonoides como miricetina 255.8mg/kg, quercetina 3604.7 mg/kg, luteolina 229.1mg/kg, kaempferol 229.1mg/kg y apigenina 251.6 mg /kg al igual que el té y la manzanilla, polifenoles 10.36 g/100 g piel (Engleman, 2006), β -caroteno 2.0- 2.1 μ g/100g de fruta y licopeno 44.1 μ g/ 100g de fruta (Rodríguez, 2008).

La pulpa de guayaba posee de cenizas totales 0.75% (Medina, 2003), acidez 81.33 meq/kg, nitrógeno 56,57 mg/100g guayaba; actividad antioxidante 165.3 μ M de eq. Trolox y pH 3.8 (Marquina, 2008). Siendo importante este aporte nutricional en el control de enfermedades crónicas y degenerativas (Espinal, Olaya, & Patricia Parada, 2010).

Sin embargo los valores antes mencionados en la bioquímica de la guayaba, guarda una estrecha relación entre la poscosecha y en la especie del fruto, ya que estas pueden incluir modificaciones entre la ultraestructura y textura de la pared celular como cambios en turgencia, jugosidad, composición bioquímica conversión de almidones en azúcares, incrementando la susceptibilidad en la contaminación por patógenos de la poscosecha, produciendo una alteración en la biosíntesis de pigmentos y de compuestos responsables del sabor (Giovannoni, 2001).

1.1.2. Subproducto de guayaba

En la industria el subproducto que se muestra en la figura 3 que genera la guayaba entre piel, semillas y pulpa representan el 30% del peso total de la fruta (Thongsombat, Sirichote, & Chanthachum, 2007), en las diferentes etapas como triturado 5%, tamizado 8% y refinado 12% (Kong et al., 2010).

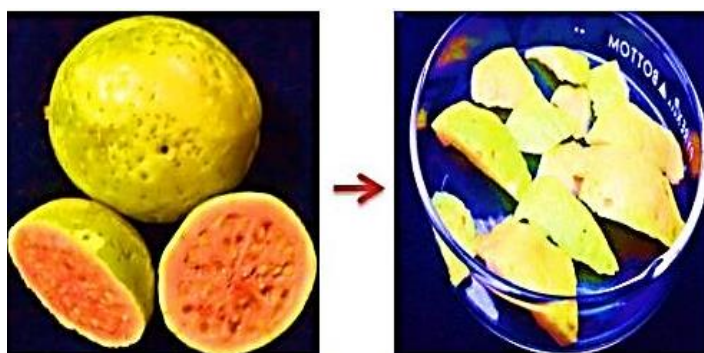


Figura 3. Subproducto de guayaba.

Fuente. La Autora.

Según Marquina (2008), lograron determinar que la piel de la guayaba está conformada por una gran cantidad de antioxidantes y polifenoles siendo esta del 10.36 g/ 100 g piel en base seca.

Bioquímicamente la piel del fruto de la guayaba presenta una acidez de 63.34 meq/kg, cenizas 0.52 g/100g guayaba, humedad 84 g/100g guayaba, pH 4.1, actividad antioxidante 377.8 μM de eq. Trolox; el mesocarpio de la guayaba presenta un pH de 4.1, actividad antioxidantes 377.80 μM de eq. Trolox/100g de guayaba, humedad 85.17% de guayaba, proteína 92.21 mg/100g guayaba, acidez 61.47meq/kg, cenizas 0.42 g/100g de guayaba (Marquina, 2008).

La industria y en el sector científico ha generado un gran interés en la extracción de antioxidantes de los subproductos de las frutas como es el caso de la guayaba, debido a que posee la capacidad de reducir el nivel de estrés oxidativo, que representa ser una alteración en el estado de equilibrio de los pro-oxidantes y oxidante en las células produciendo un daño en las proteínas, lípidos, hidratos de carbono de la fruta (Hassimotto, 2005).

1.2 Aprovechamiento del subproducto de guayaba

1.2.1 Extracción de antioxidantes

Los disolventes comúnmente usados para la extracción de antioxidantes de alimentos vegetales, son acetona, metanol, etanol, y la mezcla de estos disueltos en agua en diferentes proporciones (Yilmaz, 2006). Algunos antioxidantes son solubles en disolventes polares, mediante el uso de agua metanol o etanol los que contienen una pequeña cantidad de ácido clorhídrico o ácido fórmico (García - Viguera, 1998).

La extracción con metanol es un 20% más eficaz con respecto al etanol y 73% más eficaz que con agua. La acetona también es usada para obtener antioxidantes de diferentes fuentes vegetales produciendo una extracción más eficiente y reproducible a bajas temperaturas evitándose problemas difuncionales con la pectina (García - Viguera, 1998)

La temperatura es una variable de gran importancia, algunos autores mencionan que la temperatura óptima bordea los 50-75°C (Mantell, 2002). Otra variable importante es la relación solvente-extracto en la que se sugiere una relación 1:10 sólido-líquido optimizando las condiciones de extracción dinámica de antocianinas con líquido sobrecalentado (Xu, 2010).

1.2.2 Atomización de subproducto de guayaba

El proceso para la obtención de un producto en polvo a partir de una sustancia líquida por secado, se lo denomina atomización, que consiste en transforma una dilución, emulsión suspensión o una dispersión líquida en un sólido totalmente estable y seco.

El proceso de atomización de la figura 4 se describe a continuación: se inicia por medio de una bomba de aire que produce la entrada del mismo (1), el aire se calienta por una red de calefacción eléctrica (2), se estabiliza el aire en la cámara de entrada por una corriente de aire (3), se recibe el producto en una cámara de secado (4) y en la parte inferior de esta se recolecta las partículas más grandes, se separa el producto de la corriente de aire en un ciclón (5), se recogen las partículas en un recipiente (6), el aire que es expulsado a la atmósfera queda en el filtro de salida (7) y finalmente el aire necesario para secar la muestra es producido por un aspirador (8) (Lozano Berna, 2009).

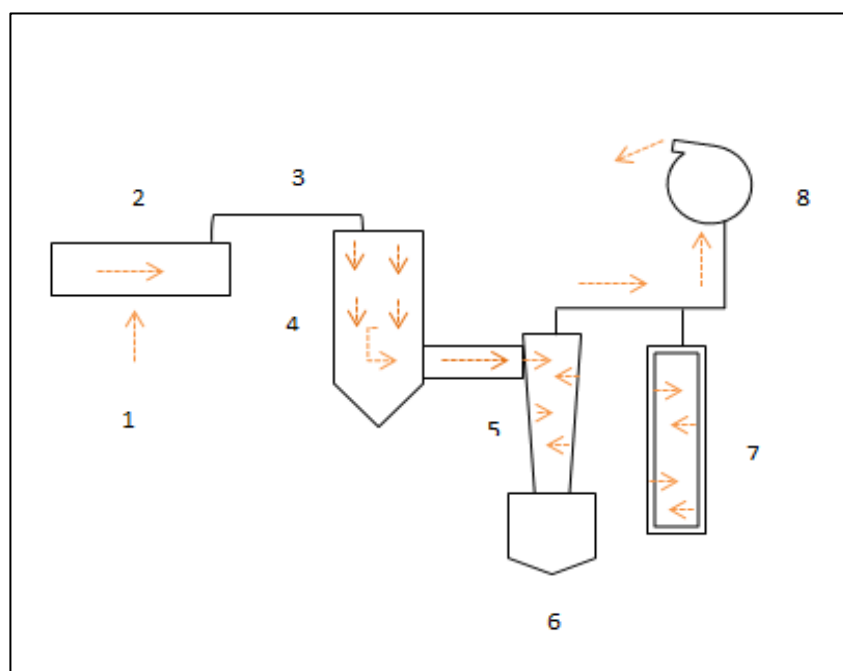


Figura 4. Proceso de atomización.

Elaboración. La Autora.

La atomización permite obtener un producto con ciertas especificaciones, en productos que son sensibles al calor como productos farmacéuticos y productos biológicos que se pueden secar a presión atmosférica y bajas temperaturas, produciendo partículas uniformes y con la misma proporción de compuestos de la sustancia antes de ser atomizada (Mujumdar, 2014).

1.2.3 Ciclos de un secador por aspersion.

El secado por aspersion se realiza en 4 ciclos:

1. Atomización de la solución
2. Contacto aire caliente/gota
3. Evaporación de agua

4. Recuperación del producto

Los mismos que se detallan a continuación:

Atomización de la solución: el líquido se transforma en pequeñas gotas que se llevan a cabo por energía centrífuga. Esta etapa crea una gran superficie de transferencia de calor entre el aire seco y el líquido permitiendo lograr la evaporación y optimizar la transferencia de masa. Las gotas pequeñas tienen una mayor superficie evaporándose con mayor facilidad, obteniendo así una mayor eficiencia térmica (Masters, 1972).

Contacto aire caliente/gota: el atomizador consta de tres formas básicas siendo la primera el contacto de aire caliente/gota lo cual depende de la posición del atomizador en comparación con el distribuidor del aire caliente (Masters, 1972). Una segunda forma denominada flujo en paralelo en la que el líquido es atomizado en la misma dirección que el flujo del aire caliente a través del equipo, y finalmente una tercera denominada flujo en contracorriente y mixto, la temperatura de entrada del aire caliente varía entre 150 y 220 °C, produciendo la evaporación instantánea y exponiendo al producto seco a temperaturas entre 50-80 °C, limitando la degradación de los polvos.

Evaporación del agua: la evaporación realiza en dos periodos (Masters, 1972) los que se denominan periodo de velocidad constante en la que la transmisión de humedad desde el interior de las gotas crea una superficie saturada de líquido, disminuyendo el tamaño de la gota, en el que permanece constante la temperatura de la superficie; disminuyendo la temperatura del aire de secado cuando esta gana humedad.

En el segundo periodo de velocidad decreciente corresponde al intercambio de humedad hacia la superficie de la gota para mantenerla saturada, apareciendo áreas secas sobre la superficie, lo que hace que realice un punto crítico de humedad donde la gota ya no puede contraerse en su volumen ascendiendo su temperatura, el aire de secado en este punto llega a una temperatura crítica y humedad crítica. El tiempo y la velocidad requerida de secado dependen de la temperatura del aire de secado, diámetro y el coeficiente de transferencia de calor (Masters, 1972).

Recuperación del producto: El producto primero se separa en la base de la cámara de secado, luego se recupera polvos finos, en los que se puede emplear por ciclones, filtros bolsa o filtros húmedos. Separadores ciclónicos son más utilizados en la separación y recolección de polvos, por su bajo costo, eficientes y de fácil limpieza. En estos separadores ciclónicos el aire saturado

de polvo ingresa en forma tangencial a una cámara cilíndrico/cónica la que gira rápidamente y el producto sale por la parte central superior. Los polvos secos por su inercia, se desplazan hacia la pared exterior del separador donde continúa hasta caer en un colector (Masters, 1972).

1.2.4 Investigaciones sobre la tecnología de la atomización

En la industria alimentaria la atomización no es un tema desconocido, ya que en la conservación de nutrientes resulta ser una tecnología muy económica (Young, 1993).

La Tabla 1, se citan varios estudios de frutas que fueron sometidos a dicha tecnología, emplearon la micro-encapsulación que consiste en un proceso mediante el cual sustancias químicas, biológicas (vitaminas, sabores, etc.) son introducidas en una matriz de biopolímero protegiéndolas de reacciones con otras sustancias del ambiente, oxidación por la luz o por la presencia de oxígeno, teniendo como ventaja de liberarse gradualmente de la matriz que lo tiene atrapado, manteniendo de esta forma las características nutricionales y sensoriales (Castañeta, Gemio, Yapu, & Nogales, 2011).

En la micro-encapsulación se debe considerar varios factores como el agente encapsulante, tipo de atomizador, la viscosidad de la solución, el tamaño de gota la cual genere una mayor superficie de contacto entre el aire caliente, el líquido considerando la sensibilidad al calor del producto, el tiempo de contacto gota-aire, temperatura del aire y el tipo de método de separación de los sólidos secos (Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, & Saurel, 2007). Para que se realice la micro-encapsulación el recubrimiento utilizado se debe disolver en un solvente apropiado, permitiendo la dispersión de esta dilución ya sea sólida o líquida, la cual sirve como material activo (Quek et al., 2007).

Un aspecto a considerar en la obtención de polvos mediante la tecnología de la atomización es el elevado contenido en azúcares, pectinas y ácidos, que son responsables de la pegajosidad e higroscopicidad del producto obtenido, limitando este proceso y permitiendo la incorporación de sustancias favorecedores para el mismo, como son algunos solutos de alto peso molecular con efecto encapsulante, antihumectante y antiapelmazante como es el caso de la goma arábiga que es un agente de encapsulación eficaz, por su alta solubilidad en agua y la baja viscosidad que desarrolla en disolución (Wu Ng, 2013).

Tabla 1. Investigaciones sobre la tecnología de la atomización.

FRUTA	CONDICIONES	RESULTADOS Y CONDICIONES ÓPTIMAS	REFERENCIAS
Caña	Temperatura de entrada de aire 130-140°C y concentración de jugo 40-45-50°Brix.	Temperatura de aire de entrada 130°C, temperatura de aire de salida 85°C, con 40°Brix, rendimiento 68%	Guzmán Gil & Castaño Castrillón, (2002)
Pomelo	Temperatura de entrada 120-180 °C, concentración de agente encapsulaste 4-12%.	Temperatura óptima de entrada 120.36°C, con un porcentaje de 4.38 de goma arábica, rendimiento 91.88%	Luján Olivares,(2013)
Cáscara de berenjena	Temperatura de entrada 170-180°C, concentración maltodextrina 15-20-30%, solvente metanol 50-90% v/v, temperatura 30-60°C y tiempo 4-12 horas	Temperatura de entrada 180 °C, concentración maltodextrina 15%, solvente 53 % etanol, por 3h y a 29°C, rendimiento 72.6%	Arrazola, Herazo, & Alvis, (2014)
Papaya del monte	Temperatura de conservación de la fruta 12-90 y 95°C, 5.8-6°Brix, Temperatura de entrada 180°C y goma arábica 1.8%	Temperatura conservación 12°C, 6 °Brix, temperatura de entrada de aire 180°C y con 1.8% de goma arábica, rendimiento 68.13%	Valencia, Pérez, Vargas, & Molina,(2002)
Pitahaya	Temperatura de entrada 130-170°C y flujo de atomizado 2.2-2.8 Lh ⁻¹	Temperatura de aire de entrada 130 °C, el flujo de atomización de 2.9 Lh ⁻¹ , rendimiento 85,64%	García Cruz, (2011)
Guayaba	Concentración de maltodextrina 7-9,5 y 12%, temperatura de entrada 170°C, 180°C y 185°C.	Concentración de maltodextrina 7%, temperatura de entrada 185°C, rendimiento 85%.	Patil, Chauhan, & Singh, (2014)

Granada	Temperatura de entrada 120°C, 140°C, 160°C y 200°C, caudal atomizado 10-90%	Temperatura de entrada 160°C y caudal atomizado 10%, rendimiento 25%.	Miravet Valero, (2009)
Lulo (naranja)	Temperatura de entrada 120-180°C, concentración de goma arábica 0-10% p/p, concentración de maltodextrina 0-10% p/p	Temperatura de entrada 160°C, concentración de goma arábica 6.5% y concentración maltodextrina 9%, rendimiento 57%.	Tamayo Ruiz, (2013)
Zarzamora	Temperatura de entrada 70-80°C, presión de aire 3-4 KPa/m ² , flujo de alimentación 2.5-3.5 mL /minuto	Temperatura de entrada 80°C, presión 3 Kpa/m ² , flujo de alimentación 3.5 mL /min, rendimiento 76%.	Morales Guzmán, (2010)
Toronja	Temperatura de entrada 100-170°C, concentración agente encapsulante goma arábica 0-9.44 g/100g, maltodextrina 0-1.7 g/100g	Aire de entrada 150°C, concentración goma arábica 1%, 6% maltodextrina, 0% carboximetilcelulosa, rendimiento 91.88%.	Egas Astudillo, (2014)

Elaboración. El Autor.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Facilitar la transformación industrial de ingredientes bioactivos inocuos como los antioxidantes de los subproductos de guayaba mediante tecnología de atomización.

2.2 Objetivos Específico:

- Obtener extractos con alta capacidad antioxidante a partir de subproductos de guayaba.
- Optimizar la recuperación de antioxidantes en forma de polvo a través de atomización
- Evaluar la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de los productos en forma de polvo luego del proceso de atomización

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Lugar de desarrollo

Esta investigación se desarrolló en La Universidad Técnica Particular de Loja, en el Laboratorio de Alimentos, orientada por el grupo de investigadores INNOTECH perteneciente a la misma institución.

3.2 Materia prima.

La materia prima fue adquirida el 11 de noviembre del 2015 de esta se usó el subproducto de la guayaba variedad pera rosada la que consistió en piel más pulpa adherida. La fruta fue proveniente de la ciudad de Quevedo perteneciente a la provincia de Los Ríos, Ecuador.

3.3 Caracterización.

Se caracterizó el fruto de la guayaba para minimizar el efecto de los cambios fisiológicos, físicos y químicos de la fruta en los resultados.

3.3.1 Determinación de la humedad.

Se realizó basándose en la metodología descrita por la técnica AOAC 934.06 Este método gravimétrico fue realizado en una estufa al vacío (MEMERT); se pesaron 5g aproximadamente de muestra, esta fue colocada en una cápsula de porcelana y llevada a $70^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (13.3 KPa) y mantenida hasta alcanzar peso constante, para cada verificación de peso se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron nuevamente, se realizó el mismo procedimiento para la pulpa, el resultado se obtuvo por diferencia de pesos, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\% \textit{Humedad} = \frac{\textit{peso inicial} - \textit{peso final}}{\textit{peso inicial}} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

El análisis se realizó por triplicado y resultados se expresaron como el valor promedio \pm desviación estándar.

3.3.2 Determinación de pH.

La determinación de pH se basó en la técnica AOAC 942.15, en el que se usó un pH-metro digital (METTLER TOLEDO) previamente calibrado con buffer pH 4,01 – 7,00. Se pesaron 10 g de muestra fresca de guayaba y se mezcló con 100 mL de agua destilada, el ensayo se realizó por triplicado y a temperatura ambiente (25°C), los resultados se expresaron como valor promedio \pm desviación estándar.

3.3.3 Determinación del color.

Se utilizó un colorímetro (C-R14 KONICA MINOLTA) con sensor óptico en el sistema Y x y, que luego fueron transformadas al sistema de color CIE, L*, a*, b*. El ángulo de tono (h°) y el croma (C*) fueron calculados según las ecuaciones:

$$h^{\circ} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{Ecuación 3}$$

En donde L* es la coordenada espacial que indica la luminosidad, a* el cambio entre rojo y verde (+ a indica rojo, - a indica verde) y b* el cambio entre azul y amarillo (+ b indica azul, - b indica amarillo, a partir de estas coordenadas de color se determinaron las magnitudes psicofísicas croma C* que indica la intensidad de color y h° que indica la percepción de color (Salinas, 2015).

3.3.4 Determinación de la acidez.

Se basó en la norma INEN 389 para el cual se emplearon 5 g de muestra diluidos en 25 mL de agua destilada, adicionando 4 gotas de fenolftaleína, se homogenizó y esta mezcla se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N, hasta alcanzar un pH de 8,3 (viraje de la fenolftaleína). El porcentaje de acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico utilizando la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{Volumen de hidroxido gastado (mL)} * \text{Normalidad real} * \text{meq del ácido cítrico} * 100}{\text{Peso de muestra}} \quad \text{Ecuación 4}$$

3.3.5 Determinación de sólidos solubles totales.

Se basó en la norma INEN 2173 para el que se empleó un refractómetro (METTLER TOLEDO) en el que se colocó de 1 a 2 dos gotas de pulpa de guayaba, el resultado se expresó como °Brix .

3.3.6 Determinación del índice de madurez.

Para determinar el índice de madurez se emplearon los grados Brix y la acidez titulable, antes realizados y se determinó por el uso de la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{^{\circ}Brix}{\%Acidez} \quad \text{Ecuación 5.}$$

3.4 Procesamiento de Guayaba.

El procesamiento que se realizó a la guayaba se detalla en el Anexo A, según Garmendia (2006) indica que inicialmente al fruto de guayaba figura 5.



Figura 5. Fruta de guayaba.

Elaboración. La Autora.

Se le realizó una desinfección tal y como se muestra en la figura 6, Para esto se utilizó hipoclorito de calcio (80ppm) durante 2 minutos; transcurrido este tiempo se lavó la fruta con agua potable y se realizó un secado manual.



Figura 6. Desinfección de la guayaba.

Elaboración. La Autora.

Para la inactivación de enzimas se realizó el escaldado en una marmita PROINCAR con capacidad de 200 L, esta se debe realizar a 95°C por un lapso de 3 minutos (Meyer-Paltrinieri, 1989).

3.4.1 Despulpado de la fruta.

Realizado el escaldado, se despulpó la guayaba en una despulpadora con 0.01 milímetros de malla, permitiendo separar la parte comestible del fruto. La que se muestra en la figura 7.



Figura 7. Pulpa de guayaba.

Elaboración. La Autora.

3.4.2 Secado del subproducto de guayaba.

Luego el subproducto de la guayaba que consiste en cáscara y pulpa (figura 8), fue secado en una estufa de tiro forzado (COLE PARME), a una temperatura de 60°C, hasta obtener una humedad final del 12%.



Figura 8. Secado subproducto de guayaba.

Elaboración. La Autora.

3.4.3 Triturado del subproducto de guayaba.

A continuación se redujo el tamaño de la muestra seca en una licuadora figura 9, trabajando en ciclos, en los que se colocó 100g de muestra seca por 30 segundos, 3 veces. Con el principal objetivo de evitar el estrés térmico. La muestra luego de ser triturada se dejó enfriar en un congelador a una temperatura de -20°C.



Figura 9. Triturado del subproducto seco de guayaba.

Elaboración. La Autora.

3.4.4 Tamizado del subproducto de guayaba.

Más tarde se tamizó el subproducto de la guayaba obtenido del triturado llegando a un tamaño de partícula entre 125-250 μm como se muestra en la figura 10. Los productos secos y pulverizados se almacenaron en recipientes secos, cerrados y opacos en un ambiente a -20°C .



Figura 10. Polvos del subproducto de guayaba.

Elaboración. La Autora.

3.5 Cuantificación inicial de la capacidad antioxidante en subproductos escaldado y deshidratados.

La extracción se basó en el procedimiento descrito por Pérez-Jiménez (2007), el cual brevemente consiste en pesar 2.5 g de muestra escaldada y 2.5 g de muestra en polvo por separado. A cada una de estas muestras se les adicionó 20 mL de

metanol/agua, acidificados con HCl 2N (50:50 v/v, pH 2), luego se agitó durante 1h. Transcurrido este tiempo se centrifugó (CENTRIFUGA DYNAC), separando los sobrenadantes, el residuo se extrajo nuevamente con 20 mL de acetona/agua (70:30 v/v) y se volvió agitar durante una hora, posteriormente se centrifugó y finalmente se combinaron ambos sobrenadantes. En el Anexo B se detalla el procedimiento antes mencionado.

A estos extractos se les determinó rendimiento, capacidad antioxidante y fenoles totales, metodología que se describe más adelante.

3.5.1 Atomización de antioxidantes de subproducto de guayaba

3.5.1.1 Extracción de compuestos antioxidantes.

La extracción de los compuestos antioxidantes se realizó mediante extracción sólido-líquido, basada en la metodología de Schieber (2003) con algunas modificaciones, este procedimiento se evidencia de forma detallada en el Anexo C, se pesaron 100 g de muestra seca y 1 g de ácido ascórbico y se mezcló con 1000 mL de etanol al 80 % v/v, posteriormente se realizó la extracción por maceración a temperatura ambiente (20-25°C) por un lapso de 6 horas sobre un plato agitador (KIKA LABORTECHNIK) entre 500-700 rpm figura 11.



Figura 11. Extracción de antioxidantes del subproducto de guayaba.

Elaboración. La Autora.

El extracto obtenido figura 12 A, se centrifugó por 15 minutos a 2800 rpm (CENTRIFUGA DINAC) figura 12 B, permitiendo separar el sobrenadante del residuo sólido, posteriormente se realizó una nueva extracción con el residuo por 30 minutos con etanol al 80% v/v, para finalmente combinar los sobrenadantes.

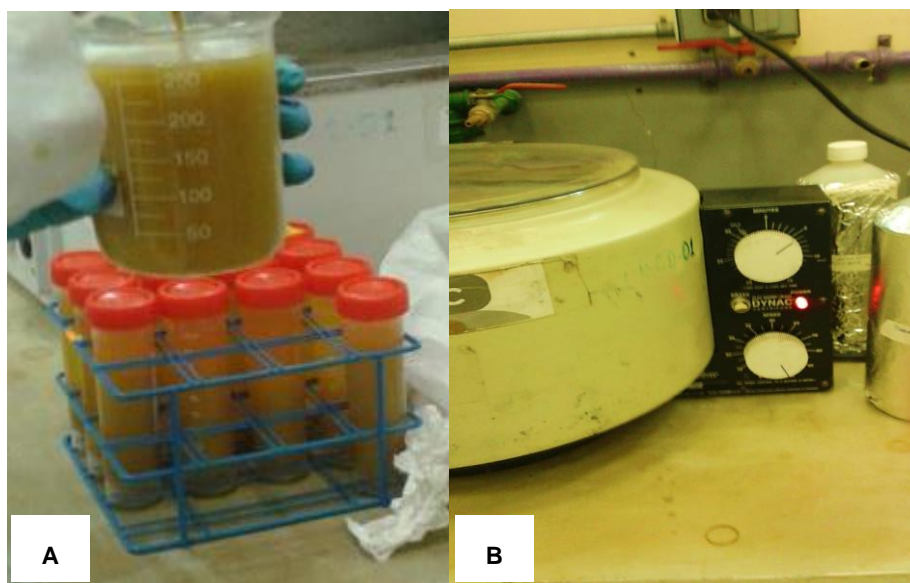


Figura 12. Centrifugación del extracto subproducto de guayaba.
Elaboración. La Autora.

A los sobrenadantes se les eliminó el solvente por evaporación a vacío en rotoevaporador (BUCHI HEATING BATH B-490) a temperaturas entre 45-50°C como se muestra en la figura 13, obteniendo así un extracto acuoso concentrado.



Figura 13. Eliminación solvente subproducto de guayaba.
Elaboración. La Autora.

3.5.1.2 Atomización de subproducto de guayaba.

Para realizar la atomización se utilizó un Mini spray dryer (BUCHI B290) el cual se muestra en la figura 14 en el que se modificaron las variables sometidas a estudio

como temperatura de entrada del aire (120-160°C), flujo de bomba de alimentación (10-40%) y flujo de aire (20-40 milímetros de altura), este procedimiento se describe en el Anexo D



Figura 14. Mini spray Dryer B290.

Elaboración. La Autora.

Se ajustó la concentración de sólidos totales en los extractos con adición de agua desionizada hasta obtener concentraciones de 2-6-10% en peso, a estos extractos se los atomizó, pero no fue posible obtener un producto seco, ya que por la presencia de azúcares y pectina que contenía la guayaba se obtuvo un producto con una consistencia pegajosa.

Por este motivo se usó goma arábica en relación 1:2 p/v como agente encapsulante para mejorar la recuperación de antioxidantes y dar estabilidad a los polvos atomizados. El producto obtenido luego de la atomización se muestra en la figura 15.

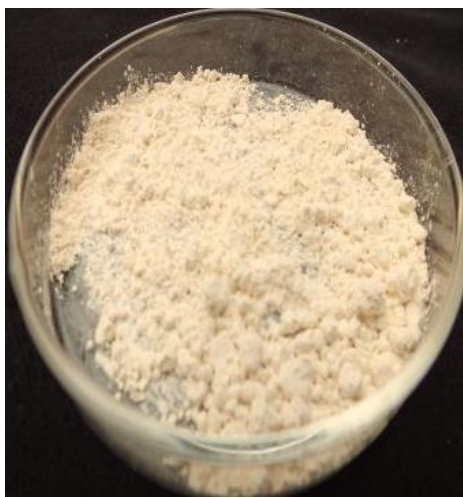


Figura 15. Polvos atomizados del subproducto de guayaba.
Elaboración. La Autora.

3.5.1.3 **Cuantificación de antioxidantes.**

La cuantificación de antioxidantes se realizó por los métodos ABTS, DPPH, FRAP y Fenoles Totales, descritos a continuación:

- **Método ABTS:**

Se utilizó el método descrito por Arnao (2001) con modificaciones descritas por Thaipong, (2006), en la que se preparó una solución patrón de ABTS mezclando dos soluciones, como es ABTS 7.4 mM y persulfato de potasio 2.6 Mm este procedimiento se visualiza en el Anexo E. Para la cuantificación se empleó 150 μ L de muestra, al que se le adicionaron 2850 μ L de la solución de trabajo de ABTS, y se dejó reaccionar por 12 horas a temperatura ambiente en oscuridad, la solución de trabajo se preparó para cada análisis. Se midió la absorbancia a 734 nm en un espectrofotómetro visible (JENWAY modelo 6405).

Se realizó una curva de calibración empleando Trolox en concentraciones de 25-800 μ M (Anexo I).

Los resultados se expresaron en μ Mol equivalente de Trolox / 100g muestra seca (Anexo N).

- **Método DPPH:**

Este ensayo se basó en la técnica de Brand-Williams (1995) con modificaciones de Thaipong et al. (2006), se disolvieron 24 mg de DPPH en 100 mL de metanol, luego se almaceno a -4° C hasta su posterior uso. La solución de trabajo se preparó con 10 mL de solución patrón y 45 mL de metanol hasta obtener una absorbancia de 1.1 ± 0.02 unidades a una longitud de 515nm. Para la cuantificación de antioxidantes por este

método se utilizó 150 μL de muestra y se adicionaron 2850 μL de la solución de trabajo DPPH, se dejó reaccionar por 24 horas a temperatura ambiente y en oscuridad, para su posterior lectura de absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro visible (JENWAY modelo 6405). En el Anexo F se visualiza el esquema de la experimentación.

Se realizó una curva de calibración trolox en concentraciones de 25-800 μM los que se puede evidenciar en el Anexo I.

Los resultados se muestran en el Anexo N, los que se expresaron en μM equivalente de Trolox / 100g de muestra seca

- **Método FRAP:**

Se utilizó el método de Benzie and Strain (1996) con modificaciones descritas por Thaipong et al., (2006), se empleó buffer acetato 25 mM/L de los que se parón 775 mg diluidos en 4 mL de ácido acético glacial aforados a 250mL; 2,4,6-tripiridin-s-triazina se pesarón 78 mg diluidos en 25 mL de ácido clorhídrico 40 mM; cloruro férrico hexahidratado 135 mg diluidos en 25 mL agua destilada. Cada una se mezclaron en tres partes siendo estas 25mL buffer acetato, 2.5 mL de la solución de TPTZ y 2.5 mL de cloruro férrico hexahidratado, esta solución se calentó a 37°C.

Para la preparación de muestras se tomó 150 μL del extracto y se adicionaron 2850 μL de la solución de trabajo FRAP, se dejó reaccionar por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad, transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro visible (JENWAY modelo 6405). En el Anexo G se muestra de forma detallada la experimentación descrita.

Se realizó una curva de calibración Trolox en concentraciones de 25-800 μM los que se puede evidenciar en el Anexo I.

Los resultados se muestran en el Anexo N, los que se expresaron en μM equivalente de Trolox / 100g de muestra seca

- **Método de Fenoles Totales:**

Para determinar fenoles totales se utilizó el método Folin Ciocalteu, con modificaciones de Kong (2010). Se preparó una solución 0.25 N de Folin Ciocalteu y una solución 1N de carbonato de sodio. Para la preparación de muestras se colocaron 150 μL de muestra, a la que se le adicionaron 2400 μL de agua destilada y 150 μL de Folin Ciocalteu, esto se agitó por 2 minutos y se dejó reaccionar 3 minutos transcurrido este tiempo se adicionó 300 μL de carbonato de sodio se dejó reaccionar por 2 horas a temperatura ambiente en la oscuridad, transcurrido este tiempo se midió la

absorbancia a 725 nm en un espectrofotómetro visible (JENWAY modelo 6405). En el Anexo H se muestra de forma detallada este procedimiento.

Se realizó una curva de calibración ácido gálico en concentración de 0-800 mg/L, Anexo H.

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico (mg GAE/ 100g de muestra seca). El cálculo se muestra en el Anexo N

3.5.1.4 *Diseño experimental.*

Se utilizó el software Statgraphics versión XVI, en el que se empleó un diseño de superficie de respuesta DRAPER LIN con un modelo cuadrático centrado en las caras, y dos puntos centrales, para el que se realizaron 18 tratamientos con una réplica. Los tratamientos resultantes se muestran en la tabla 3.

Un ANOVA entre los tratamientos mostró el efecto de las variables estudiadas.


CAPÍTULO IV

RESULTADOS.

4.1 Caracterización de la guayaba

Los valores obtenidos de la caracterización se compararon con los reportados en bibliografía los que se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la caracterización del fruto de la guayaba.

Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	Ensayo	Resultado	Referencia	Bibliografía
	% Humedad	83.57±0.40	74-87%	Steven (1980)
	Grados Brix	4.43±3.38	<8	NTE:INEN 1911
	Índice de madurez	16.07±4.73	<20	NTE:INEN 1911
	Acidez % ácido cítrico	0.37±0.02	<0.40	NTE:INEN 1911
	pH	4.32±0.15	4.1±0	Medina (2003)
	Color	L* 57.3±0.32 a* 13.7±0.20 b* 34.8±0.12	L* 66.9±0.21 a* 5.8±0.21 b* 24.7±0.76	Amaya Cruz (2014)

Los valores se expresaron como media de 3 muestras ± desviación estándar
Elaboración. La Autora.

Las guayabas usadas en los ensayos antes mencionados de la tabla 2, presentaron en la parte externa (epicarpio) una coloración verde claro el cual indicó que el fruto no estaba en su madurez completa.

El contenido de humedad de la pulpa de guayaba fresca fue 83.57%±0.40 en el que Steven, (1980) menciona que el rango adecuado de porcentaje de sólidos que compone esta fruta varía desde 74-87%.

Los °Brix que presentó la fruta en el ensayo fueron 4.43 ± 3.38, la norma NTE:INEN 1911 menciona que los grados brix de la guayaba en su madurez fisiológica se presenta por debajo de 8 °Brix, ya que estos son directamente proporcionales al estado de madurez de la fruta, debido a que los sólidos solubles totales se incrementan durante el proceso de maduración en la poscosecha (Antonio Yam Tzec, 2010).

El índice de madurez obtenido tras los ensayos realizados fue 16.07, mencionándonos en la norma NTE: INEN 1911 que para la guayaba en su estado de madurez

fisiológica el índice de madurez es menor a 20, debido a que este parámetro se incrementa al degradarse la clorofila y otros pigmentos como carotenoides y antocianinas (Solarte, 2010). El índice de madurez también se ve reflejado en la coloración del epicarpio de una coloración verde oscura a una amarilla produciéndose este cambio por el anabolismo que dan los pigmentos en los organelos celulares como: las flavonas, las antocianinas y los carotenoides que permiten dar al fruto los colores secundarios, sobre el color primario sea este verde o amarillo, formada por la clorofila (Laguado, 1999). El índice de madurez también se le asocian cambios en el aroma y en la firmeza tal como se mostraron en algunas guayabas sometidas a estudio presentándose este como cambios estructurales en el grosor de la pared celular, permeabilidad del plasmalema y la cantidad de espacios intercelulares; los que producen el ablandamiento de los tejidos, indicando la maduración de la guayaba (Laguado, 1999). El color se relaciona de manera conjunta con el estado de madurez debido a que es un indicador del estado de madurez de la fruta y con otras variables de calidad, la luminosidad L^* del epicarpio de la guayaba se relaciona con el estado de madurez de la fruta (Amaya Cruz, 2014).

El porcentaje de ácido cítrico que presentó la guayaba en el ensayo fue 0.37%, en el que la norma de referencia NTE:INEN 1911 menciona que este es menor a 0.40%, ya que el ácido cítrico en esta fruta disminuye conforme la guayaba va madurando presentándose hasta en un 0.19%, por la hidrólisis y degradación de los carbohidratos poliméricos que son sustancias pécticas y hemicelulosa, aumentándose los azúcares en solución (Medina, 2003). Al disminuir el ácido cítrico se aumentan los grados brix, incidiendo en la firmeza del fruto haciéndola más blanda (Laguado, 1999).

La guayaba presentó una acidez iónica (pH) 4.32. Medina (2003), menciona que la guayaba es ligeramente ácida, para lo que en algunas frutas la concentración del ión hidrógeno y la variación del mismo se relaciona con los cambios que se producen durante la maduración del fruto, en la que se disminuye la acidez titulable y con eso la disminución de los iones hidrógeno.

4.2 Cuantificación de antioxidantes en guayaba escaldada y deshidratada

El rendimiento obtenido del despulpado fue del 64.20 % de piel y pulpa adherida, y la cuantificación de antioxidantes y fenoles de estas muestras se evidencian en la figura 16.

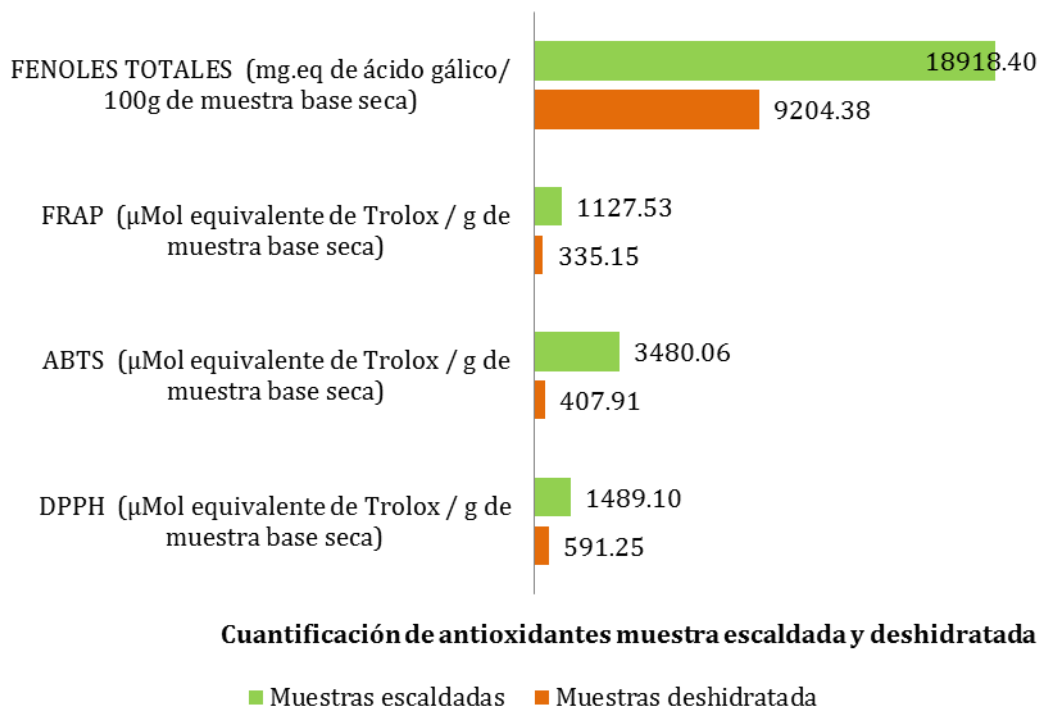


Figura 16. Cuantificación de antioxidantes muestra deshidratada y escaldada.

Elaboración. La Autora.

La gráfica 16, permite apreciar que el contenido de fenoles totales en la guayaba escaldada presenta una diferencia significativa con respecto a la muestra en polvo, esto se debe a que en el escaldado conserva los polifenoles y otros antioxidantes que contiene la fruta (Valero, 2012), debido a que esta fruta tiene un sistema enzimático capaz de utilizar como sustrato a los compuestos fenólicos como la polifenoloxidasas que se relaciona en forma directa con pardeamiento de la fruta (Arellano, 2005), en cambio la muestra en polvo tiene menor cantidad de fenoles por el pardeamiento no enzimático ya que esta intervienen tres mecanismos como son la reacción de Maillard (condensación de melanoidina), caramelización y deterioro del ácido ascórbico (Manayay, 2010).

En la cuantificación de antioxidantes por los métodos FRAP, DPPH y ABTS que se muestra en la figura 16 entre la guayaba escaldada y la deshidratada se evidencia que las muestras escaldadas tienen mayor cantidad de antioxidantes con respecto a las deshidratadas, debido a que este procedimiento de conservación es responsable del aumento o disminución de antioxidantes ya que dependen de factores como la estructura química del fruto o el potencial oxido reducción (Mendoza-Corvis, 2015). En las muestras deshidratadas sucede lo mismo debido a que la temperatura que fue sometida la muestra, esta pudo ser beneficiosa debido a que elimina la posibilidad por daño microbiano reduciendo así la actividad enzimática, y perjudicial ya que afecta la

calidad del producto y pérdidas en componentes termolábiles y termosensibles que son responsable de las propiedades nutricionales de un alimento (Valero, 2012).

4.3 Cuantificación de antioxidantes en extractos de subproducto de guayaba

El rendimiento de la extracción del subproducto de guayaba pulpa más piel adherida luego de ser eliminado el solvente fue del 49.29%. La gráfica 17 expresa la cuantificación de antioxidantes expresado en base seca del extracto que se determinado por los diferentes métodos y la concentración de fenoles, Olivera Fox (2013) menciona que la extracción etanol/agua contienen una mayor cantidad de fenoles totales siendo estos 10.5 ± 2.6 mg eq.AG/g de muestra, debido a que el subproducto de guayaba presenta una mayor cantidad la quercetina y mircetina (Engleman, 2006), esto se debe a que la quercetina constituye ser un compuesto de naturaleza fenólica teniendo una acción protectora frente al daño oxidativo que produce el etanol (García Bacallao, 2001). De igual forma la quercetina y la mircetina inhiben la formación de aniones superóxido que se generan por el sistema xantina/xantina oxidasa (García Bacallao, 2001).

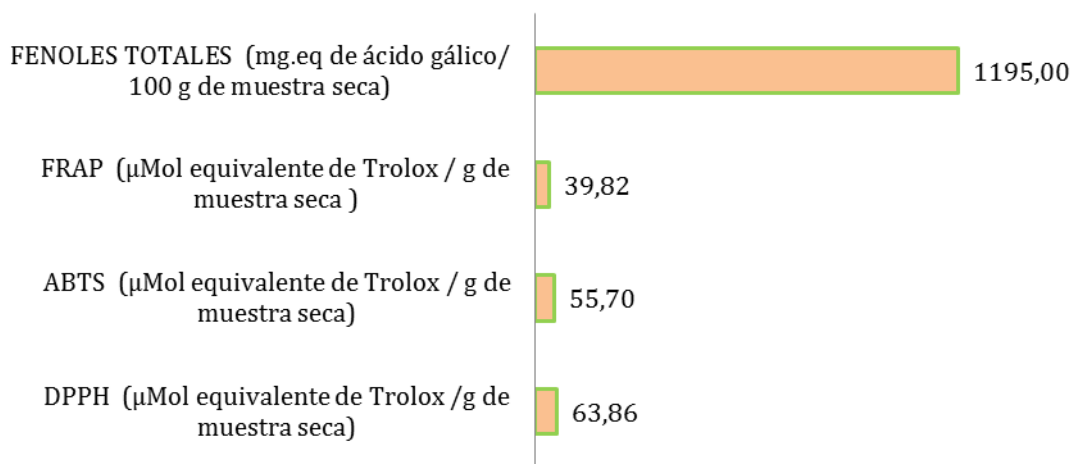


Figura 17. Cuantificación de antioxidantes en extractos expresados en base seca.

Elaboración. La Autora.

Un factor importante en la extracción es el uso de solvente ya que este tiene un gran significancia para la extracción de antioxidantes usándose con frecuencia etanol y acetona los cuales por su polaridad son considerados buenos solventes en la extracción de antioxidantes (Lu & Foo, 1999)

En la cuantificación por método ABTS, este presenta una considerable capacidad de bloqueo de radicales libres, esto podría relacionarse en el aumento del contenido de

fenoles que captan los radicales libres (Restrepo-Sánchez, Narváez-Cuenca, & Restrepo-Sánchez, 2009). En algunas bibliografías mencionan que las extracciones realizadas con acetona permiten mejorar la extracción de fenoles de polaridad intermedia, en las que existe una disminución en el bloqueo de radicales libres DPPH, de igual forma que en lo anterior este va ligado a los fenoles, pudiéndose afirmar que el etanol es un solvente fuertemente captador de hidrogeno dado que trabaja en forma lenta y por poseer moléculas de gran tamaño se obtienen capacidades antioxidantes bajas (ZEA & Sanchez, 2012).

4.4 Cuantificación de antioxidantes en subproducto de guayaba atomizada

En la Tabla 3. se exponen los resultados de las pruebas de atomización de extractos de subproducto de guayaba.

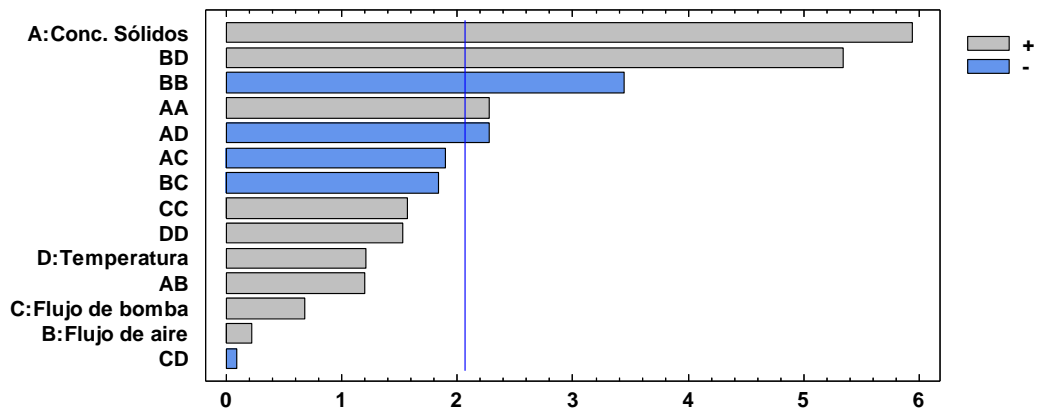
Tabla 3. Resultados de la cuantificación de antioxidantes y porcentaje de recuperación del subproducto de guayaba atomizado.

VARIABLES DE ATOMIZACIÓN						CUANTIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTES										
Temperatura	Flujo de aire	Flujo de bomba	Conc. Sólidos	Recuperación		DPPH			FENOLES TOTALES			ABTS		FRAP		
°C	% (mmh ⁻¹)	%	%	%	%	μM Trolox/g de atomizado			mg GAE/100 g de atomizado			μM Trolox/g de atomizado		μM Trolox/g de atomizado		
140	40	25	6	38.67	± 1.73	82.04	± 0.73	2544.15	± 0.57	92.93	± 0.95	288.54	± 0.19			
160	20	40	10	40.11	± 0.63	118.79	± 9.42	2632.65	± 0.99	133.43	± 18.99	215.31	± 0.13			
120	20	10	2	29.50	± 0.39	113.86	± 0.49	2595.85	± 9.20	108.03	± 1.11	241.22	± 0.00			
140	30	25	6	27.13	± 0.38	96.83	± 0.37	2571.05	± 0.71	108.03	± 1.11	202.58	± 0.00			
140	30	10	6	58.50	± 0.24	86.71	± 2.45	2593.95	± 9.30	77.72	± 14.87	197.40	± 0.39			
120	40	10	10	70.83	± 0.90	63.48	± 29.68	2592.85	± 1.56	117.65	± 21.99	218.54	± 0.26			
140	20	25	6	36.73	± 0.09	102.45	± 0.98	2568.45	± 2.12	95.50	± 19.14	226.95	± 0.19			
120	40	40	10	58.20	± 0.09	97.26	± 8.68	2581.75	± 0.57	98.08	± 6.64	227.95	± 0.64			
140	30	40	6	57.00	± 0.47	107.90	± 4.04	2574.75	± 9.33	81.85	± 10.28	297.45	± 1.16			
160	40	40	2	65.44	± 0.00	110.83	± 6.85	2576.35	± 8.49	81.52	± 3.48	243.95	± 0.45			
120	30	25	6	52.17	± 0.31	99.51	± 6.24	2569.25	± 1.56	81.52	± 3.48	299.54	± 0.13			
140	30	25	2	33.83	± 0.24	94.49	± 2.93	2596.75	± 1.13	135.89	± 22.15	220.72	± 0.58			
140	30	25	6	28.89	± 0.24	102.88	± 11.13	2583.05	± 7.50	111.80	± 11.81	237.35	± 0.45			
160	40	10	2	61.78	± 0.16	109.37	± 11.37	2588.25	± 1.56	80.96	± 0.79	243.35	± 0.19			
160	20	10	10	36.97	± 0.31	104.96	± 11.62	2568.35	± 0.85	93.38	± 0.00	193.04	± 1.22			
160	30	25	6	50.47	± 0.05	89.05	± 0.86	2570.45	± 2.12	79.28	± 14.56	186.54	± 0.00			
120	20	40	2	87.33	± 0.47	89.22	± 29.68	2572.05	± 0.14	102.66	± 0.47	243.67	± 0.39			
140	30	25	10	63.00	± 0.09	94.06	± 0.86	2584.95	± 0.85	73.91	± 0.32	217.49	± 0.00			
140	30	25	6	44.67	± 0.47	88.27	± 0.73	2597.25	± 1.27	92.26	± 2.21	218.76	± 0.26			

Los valores se expresan como valor promedio de 2 muestras ; ± desviación estándar de la muestra y el duplicado respectivamente
Elaboración: La Autora.

4.4.1 Porcentaje de recuperación en atomizados del subproducto de guayaba.

En la tabla 3 muestra el porcentaje de recuperación para cada una de las corridas que se experimentaron del extracto inicial sometido a atomización, la figura 18 muestra el diagrama de Pareto que indica que la variable concentración de sólidos totales tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de recuperación, al igual que la interacción flujo de aire-temperatura, flujo de aire-flujo de aire, concentración de sólidos-concentración de sólidos, concentración de sólidos-temperatura de entrada las cuales también presentan un efecto significativo.



El color gris presenta que a mayor cantidad de concentración de sólidos totales, mayor es el porcentaje de recuperación, mientras que el color azul representa que a menor flujo de aire –temperatura, concentración de sólidos-concentración de sólido mayor es el porcentaje de recuperación.

Figura 18. Grafica de Pareto del porcentaje de recuperación

A continuación, se visualiza en la figura 19 de contornos que provee una vista bidimensional de la superficie con una misma respuesta, siendo en este caso el porcentaje de recuperación.

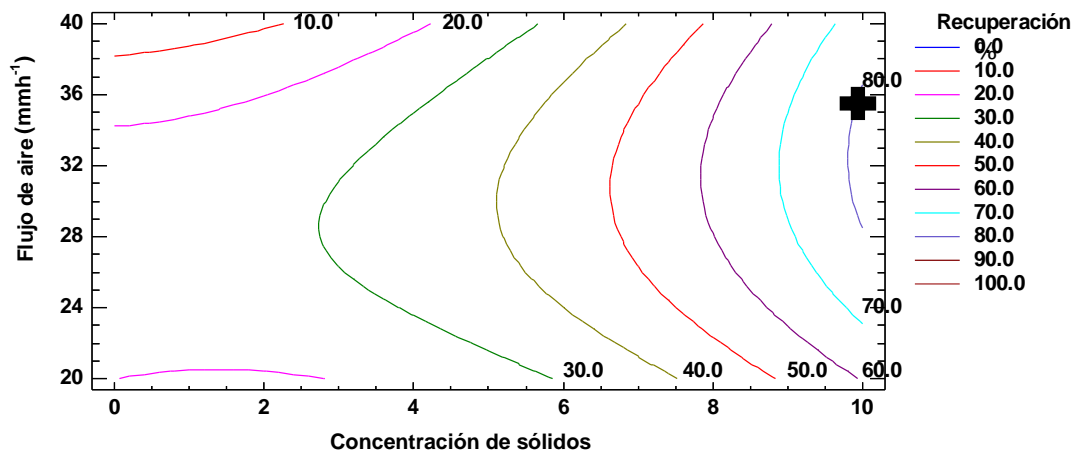


Figura 19. Gráfica de contornos del porcentaje de recuperación a una Temperatura entrada de 140°C, 25% flujo de bomba

La figura 19 permite evidenciar la ubicación del punto óptimo del subproducto de guayaba atomizado en la que se obtendrá un rendimiento considerable a 140 grados centígrados de temperatura de entrada, flujo de bomba del 25 por ciento, flujo de aire 40 milímetros de altura y concentración de sólidos del 10 por ciento.

Para obtener un rendimiento considerable la temperatura de entrada es un factor importante ya que si se disminuye permitirá aumentar el rendimiento, por el contrario al aumentar provocará adherencia de los polvos en la cámara de secado reduciendo la recolección de polvos y por ende disminución del rendimiento (Olivera Fox, 2013). Obón (2009), resalta que con temperaturas bajas el comportamiento gomoso y pegajoso de las partículas disminuye.

En estudios previos sobre esta tecnología algunos autores como Goula (2010), mencionan que la recuperación de productos con una cantidad considerable en azúcares secados por atomización se ve afectada por las altas temperaturas produciéndose cambios en la estructura de la muestra, en el estado termoplástico del polímero y la recolección en la pared del secador aumenta, aun cuando las altas temperaturas aumentan la velocidad de secado reduciendo el tiempo de operación.

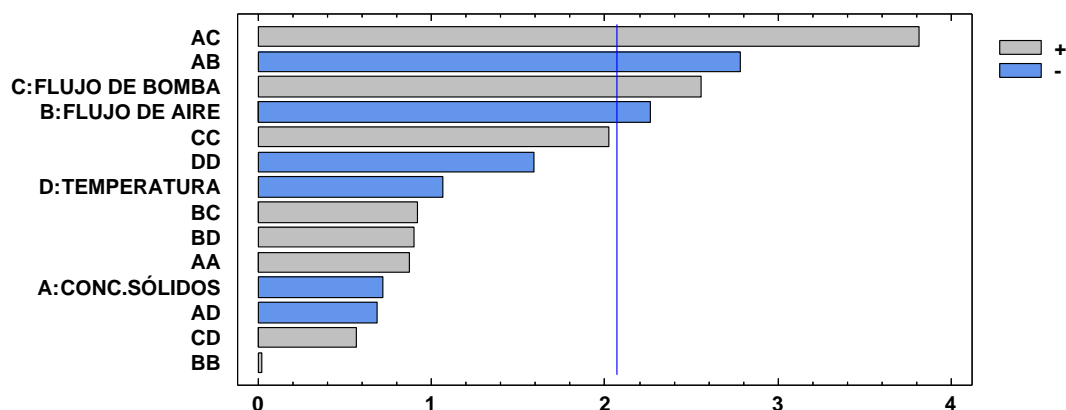
En la tabla 4 se puede evidenciar que los rendimientos obtenidos fueron menores al 100%, esto se atribuye a que el producto quedó adherido en las paredes de la cámara de secado y del ciclón dificultando su recolección produciendo pérdida de muestra obteniendo como el rendimiento más alto del 87.33%.

4.4.2 Cuantificación de antioxidantes del subproducto de guayaba atomizado

- Cuantificación antioxidantes método DPPH

La figura 20 muestra la gráfica de Pareto para la cuantificación de antioxidantes por DPPH, en la que se indica que el flujo de bomba y el flujo de aire tiene un efecto significativo, de igual forma la interacción de la concentración de sólidos -flujo de aire, concentración de sólidos-flujo de bomba.

Diagrama de Pareto Estandarizada para DPPH



El color gris muestra que a mayor flujo de bomba mayor extracción de antioxidantes, el color azul representa que a menor flujo de aire mayor extracción de antioxidantes.

Figura 20. Gráfica de Pareto para la cuantificación por DPPH

Seguidamente se muestra la figura 21 de contornos de la superficie de respuesta se evidencia que el punto óptimo en el que se obtuvo una cuantificación de 143 $\mu\text{Mol eq trolox/g}$ de atomizado es a una concentración de sólidos del 10 por ciento, temperatura de entrada de 120 grados centígrados, flujo de bomba 40 por ciento y flujo de aire 20 milímetros de altura

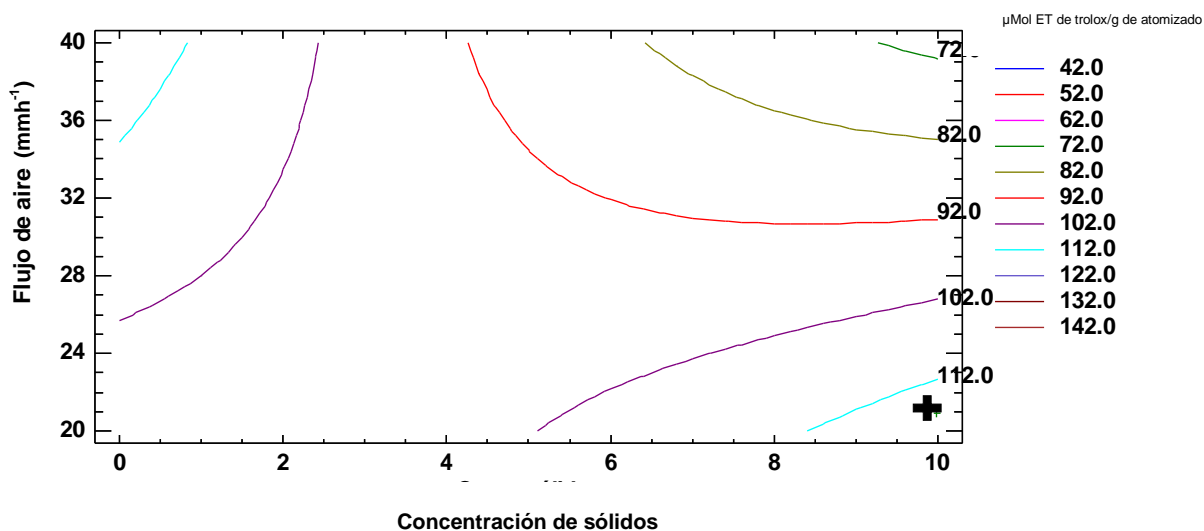


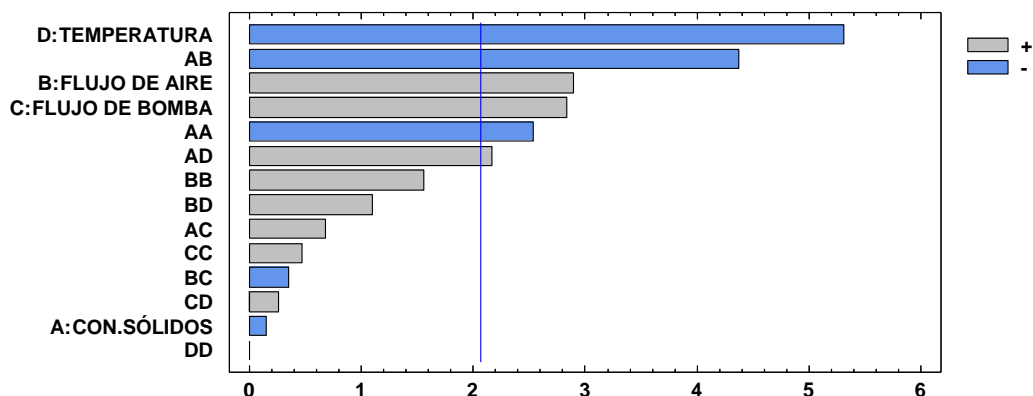
Figura 21. Gráfica de Contornos de la cuantificación por DPPH a una Temperatura de entrada 120°C, 40%Flujo de bomba

En este caso la cuantificación por el método DPPH demuestra que las variables sometidas a estudio se relacionan con la cuantificación de antioxidantes, ya que el DPPH se basa en parámetros cinéticos, expresándose en unidades diferentes en los que considera los gramos

de muestra que son necesarias para captar un gramo de dicho radical, debido a que cuando más antioxidantes tenga una muestra menor será su valor EC_{50} .

- Cuantificación antioxidantes método FRAP

La figura 22 de la gráfica de Pareto en este caso indica que las variables temperatura de entrada, el flujo de aire y flujo de bomba tienen un efecto estadísticamente significativo y la interacción concentración de sólidos-flujo de aire también tienen un efecto significativo.



El color gris representa que a mayor flujo de aire y flujo de bomba, mayor extracción de antioxidantes, mientras que el color azul representa que a menor temperatura de entrada y la interacción concentración sólidos- flujo de aire, concentración sólidos-concentración sólidos mayor extracción de antioxidantes.

Figura 22. Gráfica de Pareto de la cuantificación por FRAP

En la figura 23. se presenta la gráfica de contornos en la que se evidencia el valor óptimo para obtener una cuantificación de 297 $\mu\text{Mol eq. trolox/g}$ de atomizado por este método es a una concentración de sólidos del 2 por ciento, temperatura de entrada de 160 grados centígrados, flujo de bomba 40 por ciento y flujo de aire 40 milímetros de altura.

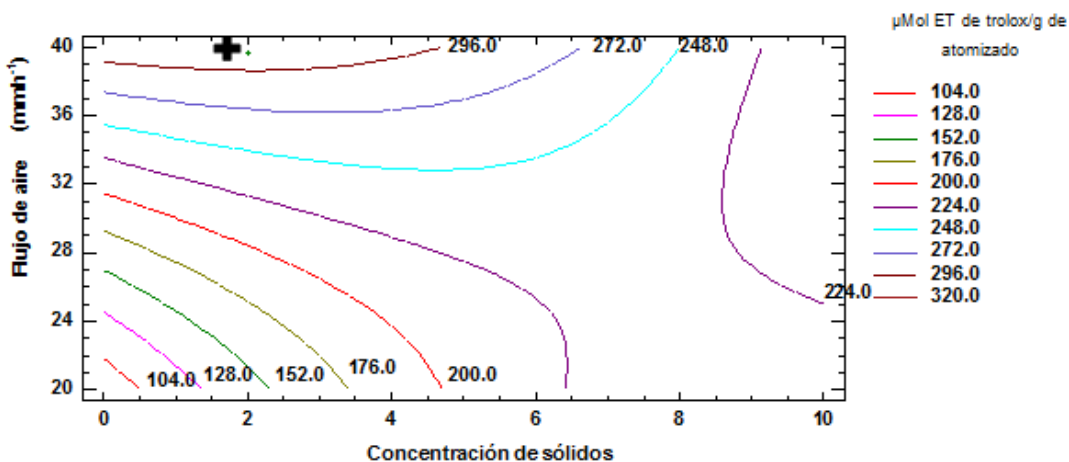
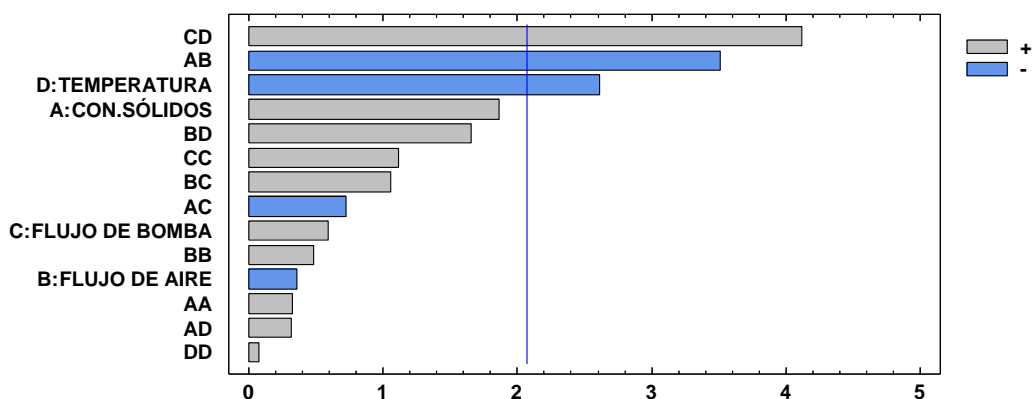


Figura 23. Gráfica de Contornos de la cuantificación por FRAP, Temperatura de entrada de 160°C, 40% de flujo de bomba

- Cuantificación antioxidantes método ABTS

La figura 24 de la gráfica de Pareto indica que la variable temperatura de entrada y la interacción concentración de sólidos-flujo de aire, y la interacción flujo de bomba-temperatura tienen un efecto estadísticamente significativo.



El color gris representa que a mayor flujo de bomba-temperatura de entrada mayor extracción de antioxidantes, mientras que el color azul representa que a menor temperatura de entrada mayor extracción de antioxidantes.

Figura 24. Gráfica de Pareto para la cuantificación por ABTS

La figura 25 de contornos muestra que el punto óptimas en las que se obtendrá 158 $\mu\text{Mol eq Trolox/g}$ de atomizado por este método a una temperatura de entrada de 120 grados centígrados, flujo de aire 20 milímetros de altura, flujo de bomba del 40 por ciento y concentración de sólidos 10 por ciento.

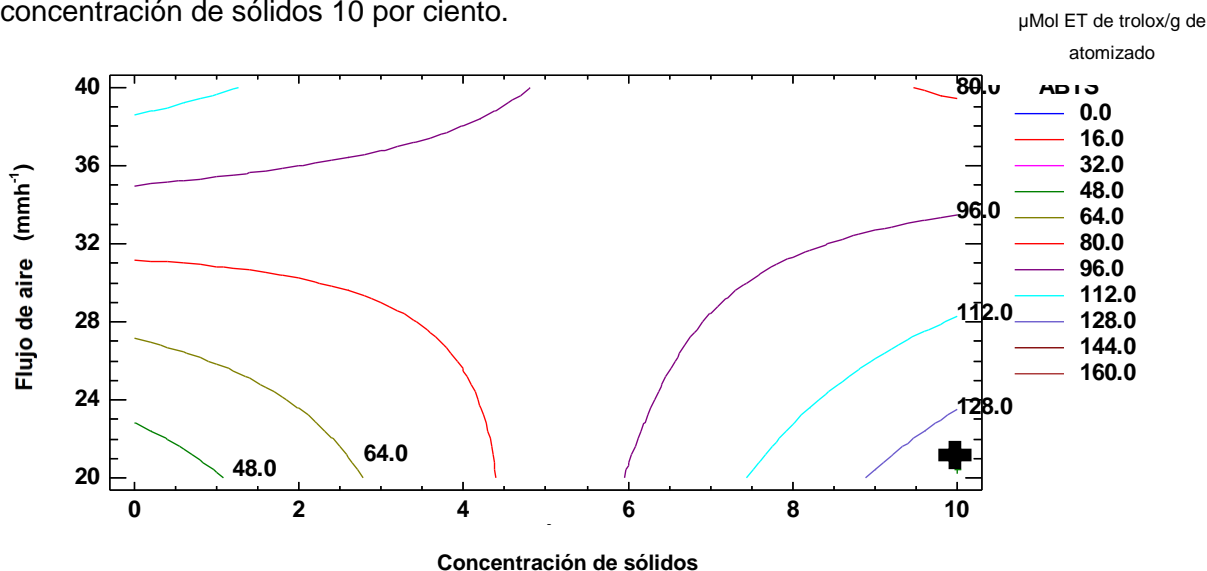
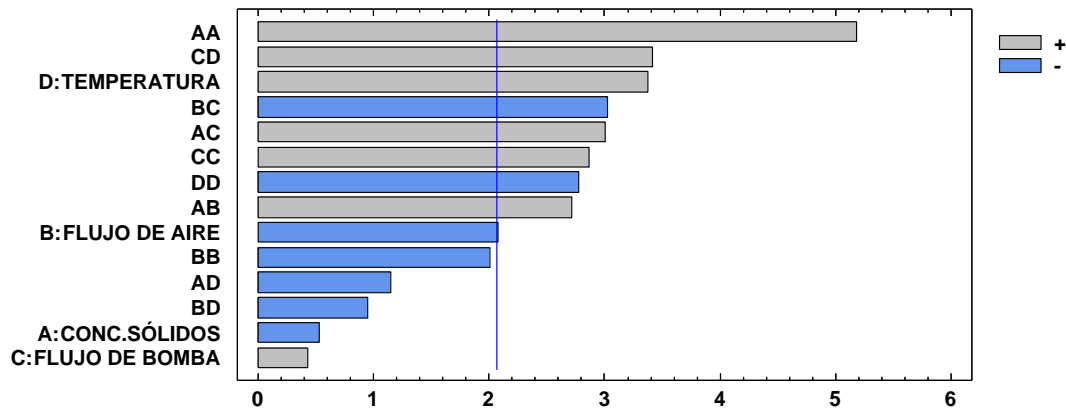


Figura 25. Gráfica de Contornos de la cuantificación de antioxidantes por ABTS

- Fenoles totales

La figura 26 de la gráfica de Pareto muestra que las variables temperatura de entrada y flujo de aire tienen un efecto estadísticamente significativo. También se puede observar que la interacción concentración sólido- concentración sólido y flujo de bomba- temperatura presentan influencia significativa



El color gris significa que a mayor cantidad de temperatura y flujo de bomba muestra una mayor extracción de fenoles totales. El color azul significa que a menor cantidad de flujo de aire y en concentración de sólidos mayor extracción de fenoles totales.

Figura 26. Gráfica de Pareto para fenoles totales

La figura 27 evidencia que el punto óptimo para obtener una concentración de 2667 mg GAE/100 g atomizado es a un flujo de aire 20 milímetros de altura y concentración de sólidos del 2 por ciento.

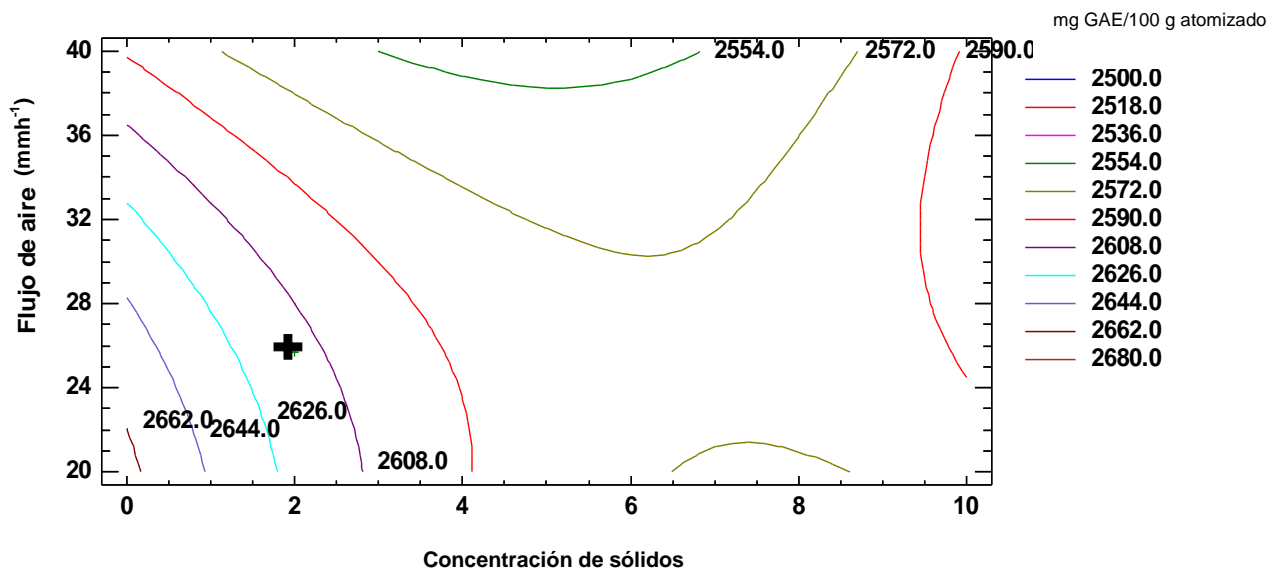


Figura 27. Gráfica de Contornos de fenoles totales con una temperatura de entrada de 160 °C, flujo de bomba del 40 %

La cantidad de antioxidantes por DPPH, ABTS Y FRAP son diferentes debido a que los compuestos polifenólicos que posee la fruta presentan cambios químicos, esto se puede dar por el rompimiento del enlace carbono - oxígeno provocando la pérdida de grupos Hidroxilos que son responsables de las propiedades antioxidantes (Duthie, Gardner, & Kyle, 2003). En bibliografía se menciona que los subproductos poseen un alto contenido de flavonoides entre otros metabolitos antioxidantes (Rojano, Zapata Acosta, & Cortes Correa, 2012) los que se caracterizan por tener en sus enlaces carbono-carbono, carbono-hidrógeno y carbono -oxígeno, los que necesitan 347, 415 y 352 Kcal/mol, de energía necesaria para su rompimiento, esto pudo haber sido un factor que influyó en la cuantificación de antioxidantes por la variabilidad de temperatura que se usó.

4.4.3 Determinación de condiciones óptimas

La tabla 4 muestra la comparación de los valores óptimos para cada variable respuesta, además a manera de comparación se muestran los valores calculados para cada respuesta en función de los parámetros óptimos de las demás respuestas, es decir en cada caso se realizó la sustitución de las condiciones óptimas teóricas en las ecuaciones del modelado para cada uno de los métodos, esto permitió evaluar el porcentaje de variación en la búsqueda de una sola combinación de condiciones óptimas. Las ecuaciones se muestran en el Anexo N.

Tabla 4. Valores óptimos (*) y porcentaje de variación.

Valores óptimos	% Recuperación		Fenoles totales		ABTS		DPPH		FRAP	
	mg GAE/100 g atomizado.	% de variación	μMol eq Trolox /g de atomizado	% de variación	μMol eq Trolox /g de atomizado	% de variación	μMol eq Trolox /g de atomizado	% de variación	μMol eq Trolox /g de atomizado.	% de variación
Fenoles Totales	70.98	15.61	2667.05*	0	144.89	9.44	112.53	27.42	166.95	76.72
ABTS	102.26	19.8	2571.05	3.37	158.58*	0	104.20	37.61	211.31	39.62
DPPH	107.26	22	2571.05	3.73	143.39	10.59	143.39*	0	231.31	27.54
FRAP	66.41	23.56	2577.15	3.37	311.31	49.10	109.38	31	295.03*	0
Recuperación	82.06*	0	2577.40	3.47	72.37	119	82.77	73	178.71	65.07

Elaboración. La autora

En la tabla 4. se muestra que en fenoles totales existe una menor variación del porcentaje con respecto al valor óptimo (ABTS 3.37%, DPPH 3.73% , FRAP 3.37% y recuperación

3.47%), por lo tanto siendo la condición más óptimas a una temperatura de entrada 160°C, flujo de bomba del 40%, flujo de aire del 20% y concentración de sólidos 2%.

CONCLUSIONES

Al haber realizado la culminación de trabajo se presenta las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo ingredientes bioactivos por medio de la tecnología de atomización.
- La cuantificación de antioxidantes en los extractos del subproducto de guayaba por los tres métodos DPPH se obtuvo 68.86 $\mu\text{Mol eq. de trolox/g}$ de muestra en base seca, FRAP se obtuvo 39.82 $\mu\text{Mol eq. de trolox/g}$ de muestra en base seca, ABTS 55.70 $\mu\text{Mol eq. de trolox/g}$ de muestra en base seca y Fenoles Totales 1195 mg GAE /100 g de muestra, mostraron una diferencia debido a que cada método cuantifica de forma diferente.
- Las condiciones óptimas para la cuantificación de los polvos atomizados para el % de recuperación se obtuvo 81 % a 140 °C de temperatura de entrada, flujo de bomba del 25 %, flujo de aire 40 mm de altura y concentración de sólidos del 10%, en la cuantificación por ABTS 158 $\mu\text{Mol eq Trolox/g}$ de atomizado a una temperatura de entrada de 120 °C, flujo de aire 20 mm de altura, flujo de bomba del 40 % y concentración de sólidos 10 %, en DPPH 143 $\mu\text{Mol eq trolox/g}$ de atomizado a una concentración de sólidos del 10 %, temperatura de entrada de 120 °C, flujo de bomba 40 % y flujo de aire 20 mm de altura y FRAP 297 $\mu\text{Mol eq. trolox/g}$ de atomizado a una concentración de sólidos del 2 %, temperatura de entrada de 160 °C, flujo de bomba 40 % y flujo de aire 40 mm de altura, mientras que en fenoles totales se obtuvo 2667 mg GAE /100 g de atomizado, a 160 °C temperatura de entrada, con 40% flujo de bomba, 20 mm de altura flujo de aire, con el 2 % concentración de sólidos.
- Las condiciones óptimas de extracción determinada por los cuatro métodos en base a las ecuaciones de diseño fueron a una temperatura de entrada de 160°C, con el 20% de flujo de aire, el 40% de flujo de bomba y con el 2% en concentración de sólidos totales.
- En la determinación de las condiciones óptimas se determinó que en fenoles totales existe una menor pérdida con respecto a cada método.

RECOMENDACIONES

Al finalizar este trabajo investigativo se recomienda:

- Para investigaciones futuras se recomienda realizar un estudio por HPLC de los polvos atomizados que servirá para aislar macromoléculas, productos naturales lábiles, y otros grupos polifuncionales de alto peso molecular.
- Incorporar los polvos obtenidos en alimentos.
- Estudiar la estabilidad de los polvos atomizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J, Nueva, L, Amaro, D, & Álvarez, J. (2008). Estudio del Proceso de Lixiviación de la Corteza Vegetal de *Mangifera indica* L. *Lat. Am. J. Pharm*, 28, 27-31.
- Almeida, Maria Mozarina Beserra, de Sousa, Paulo Henrique Machado, Arriaga, Ângela Martha Campos, do Prado, Giovana Matias, de Carvalho Magalhães, Carlos Emanuel, Maia, Geraldo Arraes, & de Lemos, Telma Leda Gomes. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155-2159.
- Amaya Cruz, Diana María. (2014). Efecto antiobesogénico de subproductos agroindustriales provenientes de la elaboración de jugos. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Antolovich, Michael, Prenzler, Paul, Robards, Kevin, & Ryan, Danielle. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst*, 125(5), 989-1009.
- Antonio Yam Tzec, José, Villaseñor Perea, Carlos Alberto, Romantchik Kriuchkova, Eugenio, Soto Escobar, Martín, & Peña Peralta, Miguel Ángel. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 74-82.
- Arellano-Gómez, Luis A, Veloz, C Saucedo, & Galarza, ML Arévalo. (2005). Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración de frutos de zapote negro (*Diospyros digyna* Jacq.). *Agrociencia*, 39(2), 173-181.
- Arnao, Marino B, Cano, Antonio, & Acosta, Manuel. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239-244.
- Arrazola, Guillermo, Herazo, Irina, & Alvis, Armando. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información tecnológica*, 25(3), 31-42.
- Arslan, D, & Özcan, MM. (2011). Phenolic profile and antioxidant activity of olive fruits of the Turkish variety "Sariulak" from different locations. *grasas y aceites*, 62(4), 453-461.
- Barrazueta, Flor de Maria Nunez. (2005). *Fruit phytochemical antioxidant properties and overall quality as influenced photarves treatments*. Food Sciencence and Human Nutrition. University of Florida.
- Benites Vílchez, Julio, López Vivar, José, Kusch Fuschlocher, Francisca, Gajardo Solari, Sandra, Jorquera Arancibia, Graciela, Salazar Rodríguez, Gabriela, & Rojas Arredondo, Mauricio. (2010). Actividad antioxidante, antibacteriana y analgésica de extractos de *Mangifera indica* L. *BIOFARBO*, 10.

- Benzie, Iris FF, & Strain, JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Boland, FE. (1998). AOAC official method 934.06. Moisture in dried fruits. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th Edn, 4th revision, 2, 4.
- Brand-Williams, W_, Cuvelier, ME, & Berset, CLWT. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Brito, B, Vaillant, F, Espín, S, Lara, N, Valarezo, O, Rodríguez, M, Pontón, B. (2003). Aplicación de nuevas tecnologías agroindustriales para el tratamiento de frutas tropicales y andinas para exportación. Informe final del Proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-077, Quito-Ecuador, 20.
- Cabanes Vicedo, Tania. (2014). Incidencia de la adición de solutos de alto peso molecular en la calidad de fresa en polvo obtenida por atomización. Universidad Politécnica de Valencia.
- Castañeta, Heriberto, Gemio, Rómulo, Yapu, Waldo, & Nogales, Jorge. (2011). Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas. *Revista Boliviana de Química*, 28(2), 135-140.
- Contreras-Calderón, José, Calderón-Jaimes, Lilia, Guerra-Hernández, Eduardo, & García-Villanova, Belén. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food research international*, 44(7), 2047-2053.
- Crops, horticultural. (2015). *postharvest biology and technology of horticultural crops*.
- Dutta, Sarmistha, & Das, Swarnamoni. (2010). A study of the anti-inflammatory effect of the leaves of *Psidium guajava* Linn. on experimental animal models. *Pharmacognosy research*, 2(5), 313.
- Egas Astudillo, Luis Alberto, Camacho Vidal, Marha del Mar, & González Zamora, Freddy. (2014). Optimización del proceso de atomización de toronja. Influencia de la temperatura y de la adición de diferentes solutos de alto peso molecular. Universidad Politécnica de Valencia.
- Engleman, Mark, González-Hernández, Víctor A, Hernández, Marcos Soto, Garza, Ángel Martínez, & Alvarez, Dolores Vargas. (2006). Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba ("*psidium guajava* l."). *Agrociencia*, 40(1), 109-115.
- Espinal, Mauricio, Olaya, Julio Restrepo, & Patricia Parada, Fabián Silva. (2010). La guayaba, fuente de fenoles con actividad antioxidante. Universidad Nacional de Colombia.
- Espinal Ruiz, Mauricio. Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba Palmira ICA I (*Psidium guajava*)/Antioxidant capacity and softening of guava fruit Palmira ICA I (*Psidium guajava*). Universidad Nacional de Colombia.

- Espinel, M. (2010). Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba palmira ICA I (*Psidium guajava*). Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ciencias Químicas. Bogotá.
- Filipovich, Rosario Hidalgo, Ugarte, Magaly Gómez, Cruz, David Ángel Escalera, & Díaz, Est Stefany Quisber.(2015).Beneficios de la guayaba para la salud. Revista Salud, 25(10),27-32
- García Bacallao, Lourdes, Vicente García Gómez, Luis, Rojo Domínguez, Delia Mercedes, & Sánchez García, Elsa. (2001). Plantas con propiedades antioxidantes. Revista cubana de investigaciones biomédicas, 20(3), 231-235.
- García Cruz, Elena Evelia. (2011). Optimización del secado por aspersion de mucílago de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en función de sus propiedades reológicas. Instituto Politécnico Nacional.
- Garmendia, Gabriela, & Méndez, Silvana Vero. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros(197), 18-27.
- Giovannoni, Jim. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. Annual review of plant biology, 52(1), 725-749.
- Goula, Athanasia M, & Adamopoulos, Konstantinos G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(2), 342-351.
- Gutiérrez, Rosa Martha Pérez, Mitchell, Sylvia, & Solis, Rosario Vargas. (2008). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. Journal of ethnopharmacology, 117(1), 1-27.
- Guzmán Gil, Sandra Patricia, & Castaño Castrillón, José Jaime. (2002). Secado por atomización del jugo de la caña de azúcar. Cenicafé (Colombia).(53(4), 327-333.
- Hassimotto, Neuza Mariko Aymoto, Genovese, Maria Inés, & Lajolo, Franco Maria. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(8), 2928-2935.
- Jiménez-Escrig, Antonio, Rincón, Mariela, Pulido, Raquel, & Saura-Calixto, Fulgencio. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava L.*) as a new source of antioxidant dietary fiber. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(11), 5489-5493.
- Juan Carlos, Montes Ballesteros, & José Lisandro, Castaño Cano. (2014). Estudio integral de psidium guajava en un sistema silvopastoril en el Municipio de Turbo Antioquia.
- Kong, Kin - Weng, Ismail, Abdul Razak, Tan, Seok - Tyug, Prasad, Nagendra, Murthy, Krishna, & Ismail, Amin. (2010). Response surface optimisation for the extraction of phenolics and flavonoids from a pink guava puree industrial by - product. International journal of food science & technology, 45(8), 1739-1745.

- Kuskoski, E Marta, Asuero, Agustín G, Troncoso, Ana M, Mancini-Filho, Jorge, & Fett, Roseane. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology (Campinas)*, 25(4), 726-732.
- Laguado, N, Pérez, E, Alvarado, C, & Marín, M. (1999). Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 16(4).
- Larrauri, JA, Cerezal, P, Batista, AR, & López, BA. (1994). Caracterización de residuos de tomate, pimiento y guayaba. *Alimentaria*. 81-85. Recuperado://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=ES19940113785
- Lim, YY, Lim, TT, & Tee, JJ. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food chemistry*, 103(3), 1003-1008.
- López, B. (2008). Caracterización de las variedades de la guayaba (*Psidium guajava*) cultivadas en El Ecuador. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería en Industrialización de Alimentos. UTE. Quito, Ecuador.
- Lozano Berna, Miguel. (2009). Obtención de mircapsulados funcionales de zumo de " *Opuntia stricta*" mediante secado por atomización. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Luján Olivares, Georgina. (2013). Optimización de las Condiciones de Atomización de pulpa de pomelo. Universidad Politécnica de Valencia.
- MADR, Agronet. (2010). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.
- Mahattanatawee, Kanjana, Manthey, John A, Luzio, Gary, Talcott, Stephen T, Goodner, Kevin, & Baldwin, Elizabeth A. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(19), 7355-7363.
- Manayay, Damian, & Ribas, Albert Ibarz. (2010). Modelamiento de la cinética de reacciones del pardeamiento no enzimático y el comportamiento reológico, en el proceso térmico de jugos y pulpas de fruta. *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 155-168.
- Marquina, V, Araujo, L, Ruíz, J, Rodríguez-Malaver, A, & Vit, P. (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 98-102.
- Martínez, Ruth, Torres, Paulina, Meneses, Miguel A, Figueroa, Jorge G, Pérez-Álvarez, José A, & Viuda-Martos, Manuel. (2012). Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520-1526.
- Masters, Keith. (1972). Spray drying.
- Meyer, M. R., & Paltrinieri, G. (1989). Elaboración de frutas y hortalizas. Agris.org
- Medina, M, & Pagano, F. (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1).

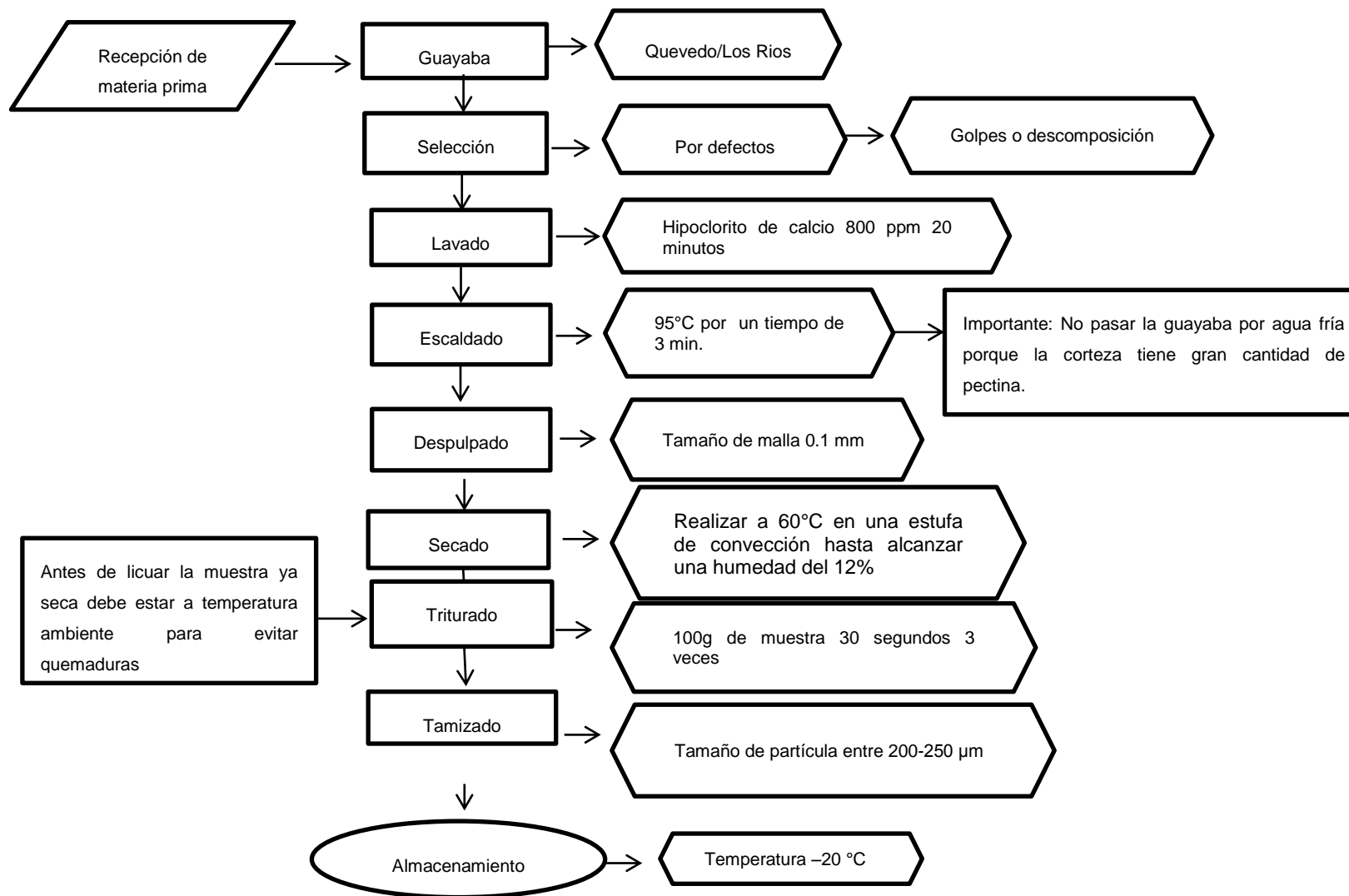
- Mertz, Christian, Gancel, Anne-Laure, Gunata, Ziya, Alter, Pascaline, Dhuique-Mayer, Claudie, Vaillant, Fabrice, . . . Brat, Pierre. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 381-387.
- Molyneux, Philip. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol*, 26(2), 211-219.
- Mujumdar, Arun S. (2014). *Handbook of industrial drying*: CRC Press.
- Musa, Khalid Hamid, Abdullah, Aminah, Jusoh, Khairiah, & Subramaniam, Vimala. (2011). Antioxidant activity of pink-flesh guava (*Psidium guajava L.*): effect of extraction techniques and solvents. *Food Analytical Methods*, 4(1), 100-107.
- Obón, JM, Castellar, MR, Alacid, M, & Fernández-López, JA. (2009). Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 471-479.
- Olivera Fox, Eugenia María. (2013). Evaluación de subproducto obtenido en la elaboración de jugos de mango y guayaba como fuente de fibra antioxidante. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Peñaloza, Jeanine Kathleen, & Rojano, Benjamin Alberto. (2014). Potenciación de la capacidad antioxidante mediante interacción sinérgica entre bioactivos de frutas nativas colombianas. *Alimentos Hoy*, 22(33), 3-25.
- Pérez-Jiménez, Jara, & Saura-Calixto, Fulgencio. (2006). Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Research International*, 39(7), 791-800.
- Pérez-Jiménez, Jara, & Saura-Calixto, Fulgencio. (2007). Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. Paper presented at the Proceedings of the 5th Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena, Murcia, España. Recuperado: [//horticom.com/pd/imagenes/71/429/71429](http://horticom.com/pd/imagenes/71/429/71429).
- Prasad, K Nagendra, Hassan, Fouad Abdulrahman, Yang, Bao, Kong, Kin Weng, Ramanan, Ramakrishnan Nagasundara, Azlan, Azrina, & Ismail, Amin. (2011). Response surface optimisation for the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities of underutilised *Mangifera pajang* Kosterm. peels. *Food Chemistry*, 128(4), 1121-1127.
- Prior, Ronald L, Wu, Xianli, & Schaich, Karen. (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.
- Quek, Siew Young, Chok, Ngan King, & Swedlund, Peter. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.

- Ramírez, Alejandra, & de Delahaye, E Pacheco. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 36(1), 71-75.
- Restrepo-Sánchez, Diana-Chavely, Narváez-Cuenca, Carlos-Eduardo, & Restrepo-Sánchez, Luz-Patricia. (2009). Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Quim. Nova*, 32(6), 1517-1522.
- Rodríguez, JL, Ventosa, M, & Zerqueira, Olga Lidia. (2008). Determinación de los principales carotenoides de la guayaba (*Psidium guajava L.*).
- Rojas, D, Narváez, E, & Restrepo, L. (2008). Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava L.*) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Memorias red-alfa lagrotech comunidad europea. Recuperado el, 11.
- Rueda, Flor de Maria Nunez. (2005). Guava (*Psidium guajava L.*) fruit phytochemicals, antioxidant properties and overall quality as influenced by postharvest treatments. University of Florida.
- Salinas-Hernández, R. M., González-Aguilar, G. A., & Tiznado-Hernández, M. E. (2015). Utilization of physicochemical variables developed from changes in sensory attributes and consumer acceptability to predict the shelf life of fresh-cut mango fruit. *Journal of food science and technology*, 52(1), 63-77.
- Schieber, Andreas, Berardini, Nicolai, & Carle, Reinhold. (2003). Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica L. Cv. "Tommy Atkins"*) peels by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(17), 5006-5011.
- Serna, Fabiola, Barrera, Luis, & Montiel, Héctor. (2011). Impacto Social y Económico en el uso de Biocombustibles. *Journal of technology management & innovation*, 6(1), 100-114.
- Malgarejo, Luz Marina. (2010). Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. Universidad Nacional de Colombia.
- Solarte Quintero, Andrés Fernando. Caracterización morfológica, molecular y patogénica de *Pestalotiopsis sp.* Agente causante de la enfermedad del clavo en la guayaba (*Psidium guajava*) y evaluación *in-vitro* de biofungicidas. Universidad Nacional de Colombia.
- Steven, Nagy. (1980). Tropical and subtropical fruit: composition, properties, and uses. 570. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris>
- Thaipong, Kriengsak, Boonprakob, Unaroj, Crosby, Kevin, Cisneros-Zevallos, Luis, & Byrne, David Hawkins. (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), 669-675.

- Thongsombat, Woranong, Sirichote, Anchalee, & Chanthachum, Suganya. (2007). The production of guava juice fortified with dietary fiber. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 29, 187-196.
- Valencia, José Concha, Pérez, Américo Guevara, Vargas, Miguel Araujo, & Molina, Lima Perú. (2002). Obtención de polvo de papaya de monte (*Carica Pubescens*) por atomización. *Revista INGENIERÍA UC*, 9(1).
- Valero, Yolmar, Colina, Jhoana, & Ineichen, Emilio. (2012). Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus domestica*). *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 62(4), 363.
- Young, SL, Sarda, X, & Rosenberg, M. (1993). Microencapsulating properties of whey proteins. 2. Combination of whey proteins with carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 2878-2885.

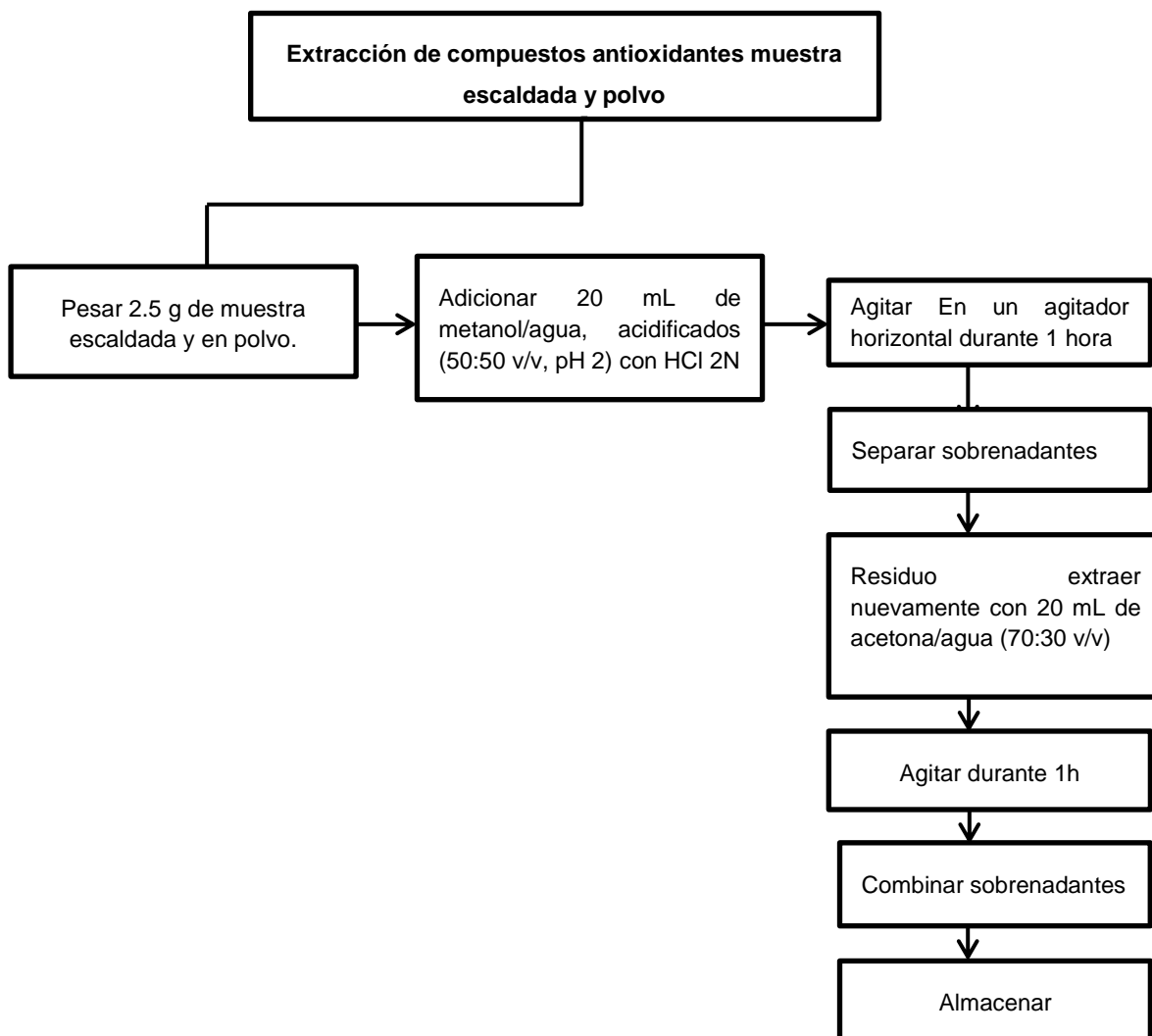
ANEXOS

ANEXO A. Procesamiento de la guayaba



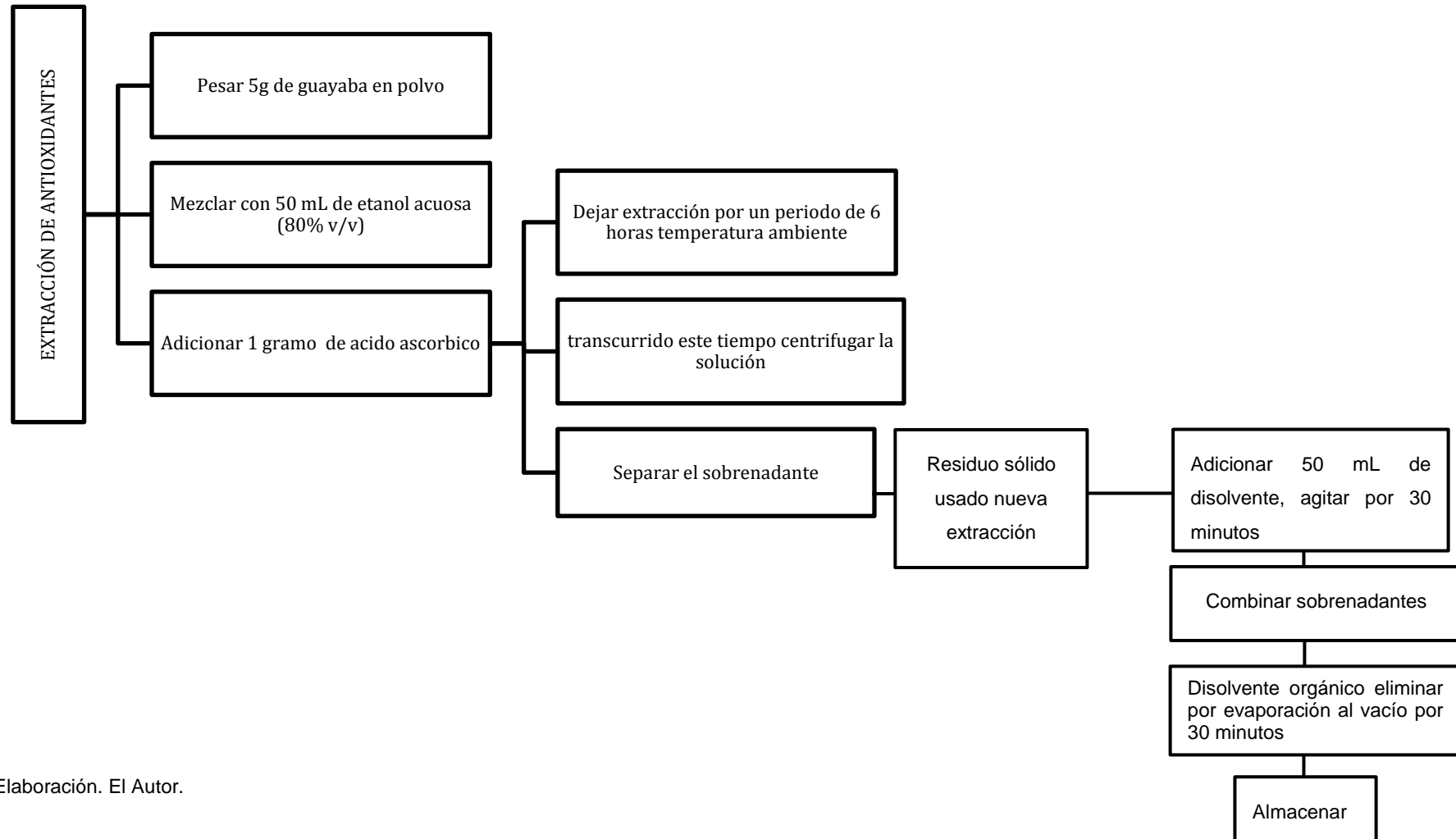
Elaboración. El autor

ANEXO B. Extracción de compuestos antioxidantes muestra escaldada y polvo



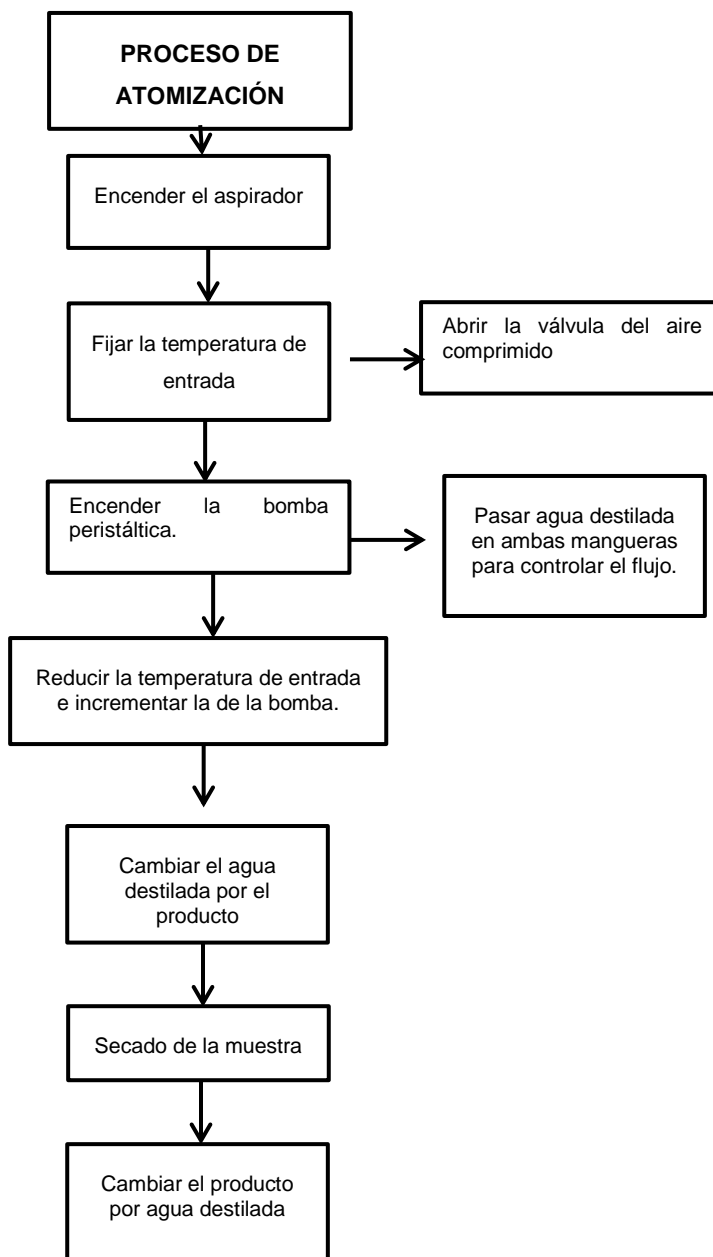
Elaboración. El Autor.

ANEXO C. Procedimiento para la extracción antioxidante de extractos sometidos atomización



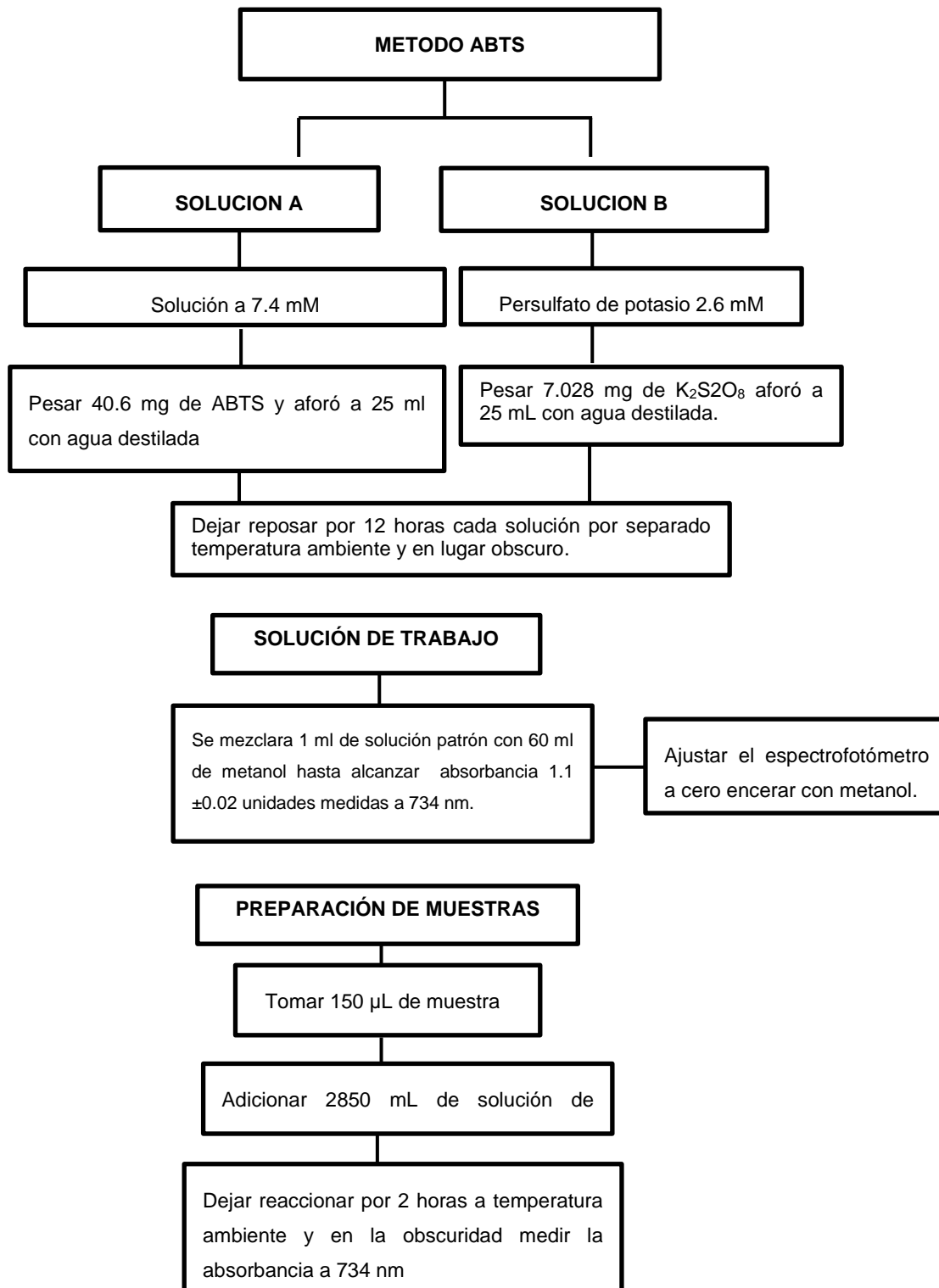
Elaboración. El Autor.

ANEXO D. Proceso de atomización

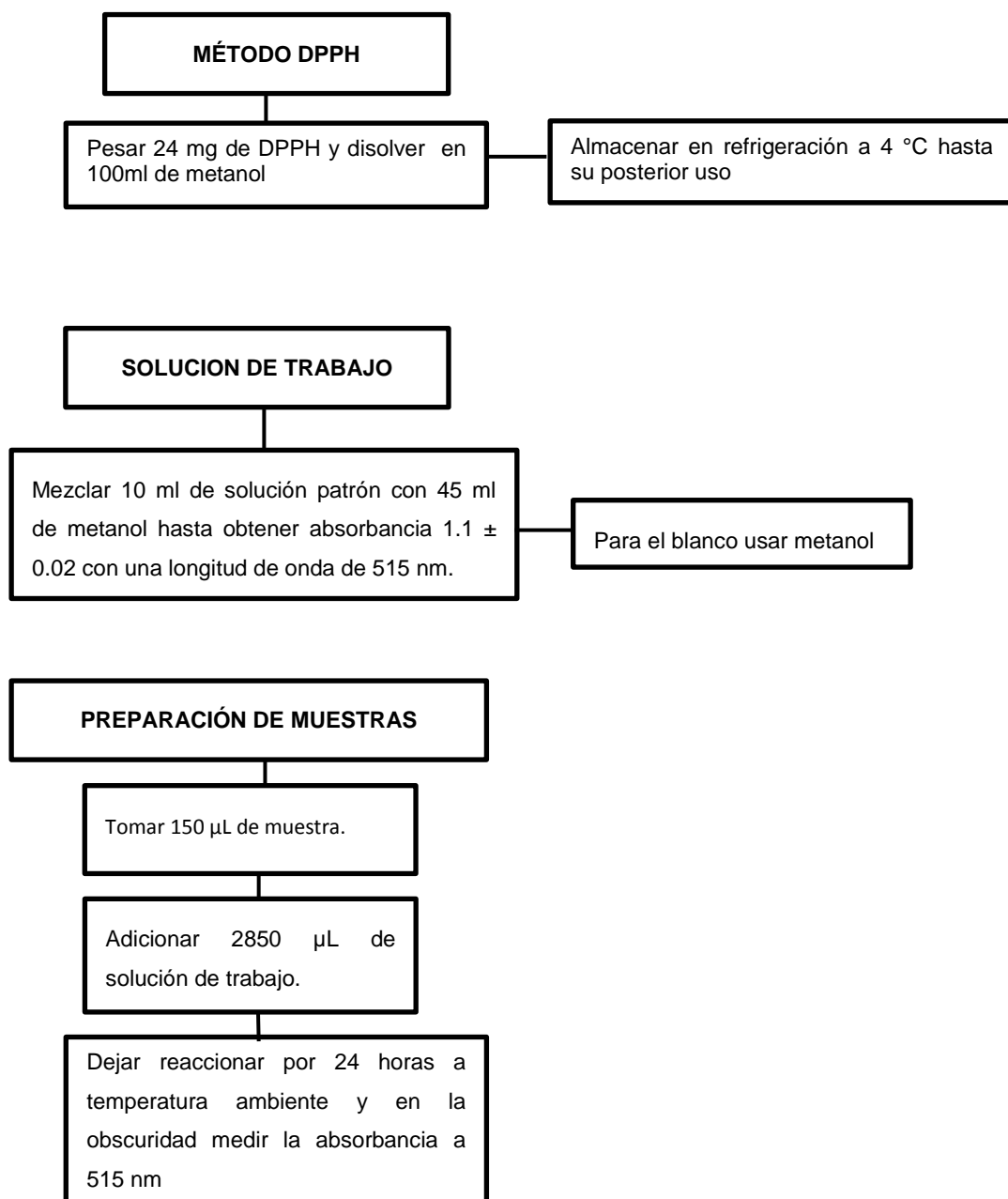


Elaboración. El Autor.

ANEXO E. Preparación de reactivo para la cuantificación antioxidantes método ABTS

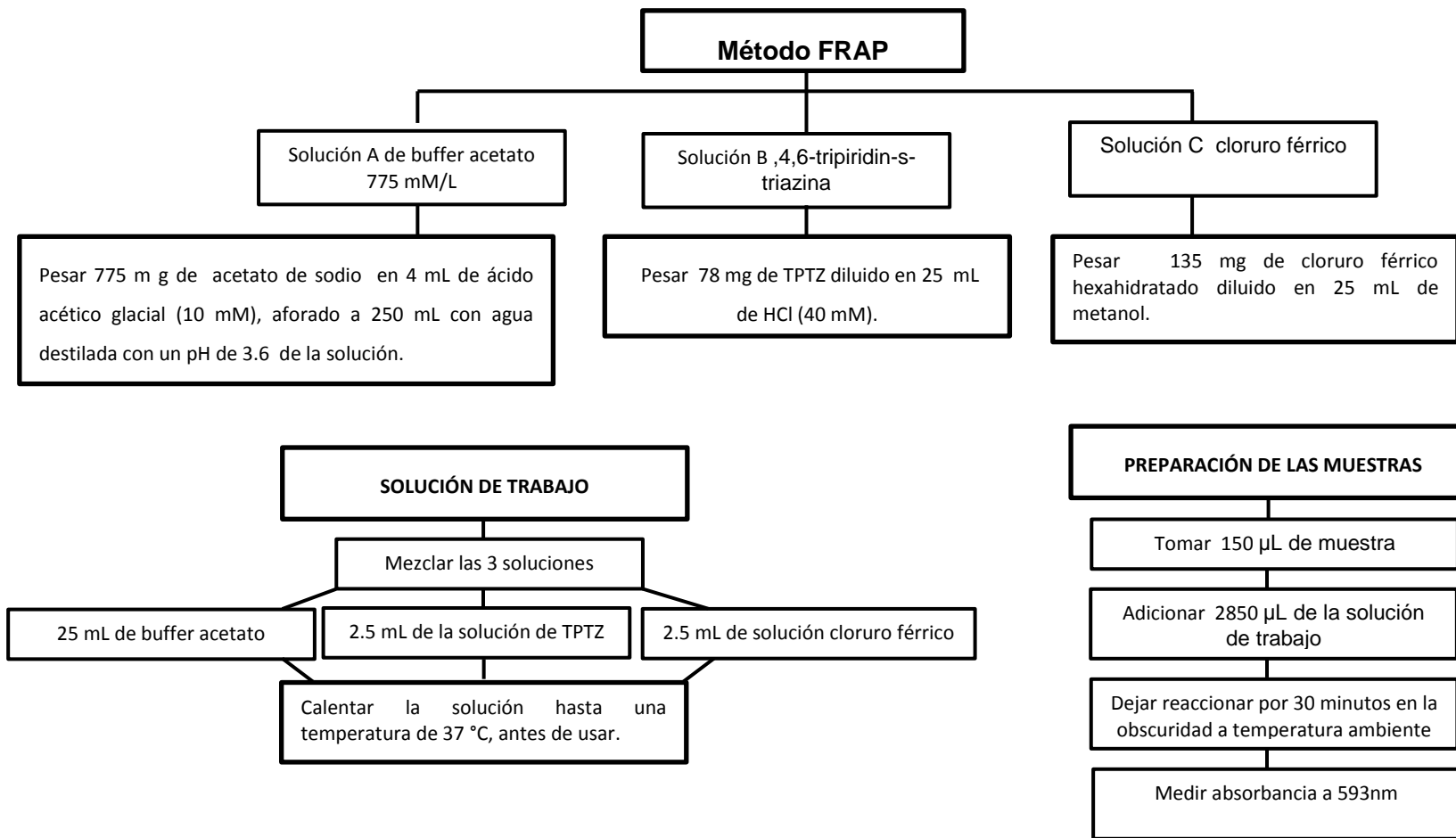


ANEXO F. Preparación de reactivo para la cuantificación antioxidantes método DPPH



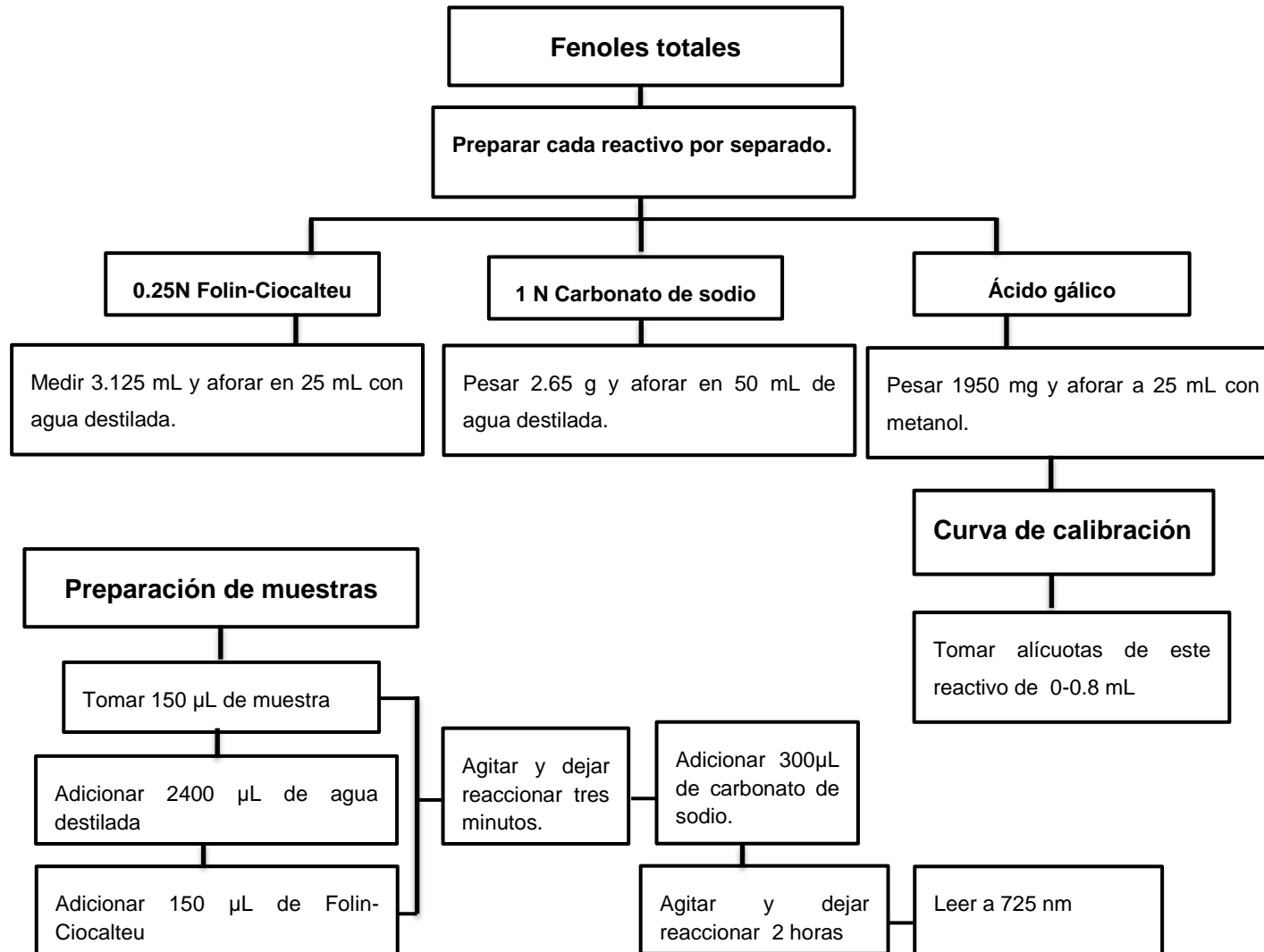
Elaboración. El Autor.

ANEXO G. Preparación de reactivo para la cuantificación antioxidantes método FRAP

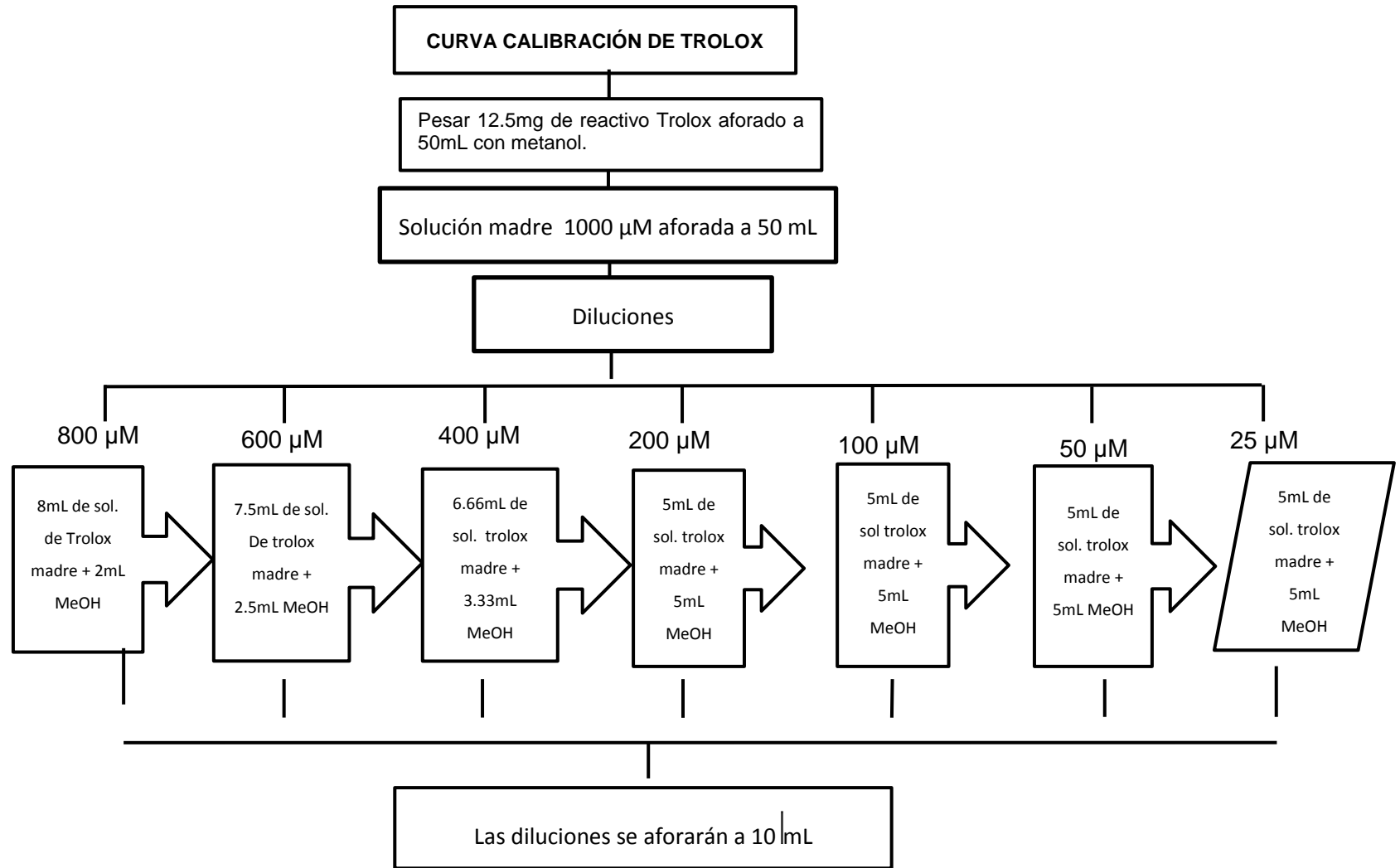


Elaboración. El Autor.

ANEXO H. Preparación de reactivo para cuantificación de antioxidantes por método de Fenoles Totales



ANEXO I. Preparación de la curva de calibración reactivo TROLOX

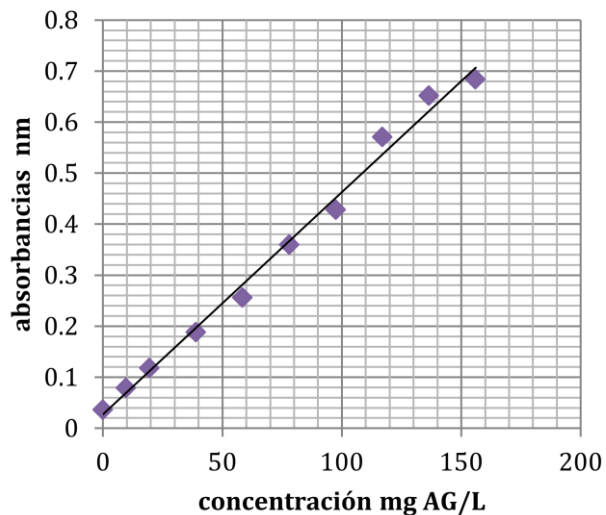


.Elaboración. El Autor.

ANEXO J. Cuantificación antioxidantes por método Follin-Ciocalteu

a) Curva de calibración

Alícuotas (mL)	Aforo (mL)	Concentración AG (mg/l)	Absorbancia (nm)
0	10	0	0.036
0.05	10	9.75	0.079
0.1	10	19.5	0.118
0.2	10	39	0.188
0.3	10	58.5	0.256
0.4	10	78	0.36
0.5	10	97.5	0.428
0.6	10	117	0.571
0.7	10	136.5	0.652
0.8	10	156	0.684

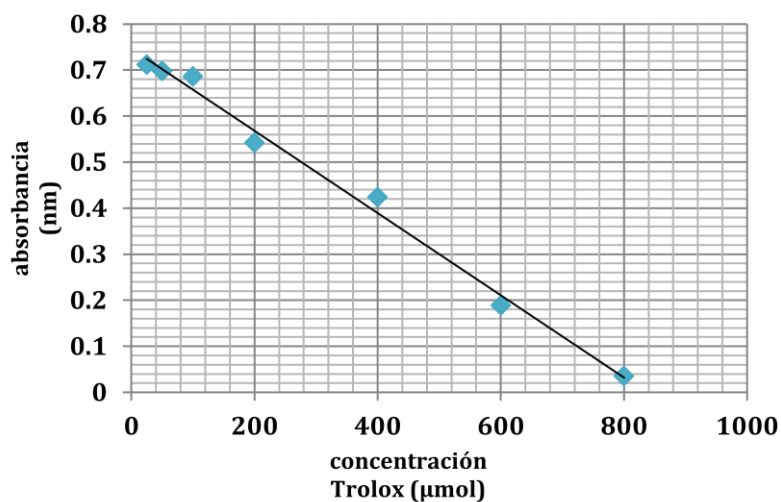


Pendiente	0.0044
Intersección	0.027
R ²	0.9919

TEMPERATURA	FLUJO DE AIRE	FLUJO DE BOMBA	CONC. SÓLIDOS	ABSORBANCIA	FENOLES TOTALES	
°C	(mmh ⁻¹)	%	%	nm	mg GAE/100 g de atomizado	
140	40	25	6	0.223	2544.15	± 0.57
160	20	40	10	0.443	2632.65	± 0.99
120	20	10	2	0.333	2595.85	± 9.20
140	30	25	6	0.292	2571.05	± 0.71
140	30	10	6	0.355	2593.95	± 9.30
120	40	10	10	0.343	2592.85	± 1.56
140	20	25	6	0.281	2568.45	± 2.12
120	40	40	10	0.319	2581.75	± 0.57
140	30	40	6	0.284	2574.75	± 9.33
160	40	40	2	0.319	2576.35	± 8.49
120	30	25	6	0.195	2569.25	± 1.56
140	30	25	2	0.353	2596.75	± 1.13
140	30	25	6	0.334	2583.05	± 7.50
160	40	10	2	0.331	2588.25	± 1.56
160	20	10	10	0.286	2568.35	± 0.85
160	30	25	6	0.294	2570.45	± 2.12
120	20	40	2	0.345	2572.05	± 0.14
140	30	25	10	0.324	2584.95	± 0.85
140	30	25	6	0.344	2597.25	± 1.27

ANEXO K. Cuantificación antioxidantes por método ABTS

CONCENTRACIÓN TROLOX (μMol)	ABSORBANCIA (nm)
800	0.035
600	0.189
400	0.424
200	0.542
100	0.686
50	0.698
25	0.712

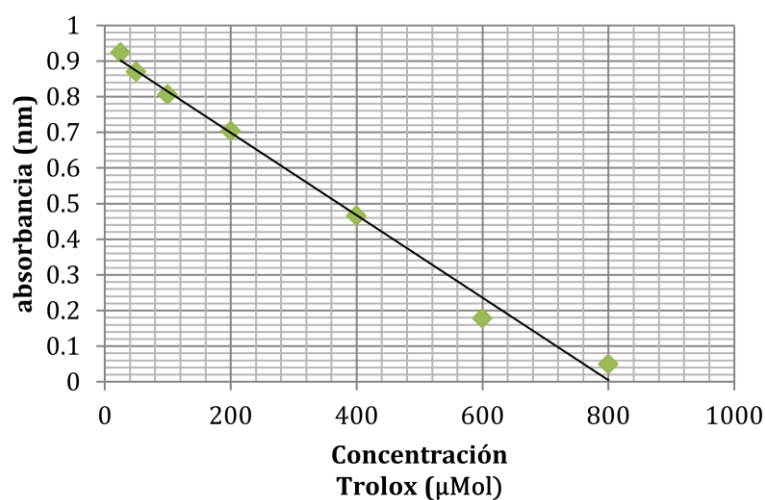


Pendiente	-0.0009
intersección	0.7472
R^2	0.9923

Temperatura	Flujo de aire	Flujo de bomba	Conc. Sólidos	Absorbancia	ABTS	
$^{\circ}\text{C}$	(mmh^{-1})	%	%	nm	$\mu\text{M Trolox/g de atomizado}$	
140	40	25	6	0.538	92.93	\pm 0.95
160	20	40	10	0.479	133.43	\pm 18.99
120	20	10	2	0.504	108.03	\pm 1.11
140	30	25	6	0.550	108.03	\pm 1.11
140	30	10	6	0.519	77.72	\pm 14.87
120	40	10	10	0.503	117.65	\pm 21.99
140	20	25	6	0.538	95.50	\pm 19.14
120	40	40	10	0.548	98.08	\pm 6.64
140	30	40	6	0.570	81.85	\pm 10.28
160	40	40	2	0.478	81.52	\pm 3.48
120	30	25	6	0.478	81.52	\pm 3.48
140	30	25	2	0.567	135.89	\pm 22.15
140	30	25	6	0.538	111.80	\pm 11.81
160	40	10	2	0.593	80.96	\pm 0.79
160	20	10	10	0.517	93.38	\pm 0.00
160	30	25	6	0.582	79.28	\pm 14.56
120	20	40	2	0.547	102.66	\pm 0.47
140	30	25	10	0.508	73.91	\pm 0.32
140	30	25	6	0.537	92.26	\pm 2.21

ANEXO L. Cuantificación antioxidantes por método DPPH

CONCENTRACIÓN TROLOX (μMol)	ABSORBANCIA (nm)
800	0.049
600	0.178
400	0.466
200	0.703
100	0.806
50	0.87
25	0.924

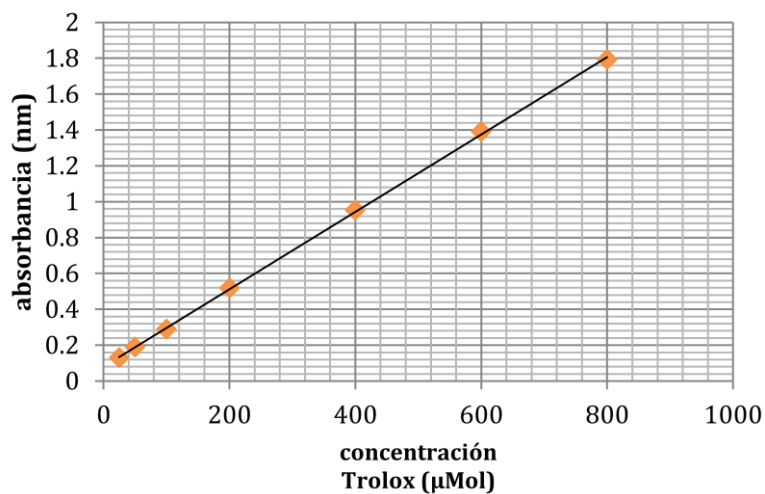


Pendiente	-0.0012
Intersección	0.9302
R ²	0.9918

Temperatura	Flujo de aire	Flujo de bomba	Conc. Sólidos	Absorbancia	DPPH	
°C	(mmh ⁻¹)	%	%	nm	μM Trolox/g de atomizado	
140	40	25	6	0.693	82.04	± 0.73
160	20	40	10	0.569	118.79	± 9.42
120	20	10	2	0.604	113.86	± 0.49
140	30	25	6	0.651	96.83	± 0.37
140	30	10	6	0.676	86.71	± 2.45
120	40	10	10	0.686	63.48	± 29.68
140	20	25	6	0.634	102.45	± 0.98
120	40	40	10	0.664	97.26	± 8.68
140	30	40	6	0.602	107.90	± 4.04
160	40	40	2	0.620	110.83	± 6.85
120	30	25	6	0.667	99.51	± 6.24
140	30	25	2	0.645	94.49	± 2.93
140	30	25	6	0.622	102.88	± 11.13
160	40	10	2	0.610	109.37	± 11.37
160	20	10	10	0.651	104.96	± 11.62
160	30	25	6	0.698	89.05	± 0.86
120	20	40	2	0.650	89.22	± 29.68
140	30	25	10	0.662	94.06	± 0.86
140	30	25	6	0.678	88.27	± 0.73

ANEXO M. Cuantificación antioxidantes por método FRAP

CONCENTRACIÓN TROLOX (μMol)	ABSORBANCIA (nm)
800	1.792
600	1.390
400	0.952
200	0.517
100	0.288
50	0.188
25	0.13



Pendiente	0.0022
intersección	0.0803
R^2	0.9998

Temperatura	Flujo de aire	Flujo de bomba	Conc. Sólidos	Absorbancia	FRAP	
$^{\circ}\text{C}$	(mmh^{-1})	%	%	nm	$\mu\text{M Trolox/g}$ de atomizado	
140	40	25	6	1.668	288.54	\pm 0.19
160	20	40	10	1.265	215.31	\pm 0.13
120	20	10	2	1.407	241.22	\pm 0.00
140	30	25	6	1.193	202.58	\pm 0.00
140	30	10	6	1.165	197.40	\pm 0.39
120	40	10	10	1.283	218.54	\pm 0.26
140	20	25	6	1.326	226.95	\pm 0.19
120	40	40	10	1.338	227.95	\pm 0.64
140	30	40	6	1.714	297.45	\pm 1.16
160	40	40	2	1.421	243.95	\pm 0.45
120	30	25	6	1.725	299.54	\pm 0.13
140	30	25	2	1.296	220.72	\pm 0.58
140	30	25	6	1.386	237.35	\pm 0.45
160	40	10	2	1.414	243.35	\pm 0.19
160	20	10	10	1.141	193.04	\pm 1.22
160	30	25	6	1.109	186.54	\pm 0.00
120	20	40	2	1.417	243.67	\pm 0.39
140	30	25	10	1.275	217.49	\pm 0.00
140	30	25	6	1.282	218.76	\pm 0.26

ANEXO N. Cálculo para la determinación del equivalente de capacidad antioxidante.

La concentración que se expresa en micromoles equivalentes de Trolox por 100 gramos de muestra, se inicia en la ecuación de la recta que se origina en la gráfica de la curva de calibración.

$$y = mx + b$$

$y = \text{absorbancia}$

$m = \text{pendiente}$

$x = \text{concentración}$

$b = \text{intersección}$

Despeje de la concentración:

$$x = \frac{y - b}{m}$$

Se reemplazó los valores de la pendiente e intersección de la curva de calibración para determinar la cuantificación de antioxidantes, se usará de ejemplo las absorbancias del Anexo L de la cuantificación por el método FRAP, ejemplificándose con la absorbancia uno en la que se aplica la siguiente ecuación:

$$Co = \frac{1.668 - 0.0803}{0.0022} = 721.68 \mu\text{mol/L}$$

El extracto se analizó diluyó hasta una concentración 2.5 mg/mL, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$Co = \frac{721.68 \mu\text{Mol/L}}{2.5 \text{ mg/mL}} * \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 0.028867 \mu\text{mol eq. trolox/mg de extracto ó atomizado}$$

Al resultado anterior se lo expresa en micromoles equivalente de Trolox/ gramos de atomizado

$$Co = 0.0288672 \frac{\mu\text{mol ET}}{\text{mg extracto}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g extracto ó atomizado}}$$

$$Co = 28.86 \mu\text{MolET/g de atomizado}$$

En el caso de los extractos, guayaba deshidratada y escaldada valor anterior se expresó en base seca. Para esto se utilizó el porcentaje de humedad del subproducto deshidratado que tuvo una humedad final del 12.4%,

El mismo procedimiento se aplicó para el cálculo de antioxidantes por los demás métodos como FRAP, DPPH y FENOLES TOTALES.

- Cálculo para la determinación de las condiciones óptimas

Se tomó como ejemplo la ecuación de modelado del método fenoles totales.

Condiciones Fenoles totales

Conc.sólidos (%)	2
Flujo de aire (%)	20
Flujo de bomba (%)	40
Temperatura (°C)	160

Ecuación de modelado para fenoles totales.

$$y = 1741.12 - 24.8072 * \text{conc.sólidos} + 8.16381 * \text{flujo de aire} - 7.00964 * \text{flujo de bomba} + 11.7336 * \text{temperatura} + 1.68359 * \text{conc.sólidos}^2 + 0.444375 * \text{conc.sólidos} * \text{flujo de aire} + 0.146667 * \text{conc.sólidos} * \text{flujo de bomba} - 0.0940625 * \text{conc.sólidos} * \text{temperatura} - 0.104126 * \text{flujo de aire}^2 - 0.059 * \text{flujo de aire} * \text{flujo de bomba} - 0.030875 * \text{flujo de aire} * \text{temperatura} + 0.0661662 * \text{flujo de bomba}^2 + 0.0333333 * \text{flujo de bomba} * \text{temperatura} - 0.0360315 * \text{temperatura}^2$$

Posteriormente se calcula el porcentaje del valor óptimo con el resultado antes obtenido ejemplificándose así:

$$\% \text{ valor óptimo} = \left(1 - \frac{2571.05}{2667.05}\right) * 100$$

$$\% \text{ valor óptimo} = 0.48\%$$

Para la cuantificación se usó el mismo cálculo las ecuaciones de modelado para los diferentes métodos se las presenta a continuación:

Ecuación de modelado ABTS

$$y = 650.161 + 19.7725 * \text{con.sólidos} - 7.8956 * \text{flujo de aire} - 8.94012 * \text{flujo de bomba} - 4.71447 * \text{temperatura} + 0.130335 * \text{con.sólidos}^2 - 0.711984 * \text{con.sólidos} * \text{flujo de aire} - 0.0438229 * \text{con.sólidos} * \text{flujo de bomba} + 0.0321641 * \text{con.sólidos} * \text{temperatura} + 0.0309037 * \text{flujo de aire}^2 + 0.0255542 * \text{flujo de aire} * \text{flujo de bomba} + 0.0672656 * \text{flujo de aire} * \text{temperatura} + 0.0318794 * \text{flujo de bomba}^2 + 0.0497854 * \text{flujo de bomba} * \text{temperatura} + 0.00111341 * \text{temperatura}^2$$

Ecuación de modelado FRAP

$$y = 934.324 + 10.064 * \text{con.sólidos} - 6.76245 * \text{flujo de aire} - 0.704735 * \text{flujo de bomba} - 6.82158 * \text{temperatura} - 1.49646 * \text{con.sólidos}^2 - 1.30086 * \text{con.sólidos} * \text{flujo de aire} + 0.0596563 * \text{con.sólidos} * \text{flujo de bomba} + 0.321602 * \text{con.sólidos} * \text{temperatura} + 0.146916 * \text{flujo de aire}^2 - 0.0122708 * \text{flujo de aire} * \text{flujo de bomba} + 0.0652781 * \text{flujo de aire} * \text{temperatura} + 0.0194403 * \text{flujo de bomba}^2 + 0.00458125 * \text{flujo de bomba} * \text{temperatura} - 0.0000210874 * \text{temperatura}^2$$

Ecuación de modelado DPPH

$$y = -84.3147 + 9.54175 \cdot \text{conc.sólidos} - 2.46309 \cdot \text{flujo de aire} - 3.33055 \cdot \text{flujo de bomba} + 3.69191 \cdot \text{temperatura} + 0.218122 \cdot \text{conc.sólidos}^2 - 0.351078 \cdot \text{conc.sólidos} \cdot \text{flujo de aire} + 0.143344 \cdot \text{conc.sólidos} \cdot \text{flujo de bomba} - 0.0430078 \cdot \text{conc.sólidos} \cdot \text{temperatura} + 0.000724593 \cdot \text{flujo de aire}^2 + 0.0138208 \cdot \text{flujo de aire} \cdot \text{flujo de bomba} + 0.0225719 \cdot \text{flujo de aire} \cdot \text{temperatura} + 0.0360554 \cdot \text{flujo de bomba}^2 + 0.00426042 \cdot \text{flujo de bomba} \cdot \text{temperatura} - 0.0159189 \cdot \text{temperatura}^2$$

Ecuación

$$y = 612.321 + 17.1556 \cdot \text{Conc. Sólidos} - 10.6576 \cdot \text{Flujo de aire} + 0.0430648 \cdot \text{Flujo de bomba} - 7.15075 \cdot \text{Temperatura} + 0.568068 \cdot \text{Conc. Sólidos}^2 + 0.150104 \cdot \text{Conc. Sólidos} \cdot \text{Flujo de aire} - 0.0710878 \cdot \text{Conc. Sólidos} \cdot \text{Flujo de bomba} - 0.142934 \cdot \text{Conc. Sólidos} \cdot \text{Temperatura} - 0.137943 \cdot \text{Flujo de aire}^2 - 0.0275649 \cdot \text{Flujo de aire} \cdot \text{Flujo de bomba} + 0.134424 \cdot \text{Flujo de aire} \cdot \text{Temperatura} + 0.0278033 \cdot \text{Flujo de bomba}^2 - 0.000634229 \cdot \text{Flujo de bomba} \cdot \text{Temperatura} + 0.0152227 \cdot \text{Temperatura}^2$$

