



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

MAGÍSTER EN ALIMENTOS

TRABAJO DE TITULACIÓN

Efecto de la digestión gastrointestinal *in-vitro* sobre el contenido fenólico de un extracto rico en antioxidantes de subproductos de aguacate

Autor (a): Mariño Almache, Mauricio Fernando

Director (a): Figueroa Hurtado, Jorge Geovanny

LOJA - ECUADOR

2020



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-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>

2020

Aprobación del director del trabajo de titulación

Loja, 23 de noviembre de 2020

Mgtr.

Maritza Janneth Castillo Carrión

Coordinadora de la Maestría en Alimentos

Ciudad.-

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Efecto de la digestión gastrointestinal *in-vitro* sobre el contenido fenólico de un extracto rico en antioxidantes de subproductos de aguacate realizado por Mauricio Fernando Mariño Almache, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firma:

Jorge Geovanny Figueroa Hurtado.

C.I: 1103596167

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Yo, Mauricio Fernando Mariño Almache, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

- Ser autor(a) del Trabajo de Titulación denominado: Efecto de la digestión gastrointestinal *in-vitro* sobre el contenido fenólico de un extracto rico en antioxidantes de subproductos de aguacate, del Programa de posgrados Maestría en Alimentos, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico del aguacate, digestión gastrointestinal y microencapsulación, Capítulo 2. Diseño metodológico, Capítulo 3. Resultados y discusión, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Apéndice, siendo Jorge Geovanny Figueroa Hurtado, director (a) del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.
- Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de

Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Mauricio Fernando Mariño Almache

C.I.: 0604672766

Dedicatoria

A mi papá Amaro, mi mamá Grecia y mi hermana Doris que son una fuente de inspiración y me motivan cada día para lograr con cada proyecto trazado en mi vida.

A mis abuelitos, mis tí@s, prim@s y personas cercanas en mi vida que de una u otra manera me han apoyado para alcanzar esta meta propuesta.

Mauricio Mariño A.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios a la Virgencita por mantenerme con salud, vida y bendecirme con mis seres queridos que son un pilar importante en mi vida.

A mi director Ph.D Geovanny Figueroa por ser una gran persona que me ha sabido guiar durante este trabajo de titulación, por haber impartido todo su conocimiento y apoyado hasta el último momento para poder culminar con esta etapa.

A la Mgs. Natali Solano y Mgs. Claudia Cruz como miembros del tribunal que me han ayudado con su conocimiento y sugerencias para poder finalizar con este trabajo de titulación.

A mi familia y personas cercanas en mi vida por todo su apoyo incondicional.

A mis amig@s y compañeros que fueron parte durante esta etapa.

Índice de contenidos

Carátula	I
Aprobación del director del trabajo de titulación	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos	VII
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Capítulo uno	5
Marco teórico	5
1.1 Aguacate.	5
1.1.1 Generalidades.	5
1.1.2 Subproductos de Aguacate.	7
1.1.3 Compuestos fenólicos presentes en los subproductos de aguacate.	9
1.2 Metodología para determinar antioxidantes y fenoles totales.....	11
1.3 Digestión gastrointestinal.	11
1.4 Microencapsulación.	12
Capítulo dos	14
Diseño metodológico	14
2.1 Procedimiento de la etapa experimental.	14
2.2 Digestión gastrointestinal <i>in-vitro</i>	14
2.3 Evaluación de la bioactividad en el producto encapsulado.	16
2.3.1 Fenoles totales.....	16
2.3.2 ABTS.....	16
2.4 Diseño experimental.	20
Capítulo tres.....	21
Resultados y discusión	21
3.1 Fenoles totales.	21
3.2 ABTS.	25
Conclusiones.....	29
Recomendaciones.....	30
Referencias.....	31
Apéndice	40

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Variedades de Aguacate más producidos en Ecuador.</i>	6
Tabla 2 <i>Investigaciones de los Subproductos de Aguacate en la Industria Alimentaria</i>	8
Tabla 3 <i>Estructura de ácidos fenólicos y flavonoides.</i>	10
Tabla 4 <i>Métodos utilizados en la microencapsulación.</i>	13

Índice de figuras

Figura 1 <i>Aguacate Variedad Hass.</i>	5
Figura 2 <i>Superficie, producción y venta de aguacate, según región y provincia año 2017.</i>	6
Figura 3 <i>Procedimiento de la etapa experimental.</i>	15
Figura 4 <i>Proceso de la Digestión Gastrointestinal in-vitro.</i>	17
Figura 5 <i>Fenoles totales.</i>	18
Figura 6 <i>Capacidad antioxidante mediante ABTS.</i>	19
Figura 7 <i>Porcentaje de estabilidad del contenido fenólico de los subproductos de aguacate durante la digestión gastrointestinal in-vitro.</i>	22
Figura 8 <i>Porcentaje de estabilidad de la capacidad antioxidante de los subproductos de aguacate durante la digestión gastrointestinal in-vitro.</i>	26

Resumen

El aguacate es una importante fruta oleaginosa, que se cultiva en climas tropicales y subtropicales, posee un alto contenido de compuestos fenólicos. Pero los subproductos como la semilla y piel son desechados sin un aprovechamiento efectivo, a pesar de la riqueza en compuestos fenólicos. En esta investigación se deshidrató los subproductos de aguacate realizando una extracción de sus compuestos bioactivos con una mezcla de etanol-agua, posteriormente se llevó a liofilizar y atomizar los extractos de semilla y piel. A continuación, se evaluó la estabilidad del contenido fenólico y capacidad antioxidante mediante el método de ABTS después de haber pasado por un proceso de digestión gastrointestinal in-vitro. Los resultados nos muestran una mayor estabilidad fenólica y antioxidante de los extractos que fueron atomizados a diferencia de la muestra deshidratada y extracto liofilizado que nos presenta una inestabilidad debido a que entran en contacto directo con las enzimas y pH produciéndose una degradación. Evidenciando que el extracto atomizado nos presenta una barrera protectora durante el proceso digestivo que logra mantener en un gran porcentaje la actividad antioxidante de los subproductos de aguacate.

Palabras clave: Aguacate, in-vitro, encapsulación.

Abstract

Avocado is an important oleaginous fruit, grown in tropical and subtropical climates, it has a high content of phenolic compounds. But the by-products such as the seed and the skin are discarded without an effective use, despite the richness in phenolic compounds. In this research, the avocado by-products were dehydrated by extracting their bioactive compounds with an ethanol-water mixture, then the seed and skin extracts were lyophilized and atomized. Subsequently, the stability of the phenolic content and antioxidant capacity were evaluated by the ABTS method after having undergone an in-vitro gastrointestinal digestion process. The results show us a greater phenolic and antioxidant stability of the extracts that were atomized, unlike the dehydrated sample and lyophilized extract that does not present instability due to the fact that they come into direct contact with the enzymes and pH, producing degradation. Evidence that the atomized extract presents us with a protective barrier during the digestive process that manages to maintain a large percentage of the antioxidant activity of avocado by-products.

Keywords: Avocado, in-vitro, encapsulation.

Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es una importante fruta oleaginosa, fuente de compuestos bioactivos con beneficios para la salud (Pedroza Islas et al., 2016). La parte comestible del aguacate contiene nutrientes esenciales y compuestos con propiedades funcionales (Dreher & Davenport, 2013). En cuanto a su industrialización, el guacamole y el aceite, son los principales productos (Rodríguez-Carpena, Morcuende, Andrade, Kylli, & Estévez, 2011). Sin embargo, ésta industrialización genera una gran cantidad de subproductos, principalmente piel y semilla, que en la actualidad se desperdician sin darle otra aplicación. No obstante, estos subproductos poseen compuestos bioactivos con importantes propiedades funcionales (J. G. Figueroa, Borrás-Linares, Lozano-Sánchez, & Segura-Carretero, 2018). En este sentido, se pueden considerar como una fuente alternativa de antioxidantes, ricos en polifenoles, carotenoides y clorofilas (Rodríguez-Carpena et al., 2011). Además, la principal familia de compuestos fenólicos que se encuentran presentes en los subproductos de aguacate son los derivados de catequina, también tiene varias propiedades para la salud como hipocolesterolémico, hipotensor, antiinflamatorio, hipoglucémico, analgésico, antioxidante, anticonvulsivo, cicatrizante, anticancerígeno, entre otros (Chil-Núñez, Molina-Bertrán, Ortiz-Zamora, Dutok, & Souto, 2019). Los compuestos bioactivos tienden a degradarse fácilmente, por esta razón actualmente se utiliza la microencapsulación para proporcionar una barrera física mediante la cual se puede conservar y proteger el producto encapsulado de la luz, el oxígeno, entre otros (Gonçalves et al., 2017). Existen diversas técnicas para producir las microcápsulas, de las cuales el secado por aspersión es la más usada en la industria alimentaria, debido a su fácil manejo y bajo costo (Drusch, Serfert, Scampicchio, Schmidt-Hansberg, & Schwarz, 2007). Evaluar la biodisponibilidad es importante para conocer si los compuestos bioactivos llegan a los sistemas para ejercer sus efectos benéficos (Lutz, 2013). La evaluación mediante el ensayo *in-vivo* de la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos nos lleva a resultados que son muy complicados de analizar porque los mismos durante la digestión se absorben muy rápido (Celi Bonilla, 2016). Por lo tanto, la digestión gastrointestinal *in-vitro* es un método

convencional que nos permite interpretar y determinar el efecto de este proceso (Murugan, Chandran, & Parimelazhagan, 2016). En base a lo antes mencionado, en el presente proyecto se realizó una evaluación del efecto que tiene la digestión gastrointestinal mediante un ensayo *in-vitro* sobre los compuestos bioactivos de un extracto encapsulado de subproductos de aguacate (*Persea americana*).

El capítulo uno se basa en la revisión bibliográfica para el desarrollo de la investigación, capítulo dos se enfoca en toda la metodología que se utilizó y el capítulo tres está relacionado con la discusión de los resultados. Se obtuvo una gran estabilidad de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las muestras atomizadas al final de la digestión que se puede utilizar como una alternativa de fuente natural de compuestos bioactivos.

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 Aguacate.

1.1.1 Generalidades.

El aguacate (*Persea americana*) pertenece a la familia de las *Lauraceae*, se considera una importante fruta tropical (Galindo-Tovar, Ogata-Aguilar, & Arzate-Fernández, 2007). Esta fruta es originaria de Centroamérica y México, en la actualidad se puede encontrar su producción en zonas tropicales y subtropicales (Alcaraz & Hormaza, 2009). La variedad “Hass” (Figura 1), es el cultivar más importante por presentar mejores características como se observa en la Tabla 1 seguido de las variedades “Fuerte” y “Criolla” (Rivera–González, Amaya–Guerra, & de la Rosa–Millán, 2019). En Ecuador se presenta como una buena opción para la producción y exportación por las condiciones climáticas que tiene nuestro país (Agropecuarias, 2014; Serpa et al., 2014). La variedad *Hass* se distingue de las demás especies porque tiende a cambiar de color en la piel desde verde a morado oscuro de acuerdo a su maduración y además su aspecto es ovalado (Kosinska et al., 2012).

Figura 1

Aguacate Variedad Hass



Nota. Muestra utilizada para la extracción de los subproductos de aguacate.

Tabla 1

Variedades de Aguacate más producidos en Ecuador.

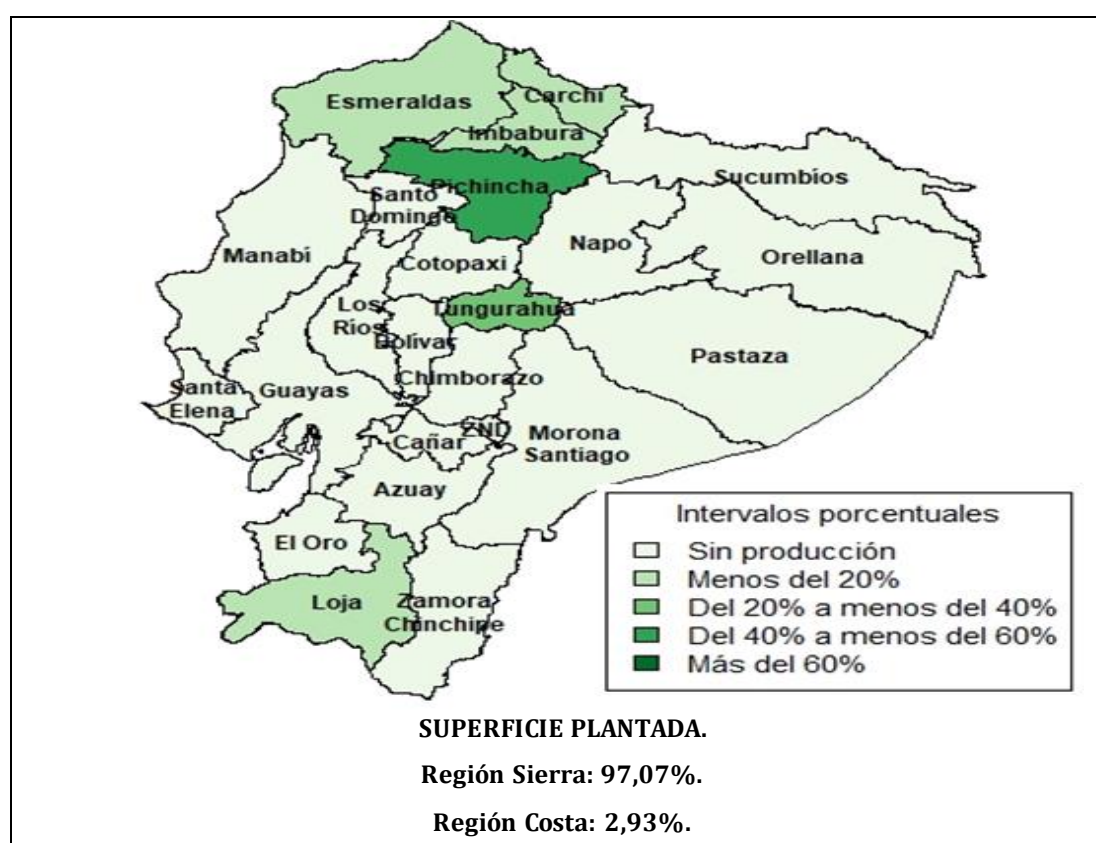
Tipo de Aguacate	Contenido de Aceite	Característica
Variedad <i>Hass</i>	18 a 20%	Corteza gruesa y rugosa
Variedad <i>Fuerte</i>	16 a 18%	Su piel es fina

Nota. Adaptado del INIAP (2018).

Según los datos de la FAO (2017), México es el país más productor con 2 millones de toneladas, que representa el 32% de producción a nivel mundial. Ecuador llegó a tener una producción de 21 mil toneladas de Aguacate principalmente de la región sierra (Figura 2) (Rivera-González et al., 2019).

Figura 2

Superficie, producción y venta de aguacate, según región y provincia año 2017.



Nota. Adaptado del INEC (2017).

Por lo general el fruto de aguacate es comercializado en fresco o transformado en productos elaborados como: guacamole, condimentos, salsa, aceite, suplementos nutricionales incluso para piensos para el ganado (Domínguez et al., 2014; González-Fernández, Galea, Álvarez, Hormaza, & López, 2015; Rivera–González et al., 2019). En Ecuador la empresa Corpo Aguacate elabora productos a base de aguacate como aceite, guacamole y mantequilla, que generan subproductos del mismo. Esta entidad además fue creada para apoyar, difundir y potenciar el cultivo del aguacate bajo un sistema organizativo (Aguacate, 2019).

1.1.2 Subproductos de Aguacate.

En el mercado mundial la presencia de aguacate ha crecido rápidamente en las últimas dos décadas, ya no es considerado una fruta exótica sino ya forma parte de la dieta diaria de muchos países (Lidia Dorantes, 2004). Por ende, genera una gran cantidad de subproductos que no son aprovechados como cáscaras y semillas que constituyen el 30 y 33% de la fruta, representa aproximadamente 148 mil toneladas de semilla, que al no ser utilizado es desechado, causando contaminación (Laura & Laura, 2016; Rivera–González et al., 2019). En la actualidad, existe un gran interés en el aprovechamiento de estos subproductos por ser una fuente rica de compuestos bioactivos y para disminuir el impacto ambiental que generan los subproductos del mismo, por lo tanto ha contribuido la realización de varios estudios como se observa en la Tabla 2 (R. J. Rosero & San Juan, 2017).

Tabla 2*Investigaciones de los Subproductos de Aguacate en la Industria Alimentaria*

EFEECTO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Antimicrobiano	Contra bacterias Gram-positivas.	(Rodríguez-Carpena et al., 2011).
Antimicrobiano	Combinación nisina-subproductos de aguacate.	(Pedroza Islas et al., 2016).
Antimicrobiano	Extractos crudos del epicarpio y semilla de aguacate. Puede ser utilizado como aditivo alimentario.	(Raymond Chia & Dykes, 2010).
Antimicrobiano	Por la presencia de flavonoides, taninos, saponinas y esteroides.	(Idris, Ndukwe, & Gimba, 2009).
Antioxidante	Protección eficaz a los lípidos de las hamburguesas frente a la oxidación	(Rodríguez-Carpena et al., 2011).
Antioxidante	Inhibición de la peroxidación de fosfatidilcolina inducida por el ascorbato / hierro.	(María García Alonso, Sonia de Pascual Teresa, Celestino Santos Buelga, & Gonzalo., 2004)
Antioxidante	Protección contra la oxidación de aceites (emulsiones de aceite en agua) y grasa (hamburguesas de carne de res).	(Gómez, Sánchez, Iradi, Azman, & Almajano, 2014).
Antioxidante	Niveles más altos de antioxidantes están presentes en el exocarpio y los tejidos de la semilla.	(Tesfay, Bertling, & Bower, 2010).
Antioxidante	Puede utilizarse como un ingrediente alimentario funcional o como un aditivo antioxidante por ser una fuente de polifenoles.	(Kosinska et al., 2012).
Antioxidante	Extracción con solvente de acetona se obtiene mayor contenido fenólico total.	(R. J. Rosero & San Juan, 2017).
Antioxidante	Fuente de compuestos bioactivos que fueron determinados por primera vez mediante la técnica HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS y HPLC-FLD-MS, que pueden ser de importancia en la industria alimentaria y farmacéutica.	(López-Cobo et al., 2016).
Antioxidante	El efecto antioxidante puede responder al efecto protector de los compuestos fenólicos, principalmente procianidinas, que se encuentran en los sub productos de aguacate.	(Utrera, Rodríguez-Carpena, Morcuende, & Estévez, 2012).
Antioxidante	Los compuestos bioactivos como las procianidinas derivadas de las epicatequinas tiene una actividad inhibitoria de la enzima ureasa de <i>Helicobacter pylori</i> .	(Chávez, Aranda, García, & Pastene, 2011).
Antioxidante	Puede ser utilizado como ingrediente alimentario funcional por su capacidad antioxidante y por poseer compuestos anticancerígenos que fue evaluado la actividad antioxidante in-vitro.	(Dabas, Elias, Ziegler, & Lambert, 2019)

Nota. Efectos beneficiosos presentes en los subproductos de aguacate.

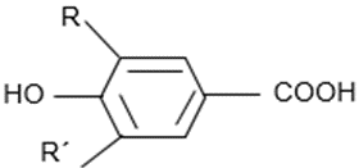
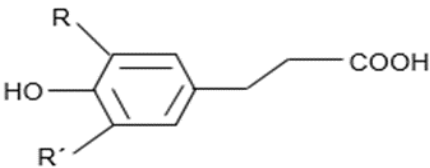
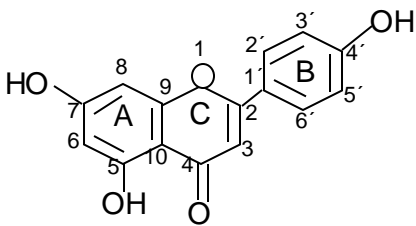
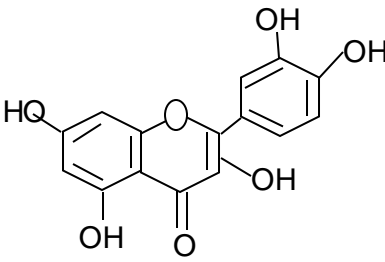
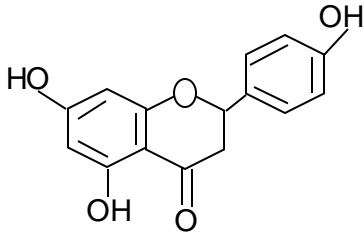
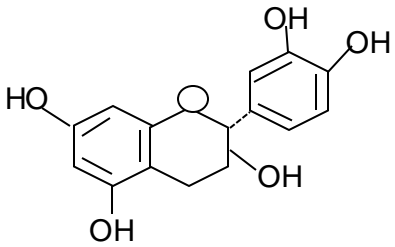
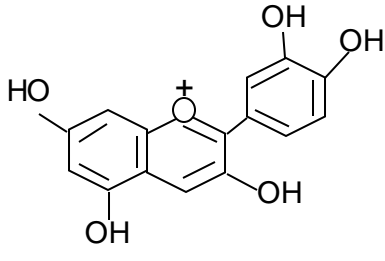
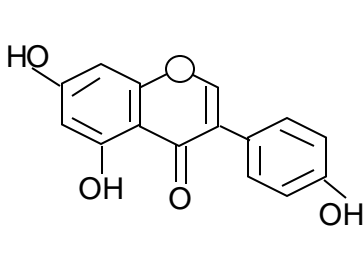
1.1.3 Compuestos fenólicos presentes en los subproductos de aguacate.

Los polifenoles están entre los fitoquímicos más importantes por su actividad antioxidante, estos compuestos se le conocen como metabolitos secundarios de las plantas, se caracterizan por tener un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo y también tiene propiedades antimicrobianas, antivirales y antiinflamatorias (Gómez et al., 2014; Ignat, Volf, & Popa, 2011). A la vez se clasifican en diversos grupos de acuerdo al número de anillos de fenol que contienen y los elementos estructurales que los unen entre sí (Tabla 3), tenemos a los ácidos fenólicos, flavonoides, entre otros (Ignat et al., 2011). En los subproductos de aguacate se encuentra principalmente polifenoles que incluye la (+)-catequina y (-)-epicatequina y el ácido protocatecuico y clorogénico (Gómez et al., 2014). Los polifenoles presentan una defensa contra el estrés oxidativo y está relacionado con la posible prevención de enfermedades (cáncer, hipertensión, trastornos gastrointestinales, diabetes, Alzheimer, entre otras) (Gómez et al., 2014; Ignat et al., 2011; Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2004).

Catequinas. Según publicaciones actuales manifiestan que tienen efectos antioxidantes neuroprotectores al igual que la epicatequina protege a las neuronas contra el accidente cerebrovascular y estrés oxidativo, por lo cual incorporar en la dieta alimentos ricos en estos compuestos pueden ser beneficiosos, ayudando a promover el diseño de agentes neuroprotectores mejorados, logrando contrarrestar los accidentes cerebrovascular (Bhullar & Rupasinghe, 2013; Shah et al., 2010). Las catequinas también participan en las vías celulares relacionadas con la inflamación, lo cual presenta efectos beneficiosos para la salud (de Paula, Takeuchi, & Vannucchi, 2018). Cabe recalcar que Faour (2018) en su investigación determina que los subproductos de aguacate de la variedad *Hass* posee una gran fuente de catequinas el 98% son epicatequinas y predomina también el ácido clorogénico y neoclorogénico.

Tabla 3

Estructura de ácidos fenólicos y flavonoides.

Ácidos fenólicos		
Ácido Benzoico y derivados	Ácido cinámico y derivados	
		
<p>R = R' = H; ácido p-hidroxibenzoico</p> <p>R = OH, R' = H; ácido protocatecuico</p> <p>R = OCH₃, R' = H; ácido vanílico</p> <p>R = R' = OH; ácido gálico</p> <p>R = R' = OCH₃; ácido siringico</p>	<p>R = R' = H; ácido p-cumárico</p> <p>R = OH, R' = H; ácido cafeico</p> <p>R = OCH₃, R' = H; ácido ferúlico</p> <p>R = R' = OCH₃; ácido sinapínico</p>	
Flavonoides		
Flavona	Flavonol	Flavanona
 <p>Apigenina</p>	 <p>Quercetina</p>	 <p>Naringenina</p>
Flavan-3-ols	Antocianidinas	Isoflavonas
 <p>(+)-catequina</p>	 <p>Cianidina</p>	 <p>Genisteina</p>

Nota. Adaptado de David M. Pereira (2009).

1.2 Metodología para determinar antioxidantes y fenoles totales.

Existe varias metodologías para determinar la actividad antioxidante, debido a su capacidad para inhibir la degradación oxidativa, por su capacidad de reaccionar con radicales (Londoño Londoño, 2012). Las metodologías más frecuentes para determinar el contenido fenólico y actividad antioxidante son:

Contenido fenoles totales. Se utiliza la metodología Folin-Ciocalteu para determinar el contenido de fenoles totales presentes en muestras vegetales (García Martínez, Fernández Segovia, & Fuentes López, 2015). Este reactivo forma el ácido fosfomolibdotúngstico a partir de la mezcla de dos sales (wolframato sódico y molibdato sódico) en un medio ácido (ácido fosfórico), que posee una coloración amarilla que al entrar en contacto con los compuestos fenólicos es reducido en un pH básico, dando una coloración azul intenso, la misma que es medida espectrofotométricamente a 765 nm, evaluando el contenido fenólico (García Martínez et al., 2015; Orbezo Chavez, 2018; Rosillo Zevallos, 2016).

Método ABTS. Este método evalúa la eliminación del catión radical de 2,2'-azinobis (3-etil-benzotiazolina-6-sulfonato), el mismo que es generado al agregar persulfato de potasio donde se produce su activación (Tejada & Victoria, 2015). Tiene una coloración verde-azulado estable, se reduce su color al momento que interacciona con los compuestos antioxidantes que se encuentren presentes en la muestra, evaluando la capacidad antioxidante de acuerdo a la decoloración producida y es medida en el espectrofotómetro a 734 nm de absorbancia, se utiliza para antioxidantes lipofílicos, hidrofílicos y muy pigmentados (Sumarriva & Lys, 2019; Tejada & Victoria, 2015).

1.3 Digestión gastrointestinal.

Los compuestos bioactivos deben ser liberados en la matriz alimentaria y antes de ser biodisponibles son modificados en el tracto gastrointestinal, es decir el proceso de biodisponibilidad consta de tres factores como es la digestión gastrointestinal, la absorción y el metabolismo, por lo tanto el primer paso para evaluar la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos es la digestión gastrointestinal (Rodríguez-Roque, Rojas-Graü, Elez-

Martínez, & Martín-Belloso, 2013). Al realizar, la evaluación mediante un ensayo *in-vivo* sobre la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos sus resultados son muy complicados de estudiar porque los mismos se llegan absorber ligeramente en el intestino y a la vez los resultados tardan en presentarse lo que representa un alto costo (Celi Bonilla, 2016). En efecto, la evaluación *in-vitro* ha sido desarrollado con un enfoque alternativo a los ensayos *in-vivo*, nos presenta las condiciones químicas, pH, temperatura y enzimas como de una persona, se le considera un método convencional para determinar la capacidad antioxidante de los polifenoles y a la vez es más barato en relación a la evaluación *in-vivo* (Murugan et al., 2016; Vallejo, Gil-Izquierdo, Pérez-Vicente, & García-Viguera, 2004).

1.4 Microencapsulación.

La aplicación de la microencapsulación en la industria alimentaria, ha incrementado porque crea una barrera de protección al material encapsulado, retardando o controlando las reacciones químicas con el espacio exterior (Arrazola, Herazo, & Alvis, 2014; Pasin, Azón, & Garriga, 2012). Logrando proteger a los compuestos bioactivos de su oxidación o reacciones que afecten la estabilidad del mismo, al igual de las condiciones de la luz, calor y gases, alargando su vida útil, además esta técnica nos permite enmascarar el sabor y olor desagradable del producto encapsulado (Esquivel-González, Martínez, & Rutiaga-Quiñones, 2015). La microencapsulación también se puede usar para la entrega o liberación controlada de un ingrediente alimentario en una etapa específica de almacenamiento o procesamiento dentro del cuerpo (Sobel, Versic, & Gaonkar, 2014). Los agentes encapsulantes mas empleados en la encapsulación de alimentos son: almidón, maltodextrina, jarabe de maíz, goma arábiga, agar, fibras, carbometilcelulosa, ácido esteárico, mono y diglicéridos, lecitinas, gelatina, caseína, lactosuero, soya, trigo (Parra Huertas, 2010). Comúnmente se utiliza la maltodextrina en la microencapsulación como material de pared para la protección de compuestos bioactivos presentes en los alimentos (Sotelo-Bautista, Bello-Perez, Gonzalez-Soto, Yañez-Fernandez, & Alvarez-Ramirez, 2019). Los principales métodos utilizados se enumeran en la Tabla 4.

Tabla 4*Métodos utilizados en la microencapsulación.*

MÉTODOS UTILIZADOS EN LA MICROENCAPSULACIÓN	
Métodos Físicos	Métodos Químicos
Secado por aspersión	Separación de fases
Aspersión por enfriamiento	Evaporación de solvente
Disco giratorio	Coacervación
Cama fluidizada (secado, granulación y revestimiento)	Polimerización interfacial
Extrusión	Liposoma
Coextrusión	Coextrusión
Encapsulación molecular	Nanoencapsulación
Emulsiones Múltiples	

Nota. Adaptado de Sobel et al. (2014).

De todos los métodos enunciados anteriormente el secado por aspersión es el método más utilizado en la industria alimentaria, proporciona una eficiencia de encapsulación relativamente alta en relación a los demás métodos, los parámetros que se debe tener en cuenta es la T de entrada al igual que la salida de aire, el flujo de alimentación del producto a encapsular, el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima (Mahdavi, Jafari, Ghorbani, & Assadpoor, 2014; Parra Huertas, 2010). Denise Dantas (2018) en su investigación manifiesta que usando un secado escalable y eficiente con la combinación de maltodextrina es de vital importancia para preservar los compuestos bioactivos.

Capítulo dos

Diseño metodológico

2.1 Procedimiento de la etapa experimental.

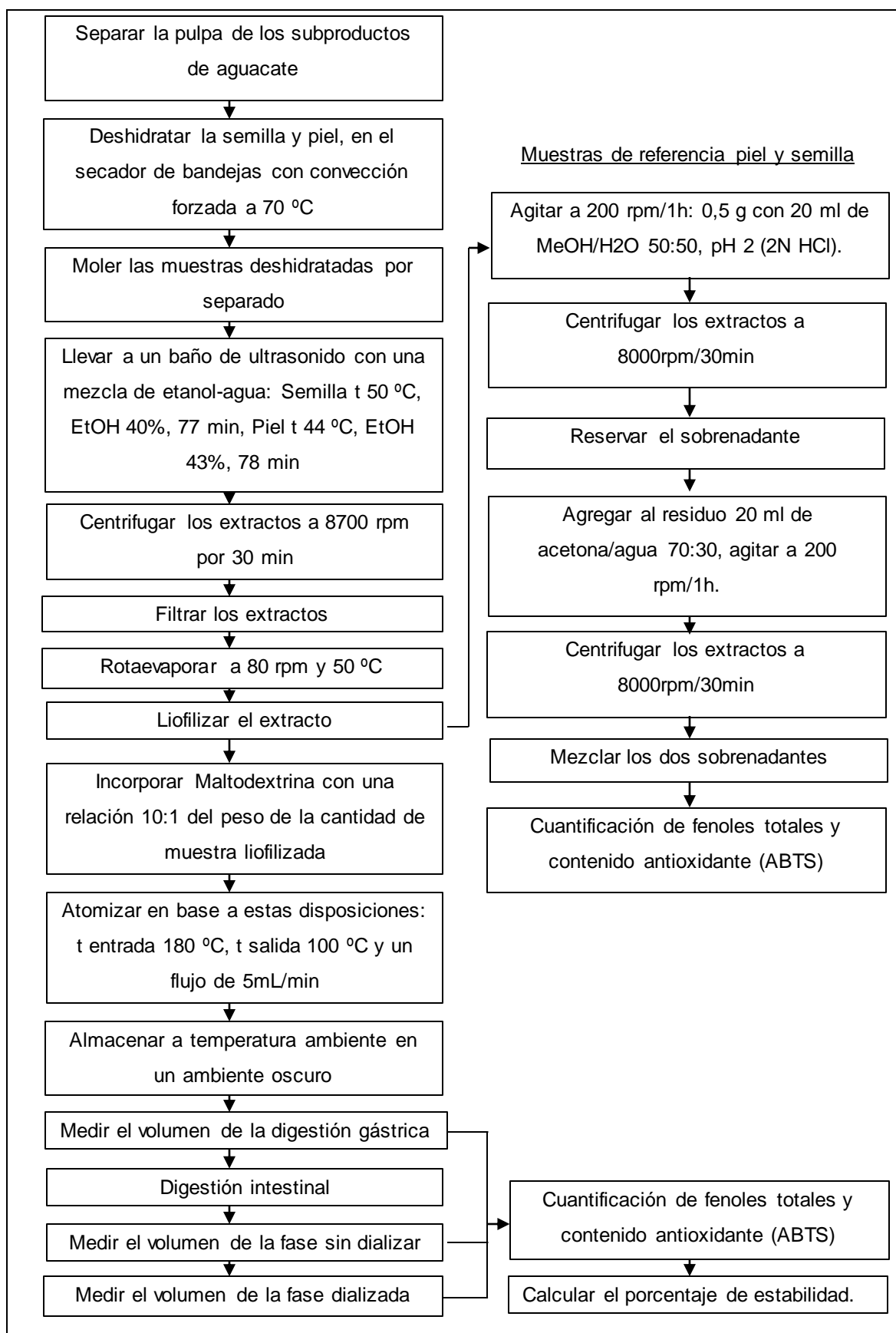
Se utilizó aguacate de la variedad *Hass* (*Persea americana*), del barrio Zacapo, parroquia San Pedro del cantón Loja, en la Figura 3 se detalla el proceso de esta investigación.

2.2 Digestión gastrointestinal *in-vitro*.

La simulación gastrointestinal *in-vitro* se desarrolló mediante la metodología descrita por D D Miller (1981) y modificado por Angel Gil-Izquierdo (2002). Esta metodología consta de dos fases: gástrica e intestinal, las enzimas se prepararon en ese momento que se iba a realizar la digestión gastrointestinal al igual que el bicarbonato de sodio a 0,5 N y la membrana se cortó de 18 cm la misma que se debe comenzar a preparar a lo que se inicia con la fase gástrica para después de las dos horas poder sumergir inmediatamente y continuar con la fase intestinal y no exista un retraso que pueda afectar los resultados. El procedimiento se detalla en la Figura 4. Posteriormente se realizó el análisis de fenoles totales y de la capacidad antioxidante aplicando los métodos Folin-Ciocalteu y ABTS en las muestras deshidratadas y extractos liofilizados y atomizados de piel y semilla.

Figura 3

Procedimiento de la etapa experimental.



2.3 Evaluación de la bioactividad en el producto encapsulado.

2.3.1 Fenoles totales.

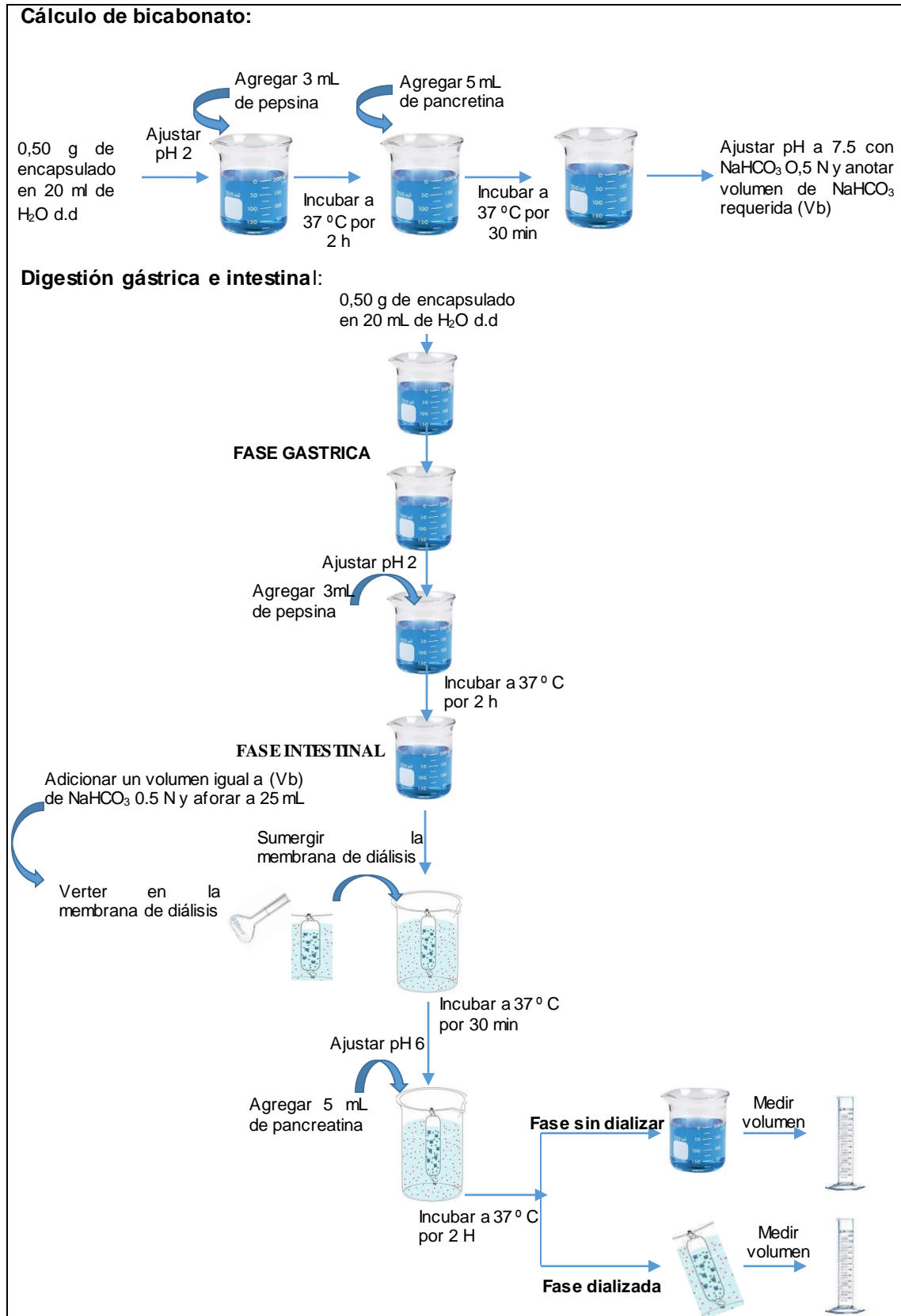
Para determinar el contenido de Fenoles Totales de las muestras se aplicó primero la metodología de la digestión gastrointestinal *in-vitro*. Evaluando su contenido fenólico de las fases gástrica e intestinal mediante el método colorimétrico de Folin Ciocalteu modificado por Kriengsak Thaipong (2006). Los resultados se expresaron como porcentaje de estabilidad del contenido fenólico. Para el desarrollo de esta metodología se siguió de acuerdo a lo dispuesto en la Figura 5. Se efectuó una dilución a las muestras muy concentradas.

2.3.2 ABTS.

Para evaluar la capacidad antioxidante se determinó por medio del método de Marino B. Arnao (2001) con algunas modificaciones de Kriengsak Thaipong (2006). En la Figura 6 se detalla el procedimiento de este método. Para la curva de calibración se utilizó como estándar el reactivo Trolox con una pureza de 97%, posteriormente se procedió a medir la absorbancia a 734 nm. Los resultados obtenidos fueron expresados como porcentaje de estabilidad.

Figura 4

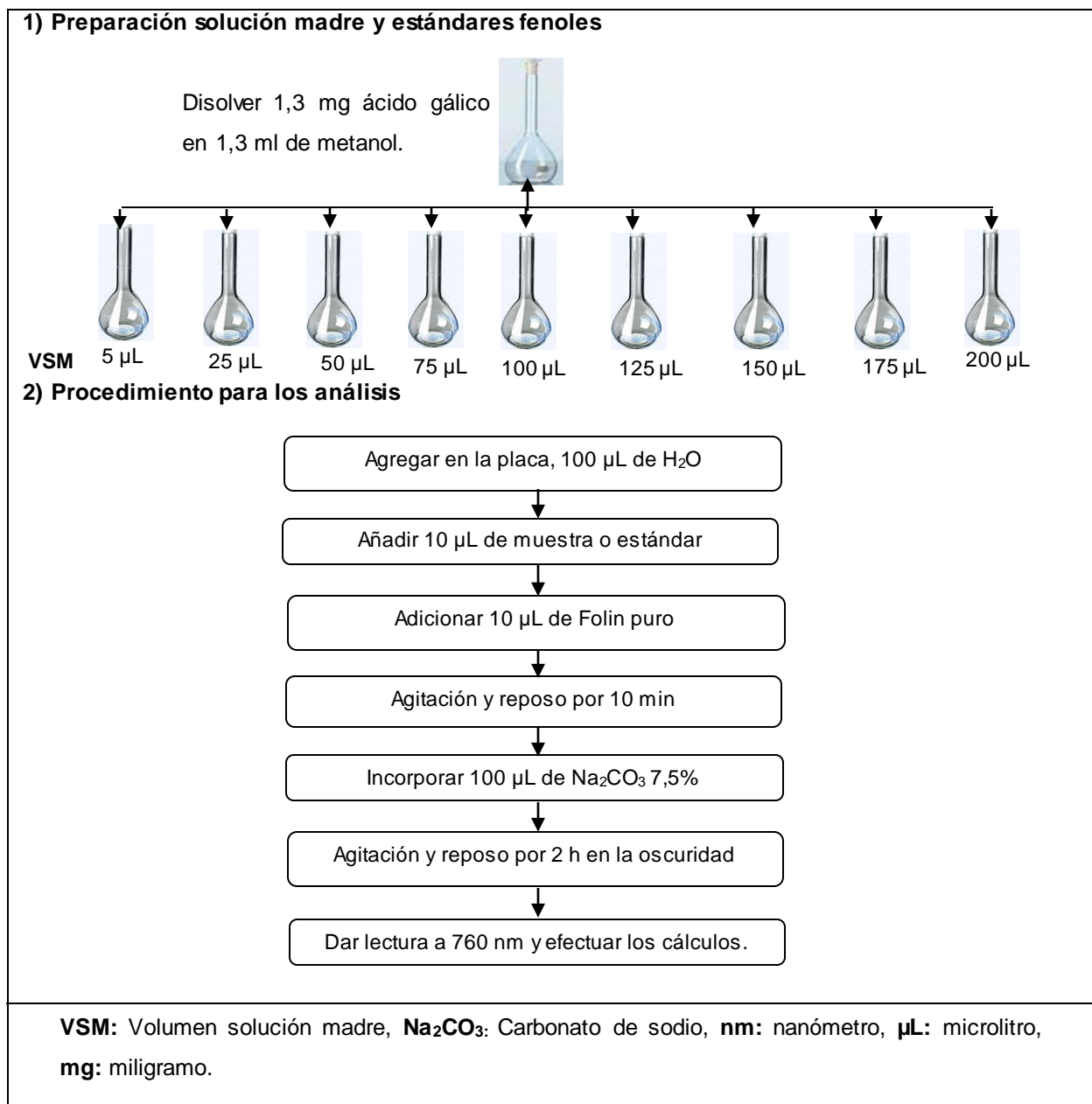
Proceso de la Digestión Gastrointestinal in-vitro.



Nota. Adaptado de Angel Gil-Izquierdo (2002).

Figura 5

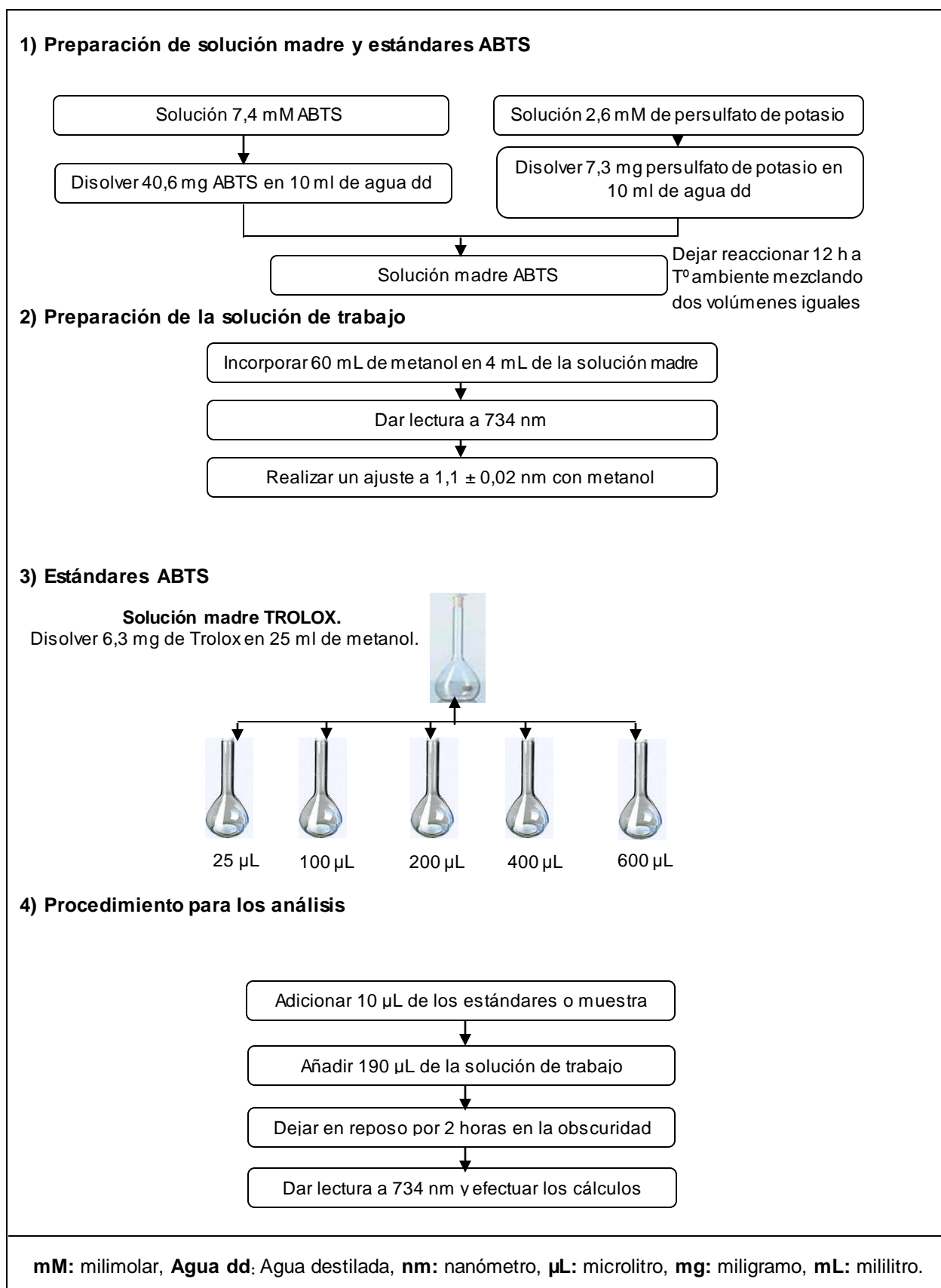
Fenoles totales.



Nota. Adaptado de Kriengsak Thaipong (2006).

Figura 6

Capacidad antioxidante mediante ABTS.



Nota. Adaptado de Kriengsak Thaipong (2006).

2.4 Diseño experimental.

Mediante un análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples de Tukey se realizó la evaluación del efecto que nos presenta la digestión *in-vitro* sobre su composición fenólica y actividad antioxidante del producto encapsulado. Utilizando un nivel de significancia de 0,05.

Capítulo tres

Resultados y discusión

3.1 Fenoles totales.

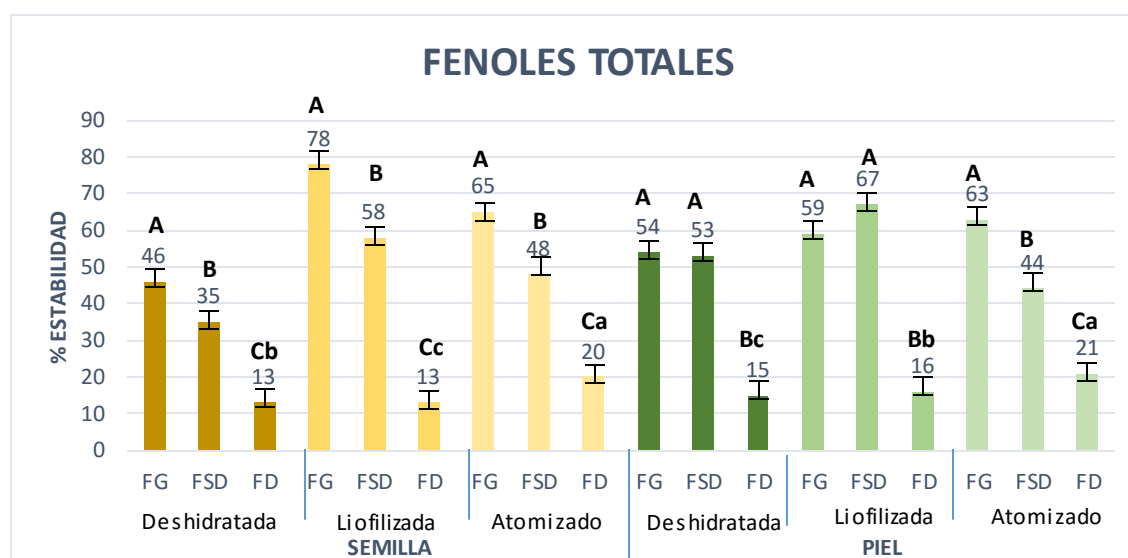
Los subproductos de aguacate son una fuente rica de compuestos fenólicos de esta manera se tiene para semilla un contenido de 183,8 mg GEA/g y para piel 257,5 mg GEA/g, estas muestras se utilizó como referencia para evaluar la degradación de los compuestos fenólicos, las mismas que fueron obtenidas mediante el método de Fulgencio Saura-Calixto (2007), técnica que consiste en una primera extracción con metanol-agua y posteriormente con una mezcla de solventes de acetona-agua. Esto permite extraer la mayor cantidad de compuestos fenólicos (Pérez-Jiménez et al., 2008). Se tiene en cuenta que la piel contiene más compuestos fenólicos que la muestra de semilla, esto concuerda con un estudio realizado por Rodríguez-Carpena et al. (2011), en el cual encontró mayor contenido fenólico en piel 89,97 mg GAE/g, comparado con el valor obtenido en semilla de 60,82 mg GAE/g utilizando acetona/agua (70:30). De igual manera, Tremocoldi et al. (2018) en su investigación utilizando la mezcla etanol/agua (80:20), para la muestra de piel obtuvo más contenido fenólico 63,5 mg GAE/g, a diferencia de semilla 57,3 mg GAE/g. Respecto a los compuestos fenólicos presentes, se destacan los flavonoides, ácidos hidroxicinámicos, catequinas, taninos condensados y derivados fenólicos (Jorge G Figueroa, Borrás-Linares, Lozano-Sánchez, & Segura-Carretero, 2018).

Los compuestos fenólicos ejercen un efecto fisiológico en el ser humano, pero a la vez son muy susceptibles a una fácil degradación por las condiciones ambientales, procesamiento y al momento que son consumidos (Díaz, Torres, Serna, & Sotelo, 2017). Por esta razón, por primera vez se realizó el encapsulamiento del extracto de los subproductos de aguacate, para evaluar la influencia que tiene esta técnica sobre la conservación de sus compuestos bioactivos durante el proceso de digestión gastrointestinal *in-vitro* y que fueron evaluados con relación a la muestra deshidratada y el extracto liofilizado.

A continuación, se detalla el efecto que tiene la digestión gastrointestinal *in-vitro* sobre el contenido fenólico que fueron evaluados por el método de Folin-Ciocalteu. La Figura 7, indica el porcentaje de estabilidad de los compuestos fenólicos presentes en los subproductos de aguacate (Apéndice 1,2). La fase gástrica está representada con FG, la fase intestinal sin dializar FSD y la fase intestinal dializada FD.

Figura 7

Porcentaje de estabilidad del contenido fenólico de los subproductos de aguacate durante la digestión gastrointestinal *in-vitro*.



Nota. Las letras mayúsculas representan la diferencia significativa del porcentaje de estabilidad del contenido fenólico de cada muestra y extracto, las letras minúsculas representa la diferencia significativa que existe en relación a la fase dializada.

En la muestra de semilla deshidratada se evidenció una degradación de los compuestos fenólicos debido al proceso de digestión gastrointestinal *in-vitro*. Su porcentaje de estabilidad en la fase gástrica es del 46%, disminuye el 11% en la fase sin dializar y un 33% en la fase dializada, se atribuye estos valores porque los compuestos fenólicos al unirse con las proteínas y por el pH se precipitan, esta unión disminuye el número de hidroxilo que al momento de ser medido por el método Folin-Ciocalteu nos pueden dar valores bajos (Aguilar & Sofía, 2014). Cabe recalcar que la semilla aparte de ser rica en compuestos

bioactivos se considera una gran fuente de proteína con un 5,05% (Triguero Ruiz, 2018; Wang et al., 2019).

En el extracto de semilla existe una degradación muy baja de los compuestos fenólicos después del proceso de la fase gástrica, se tiene en la fase sin dializar una pérdida en semilla liofilizada del 20% y semilla atomizada en un 17%, atribuyendo que durante la fase gástrica los compuestos fenólicos tienen una gran estabilidad a un pH 2 pero durante la fase sin dializar por el pH ligeramente neutro existe una disminución de su porcentaje de estabilidad (Castro Meco, 2018).

Durante la fase dializada existe una disminución ($p < 0,05$) del porcentaje de estabilidad después de la digestión con la pancreatina en el extracto de semilla liofilizada (del 58% al 13%) y extracto de semilla atomizada (del 48% al 20%), esta degradación se debe a que la mayoría de compuestos fenólicos en un medio alcalino o neutro son inestables y son muy susceptibles a una rápida destrucción (Elizabeth Hashim Arenas, 2017). Esta pérdida de compuestos fenólicos durante el proceso de digestión gastrointestinal *in-vitro* concuerda con un estudio realizado por Elizabeth Hashim Arenas (2017), sobre el orujo de pili, atribuyendo que la baja disponibilidad puede estar relacionada con la hidrólisis incompleta de los carbohidratos y proteínas presentes en la muestra, que reducen la liberación de los compuestos fenólicos. Como se puede evidenciar el extracto de semilla atomizada, nos presenta una mayor estabilidad del contenido fenólico (20%), a diferencia del extracto de semilla liofilizada (13%), este hecho se puede relacionar con el agente encapsulante (maltodextrina), que nos presenta una barrera para proteger a los compuestos bioactivos y que se va deteriorando a medida que avanza la digestión por el pH y la actividad enzimática, produciendo una liberación gradual a lo largo del proceso digestivo, lo que nos permite tener un mayor porcentaje de estabilidad en la fase intestinal dializada en relación al extracto de semilla liofilizada (da Silva Fernandes et al., 2017; Diaz et al., 2017).

En la muestra de piel deshidratada existe una degradación de sus compuestos bioactivos por efecto de la digestión gastrointestinal *in-vitro*, en la fase gástrica se tiene el

54%, en la fase sin dializar se tiene una disminución del 1% y en la fase dializada del 39%, está perdida del porcentaje de estabilidad de los compuestos fenólicos, está influenciado principalmente por el pH alcalino (Baeza, Sarriá, Bravo, & Mateos, 2018).

En el extracto de piel liofilizada durante la fase gástrica se tiene un 59% del porcentaje de estabilidad, se puede observar un incremento del 8% en la fase sin dializar, este resultado puede darse debido al pH ácido y la actividad enzimática durante la fase gástrica que podrían provocar la hidrólisis o la desintegración de la matriz del alimento produciendo la liberación de los compuestos fenólicos (Castro Meco, 2018; García Rojas, 2016). En el extracto de piel atomizada después de haber pasado por la digestión con pepsina, la disminución del porcentaje de estabilidad en la fase sin dializar no es muy considerable, se asemeja al extracto de semilla atomizada, esto podría atribuirse en que la mayoría de los compuestos fenólicos se encuentran presentes como glicósidos, polímero o ésteres, cabe recalcar que los principales glicósidos que se encuentran presentes en los subproductos de aguacate son: rutina, quercetina-3-O-arabinosido, quercetina-3-O-glucósido, quercetina-3-O-ramnosido, los mismos que tienen una mayor resistencia a la hidrólisis ácida del estómago, por lo tanto llegan intactos a la fase intestinal para ser metabolizados por la enzimas intestinales en un medio alcalino (Díaz et al., 2017; J. C. Rosero, 2017).

En la fase dializada existe una disminución ($p < 0,05$) del porcentaje de estabilidad de los compuestos fenólicos después de la digestión con pancreatina, con una reducción del 51% en el extracto de piel liofilizada y del 23% en el extracto de piel atomizada, concuerda con un estudio realizado por Castro Meco (2018) sobre la maca negra donde obtuvo una disminución de compuestos fenólicos en la digestión intestinal y se atribuyó que es por el pH que es ligeramente alcalino, por lo tanto se puede evidenciar que existe una alta inestabilidad bajo condiciones alcalinas (González et al., 2019). Pero el extracto de piel atomizada tiene una mayor estabilidad (21%) en relación al extracto de piel liofilizada (16%), esto se puede explicar debido que tiene un agente encapsulante en este caso la maltodextrina que evita en cierta medida la degradación de los compuestos bioactivos y que permite su liberación

gradual durante las diferentes fases del proceso de la digestión gastrointestinal *in-vitro* (González et al., 2019).

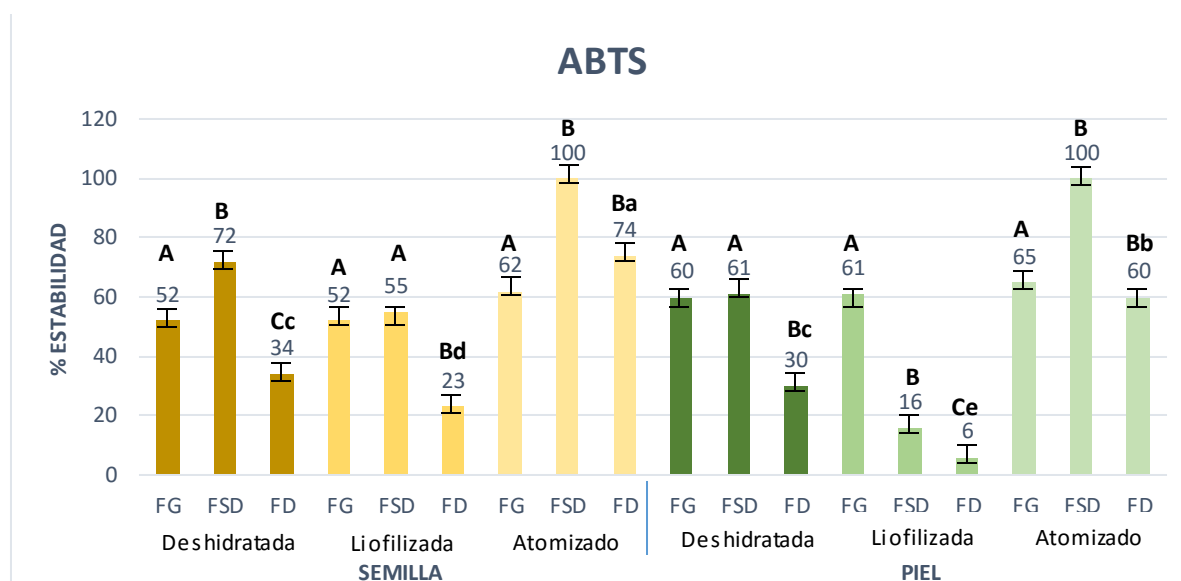
3.2 ABTS.

Los subproductos de aguacate al ser una fuente de compuestos fenólicos, nos aportan un gran poder antioxidante con varias propiedades funcionales para la salud, estos beneficios están relacionados con la biodisponibilidad de estos compuestos luego del proceso de digestión, que por lo general tiene a ser muy baja (David, Danciu, Moldovan, & Filip, 2019). Por esta razón, se evaluó el efecto que tiene la digestión gastrointestinal *in-vitro* sobre la capacidad antioxidante. Como parámetro de referencia se evaluó la actividad antioxidante de muestras de semilla y piel luego de un proceso de extracción con acetona/metanol/agua, obteniéndose valores de 3859 uM ET/g y 16762 uMET/g, respectivamente. Lo que servirá para evaluar la estabilidad antioxidante del extracto atomizado en relación al extracto liofilizado y muestra deshidratada de los subproductos. Estos resultados a la vez, se asemejan a un estudio realizado por Tremocoldi et al. (2018), donde realizaron la extracción con etanol/agua (80:20) y los resultados que obtuvieron de la actividad antioxidante fue para piel de 791,5 uMET/g y para semilla de 645,8 uM ET/g, que posteriormente identificaron los compuestos presentes en los subproductos de aguacate por medio de HPLC-MS/MS donde identificaron en semilla: Trans-5-O-caffeoil-D-ácido quínico, Procianidina B1, Catequina y Epicatequina, mientras que para piel: Procianidina B2 y Epicatequina, cabe mencionar que estos análisis no fueron evaluados mediante una digestión gastrointestinal *in-vitro*.

Al no existir estudios previos que evalúen la capacidad antioxidante, de los subproductos de aguacate encapsulados, durante el proceso de digestión gastrointestinal *in-vitro*, se desarrolló esta investigación evaluando el efecto que tiene el proceso digestivo, sobre los compuestos bioactivos presentes mediante el método de ABTS (catión radical 2,2-azinobis, ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico), expresando sus resultados como porcentaje de estabilidad como se puede evidenciar en la Figura 8, los cálculos se presentan en el Apéndice 3 y 4.

Figura 8

Porcentaje de estabilidad de la capacidad antioxidante de los subproductos de aguacate durante la digestión gastrointestinal *in-vitro*.



Nota. Las letras mayúsculas representan la diferencia significativa del porcentaje de estabilidad de la capacidad antioxidante de cada muestra y extracto, las letras minúsculas representa la diferencia significativa que existe en relación a la fase dializada.

Durante el proceso de la digestión gastrointestinal *in-vitro* la muestra de semilla deshidratada en la fase gástrica tiene un porcentaje de estabilidad del 52%, pero en la fase sin dializar se tiene un incremento del 20%, evidenciando que el pH 2 en la fase gástrica contribuye a su estabilidad y en la fase dializada se tiene una disminución del 38% se debe principalmente en que los compuestos bioactivos expuestos a un medio alcalino son muy inestables (David et al., 2019).

En el extracto de semilla existe un aumento ($p < 0,05$) del porcentaje de estabilidad de la capacidad antioxidante después de la fase gástrica, se tiene un incremento en el extracto liofilizado del 3% y en el extracto atomizado del 38%, se atribuye estos resultados porque los compuestos bioactivos en un medio ácido y por las enzimas digestivas mejoran su liberación (David et al., 2019).

En la fase dializada se tiene una disminución ($p < 0,05$) del porcentaje de estabilidad después de haber pasado por el proceso digestivo, en el extracto de semilla liofilizada (del 55% al 23%) y en el extracto atomizado (del 100% al 74%), este resultado puede estar relacionado, porque los compuestos fenólicos solubles se unen con la matriz del alimento y la semilla al ser una fuente de proteína como se ha manifestado anteriormente, interactúa reduciendo la actividad antioxidante y aparte también se puede ver afectado por el pH (David et al., 2019; Stanisavljević et al., 2015). Concuere con el estudio realizado por Argyri, Komaitis, and Kapsokefalou (2006), que evaluaron la actividad antioxidante del vino tinto después de la digestión, manifestando que las proteínas se unen con los compuestos fenólicos disminuyendo el efecto antioxidante. En consecuencia de esto, podemos evidenciar que la semilla atomizada tiene una mayor estabilidad de la capacidad antioxidante con un 74% a diferencia de la semilla liofilizada que tiene el 23%, concluyendo que la encapsulación favorece a la conservación y la liberación de los compuestos bioactivos durante las fases de la digestión gastrointestinal *in-vitro* que pueden ejercer eficazmente sus efectos fisiológicos otorgándonos un poder antioxidante (Hoskin, Xiong, Esposito, & Lila, 2019).

En la muestra de piel deshidratada se evidencia una inestabilidad de su porcentaje de estabilidad antioxidante, en la fase gástrica se tiene el 60% de actividad antioxidante en base a la muestra de referencia, en la fase sin dializar un mínimo incremento del 1% mientras que en la fase dializada existe una disminución del 31% comparado con la fase previa, esto se puede explicar debido a que los compuestos bioactivos se ven afectados por el pH alcalino, teniendo en cuenta que la capacidad antioxidante está ligado con la actividad fenólica presente en cada muestra (Baeza et al., 2018).

En el extracto de piel liofilizada se puede observar que existe una gran inestabilidad ($p < 0,05$) de su actividad antioxidante, en la fase gástrica se tiene el 61%, en la fase sin dializar una pérdida del 45%, evidenciando que el pH durante la fase intestinal afecto notablemente la estabilidad antioxidante (Baeza et al., 2018). En el extracto de piel atomizada después de la digestión con pepsina (65%), se tiene un incremento en la fase sin dializar del

35%, este aumento del porcentaje de estabilidad se puede atribuir que es por la acción del agente encapsulante y la enzima pepsina que ayuda a la desintegración de la matriz de la muestra y la liberación de compuestos aumentando la bioaccesibilidad, concuerda con el estudio de Castro Meco (2018), realizado en la planta *Lepidium meyenii* manifestando en sus resultados que el 100% de los compuestos bioactivos estaban presentes después de la digestión gástrica para continuar con la fase intestinal, teniendo en cuenta que la estabilidad de los compuestos fenólicos está relacionado con su actividad antioxidante.

Durante la fase dializada existe una disminución ($p < 0,05$) del porcentaje de estabilidad después de la fase intestinal, para el extracto de piel liofilizada se tiene el 6% mientras que en el extracto de piel atomizada se tiene el 60%, esto se debe a que los compuestos fenólicos a un pH ligeramente alcalino se tornan muy inestables lo que reduce su actividad antioxidante (Castro Meco, 2018). Pudiendo evidenciar que el extracto de piel atomizada tiene mayor estabilidad a diferencia de la muestra deshidratada y del extracto liofilizado. Esto se puede explicar, porque mediante la encapsulación se tiene una protección de los compuestos bioactivos incluso durante el almacenamiento que evita su degradación por factores externos que se encuentran expuestos como la temperatura, oxígeno, humedad, luz y entre otras (Madene, Jacquot, Scher, & Desobry, 2006; Navarro-Flores, Ventura-Canseco, Meza-Gordillo, del Rosario Ayora-Talavera, & Abud-Archila, 2020).

Por lo tanto, la encapsulación de los compuestos bioactivos presentes en los subproductos de aguacate, es de vital importancia porque nos presenta una barrera que evita en gran medida la degradación, lo que nos permite tener el 74% y 60% de estabilidad antioxidante de las muestras de semilla y piel respectivamente, cabe recalcar que el consumo de alimentos con una alta capacidad antioxidante nos proporcionan propiedades funcionales en el organismo, reduciendo el riesgo de padecer enfermedades degenerativas (Kamaraj, Kumar, Nithya, & Danya, 2019).

Conclusiones

En el extracto atomizado se logra mantener la actividad antioxidante tanto en semilla como piel, debido a que se genera una barrera protectora que evita la degradación de una gran cantidad de compuestos bioactivos, otorgando una mayor estabilidad fenólica y antioxidante en la fase final del proceso digestivo. A diferencia de las muestras deshidratadas y extractos liofilizados que presentaron una inestabilidad de sus compuestos porque entran en contacto directo con las enzimas y ácido durante el proceso de la digestión gastrointestinal in-vitro, produciéndose una mayor degradación de los mismos.

Recomendaciones

En base a esta investigación realizada de la evaluación del efecto de la digestión gastrointestinal in-vitro de los subproductos de aguacate se recomienda que en futuras investigaciones se utilice como variable respuesta la concentración de compuestos fenólicos medidos mediante HPLC-MS.

Referencias

- Agropecuarias, I. N. d. I. (2014). Aguacate. from <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/raguacate>
- Aguacate, C. (2019). Corpo Aguacate Ecuador. from <http://corpoaguacate.ec/index.html>
- Aguilar, R., & Sofía, L. (2014). Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (*Mangifera indica* L.): Recuperado.
- Alcaraz, M. L., & Hormaza, J. I. (2009). Selection of potential pollinizers for 'Hass' avocado based on flowering time and male–female overlapping. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 267-271. doi: 10.1016/j.scienta.2009.02.001
- Angel Gil-Izquierdo, P. Z., Francisco A. Tomás-Barberán (2002). An in vitro method to simulate phenolic compound release from the food matrix in the gastrointestinal tract. *European Food Research and Technology*, 214(2), 155-159.
- Argyri, K., Komaitis, M., & Kapsokefalou, M. (2006). Iron decreases the antioxidant capacity of red wine under conditions of in vitro digestion. *Food Chem*, 96(2), 281-289.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante secado por aspersion y evaluación de la estabilidad de su color y capacidad antioxidante. *Información tecnológica*, 25(3), 31-42.
- Baeza, G., Sarriá, B., Bravo, L., & Mateos, R. (2018). Polyphenol content, in vitro bioaccessibility and antioxidant capacity of widely consumed beverages. *Journal of the science of food and agriculture*, 98(4), 1397-1406.
- Bhullar, K. S., & Rupasinghe, H. (2013). Polyphenols: multipotent therapeutic agents in neurodegenerative diseases. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2013.
- Castro Meco, B. (2018). Efecto del cocinado y la digestión gastrointestinal de maca y mashua en la liberación de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante e inhibidora de la digestión de carbohidratos.
- Celi Bonilla, X. E. (2016). *AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.

- Chávez, F., Aranda, M., García, A., & Pastene, E. (2011). Los polifenoles antioxidantes extraídos del epicarpio de Palta (*Persea americana* var. Hass) inhiben la ureasa de *Helicobacter pylori*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 10(3).
- Chil-Núñez, I., Molina-Bertrán, S., Ortiz-Zamora, L., Dutok, C., & Souto, R. (2019). Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate). *Amazonia Investiga*, 8(21), 73-86.
- D D Miller, B. R. S., R R Rasmussen, D Van Campen. (1981). An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *The American journal of clinical nutrition*, 34(10), 2248-2256.
- da Silva Fernandes, M., Lima, F. S., Rodrigues, D., Handa, C., Guelfi, M., Garcia, S., & Ida, E. I. (2017). Evaluation of the isoflavone and total phenolic contents of kefir-fermented soymilk storage and after the in vitro digestive system simulation. *Food Chem*, 229, 373-380.
- Dabas, D., Elias, R. J., Ziegler, G. R., & Lambert, J. D. (2019). In Vitro Antioxidant and Cancer Inhibitory Activity of a Colored Avocado Seed Extract. *International Journal of Food Science*, 2019. doi: 10.1155/2019/6509421
- David, L., Danciu, V., Moldovan, B., & Filip, A. (2019). Effects of In Vitro Gastrointestinal Digestion on the Antioxidant Capacity and Anthocyanin Content of Cornelian Cherry Fruit Extract. *Antioxidants*, 8(5), 114.
- David M. Pereira, P. V., José A. Pereira, Paula B. Andrade (2009). Phenolics: From chemistry to biology: Molecular Diversity Preservation International.
- de Paula, B. M. F., Takeuchi, P. L., & Vannucchi, H. (2018). Efecto del resveratrol, la catequina y el gingerol en la obesidad; evidencias incompletas. *Nutrición Clínica*, 12(1-2018), 37-46.
- Denise Dantas, M. A. P., Mário Cavalcanti-Mata, Maria Elita Duarte, Hugo M.Lisboa. (2018). Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. *Food Chem*, 266, 284-291. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.016

- Díaz, Y. L., Torres, L. S., Serna, J. A., & Sotelo, L. I. (2017). Efecto de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional. *Información tecnológica*, 28(6), 23-34.
- Domínguez, M. P., Araus, K., Bonert, P., Sánchez, F., San Miguel, G., & Toledo, M. (2014). The avocado and its waste: an approach of fuel potential/application *Environment, Energy and Climate Change II* (pp. 199-223): Springer.
- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(7), 738-750.
- Drusch, S., Serfert, Y., Scampicchio, M., Schmidt-Hansberg, B., & Schwarz, K. (2007). Impact of physicochemical characteristics on the oxidative stability of fish oil microencapsulated by spray-drying. *J Agric Food Chem*, 55(26), 11044-11051.
- Elizabeth Hashim Arenas, T. P. T. (2017). Fate of polyphenols in pili (*Canarium ovatum* Engl.) pomace after in vitro simulated digestion. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(1), 53-58.
- Esquivel-González, B., Martínez, L. O., & Rutiaga-Quiñones, O. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 180-192.
- FAO. (2017). from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Faour, K. E. (2018). *ANTIOXIDANTES EN EL AGUACATE*. UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.
- Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Res Int*, 105, 752-763. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.082
- Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Res Int*, 105, 752-763.
- Fulgencio Saura-Calixto, J. S., Isabel Goñi. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chem*, 101(2), 492-501.

- Galindo-Tovar, M. E., Ogata-Aguilar, N., & Arzate-Fernández, A. M. (2007). Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(3), 441-450. doi: 10.1007/s10722-007-9250-5
- García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.
- García Rojas, D. A. (2016). Compuestos nutracéuticos de la tortilla Tlayuda: cambios durante el proceso de elaboración y bioaccesibilidad.
- Gómez, F., Sánchez, S., Iradi, M., Azman, N., & Almajano, M. (2014). Avocado seeds: extraction optimization and possible use as antioxidant in food. *Antioxidants*, 3(2), 439-454.
- Gonçalves, B., Moenford, M., Rocha, F., Alves, A., Estevinho, B. N., & Santos, L. (2017). Microencapsulation of a natural antioxidant from coffee—chlorogenic acid (3-caffeoylquinic acid). *Food and Bioprocess Technology*, 10(8), 1521-1530.
- González-Fernández, J. J., Galea, Z., Álvarez, J. M., Hormaza, J. I., & López, R. (2015). Evaluation of composition and performance of composts derived from guacamole production residues. *Journal of environmental management*, 147, 132-139.
- González, E., Gómez-Caravaca, A. M., Giménez, B., Cebrián, R., Maqueda, M., Martínez-Férez, A., . . . Robert, P. (2019). Evolution of the phenolic compounds profile of olive leaf extract encapsulated by spray-drying during in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chem*, 279, 40-48.
- Hoskin, R. T., Xiong, J., Esposito, D. A., & Lila, M. A. (2019). Blueberry polyphenol-protein food ingredients: The impact of spray drying on the in vitro antioxidant activity, anti-inflammatory markers, glucose metabolism and fibroblast migration. *Food Chem*, 280, 187-194.
- Idris, S., Ndukwe, G., & Gimba, C. (2009). Preliminary phytochemical screening and antimicrobial activity of seed extracts of *Persea americana* (avocado pear). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(1), 173-176.

- Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chem*, 126(4), 1821-1835.
- INEC. (2017). SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS, SEGÚN REGIÓN Y PROVINCIA AGUACATE (Fruta fresca).
- INIAP, C. d. C. S. (2018). INIAP evalúa cultivo de aguacate. from <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-evalua-cultivo-de-aguacate/>
- Kamaraj, M., Kumar, V. D. R., Nithya, T., & Danya, U. (2019). Assessment of Antioxidant, Antibacterial Activity and Phytoactive Compounds of Aqueous Extracts of Avocado Fruit Peel from Ethiopia. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 1-9.
- Kosinska, A., Karamac, M., Estrella, I., Hernandez, T., Bartolome, B., & Dykes, G. A. (2012). Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of *Persea americana* Mill. peels and seeds of two varieties. *J Agric Food Chem*, 60(18), 4613-4619. doi: 10.1021/jf300090p
- Kriengsak Thaipong, U. B., Kevin Crosby, Luis Cisneros-Zevallos, David Hawkins Byrne. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669-675.
- Laura, M. E., & Laura, R. B. (2016). AVOCADO BY-PRODUCTS, POTENTIAL RAW MATERIAL FOR VARIOUS INDUSTRIES. *COMITÉ CIENTÍFICO*, 130.
- Lidia Dorantes, P., Lidia Parada, MSc., Alicia Ortiz, PhD. (2004). AVOCADO: Post-Harvest Operation.
- Londoño Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia: Corporación Universitaria Lasallista*.
- López-Cobo, A., Gómez-Caravaca, A. M., Pasini, F., Caboni, M. F., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2016). HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as

- valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of avocado. *Lwt*, 73, 505-513.
- Lutz, M. (2013). Biodisponibilidad de compuestos bioactivos en alimentos. *Perspectivas en nutrición humana*, 15(2), 217-226.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release—a review. *International journal of food science & technology*, 41(1), 1-21.
- Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Ghorbani, M., & Assadpoor, E. (2014). Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying Technology*, 32(5), 509-518.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- María García Alonso, Sonia de Pascual Teresa, Celestino Santos Buelga, & Gonzalo, J. C. R. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chem*, 84(1), 13-18.
- Marino B. Arnao, A. C., Manuel Acosta. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem*, 73(2), 239-244.
- Murugan, R., Chandran, R., & Parimelazhagan, T. (2016). Effect of in vitro simulated gastrointestinal digestion of Phoenix loureirii on polyphenolics, antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory activities. *Lwt*, 74, 363-370.
- Navarro-Flores, M. J., Ventura-Canseco, L. M. C., Meza-Gordillo, R., del Rosario Ayora-Talavera, T., & Abud-Archila, M. (2020). Spray drying encapsulation of a native plant extract rich in phenolic compounds with combinations of maltodextrin and non-conventional wall materials. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 4111-4122.
- Orbegozo Chavez, N. (2018). Determinacion de polifenoles totales y evaluacion de la actividad antioxidante in vitro, del extracto seco de los rizomas y hojas de Valeriana Isoetifolia Killip.

- Parra Huertas, R. A. (2010). Revisión: microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 63(2).
- Pasin, B. L., Azón, C. G., & Garriga, A. M. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 130-151.
- Pedroza Islas, R., Calderón Oliver, M., Escalona Buendía, H. B., Medina Campos, O. N., Pedraza Chaverri, J., & Ponce Alquicira, E. (2016). Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado byproducts.
- Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Tabernero, M., Díaz-Rubio, M. E., Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Res Int*, 41(3), 274-285.
- Raymond Chia, T. W., & Dykes, G. A. (2010). Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars. *Pharmaceutical biology*, 48(7), 753-756.
- Rivera-González, G., Amaya-Guerra, C. A., & de la Rosa-Millán, J. (2019). Physicochemical characterisation and in vitro Starch digestion of Avocado Seed Flour (*Persea americana* V. Hass) and its starch and fibrous fractions. *International Journal of Food Science and Technology*. doi: 10.1111/ijfs.14160
- Rodríguez-Carpena, J.-G., Morcuende, D., Andrade, M.-J., Kylli, P., & Estévez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics, in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *J Agric Food Chem*, 59(10), 5625-5635.
- Rodríguez-Roque, M. J., Rojas-Graü, M. A., Elez-Martínez, P., & Martín-Belloso, O. (2013). Soymilk phenolic compounds, isoflavones and antioxidant activity as affected by in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chem*, 136(1), 206-212.

- Rosero, J. C. (2017). *Extracción y caracterización de los principios activos fenólicos con actividad antioxidante a partir de residuos de aguacate: epicarpio y semilla (Persea americana)*. Universidad de Nariño.
- Rosero, R. J., & San Juan, D. (2017). Extracción y caracterización de los principios activos fenólicos con actividad antioxidante a partir de residuos de aguacate: epicarpio y semilla (Persea americana). *Universidad de Nariño*.
- Rosillo Zevallos, C. K. (2016). Estudio de los principios bioactivos y obtención de colorantes naturales de la cáscara de Opuntia ficus-indica (L.) Miller "tuna".
- Serpa, A. M., Echeverri, A., Lezcano, M. P., Vélez, L. M., Ríos, A. F., & Hincapie, G. A. (2014). Extracción de aceite de aguacate variedad "Hass"(Persea americana Mill) liofilizado por prensado en frío. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(2), 113-123.
- Shah, Z. A., Li, R.-c., Ahmad, A. S., Kensler, T. W., Yamamoto, M., Biswal, S., & Doré, S. (2010). The flavanol (-)-epicatechin prevents stroke damage through the Nrf2/HO1 pathway. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 30(12), 1951-1961.
- Sobel, R., Versic, R., & Gaonkar, A. G. (2014). Introduction to microencapsulation and controlled delivery in foods *Microencapsulation in the food industry* (pp. 3-12): Elsevier.
- Sotelo-Bautista, M., Bello-Perez, L. A., Gonzalez-Soto, R. A., Yañez-Fernandez, J., & Alvarez-Ramirez, J. (2019). OSA-maltodextrin as wall material for encapsulation of essential avocado oil by spray drying. *Journal of Dispersion Science and Technology*. doi: 10.1080/01932691.2018.1562939
- Stanisavljević, N., Samardžić, J., Janković, T., Šavikin, K., Mojsin, M., Topalović, V., & Stevanović, M. (2015). Antioxidant and antiproliferative activity of chokeberry juice phenolics during in vitro simulated digestion in the presence of food matrix. *Food Chem*, 175, 516-522.
- Sumarriva, C., & Lys, N. (2019). Capacidad antioxidante, polifenoles y efecto citotóxico en líneas celulares del extracto hidroalcohólico de Handroanthus obscurus (Bureau & K. Schum.) Mattos "tahuari negro".

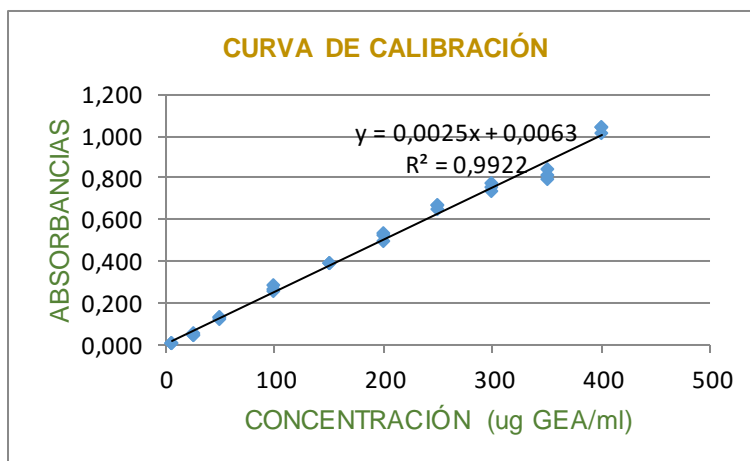
- Tejada, O., & Victoria, S. (2015). Correlación de la capacidad antioxidante total entre suero, saliva y orina empleando las técnicas de ABTS y FRAP en personas saludables.
- Tesfay, S., Bertling, I., & Bower, J. (2010). Anti-oxidant levels in various tissues during the maturation of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(2), 106-112.
- Tremocoldi, M. A., Rosalen, P. L., Franchin, M., Massarioli, A. P., Denny, C., Daiuto, É. R., . . . Alencar, S. M. d. (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PLoS One*, 13(2), e0192577.
- Triguero Ruiz, S. K. (2018). *Caracterización bromatológica de la semilla de aguacate (Persea americana) y extracción e identificación de la fracción con mayor actividad antimicrobiana y antioxidante*. Quito: UCE.
- Utrera, M., Rodríguez-Carpena, J.-G. n., Morcuende, D., & Estévez, M. (2012). Formation of lysine-derived oxidation products and loss of tryptophan during processing of porcine patties with added avocado byproducts. *J Agric Food Chem*, 60(15), 3917-3926.
- Vallejo, F., Gil-Izquierdo, A., Pérez-Vicente, A., & García-Viguera, C. (2004). In vitro gastrointestinal digestion study of broccoli inflorescence phenolic compounds, glucosinolates, and vitamin C. *J Agric Food Chem*, 52(1), 135-138.
- Wang, J.-S., Wang, A.-B., Zang, X.-P., Tan, L., Xu, B.-Y., Chen, H.-H., . . . Ma, W.-H. (2019). Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. *Food Chem*, 288, 146-153.

Apéndice

Apéndice 1: Cuantificación de fenoles totales

Curva de calibración

Co (ug GEA/ml)	Abs	Abs corregida
0	0,060	0,060
5	0,068	0,008
5	0,073	0,013
5	0,07	0,010
25	0,111	0,051
25	0,11	0,050
25	0,114	0,054
50	0,185	0,125
50	0,19	0,130
50	0,189	0,129
100	0,322	0,262
100	0,347	0,287
100	0,331	0,271
150	0,454	0,394
150	0,456	0,396
150	0,449	0,389
200	0,557	0,497
200	0,6	0,540
200	0,588	0,528
250	0,734	0,674
250	0,733	0,673
250	0,715	0,655
300	0,831	0,771
300	0,816	0,756
300	0,793	0,733
350	0,874	0,814
350	0,903	0,843
350	0,855	0,795
400	1,078	1,018
400	1,105	1,045
400	1,107	1,047



Pendiente	0,002506194
Intersección	0,006299822

Porcentaje de estabilidad de los compuestos fenólicos presentes en los sub productos de aguacate.

Muestra		Factor dilución	Absorbancia corregida	Co (ug GAE/ml)	Cf (mg GAE /g)	Prom	DV	%CV	% Estabilidad
SEMILLA DESHIDRATADA	MeOH Acetona	5	0,312	121,98	48,8	48,1	1	2,21	
		5	0,311	121,58	48,6				
		5	0,3	117,19	46,9				
	Fase gástrica	5	0,257	100,03	23,0	22,2	0,9	4,20	
		5	0,25	97,24	22,4				
		5	0,237	92,05	21,2				
	Fase sin dializar	5	0,174	66,91	18,1	17,0	1,5	8,88	
		5	0,17	65,32	17,6				
		5	0,148	56,54	15,3				
	Fase dializada	1	0,346	135,54	6,2	6,1	0,1	1,5	
		1	0,336	131,55	6,1				
		1	0,342	133,95	6,2				
SEMILLA LIOFILIZADA	MeOH Acetona	10	0,58	228,91	183,1	183,8	3	1,4	
		10	0,591	233,30	186,6				
		10	0,575	226,92	181,5				
	Fase gástrica	10	0,805	318,69	146,6	143,1	3,1	2,19	
		10	0,772	305,52	140,5				
		10	0,781	309,11	142,2				
	Fase sin dializar	10	0,49	193,00	104,2	106,3	2,2	2,03	
		10	0,51	200,98	108,5				
		10	0,499	196,59	106,2				
	Fase dializada	5	0,267	104,02	23,9	24,5	0,5	2,06	
		5	0,276	107,61	24,8				
		5	0,277	108,01	24,8				
SEMILLA ATOMIZADA	MeOH Acetona	5	0,115	43,37	17,3	17,8	0,37	2,1	
		5	0,119	44,97	18,0				
		5	0,119	44,97	18,0				
	Fase gástrica	5	0,136	51,75	11,9	11,5	0,414	3,6	
		5	0,132	50,16	11,5				
		5	0,127	48,16	11,1				
	Fase sin dializar	5	0,096	35,79	9,1	8,4	1	12	
		5	0,094	34,99	8,9				
		5	0,078	28,61	7,3				
	Fase dializada	1	0,196	75,69	3,6	3,6	0	0,8	
		1	0,195	75,29	3,6				
		1	0,193	74,50	3,6				
Muestra		Factor dilución	Absorbancia corregida	Co (ug GAE/ml)	Cf (mg GAE /g)	Prom	DV	%CV	% Estabilidad
PIEL DESHIDRATADA	MeOH Acetona	5	0,482	189,81	75,9	75,4	1,7	2,2	
		5	0,467	183,82	73,5				
		5	0,487	191,80	76,7				
	Fase gástrica	5	0,457	179,83	41,4	40,4	1,2	2,96	
		5	0,451	177,44	40,8				
		5	0,432	169,86	39,1				
	Fase sin dializar	5	0,369	144,72	39,7	40,1	0,4	1,1	
		5	0,377	147,91	40,5				
		5	0,372	145,92	40,0				
	Fase dializada	1	0,597	235,70	10,8	11,3	0,4	3,9	
		1	0,621	245,27	11,3				

		1	0,645	254,85	11,7				
PIEL LIOFILIZADA	MeOH Acetona	10	0,809	320,29	256,2	257,5	4,6	1,79	
		10	0,829	328,27	262,6				
		10	0,801	317,09	253,7				
	Fase gástrica	10	0,901	357,00	164,2	152,5	13	8,76	59
		10	0,853	337,84	155,4				
		10	0,758	299,94	138,0				
	Fase sin dializar	10	0,772	305,52	168,0	171,3	3,7	2,14	67
		10	0,805	318,69	175,3				
		10	0,784	310,31	170,7				
	Fase dializada	5	0,433	170,26	39,2	40,5	1,3	3,18	16
		5	0,461	181,43	41,7				
		5	0,448	176,24	40,5				
PIEL ATOMIZADO	MeOH Acetona	5	0,201	77,69	31,1	30,8	0,6	1,96	
		5	0,202	78,09	31,2				
		5	0,195	75,29	30,1				
	Fase gástrica	5	0,214	82,87	19,1	19,4	0,3	1,52	63
		5	0,219	84,87	19,5				
		5	0,22	85,27	19,6				
	Fase sin dializar	5	0,134	50,95	12,7	13,6	1	9,4	44
		5	0,138	52,55	13,1				
		5	0,158	60,53	15,1				
	Fase dializada	1	0,347	135,94	6,5	6,6	0	1,2	21
		1	0,345	135,15	6,5				
		1	0,353	138,34	6,6				

Apéndice 2: Análisis estadístico compuestos fenólicos.

Contenido fenólico semilla deshidratada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1735,39	867,693	191,13	0,000
Error	6	27,24	4,540		
Total	8	1762,62			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	2,13066	98,45%	97,94%	96,52%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	46,12	A
Fase sin dializar	3	35,32	B
Fase dializada	3	12,785	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico semilla liofilizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	6547,76	3273,88	2253,77	0,000
Error	6	8,72	1,45		
Total	8	6556,48			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	1,20525	99,87%	99,82%	99,70%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	77,875	A
Fase sin dializar	3	57,847	B
Fase dializada	3	13,335	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico semilla atomizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	3011,60	1505,80	120,98	0,000
Error	6	74,68	12,45		
Total	8	3086,28			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	3,52806	97,58%	96,77%	94,56%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	64,73	A
Fase sin dializar	3	47,53	B
Fase dializada	3	20,2969	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico piel deshidratada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2949,68	1474,84	1378,87	0,000
Error	6	6,42	1,07		
Total	8	2956,10			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	1,03421	99,78%	99,71%	99,51%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	53,605	A
Fase sin dializar	3	53,128	A
Fase dializada	3	14,965	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico piel liofilizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	4529,25	2264,63	232,79	0,000
Error	6	58,37	9,73		
Total	8	4587,62			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	3,11898	98,73%	98,30%	97,14%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	66,534	A
Fase gástrica	3	59,23	A
Fase dializada	3	15,718	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico piel atomizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2616,78	1308,39	215,93	0,000
Error	6	36,36	6,06		
Total	8	2653,14			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	2,46155	98,63%	98,17%	96,92%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	62,961 A	
Fase sin dializar	3	44,19	B
Fase dializada	3	21,263	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Contenido fenólico Fase dializada muestras semilla y piel.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	191,450	38,2900	288,12	0,000
Error	12	1,595	0,1329		
Total	17	193,045			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	0,364550	99,17%	98,83%	98,14%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

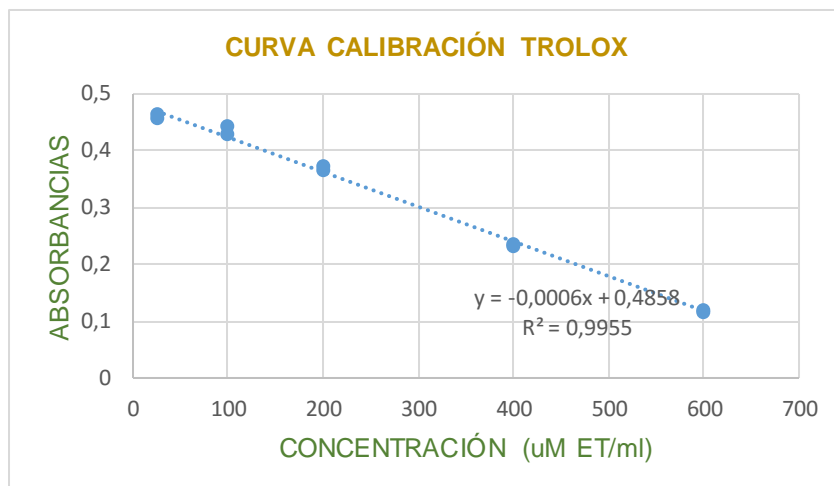
Factor	N	Media	Agrupación
Piel atomizada	3	21,263 A	
Semilla atomizada	3	20,2969 A	
Piel Liofilizada	3	15,718	B
Piel deshidratada	3	14,965	B
Semilla liofilizada	3	13,335	C
Semilla deshidratada	3	12,785	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Apéndice 3: ABTS

Curva de calibración

Co (uM ET/mL)	Abs
0	0,488
0	0,492
0	0,49
25	0,456
25	0,464
100	0,427
100	0,442
200	0,365
200	0,371
400	0,231
400	0,234
600	0,119
600	0,116



Pendiente	-0,00061623
Intersección	0,485800968

Porcentaje de estabilidad de la capacidad antioxidante de los sub productos de aguacate.

Muestra		Factor dilución	Absorbancia	Co (uM ET/ml)	Cf (uM ET/g)	Prom	DV	%CV	% Estabilidad
SEMILLA DESHIDRATADA	MeOH Acetona	10	0,167	517,34	413,9	427,7	12,27	2,87	
		10	0,153	540,06	432,0				
		10	0,149	546,55	437,2				
	Fase gástrica	10	0,202	460,54	211,9	224,3	11,4	5,08	52
		10	0,172	509,23	234,2				
		10	0,182	493,00	226,8				
	Fase sin dializar	10	0,153	540,06	291,6	306,8	13,41	4,37	72
		10	0,13	577,38	311,8				
		10	0,124	587,12	317,0				
	Fase dializada	10	0,303	296,64	136,5	145,2	11,43	7,87	34
		10	0,297	306,38	140,9				
		10	0,274	343,70	158,1				
SEMILLA LIOFILIZADA	MeOH Acetona	100	0,174	505,98	4047,9	3859,6	266,21	6,9	
		100	0,203	458,92	3671,4				
	Fase gástrica	100	0,189	481,64	2215,5	2021,5	187,07	9,25	52
		100	0,217	436,20	2006,5				
		100	0,239	400,50	1842,3				
	Fase sin dializar	100	0,242	395,63	2136,4	2116,0	59,65	2,82	55
		100	0,239	400,50	2162,7				
		100	0,252	379,41	2048,8				
	Fase dializada	100	0,368	191,16	879,4	876,9	48,57	5,54	23
		100	0,375	179,80	827,1				
		100	0,362	200,90	924,1				
	SEMILLA ATOMIZADA	MeOH Acetona	10	0,301	299,89	239,9	236,0	5,51	2,33
10			0,307	290,15	232,1				
Fase gástrica		10	0,294	311,25	143,2	146,7	4,80	3,27	62
		10	0,292	314,49	144,7				
		10	0,282	330,72	152,1				
Fase sin dializar		10	0,232	411,86	210,0	236,3	24,94	10,6	100
		10	0,172	509,23	259,7				
		10	0,197	468,66	239,0				
Fase dializada		10	0,267	355,06	170,4	174,6	6,53	3,74	74
		10	0,266	356,69	171,2				
		10	0,252	379,41	182,1				
Muestra		Factor dilución	Absorbancia corregida	Co (uM ET/ml)	Cf (uM ET/g)	Prom	DV	%CV	% Estabilidad
PIEL DESHIDRATADA	MeOH Acetona	20	0,17	512,47	820,0	814,8	8,99	1,1	
		20	0,176	502,74	804,4				
		20	0,17	512,47	820,0				
	Fase gástrica	20	0,162	525,45	483,4	491,4	7,51	1,53	60
		20	0,152	541,68	498,3				
		20	0,156	535,19	492,4				
	Fase sin dializar	20	0,227	419,97	460,3	494,7	35,63	7,2	61
		20	0,187	484,89	531,4				
		20	0,209	449,18	492,3				
	Fase dializada	20	0,313	280,42	258,0	246,5	9,94	4,03	30
		20	0,325	260,94	240,1				
		20	0,324	262,57	241,6				
PIEL	MeOH Acetona	400	0,159	530,32	16970,3	16762,6	187,23	1,12	
		400	0,164	522,21	16710,7				
		400	0,166	518,96	16606,8				

PIEL ATOMIZADO	Fase gástrica	400	0,166	518,96	9548,9	10215,8	600,41	5,88	61	
		400	0,138	564,40	10385,0					
		400	0,127	582,25	10713,4					
	Fase sin dializar	100	0,17	510,85	2809,7	2666,9	131,48	4,93	16	
		100	0,19	480,02	2640,1					
		100	0,2	463,79	2550,8					
	Fase dializada	100	0,349	222,00	1021,2	1070,9	57,01	5,32	6	
		100	0,344	230,11	1058,5					
		100	0,334	246,34	1133,2					
	PIEL ATOMIZADO	MeOH	10	0,246	389,14	311,3	313,3	2,75	0,88	
		Acetona	10	0,243	394,01	315,2				
		Fase gástrica	10	0,251	381,03	175,3	204,4	31,59	15,5	65
			10	0,167	517,34	238,0				
			10	0,218	434,58	199,9				
		Fase sin dializar	10	0,106	616,33	306,9	313,7	6,17	1,97	100
10			0,096	632,56	315,0					
10			0,091	640,67	319,1					
Fase dializada		10	0,254	376,16	180,6	188,9	7,20	3,81	60	
		10	0,238	402,12	193,0					
		10	0,238	402,12	193,0					

Apéndice 4: Análisis estadístico capacidad antioxidante.

Capacidad antioxidante semilla deshidratada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2142,99	1071,50	133,49	0,000
Error	6	48,16	8,03		
Total	8	2191,15			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	2,83316	97,80%	97,07%	95,05%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	71,73	A
Fase gástrica	3	52,44	B
Fase dializada	3	33,94	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante semilla liofilizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1916,15	958,075	104,66	0,000
Error	6	54,93	9,154		
Total	8	1971,08			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	3,02561	97,21%	96,28%	93,73%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	54,823	A
Fase gástrica	3	52,37	A
Fase dializada	3	22,719	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante semilla atomizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2264,0	1131,99	27,50	0,001
Error	6	247,0	41,16		
Total	8	2510,9			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	6,41574	90,16%	86,89%	77,87%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	100,10	A
Fase dializada	3	73,97	B
Fase gástrica	3	62,14	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante piel deshidratada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1830,76	915,380	127,95	0,000
Error	6	42,93	7,154		
Total	8	1873,69			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	2,67476	97,71%	96,95%	94,85%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	60,71	A
Fase gástrica	3	60,310	A
Fase dializada	3	30,259	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante piel liofilizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5094,96	2547,48	563,59	0,000
Error	6	27,12	4,52		
Total	8	5122,08			
	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
	2,12605	99,47%	99,29%	98,81%	

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase gástrica	3	60,94	A
Fase sin dializar	3	15,910	B
Fase dializada	3	6,389	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante piel atomizada.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2828,7	1414,35	38,28	0,000
Error	6	221,7	36,95		
Total	8	3050,4			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)		
6,07883	92,73%	90,31%	83,65%		

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Fase sin dializar	3	100,13	A
Fase gástrica	3	65,24	B
Fase dializada	3	60,29	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Capacidad antioxidante Fase dializada muestras semilla y piel.

Análisis de varianza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	9299,82	1859,96	479,74	0,000
Error	12	46,52	3,88		
Total	17	9346,34			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)		
1,96901	99,50%	99,29%	98,88%		

Agrupar información utilizando el método de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
Semilla atomizada	3	73,97	A
Piel atomizada	3	60,29	B
Semilla deshidratada	3	33,94	C
Piel deshidratada	3	30,259	C
Semilla liofilizada	3	22,719	D
Piel liofilizada	3	6,389	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.