

**Obtención y caracterización del aceite del fruto de *Persea americana*
(aguacate) y evaluación de la actividad antioxidante como ingrediente en
formulaciones cosméticas.**

Estudiantes

Isabella Betancourt Primero y Valentina Solís Dorado

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Químico.**

Director (a)

**Ph.D. Liseth Suárez Osorio
PhD Yhors Alexander Ciro Monsalve**

**Línea de Investigación:
Alimentos y Fármacos**

**Grupo de Investigación:
GIEMA**

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Química
Cali, Colombia
2024**

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Antioxidante natural	Población en general
Responsabilidad social		
Científico	Ampliación del conocimiento	Población en general
Indicadores de Gestión		
Tecnológico		
Técnico		
Ambiental	Aprovechamiento de frutos y sus residuos	Población en general
Social		
Cultural		

Obtención y caracterización del aceite del fruto de *Persea americana* (aguacate) y evaluación de la actividad antioxidante como ingrediente en formulaciones cosméticas.

Isabella Betancourt Primero ¹, Valentina Solís Dorado ²

isabella.betancourt00@usc.edu.co, valentina.solis00@usc.edu.co grupo de investigación GIEMA. Facultad de ciencias básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

Los dermocosméticos son esenciales en la vida actual y los productos naturales o ecológicos han ganado popularidad debido a la creciente conciencia sobre los efectos nocivos de los productos convencionales. Se caracterizó física y químicamente el aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) de mercados, siguiendo la norma ICONTEC NTC 3343 para grasas y aceites comestibles vegetales y animales. La pulpa se secó en horno microondas, y la extracción se realizó con n-hexano, por soxhlet y ultrasonido. Parámetros químicos evaluados: índice de acidez (0,70% de ácido oleico), índice de peróxido (66,50 meq de O₂/Kg), índice de saponificación (188,82 meq KOH/g) e índice de yodo (54,14 mg de I₂/g). Parámetros físicos: densidad (1,0230 g/cm³) e índice de refracción (1,4324 a 24°C). La actividad antioxidante se calculó mediante el parámetro IC₅₀ y el porcentaje de inhibición (21,84% a 43,92%). Se realizó una formulación aniónica utilizando un método en caliente: ambiente, estufa y nevera. Se evaluó la estabilidad, siendo la condición ambiente la de mayor estabilidad. La actividad antioxidante no fue representativa en las tres condiciones de formulación utilizadas.

Palabras clave: caracterización, antioxidante, formulación, *Persea americana*.

Obtaining and characterization of the oil from the fruit of *Persea Americana* (avocado) and evaluation of the antioxidant activity as an ingredient in cosmetic formulations.

ABSTRACT

Dermocosmetics are essential in today's life, and natural or organic products have gained popularity due to the growing awareness of the harmful effects of conventional products. The *Persea americana* (paperillo avocado) oil from markets was physically and chemically characterized, following the ICONTEC standards for fats and oils. The pulp was dried in a microwave oven, and the extraction was carried out with n-hexane by soxhlet and ultrasound. Chemical parameters evaluated: acidity value (0,70 % oleic acid), peroxide value (66,50 meq of O₂/Kg), saponification value (188,82 meq KOH/g) and iodine value (54,14 mg of I₂/g). Physical parameters: density (1.0230 g/cm³) and refractive index (1.4324 at 24 °C). The antioxidant activity is calculated using the IC₅₀ parameter and percentage of inhibition (21.84 % to 43.92 %). An anionic formulation was carried out using a hot method: room, stove, and refrigerator. Stability was evaluated, with the room condition being the one with the greatest stability. The antioxidant activity was not representative in the three formulation conditions used.

Keywords: characterization, antioxidant, formulation, *Persea americana*.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia se produce una amplia gama de frutas tropicales, de las cuales existen muy pocos estudios químicos. La investigación en el campo de los compuestos con actividades antioxidantes de origen natural provenientes de frutas permite establecer el potencial de ellas como alimento con propiedades bifuncionales y el desarrollo de productos con valor agregado que puedan ser usados como aditivos en la industria farmacéutica [1].

El aguacate (*Persea americana*) tiene excelentes aplicaciones nutricionales y médicas. Contiene gran cantidad de grasas, proteínas, fibras, así como vitaminas y minerales como (C, E, K, B1, B2, B6, B9), además de fósforo, sodio, magnesio, potasio, hierro y zinc [2], el aguacate variedad Lorena (papelillo) es el más comercializado al interior del país abarcando aproximadamente el 37% del área sembrada [16], el aguacate está compuesto por endocarpio (semilla), mesocarpio (pulpa), exocarpio (cáscara o piel) y pedúnculo. Para el caso de este fruto el mesocarpio es la parte que contiene la mayor cantidad de grasas, vitaminas, carbohidratos y proteínas. La pulpa compone en la mayoría de las variedades entre el 70.5% y 87.2% del total de la fruta, siendo esta la pieza principal que compone el aguacate [16]. Muchos autores han investigado acerca de las propiedades antioxidantes que poseen los extractos realizados a partir de las hojas [3-6] y de las semillas [7-8] de aguacate, en las cuales ratifican la capacidad antioxidante que contiene este fruto, en la búsqueda de la actividad antioxidante de la pulpa no se encontraron investigaciones que se centren en el mesocarpio.

Para la obtención del aceite a partir de aguacate existen diferentes métodos de extracción, entre estos están: La extracción con solventes en la cual encontramos la extracción soxhlet y ultrasonido (sólido-líquido) cuyo objetivo es la separación de uno o más componentes en una fase sólida, se utiliza generalmente para aislar los componentes lipídicos de una muestra, por medio de un solvente apolar como el Éter dietílico, el Éter de petróleo o el Hexano, siendo la técnica soxhlet más común y aceptada por normas americanas y europeas. En la extracción con fluidos supercríticos (SFE) la materia prima se troza y se empaca en una cámara de acero inoxidable y circulando sobre muestra un fluido en estado supercrítico arrastrando las esencias, se elimina el fluido supercrítico cuando se descomprime el sistema hasta alcanzar la temperatura y presión de ambiente. Las ventajas de este proceso es un alto rendimiento, fácil separación del solvente, conserva sus características fisicoquímicas por las bajas temperaturas usadas, pero la desventaja es que el costo de los equipos es demasiado elevado, por lo cual se emplea la extracción con solventes por su alta eficacia gracias al lavado continuo con el disolvente. Adecuado para extracciones de escala laboratorio [9].

En la actualidad, los productos cosméticos son esenciales en la vida cotidiana y su importancia ha impulsado un crecimiento constante en las investigaciones. Esta evolución se debe a la necesidad de adaptarse a las tendencias cambiantes, y se relacionan con los estilos de vida y las preferencias de las personas, como respuesta, la cosmética se ha orientado hacia las investigaciones de productos cosméticos a partir de fuentes naturales, que se perciben como más seguros y respetuosos con el medio ambiente. Este enfoque nos demuestra una demanda cada vez mayor por productos que reflejen valores de salud y sostenibilidad. [10]

Los términos surfactantes, emulsificante y emolientes se utilizan para el cuidado de la piel. Los surfactantes se utilizan para desaparecer los residuos de la piel. Muchos productos del cuidado de la piel son una combinación de aceite y agua. Los emulsificantes unen estas dos sustancias en una mezcla homogénea. Los emolientes son responsables de lubricar la piel, así como también de adherir los cosméticos a la misma. El aceite de aguacate contiene ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) como los de la serie Omega 3, Omega 6 y Omega 9. Los AGPI proporcionan a la célula una protección antioxidante, ya que reaccionan neutralizando radicales libres. Los ácidos grasos poliinsaturados como el aceite oleico y linoleico, presentes en el aceite de aguacate se absorben fácilmente en la piel para mejorar las funciones esenciales de las células [11].

Las especies denominadas antioxidantes, son un tipo de compuestos que, en el cuerpo humano actúan para eliminar radicales libres, los radicales libres son sustancias químicas altamente reactivas, las cuales insertan oxígeno en las células y producen una reacción denominada oxidación, causando diversos factores de riesgo para la salud como lo son cambios en el ADN, aceleran el envejecimiento del cuerpo, incluso generan diversos tipos de cáncer, [12] es decir, la especie antioxidante genera un choque con los radicales libres presentes y cede en ellos un electrón, inhibiendo la reacción en cadena que estos producen al aparearlos. [12]

Los diversos componentes que se pueden obtener de las plantas hacen que se vea beneficiado el sector de la cosmetología en un enfoque natural, ofreciendo nuevas alternativas para la salud, siendo agentes de mejoramiento y prevención a enfermedades dérmicas, esto gracias a sus componentes [13]. Por lo cual, el estudio de las plantas medicinales de origen vegetal es muy importante en la actualidad, es necesario la identificación de la fuente o planta a realizar el estudio, en la búsqueda se seleccionó la familia *Lauraceae* que contiene compuestos químicos como los fenólicos y ácidos grasos, este tipo de compuestos tiene propiedades con actividad antioxidantes. [14]

A raíz de todo lo mencionado anteriormente, se plantea la siguiente investigación: ¿Se puede obtener y caracterizar el aceite extraído del fruto *Persea americana* (aguacate papelillo) evaluando su actividad antioxidante como ingrediente en una formulación cosmética?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestra a analizar

Se utilizó la pulpa del fruto *Persea americana* (aguacate papelillo) proveniente de mercados, la selección se basó en la madurez y la evaluación del fruto determinado a partir del cambio de color, que empieza desde la parte pedúncular en los primeros días de la maduración. El momento óptimo en cuanto a tonalidad es un color verde claro. El aguacate se considera maduro (ver anexo A) para ser consumido o procesado si, al ejercer presión con la yema del dedo tanto en la zona ecuatorial como en la zona peduncular, el fruto se deforma levemente (por lo menos un milímetro) [15].

2.2 Métodos para el tratamiento de la muestra

2.2.1 Método de secado en horno convencional

El aguacate se despulpó por medio de una molineta manual como se muestra en la Fig. 1, con el fin de obtener una masa homogénea, se utilizó la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo), se dispuso en dos bandejas y se introdujo en un horno convencional marca BINDER a 65°C durante 4 horas, para realizar la extracción por el método soxhlet. En la Fig. 2 se evidencia el cambio al deshidratar, seguido a ello se dispuso en bolsas tipo ziploc y se introdujeron en un desecador para conservar las muestras libres de humedad.



Figura 1. Pulpa con humedad.



Figura 2. Pulpa deshidratada.

2.2.2 Método de secado en microondas

La pulpa se secó en un horno microondas marca Electrolux, se siguió el procedimiento descrito por Minagricultura [16]. Se inició despulpando el aguacate por molienda manual, se acondiciono el microondas, precalentando 7 minutos sin muestra, esto para evitar sesgo en las medidas. Se procedió a secar la pulpa durante 7 minutos. Se evidencio la deshidratación de la materia prima como se puede observar el antes y el después en las Fig. 3 y 4 respectivamente.



Figura 3. Materia prima con humedad. **Figura 4.** Materia prima deshidratada.

2.3 Extracción del aceite

2.3.1 Extracción por el método Soxhlet

Se utilizó la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) deshidratada en horno microondas (2.2.2), donde se tomó aproximadamente 50,000 gramos, se introdujo en un dedal de celulosa para contener el resto de materia presente en la pulpa y se insertó en la cámara del soxhlet, se utilizaron 150 mililitros de n-hexano, se calentó el balón de fondo plano en un baño de glicerina para estabilizar la temperatura, realizando la extracción durante 5 horas. Con el fin de recuperar solo el aceite, se utiliza el rotaevaporador, gracias a la diferencia entre sus puntos de ebullición, donde el n-hexano tiene un punto de ebullición bastante menor al punto de ebullición del aceite, (ver anexo B), basado en la norma ICONTEC: NTC 6240:2017 [17].

2.3.2 Extracción por el método ultrasonido:

Se realizó un segundo método de extracción utilizando el método de ultrasonido, usando la pulpa de aguacate deshidratada en microondas (2.2.2) aplicando la técnica de separación sólido-líquido, con n-hexano en una relación de 1:3 variando la temperatura y el tiempo a diferentes condiciones por triplicado. Finalmente, el aceite obtenido se concentró utilizando un rotaevaporador [18].

1. 40°C y 30 minutos
2. 40°C y 40 minutos
3. 40°C y 50 minutos
4. 50°C y 30 minutos
5. 50°C y 40 minutos

2.4 Condiciones de almacenamiento

El aceite obtenido de la extracción se almacenó en nevera, cerrado, recubierto en papel aluminio, para preservar sus componentes, según la norma ICONTEC: NTC 217:2018 [19].

2.5 Caracterización química del aceite de la *Persea americana* (aguacate papelillo).

Se realizaron seis caracterizaciones del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) para conocer el comportamiento del extracto y sus componentes, la caracterización fisicoquímica se basó en la norma ICONTEC NTC 3343 para grasas y aceites comestibles vegetales y animales.

2.5.1 Densidad

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC: NTC 336:2016. Esta norma especifica un método para determinar densidad (masa por volumen convencional) de las grasas y aceites [20].

2.5.2 Índice de refracción

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC: NTC 289:2019. Establece la razón de la velocidad de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz en el aceite, es una referencia de pureza del aceite y está relacionado con el grado de saturación y contenido de ácidos grasos [21].

2.5.3 Índice de acidez

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC NTC: 218:2011. Indica la cantidad de base necesaria para neutralizar los ácidos grasos presentes en una muestra, la mayoría de estos se expresan como ácido oleico (ya que son de origen vegetal). Se espera que los aceites vegetales como el de aguacate, contengan una acidez menor al 1% para ser empleados y dirigidos al sector de alimentos y sector de la cosmetología [22].

2.5.4 Índice de peróxidos

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC NTC: 236:2011. Es una medición de la cantidad de oxígeno enlazada químicamente a un aceite en forma de peróxidos, en particular hidroperóxidos y su presencia puede ser indicativa de la rancidez o la oxidación de los aceites [23].

2.5.5 Índice de saponificación

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC NTC: 335:2019 [24]. Es una medida que indica la longitud promedio de las cadenas de ácidos grasos presentes en la muestra analizada. Cuando los triglicéridos tienen un peso molecular menor, habrá una mayor cantidad de ellos en un gramo de muestra en comparación con aquellos de mayor peso molecular. Si los ácidos grasos tienen un peso molecular más reducido, se necesitará una cantidad superior de moléculas de KOH para reaccionar con estos ácidos grasos, los cuales se forman al romperse los enlaces éster de los triglicéridos. Esto resultará en la observación de un índice de saponificación más elevado [34].

2.5.6 Índice de yodo

Este parámetro se determinó a partir de la norma ICONTEC NTC: 283:2019. Se utiliza para determinar la instauración de los ácidos grasos en una muestra, lo que proporciona información sobre la cantidad de enlaces dobles presentes en los ácidos grasos insaturados. El aceite de aguacate se distingue por su contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente ácido oleico, lo cual lo posiciona como un alimento nutricionalmente destacado para la dieta humana, sin embargo, este alto grado de instauración puede hacerlo más susceptible al deterioro oxidativo. Este proceso conlleva a la saturación de los dobles enlaces y la formación de hidroperóxidos, lo que se traduce en una disminución del índice de yodo, un marcador de la instauración de los ácidos grasos [25].

2.6 Determinación de la actividad antioxidante del extracto del aceite de la *Persea americana* (aguacate papelillo)

Se determinó por el método del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH).

2.6.1 Determinación de la capacidad antioxidante DPPH

Se realizó por el método espectrofotométrico del DPPH basado en la medición de absorbancia a una longitud de 517 nm, la base de esta técnica va relacionada con los radicales libres, donde si tenemos un radical libre y este presenta un electrón del nitrógeno desapareado transmite un color morado intenso, cuando se reduce o disminuye el radical por acción del antioxidante y se estabiliza su función oxidativa, el color morado intenso va disminuyendo hasta generar un color amarillo. Esta técnica fue propuesta por W. Brand-Williams y colaboradores en el año de 1995 [26].

2.7 Preparación de emulsiones

Se prepararon 6 emulsiones; 3 de ellas contenían aceite de aguacate papelillo y otras 3 sin aceite usadas como control. La composición de las emulsiones se presenta en el (anexo C).

2.7.1 Método en caliente

1. El alcohol cetílico, el ácido esteárico y la glicerina, se calentaron a 65°C (fase oleosa).
2. El agua, el propilenglicol y el tween 20 se agitaron y se calentaron a 70°C en un beaker bajo agitación constante (fase acuosa).
3. Cuando ambas fases estuvieron a la temperatura correspondiente, se agregó la fase oleosa sobre la fase acuosa, para la generación de la emulsión.
4. La emulsión generada se dejó en agitación magnética constante por 5 minutos.
5. Se dejó enfriar la emulsión, y cuando alcanzó una temperatura por debajo de 35°C, se adicionó el aceite de aguacate papelillo al 0,5 %, el benzoato de sodio y se agitó con espátula durante unos minutos.
6. Finalmente, la emulsión se homogenizó en un equipo ultraturrax de 5 - 10 minutos a 4000 rpm (ver anexo C).

2.8 Estabilidad

Se realizó un estudio de estabilidad acelerada para establecer el periodo en el cual las emulsiones permanecieron en condiciones aptas para su uso en su envase original y determinar las condiciones de almacenamiento. Las emulsiones se almacenaron durante 28 días a las siguientes condiciones:

- **Estufa:** Temperatura= 40° ± 2 °C.
- **Ambiente:** 25 ± 5 °C.
- **Nevera:** Temperatura = 5° ± 3 °C.

A tiempos de 0, 7, 14, 21 y 28 días se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos:

2.8.1 pH

La medición del pH de los prototipos se realizó a temperatura ambiente utilizando un pH-metro previamente calibrado (Marca Mettler Toledo). La medición se realizó por triplicado.

2.8.2 Viscosidad

La viscosidad se midió en un viscosímetro Brookfield (marca Viscolead ADV) empleando una aguja R7 a 100 rpm. La medición se realizó por triplicado.

2.8.3 Capacidad antioxidante

A las emulsiones realizadas (2.7) se les realizó la medición de la capacidad antioxidante, por el método del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) (2.6), en donde se realizaron disoluciones a 500 ppm diluidas en una mezcla de solventes de metanol:agua:etanol en proporción 6:2:2 de cada una de las emulsiones sometidas a las condiciones de estabilidad (2.8).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Obtención del aceite a partir de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo).

3.1.1 Tratamiento de la muestra

El tratamiento de la muestra se realizó por dos métodos, para comparar la viabilidad de cada una, según la NTC 6240:2017 es necesario remover la mayor cantidad de humedad posible del aguacate.

3.1.2 Secado de materia prima por horno

La duración de la deshidratación por el método de horno convencional se extendió (2.2.1), superando el tiempo estimado que eran 4 horas para la deshidratación, donde la pulpa daba señales de estar húmeda. De igual modo se procedió a realizar la extracción de aceite por el método soxhlet usando esta pulpa en donde el rendimiento de grasa total fue de 2,02%, evidenciado en la Tabla 2, lo que sugiere que la pulpa húmeda afectó el proceso de extracción aplicando este método de secado en comparación al método de secado en microondas (2.2.2) que proporcionó una pulpa deshidratada con un porcentaje de humedad extraída hasta de 84,12%, evidenciado en la Tabla 1 y un porcentaje de grasa total de 44,42%, evidenciado en la Tabla 3.

Por los resultados exhibidos se procedió a cambiar los parámetros de tiempo para la deshidratación en horno convencional, en donde se triplicó el tiempo de la pulpa en el horno extendiéndose a 12 horas lo que conllevó a la proliferación de microorganismos, como hongos y larvas de insectos, en la pulpa de aguacate. Este prolongado tiempo de exposición al calor y la humedad brindó un entorno propicio para el crecimiento de estos microorganismos no deseados. El exceso de tiempo en el horno no solo conllevó a la contaminación microbiológica, además, la presencia de hongos y larvas puede ser perjudicial para la salud [27]. Estos resultados sugieren que la modificación del tiempo de secado en el horno convencional no es una estrategia efectiva para acelerar el proceso de secado de la pulpa de aguacate sin comprometer la calidad y la seguridad del producto final.

La humedad figura como uno de los mayores adversarios para los aceites, en consecuencia, aquellos con un mayor porcentaje de humedad corren el riesgo de sufrir daños debido a microorganismos y oxidación [46].

3.1.3 Secado de materia prima por microondas

En la Tabla 1 se relaciona el peso de la pulpa húmeda y la pulpa deshidratada (2.2.2), los resultados de los secados por microondas presentaron un contenido de humedad entre el 77,96% y el 84,12 % determinado según la norma NTC 287 [28], otros estudios han reportado un contenido de humedad del 85,2% [29]. La variación en el rango de porcentaje de humedad puede variar según varios factores como la composición de la pulpa del aguacate debido a la madurez, el tamaño del aguacate, las condiciones de crecimiento, entre otros.

Tabla 1. Materia prima con humedad y sin humedad.

Aguacate papelillo (secado No.)	Peso materia prima con humedad (gramos)	Peso de la materia prima deshidratada (gramos)	Porcentaje de humedad extraída
1	222,6511	35,3609	84,12%
2	290,6369	64,2513	77,96%

La deshidratación en microondas logró eliminar la humedad de la muestra de manera efectiva sin comprometer la calidad del producto final. La deshidratación en microondas no solo ha optimizado el tiempo del proceso a comparación del secado en horno convencional, de igual modo ha demostrado ser una técnica más eficiente al prevenir la proliferación de microorganismos, como hongos o larvas, al minimizar el período de exposición a un ambiente propicio para su desarrollo.

3.1.4 Obtención del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) por Soxhlet.

En la Tabla 2 se relaciona el porcentaje de aceite obtenido de *Persea americana* (aguacate papelillo) con un 2,01% empleando el secado en horno convencional BINDER, seguido la Tabla 3 nos relaciona el porcentaje de aceite obtenido del secado por microondas del 44,42%.

Tabla 2. Extracción del aceite con pulpa secada en horno BINDER.

Componentes	Peso (gramos)
Eppendorf vacío	0,9366
Eppendorf con aceite obtenido	1,9463
Pulpa deshidratada por horno	50,0457
% de aceite extraído	2,02%

Tabla 3. Extracción del aceite con pulpa secada en horno microondas.

Componentes	Peso (gramos)
Balón vacío	108,2800
Balón con aceite obtenido	130,5751
Pulpa deshidratada por microondas	50,1960
% de aceite extraído	44,42%

Cómo se evidencia en la Tabla 2 y 3 el porcentaje de aceite obtenido por el método de secado en horno convencional BINDER (2.2.1) fue sustancialmente inferior al porcentaje de aceite obtenido por el método de secado en microondas (2.2.2). Se determinó el contenido de aceite extraído de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) empleando la ecuación 1 (anexo D), utilizando el método de extracción por soxhlet para los métodos de secado por horno y microondas.

La humedad residual en la pulpa de aguacate deshidratada por horno convencional afecta significativamente la extracción de aceite por el método soxhlet. Debido a que la pulpa deshidratada por horno convencional quedó húmeda, se observa que esta humedad influyo directamente sobre la eficiencia de la extracción de aceite de aguacate, viéndose reflejado en los porcentajes de aceite obtenido [29]. Los resultados de la Tabla 2 y 3 llevaron a seguir usando el método de secado en microondas (2.2.2) y descartando el método de secado en horno convencional para extracciones siguientes. En lo cual se evidenció que durante el proceso de obtención del aceite la humedad interfiere en el rendimiento de la extracción de aceite de otros productos de origen vegetal. [30-31].

El aceite presentó un color verde intenso (ver anexo B), el porcentaje de rendimiento de la extracción soxhlet fue de 41,65 % en la Tabla 4 se presentan los rendimientos del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo), el porcentaje de rendimiento está por debajo del reportado para el aceite con un porcentaje del 50 % [29]. El rendimiento de la extracción varía por diversos factores, como la humedad presente en cada muestra afectando la afinidad en la extracción y las condiciones agroclimáticas del cultivo, pero principalmente afecta el índice de madurez del aguacate, si bien los porcentajes de rendimiento de aceite son cercanos, no son iguales y esto se debe a la madurez de los aguacates utilizados para la extracción, donde se eligieron aguacates en un estado maduro donde variaron unos entre otros por unos pocos días de maduración y por consiguiente en el rendimiento del aceite extraído, esto se debe a que si el fruto se encuentra en un estado de mayor madurez quiere decir que más ácidos grasos se encuentran presentes en la pulpa como se evidencia en la Tabla 4, esto se corrobora en trabajos relacionados en extracción de aceite de aguacate. [31]

Tabla 4. Contenido de aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo).

Ensayo	% Rendimiento
1	44,42
2	42,12
3	38,41
Promedio	41,65

3.1.5 Obtención del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) por el método ultrasonido.

Los resultados que mostraron mayor rendimiento de aceite de aguacate son las condiciones con menor tiempo, en concreto las extracciones realizadas a 30 minutos (2.3.2), esto se relaciona a la eficacia del ultrasonido en menor tiempo, siendo suficiente para liberar el aceite, logrando disolverse en el n-hexano, además de que la exposición de la materia prima a la temperatura en tiempos más prolongados puede llevar a la evaporación del solvente, ya que el n-hexano se evapora con facilidad incluso a temperatura ambiente por su volatilidad, haciendo que el aceite tenga un menor volumen de solvente en el cual disolverse provocando que no logre liberarse toda la materia lipídica presente en la muestra cómo se evidencia en los porcentajes de rendimiento de grasa total, en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido de aceite obtenido para cada condición por el método de ultrasonido.

Condiciones de extracción para ultrasonido	Promedio de aceite obtenido
1. 40°C y 30 minutos	23,22%
2. 40°C y 40 minutos	18,07%
3. 50°C y 30 minutos	21,43%
4. 50°C y 40 minutos	20,07%
5. 40°C y 50 minutos	19,12%

Al obtener los resultados de ambos métodos de extracción, se infiere que el método soxhlet, provee rendimientos superiores, que el método de ultrasonido del cual se obtuvo un rendimiento de la mitad a lo obtenido en soxhlet. Aunque el método de ultrasonido ofrece beneficios en términos de eficiencia en tiempo, se destinó el método soxhlet para extraer cantidades más significativas de aceite que es de interés este mayor rendimiento. Una vez elegido el método más idóneo de extracción, se procedió a realizar nuevamente la extracción por Soxhlet para la formulación del producto cosmético (emulsión con actividad antioxidante).

4. Caracterización fisicoquímica del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo).

Los parámetros fisicoquímicos determinados se compararon con otras variedades y con los rangos establecidos por las normas ICONTEC NTC 3343 para grasas y aceites comestibles vegetales y animales (2.5).

4.1.1 Densidad.

En la Tabla 6 se representa la densidad del aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) del método de extracción Soxhlet con promedio de 1,0230 g/ml, seguido de la densidad del método de extracción por ultrasonido con un promedio 1,0276 g/ml. La densidad del aceite extraído resulto estar por encima de los valores reportados promedios con una variación mínima. Los tiempos de almacenamiento largos y las altas temperaturas hacen que este valor se desvíe del rango, sin embargo, la densidad varía según la polimerización u oxidación del aceite [32].

4.1.2 Índice de refracción

En la Tabla 6 se presenta el índice de refracción determinado a 24°C para el aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) método de extracción soxhlet, donde el valor promedio fue 1,4324. seguido del índice de refracción por el método de extracción de ultrasonido, donde los resultados evidenciaron un valor promedio de 1,4345, la norma ICONTEC 289 nos indica un rango de refracción entre 1,4670-14710 a 25°C para grasas y aceites en general [33]. El rango reportado en un estudio oscila entre 1,465 y 1,468 para aceite de aguacate variedad Hass [34]. No se encontró índice de refracción de la variedad papelillo. En los resultados se puede observar un índice más bajo lo que disminuye el grado de instauración y el porcentaje de ácidos grasos insaturados, sin embargo, no quiere decir que la calidad del aceite se vea afectada por este parámetro, ya que este puede depender del tipo de materia prima empleada [35].

Tabla 6. Datos experimentales de densidad e índice de refracción para el método de extracción del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo).

Parámetro Físico	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Densidad (g/ml) Soxhlet	1,0231	1,0231	1,0228	1,0230
Índice de refracción a 24°C Soxhlet	1,4318	1,4329	1,4325	1,4324
Densidad (g/ml) Ultrasonido	1,0275	1,0279	1,0274	1,0276
Índice de refracción a 24°C Ultrasonido	1,4340	1,4352	1,4345	1,4345

4.2 Caracterización química del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo)

Los resultados obtenidos de la caracterización química del aceite extraído de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) se presentan en la Tabla 7.

4.2.1 Índice de acidez

Se obtuvo un índice de acidez del 0,70 % de ácido oleico por extracción soxhlet, que corresponde al valor ácido 1,5 mg KOH/g, para la extracción por ultrasonido se obtuvo un índice de acidez 0,65 % de ácido oleico que compete al valor ácido 1,3 mg KOH/g. El valor ácido aproximado cumple con lo esperado para aceites crudos según la norma ICONTEC NTC: 218:2011, donde se tiene estipulado valores de 1 a 4, los dos resultados obtenidos presentan valores dentro de este rango [22].

Los aceites de aguacate extraídos por ultrasonido y por soxhlet, presentaron todos los valores menores al 1% como se evidencio en la Tabla 7 y los reflejados en estudios similares [36]. Se ha observado una leve pero notable diferencia en los niveles de acidez entre ambos procesos, siendo el aceite extraído por el método soxhlet el que registró una mayor acidez relativa.

Esta divergencia puede atribuirse a la exposición en cuanto a tiempo y temperatura en la extracción de ácidos grasos en cada método. El método soxhlet demostró ser más eficiente en la extracción de aceite, logrando una mayor cantidad en comparación con el método de ultrasonido. Esta mayor cantidad de aceite obtenida por soxhlet implicó una proporción más elevada de ácidos grasos presentes en la muestra, lo cual se tradujo en una mayor acidez en el producto final, corroborando con los datos registrados en la Tabla 7.

4.2.2 Índice de peróxido

Los resultados muestran índices de peróxidos elevados a lo convencional para el aceite de aguacate, esto se evidencia en la Tabla 7. Los índices de peróxidos del aceite de aguacate extraído por el método soxhlet corresponde 66,50 meq de O₂/Kg; para el método por ultrasonido 39,75 meq de O₂/Kg. El aceite extraído por el método soxhlet obtuvo un valor elevado, debido a que se aplicó para el ensayo una muestra de aceite que había sido manipulada por varios días llevando a un aumento en la oxidación del aceite, quedando en evidencia un deterioro oxidativo por la manipulación prolongada de este al ambiente. Del mismo modo ocurrió con los resultados para el aceite de aguacate extraído por el método de ultrasonido, esta muestra evidencio resultados más cercanos a los reportados, pero de igual modo la muestra ya había sido manipulada constantemente, pero no al mismo nivel que el aceite extraído por el método soxhlet, por esto, los resultados son más cercanos a los ya reportados, donde informan un índice de peróxido cercanos a 31,66 meq de O₂/ kg para el aceite de aguacate extraído con n-hexano y pulpa secada en microondas [37].

4.2.3 Índice de yodo

Se obtuvieron resultados entre 54,14 mgI₂/g y 56,66 mgI₂/g, registrados en la Tabla 7 para el aceite extraído por soxhlet y ultrasonido respectivamente. Los cuales nos indican que posiblemente pudo

existir un deterioro oxidativo reflejando la presencia de peróxidos, donde se validó mediante la prueba de índice de peróxidos y la formación correspondiente de estos compuestos en el aceite de aguacate, lo que puede impactar en su calidad y estabilidad al momento de su manipulación comparado a valores de índice de yodo reportados, que evidencian un valor promedio de 84,24 mgI₂/g [35] y en otros con valores de 84,34 mgI₂/g [38].

4.2.4 Índice de saponificación

Los valores de saponificación para las muestras de aceite extraídas por el método soxhlet fue de 188,82 mg KOH/g y para la extracción por ultrasonido 131,88 mg KOH/g, estos valores se acercan a los registrados en investigaciones previas de aceite de aguacate, en uno de los estudios de caracterización del proceso de extracción de aceite de aguacate variedad Hass se obtuvo un valor de 182,32 mg KOH/g, valor aproximado al obtenido experimentalmente, otros estudios reportaron valores de 221,54 mg KOH/g [24] y valores de 219,0 mg KOH/g [38].

El método de extracción por ultrasonido, al ser un procedimiento menos invasivo en contraste con otros métodos de extracción como el Soxhlet que son más intensos, puede generar efectos significativos en la liberación de ácidos grasos presentes en la muestra.

La extracción por ultrasonido no logra la completa ruptura de los enlaces éster presentes en los triglicéridos, lo que potencialmente conlleva a una liberación incompleta de ácidos grasos en la solución. Esto implica que la cantidad de ácidos grasos disponibles para reaccionar con el hidróxido de potasio en el proceso de saponificación podría ser menor a la anticipada, lo que puede desembocar en un índice de saponificación más bajo. Esta disminución en el índice puede ser el resultado directo de una extracción incompleta o menos eficiente de los ácidos grasos debido al proceso de ultrasonido y se ve reflejado de igual modo en el porcentaje de grasa total, impactando directamente en el índice de saponificación, como se evidencia en la Tabla 7 donde los valores de saponificación para el método ultrasonido fueron más bajos que los de Soxhlet.

Tabla 7. Caracterización química del aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo).

Muestra No.	Índice de acidez (% de ácido oleico).	Índice de peróxidos (meq de O ₂ /kg)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (mgI ₂ /g)
1 (Soxhlet)	0,62	64,65	185,82	54,61
2 (Soxhlet)	0,72	66,44	193,09	56,45
3 (Soxhlet)	0,77	68,42	187,56	51,37
Promedio Soxhlet	0,70	66,50	188,82	54,14
1 (Ultrasonido)	0,67	41,48	123,86	59,26
2 (Ultrasonido)	0,67	38,94	128,71	52,49
3 (Ultrasonido)	0,62	38,84	143,08	58,23
Promedio ultrasonido	0,65	39,75	131,88	56,66

5. Actividad antioxidante del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo)

5.1 Actividad antioxidante de Trolox (control) frente al DPPH.

Se utilizó como control positivo Trolox, se tomó 1 ml de DPPH y 200 µL de cada una de las soluciones de Trolox, para dejar reaccionar por 20 minutos, se registró la absorbancia (ver anexo E). Los ensayos se realizaron por triplicado, y se expresaron como porcentaje de inhibición del radical DPPH. Los valores expresados en %Inhibición, tiene un rango entre 30,78% a 72,31% para el Trolox.

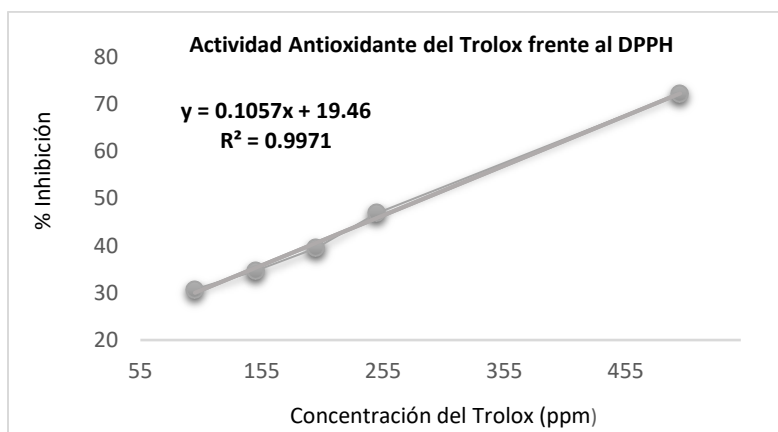


Figura 8. Actividad antioxidante del Trolox frente al DPPH.

Se observa en la Fig. 8, la actividad antioxidante del Trolox frente al DPPH, su rango de concentración se encuentra entre 100 a 500 ppm, con un coeficiente de correlación de 0.9971, indicando que el Trolox es un buen control en ese rango. La concentración de 500 ppm fue la que obtuvo el mejor porcentaje al inhibir el radical DPPH en un 72,31%.

5.2 Actividad antioxidante del aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo)

Como se observa en la Fig. 9, la actividad antioxidante del aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) por el método de extracción de soxhlet (2.3.1), obtuvo un rango de linealidad que se encuentra entre 10 y 500 ppm con un coeficiente de correlación de 0,9759. La actividad antioxidante del aceite expresado en %Inhibición presentó variaciones entre un rango de 21,84 % y 43,92 % (ver anexo F). Una muestra con buena actividad antioxidante de aceite se encuentra en el orden de un porcentaje de inhibición mayor del 50% [39].

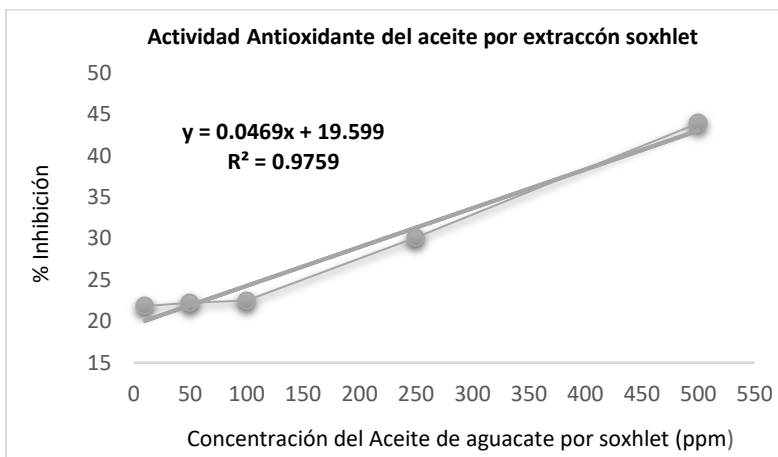


Figura 9. Actividad antioxidante del aceite extraído por el método Soxhlet frente al DPPH.

Por el método de extracción de ultrasonido (2.3.2) la actividad antioxidante del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) expresado en %Inhibición vario desde 16,68 % hasta 26,14 % (ver anexo G). Como se observa en la Fig. 10 la actividad antioxidante del aceite de la pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) por el método de extracción de ultrasonido obtuvo un rango de linealidad que se encuentra entre 10 y 500 ppm con un coeficiente de correlación de 0,9656, indicando que el aceite se comporta como un antioxidante, pero con porcentajes más bajo que la extracción por soxhlet.

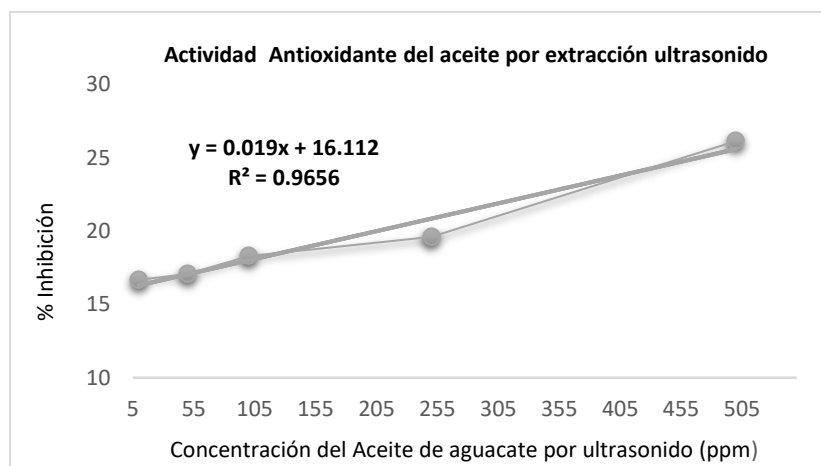


Figura 10. Actividad antioxidante del aceite por el método ultrasónico frente al DPPH.

5.3 Concentración inhibitoria media (IC₅₀)

Aplicando los resultados de porcentaje de inhibición del radical DPPH generado por el Trolox (ver anexo E), se realizó una curva de referencia Fig. 8 relacionando el porcentaje de inhibición contra la concentración de Trolox, obteniendo una ecuación, con la que se determina la concentración inhibitoria media (IC₅₀), el cual representa la concentración de un antioxidante necesario para inhibir el 50% de la actividad de un radical libre o de una reacción oxidativa [40], (ver anexo H).

El Trolox es un buen patrón de referencia, dado que nos proporcionó un IC₅₀ a una concentración de 288,93ppm, siendo una concentración estipulada dentro de los puntos de la recta (ver anexo H), de igual modo se evidencia en el (anexo E) donde a una concentración de 500ppm se obtuvo un porcentaje de inhibición del 72,31% del radical DPPH.

Si bien el IC₅₀ del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método soxhlet (2.3.1), se sale de los puntos de la recta dispuestos en la Fig. 9, se obtuvo un valor más cercano a 500ppm donde el valor es de 648,21 ppm, este valor obtenido inhibe el 50% de la actividad del radical DPPH (ver anexo H), siendo esta concentración relativamente alta en comparación con el patrón de referencia Trolox que obtuvo un IC₅₀ a una concentración de 288,93ppm (anexo E) que es un valor que se encuentra dentro de los puntos de la recta en donde no se da pérdida de linealidad, de igual modo esta concentración de IC₅₀ para el aceite extraído por el método soxhlet se considera una buena actividad de inhibición del radical DPPH.

Para este ensayo queda en evidencia que el aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo) extraído por el método de ultrasónico no es buena fuente de actividad antioxidante, ya que se requiere una concentración de 1783,58ppm, (ver anexo H), para presentar una concentración que inhiba el 50% de la actividad del radical DPPH, la cual es una concentración que se sale de las concentraciones dispuestas en la recta de la Fig. 10.

Ambos métodos de extracción, ultrasónico y soxhlet conservan las propiedades de las muestras, evidenciado durante la caracterización fisicoquímica, propias del aceite. Los tocoferoles presentes en el aceite poseen de manera natural un agente protector a la oxidación que ayudan a prolongar la vida útil del aceite de aguacate, destruyendo radicales libres producidos durante las reacciones de oxidación por presencia de hidroperóxidos [47]. En aceites vegetales encontrar valores bajos de actividad antioxidante, es normal, ya que se pierden muchos compuestos por la exposición a la luz y la temperatura [40]. Sin embargo, los componentes antioxidantes en el aceite usado para cada

método de extracción varían considerablemente debido a las diferencias que proporciona tanto el índice de madurez y las condiciones aplicadas en los métodos de extracción, ya que generalmente se pierden muchos compuestos de actividad antioxidantes, por la exposición al calor, la luz y el oxígeno, en este caso los tocoferoles. Los bajos valores encontrados en la capacidad antioxidante en el aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo), se atribuyen a estos factores en donde son muy sensibles a estas condiciones, por lo tanto estos niveles de actividad reportados se dieron al no controlar las variables de luz y oxígeno durante la experimentación y se vio más reflejado en el método de ultrasonido ya que esta extracción no se lleva a cabo en un medio cerrado como en el método soxhlet, de modo que se realiza en un medio expuesto, dejado en presencia de oxígeno el aceite, conllevando a degradaciones. Un estudio reportó la actividad antioxidante del aceite de aguacate con un IC_{50} a una concentración de 62,99 ppm [48].

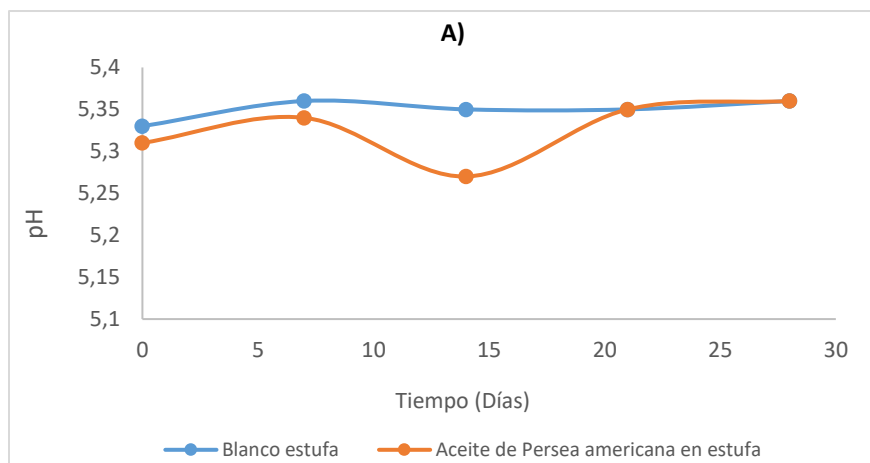
6. Estabilidad de las formulaciones del producto cosmético usando el aceite obtenido de *Persea americana* (aguacate papelillo)

En las 6 emulsiones realizadas se obtuvieron características organolépticas distintivas de las emulsiones control y las emulsiones que contienen aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo). En cuanto al aroma, ninguna de las emulsiones presentó olor, indicando la ausencia de fragancias agregadas. Respecto a la textura, todas las emulsiones se sintieron suaves y ligeras, lo que sugiere una consistencia agradable al tacto. En cuanto al color, las emulsiones que contenían aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) mostraron un tono ligeramente verde brillante, en comparación con las emulsiones control que no lo contenían, Fig. 14, estas últimas presentaron un color blanco brillante. Esto evidencia que el aceite de aguacate contribuyó a la variación de tono de las emulsiones. Además, todas las emulsiones se ven completamente uniformes, sin grumos ni partículas individuales a la vista, lo que indica una mezcla homogénea y estable.

Los estudios de estabilidad son considerados requisito indispensable en la implementación de nuevas formulaciones (2.8). De esta forma se garantiza la integridad, calidad y seguridad de la formulación durante su vida útil [41]. Se realizó un estudio de estabilidad acelerado para cada condición, revisando pH y viscosidad (ver anexo I y J).

El estudio de estabilidad en estufa a 40 °C, a temperatura ambiente de 25 °C y a 5 °C en nevera, se realizó durante 28 días, cada siete días fue realizado la toma de parámetros de las muestras, con el objetivo de comprobar que las propiedades determinadas se mantuvieran dentro de las especificaciones de calidad, garantizando a su vez la estabilidad del aceite en el producto (2.8).

6.1 Comportamiento del pH de las formulaciones



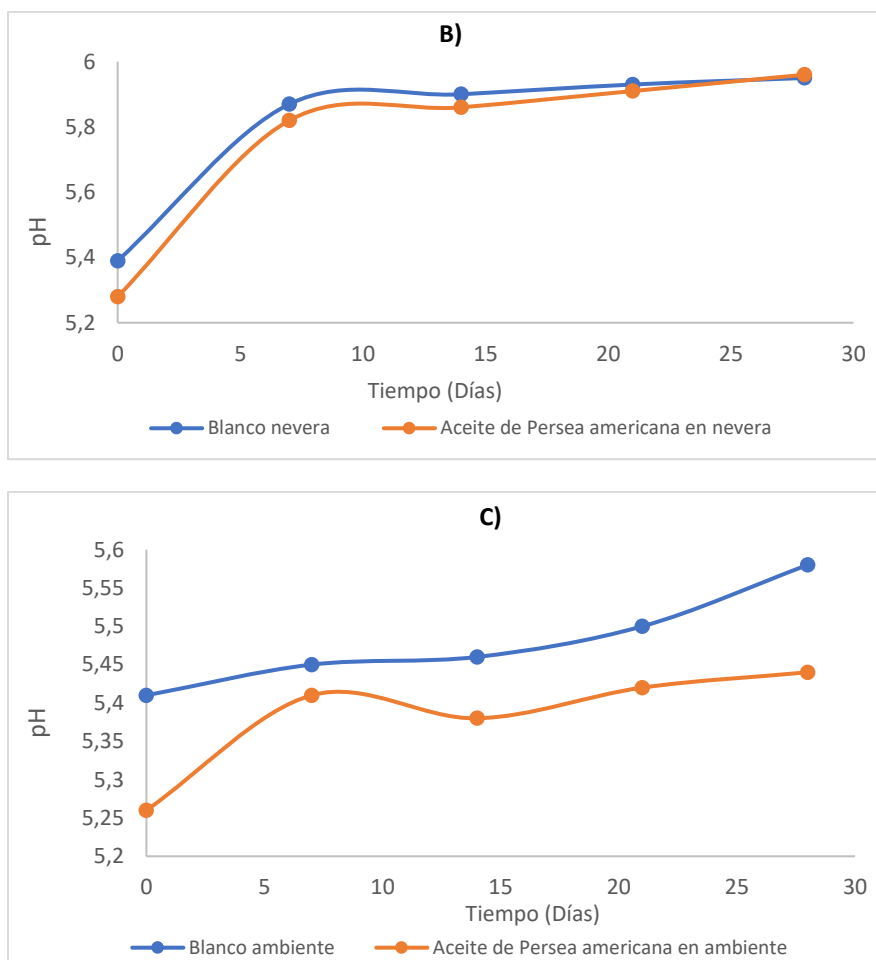


Figura 11. Comportamiento del pH de las formulaciones a diferentes condiciones de almacenamiento. A) Estufa, B) Nevera y C) Ambiente.

En la Fig. 11 se observa el comportamiento del pH de las formulaciones almacenadas a diferentes condiciones. Este parámetro osciló entre 5.26 y 5.96, lo cual es adecuado para productos a aplicarse en la piel, ya que deben tener un pH entre 4.5 y 6 que es similar al pH de la piel con lo que no se produce irritación, enrojecimiento y/o alergias además de alteración de la flora bacteriana [41].

En las formulaciones almacenadas en estufa se evidenció que mantienen un pH bastante estable a lo largo del tiempo. En la condición estufa Fig. 11A, hubo un decaimiento al día 14 en la formulación con aceite de aguacate, a un pH de 5,27 esto se debe a que la temperatura es un factor que afecta la degradación de los componentes dentro de la formulación [42], sin embargo, el valor de pH se encuentra dentro del intervalo de pH que posee la piel. Cabe señalar que la inclusión del aceite de aguacate papelillo no alteró considerable el pH de la formulación.

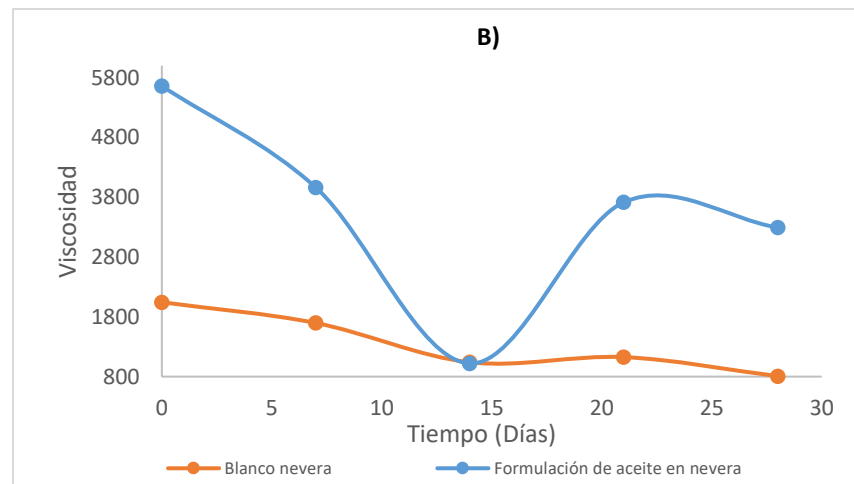
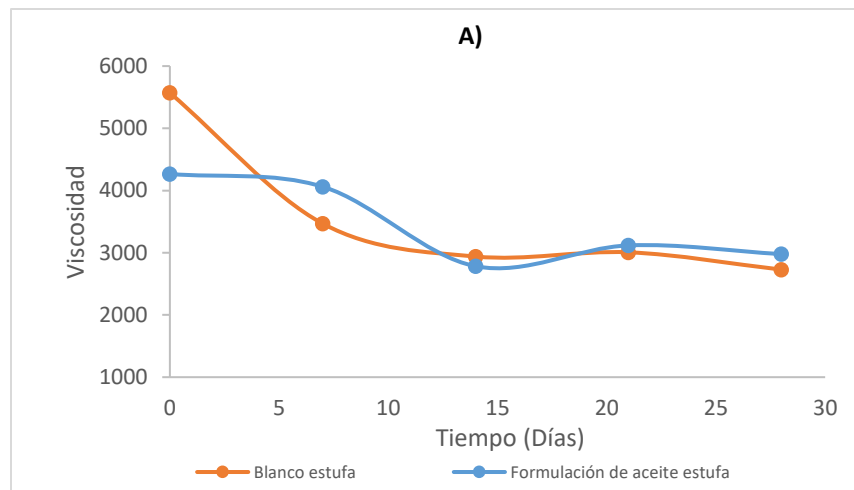
En las formulaciones almacenadas en nevera, se observó un aumento en el pH, respecto al almacenamiento a alta temperatura. Las temperaturas más bajas, como en la nevera, pueden ralentizar la actividad de la formulación, pero en este caso, parece que están contribuyendo al aumento del pH, lo que podría deberse a la influencia de los ácidos grasos presentes en el aceite de aguacate. Al llegar al día 14 el pH inicio a estabilizarse, Fig. 11B (ver anexo I).

En las formulaciones almacenadas a temperatura ambiente se observan tendencias más estables tanto en la formulación blanco y en la formulación con aceite, Figura 11C (ver anexo I).

Además, es de resaltar que el pH de las formulaciones que contenían el aceite de aguacate tenían un valor de pH más bajo, que las formulaciones blanco, lo cual puede ser atribuido a la presencia de ácidos grasos en el aceite, que le confieren esa acidez moderadamente más baja a la formulación, como se evidencia en la Tabla 7.

6.2 Comportamiento de la viscosidad de las formulaciones

En la Fig. 12 se puede observar el comportamiento de la viscosidad de las formulaciones almacenadas a diferentes condiciones. Sin embargo, se observaron fluctuaciones en los valores de viscosidad de las formulaciones almacenadas en nevera donde el blanco de la formulación manejo un rango desde 808 hasta 2044, en la formulación de nevera con la incorporación del aceite de *Persea americana* manejo un rango desde 1020 hasta 5660, la condición estufa manejo un rango en el blanco desde 2729 hasta 5570, con la incorporación del aceite de *Persea americana* en la formulación de la condición estufa manejo un rango desde 2783 hasta 4267, mientras que las formulaciones almacenadas a condición ambiente mostraron valores estables donde la formulación blanco manejo un rango desde 2883 hasta 3995, con la incorporación del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) manejo un rango desde 3713 hasta 4289.



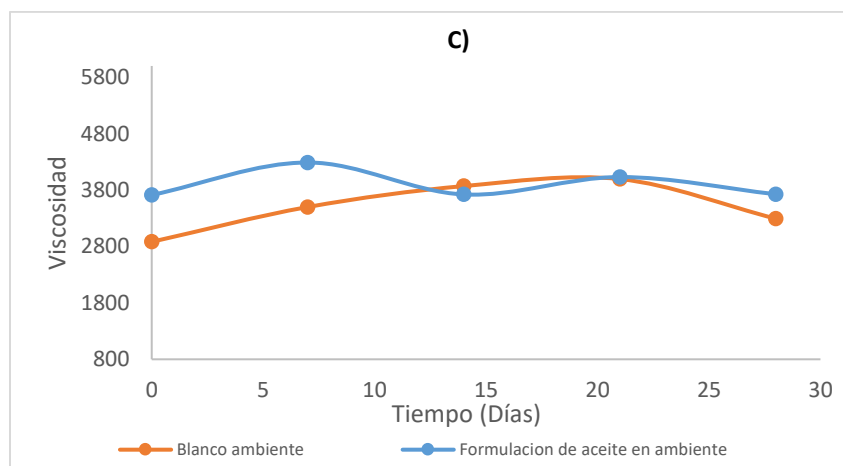


Figura 12. Comportamiento de la viscosidad de las formulaciones a diferentes condiciones de almacenamiento. A) Estufa, B) Nevera y C) Ambiente.

Las variaciones en la viscosidad de las formulaciones almacenadas tanto en estufa como en nevera pueden deberse a diferentes factores. Estos incluyen la variabilidad en las condiciones de temperatura a las que se sometieron durante el período de análisis, así como las características de la formulación que influyen en la viscosidad, entre estas características se encuentra la viscosidad de la fase externa, la proporción de la fase interna, el tamaño de las gotas, la viscosidad de la fase interna y los efectos electro-viscosos [42-43].

Es importante destacar que la condición de almacenamiento en nevera con aceite de aguacate mostró una tendencia hacia una menor viscosidad hacia el día 14. Esto podría estar relacionado con la distribución del tamaño de las gotas, donde las gotas más pequeñas tienden a ocupar los espacios entre las gotas más grandes en las emulsiones. Esto puede conducir a una mayor fluidez de la emulsión. Además, es relevante considerar la posibilidad de un error sistemático en las mediciones de viscosidad, posiblemente influenciado por condiciones ambientales que perturbaron el equilibrio viscoso en las muestras, lo cual podría explicar las fluctuaciones observadas [42-43].

Las viscosidades de las formulaciones almacenadas a condición de ambiente mostraron una tendencia más estable a lo largo del tiempo. Al no ser sometidas a fluctuaciones de temperatura causadas por la manipulación constante de las condiciones, las muestras se mantuvieron a una temperatura constante y, por ende, una viscosidad más consistente (ver anexo J).

6.3 Actividad antioxidante por el método DPPH de las formulaciones

El porcentaje de inhibición de radicales libres DPPH de las formulaciones con la incorporación del aceite de la pulpa de aguacate papelillo a 500 ppm (Ver anexo C) almacenadas a las tres condiciones se muestra en la Fig. 13. Se puede observar que los porcentajes de inhibición en las diferentes condiciones no presentaron actividad antioxidante representativa, por el contrario, no fue estable esta característica en las formulaciones. Esto se puede asociar al bajo porcentaje del aceite comparado con la cantidad del resto de componentes de la formulación (ver anexo C). La concentración de 500ppm de aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) añadida a la formulación evidenció un %Inhibición de 43.92% (ver anexo F), siendo un porcentaje por debajo del 50% que corresponde a una buena actividad antioxidante.

El aceite extraído de la pulpa de *Persea americana* contiene en sus principales compuestos la vitamina E, ácido oleico y un 10% de compuestos insaponificables como esteroides [44], El aceite

obtenido de la pulpa es utilizado en la industria cosmética, por su alto contenido de lecitina y de fitoesteres lo que facilita la propagación en la piel y el cabello, la vitamina E actúa como antioxidante y es utilizado para hidratación, cicatrización de heridas y reparador de cabello, además ayuda a prolongar la vida útil del aceite de aguacate, ya que destruye radicales libres producidos durante las reacciones de oxidación por presencia de hidroperóxidos [45].

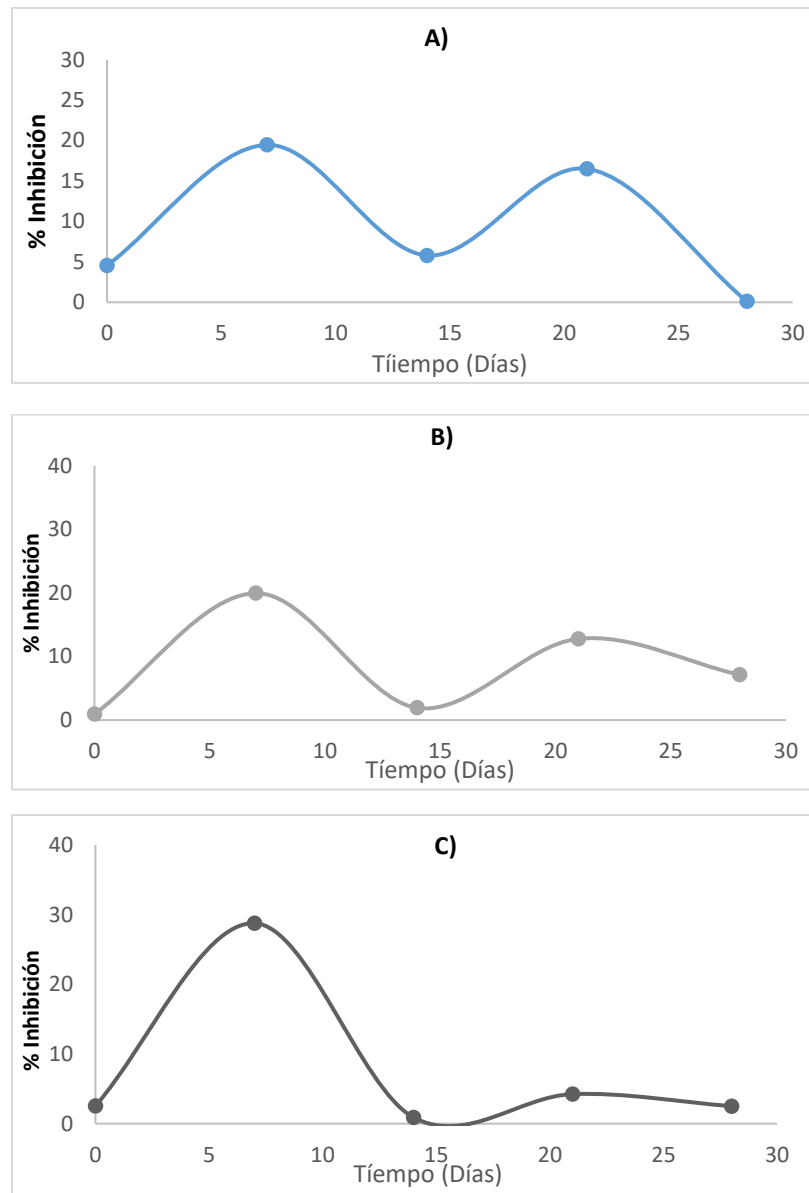


Figura 13. Comportamiento de la actividad antioxidante de las formulaciones a diferentes condiciones de almacenamiento. A) Estufa, B) Nevera y C) Ambiente.

Las formulaciones que presentaron mayor inestabilidad en la medición de actividad antioxidante fueron las que se encontraban almacenadas en nevera y estufa. Estas fluctuaciones tan representativas en los porcentajes de inhibición se pueden atribuir a los mismos presentados en la viscosidad, en donde los cambios de temperatura y las condiciones de almacenamiento hayan influenciado la medición donde se pudo haber dado una degradación de los compuestos

antioxidantes del aceite agregado a la formulación. Por el contrario, la actividad antioxidante medida en la formulación almacenada a temperatura ambiente presenta valores más altos a lo largo del tiempo hasta con una inhibición de hasta 28,77% para el día 14. Los porcentajes de inhibición de las tres condiciones no son representativos para una buena de actividad antioxidante (ver anexo K).

7. CONCLUSIONES

El rendimiento obtenido mediante la técnica de extracción soxhlet fue del 41,64 %, mientras que la extracción por ultrasonido fue del 23,22 %. A pesar de la notable disparidad en los rendimientos, se destaca que las propiedades físicas y químicas del aceite, así como su actividad antioxidante, sugieren que el método de extracción soxhlet puede producir un extracto con mejores rendimientos.

La actividad antioxidante del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo), fue evaluada por el método de porcentaje de inhibición y de la concentración inhibitoria media IC_{50} utilizando el radical DPPH. Se observó que el aceite extraído por el método de soxhlet mostró una actividad antioxidante significativa, con un IC_{50} a una concentración de 648,21 ppm, donde inhibe el 50% de la actividad del radical DPPH, aunque ligeramente más alto que el patrón de referencia Trolox que tiene un IC_{50} a una concentración de 288,93 ppm, sigue siendo considerado efectivo. Por otro lado, el aceite obtenido por el método de ultrasonido demostró una actividad antioxidante más baja, ya que para alcanzar su IC_{50} requiere de una concentración de 1783,58 ppm, indicando una menor eficacia como agente antioxidante, donde lo que se espera es que a una menor concentración logre inhibir el 50% de la actividad del radical. Estos resultados sugieren que el método de extracción puede influir en la actividad antioxidante del aceite, siendo el método de soxhlet más efectivo en este caso.

Los resultados de estabilidad aplicados indican que la mejor condición de almacenamiento, tanto en términos de pH como de viscosidad a lo largo del tiempo, es la condición ambiente en las formulaciones con y sin aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo). Las muestras dispuestas en estas condiciones mantuvieron una viscosidad y pH más constante debido a la estabilidad térmica proporcionada por el entorno, lo que lleva una mayor consistencia en las propiedades físicas de las emulsiones. A pesar de la presencia del aceite, los resultados de la actividad antioxidante, evaluados mediante el método DPPH, no exhibieron porcentajes de inhibición significativamente altos en ninguna de las condiciones evaluadas, indicando que la incorporación del aceite en las formulaciones no proporcionó una actividad antioxidante representativa para las emulsiones.

Siguiendo con la línea de esta investigación, podrían derivarse estudios relacionados con la aplicación de métodos de extracción que logren mejorar tanto el rendimiento, como las propiedades antioxidantes del aceite de aguacate. Además, de realizar estudios más detallados sobre los mecanismos de la actividad antioxidante del aceite, lo que podría proporcionar un entendimiento más completo de su potencial como agente antioxidante, para el perfeccionamiento de una formulación.

Al explorar la opción de desarrollar nuevas emulsiones con un mayor contenido de aceite para potenciar su actividad antioxidante, teniendo en cuenta el buen papel que desempeña el aceite como agente antioxidante. Incrementar la proporción de aceite en las formulaciones puede tener un impacto significativo del producto al combatir la oxidación. Es fundamental llevar a cabo nuevas pruebas de estabilidad para evaluar cómo esta mayor presencia de aceite afecta la formulación y así asegurar la calidad y eficacia del producto final a lo largo del tiempo.

8. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestros familiares por su constante apoyo, comprensión y aliento a lo largo de nuestra carrera en química. Su amor incondicional y sus palabras de aliento fueron fundamentales para superar los desafíos y alcanzar nuestras metas.

Asimismo, deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a nuestros profesores de química. Su dedicación, conocimientos y orientación fueron cruciales en nuestra formación académica y profesional. Cada uno de ellos dejó una huella imborrable en nuestro desarrollo como futuras químicas y como personas, y por ello les estamos eternamente agradecidos.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a nuestra formación académica y personal. Sus enseñanzas, consejos y palabras de aliento han sido fundamentales en nuestro camino hacia el logro de nuestras metas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. J. C. Rosero and R. Johanna, "Extracción y caracterización de los principios activos fenólicos con actividad antioxidante a partir de residuos de aguacate: Epicarpio y Semilla (Persea americana)," Informe final de Trabajo de Grado, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, 2017.
- [2]. M. I. Alkhalaf, W. S. Alansari, E. A. Ibrahim, and M. E. A. ELhalwagy, "Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (Persea americana) fruit and seed extract," *Journal of King Saud University - Science*, vol. 31, no. 4, pp. 1358–1362, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.10.010>
- [3]. O. Adeboyejo, R. Aderibigbe, and T. Ademoyegun, "Antioxidant properties of Persea americana M. seed as affected by different extraction solvent," *J Adv Food Sci Technol*, vol. 3, no. 2, pp. 101-106, 2016. [Online]. Available: <https://ikprress.org/index.php/JAFSAT/article/view/35018>
- [4]. S. Jiménez, "Actividad diurética del extracto etanólico de las cáscaras de la Persea americana Mill 'palta fuerte' en ratones," Universidad Privada Norbert Wiener, 2017. [Online]. Available: http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/541/T061_45021391_T.pdf?sequence=1&isAllo wed=y [Consultado: ago. 21, 2020].
- [5]. M. García, "Efecto de los polifenoles de las hojas de aguacate mexicano (Persea americana var. drymifolia) en la expresión génica de Staphylococcus aureus, resistente a meticilina," Universidad Autónoma de Nuevo León, 2017. [Online]. Available: <http://eprints.uanl.mx/14127/1/1080226627.pdf>
- [6]. A. Mashi, R. Sa'id, I. Idris, A. Aminu, and M. Inuwa, "Persea americana leaf ethyl acetate extract phytochemical, in-vitro antioxidant and in-vivo potentials to mitigate oxidative stress in alloxan-induced hyperglycaemic rats," *Asian Plant Res J*, vol. 2, no. 2, pp. 1-11, 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/331332576_Persea_americana_Leaf_Ethyl_Acetate_Extract_Phytochemical_In-vitro_Antioxidant_and_In-vivo_Potentials_to_Mitigate_Oxidative_Stress_in_Aloxan-induced_Hyperglycaemic_Rats
- [7]. D. David-Gómez, R. Echeverri-Ospina, J. Gutiérrez-Vargas, and I. C. Zapata-Vahos, "Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de semilla de aguacate Persea americana Mill. cv. Hass," Universidad Católica de Oriente, [Online]. Available: <https://repositorio.uco.edu.co/handle/20.500.13064/507>
- [8]. A. K. Zaldivar-Ortega, J. A. Barrera-Jiménez, A. de J. Cenobio-Galindo, E. Pérez-Soto, M. J. Franco-Fernández, and R. G. Campos-Montiel, "Potencial uso de la cáscara y semilla de aguacate como fuente de compuestos bioactivos con actividades funcionales para un desarrollo sustentable," *Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, vol. 9, no. 18, pp. 30-33, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29057/icap.v9i18.9058>
- [9]. Torres Meléndez, A. F., "Extracción de aceite a partir de semilla de granadilla (Passiflora ligularis) por prensado en frío y solvente orgánico," Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, Universidad [nombre de la universidad], Pimentel, Perú, 2018.
- [10]. M. Henao Padilla, "Contribución al estudio de formulación de un producto cosmético de uso capilar basado en aceite de aguacate", resumen extendido de Maestría, Univ. Nac. Colomb., Bogota, 2016.

- [11]. B. Restrepo Johnson, «Extracción y caracterización de aceite de aguacate y desarrollo de cremas cosméticas humectante», *Rev. citecsa*, vol. 12, n.º 19, pp. 44–64, feb. 2021.
- [12]. L. García Bacallao, L. Vicente García Gómez, D. M. Rojo Domínguez, y E. Sánchez García, “Plantas con propiedades antioxidantes”, *Rev. cuba. investig. bioméd.*, vol. 20, núm. 3, pp. 231–235, 2001.
- [13]. *Org.co*. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inan/v15n27/v15n27a07.pdf>. [Consultado: 13-sep-2023].
- [14]. *Avocadosource.com*. [En línea]. Disponible en: http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/S-T-U/SilvaCarlos1994.pdf. [Consultado: 13-sep-2023].
- [15]. Emilio, P., Fonseca, R., Escobar, J. V., & Grisales, N. Y. (n.d.). Colección Transformación del Agro Protocolo de almacenamiento y maduración de aguacate cv. Hass (Persea americana Mill.) en Antioquia.
- [16]. P.R. Camilo Astudillo, “protocolo para la determinación de materia seca de frutos de aguacate (persea americana Mil. Cv. Hass con horno microondas”, *AGROSAVIA*, Mosquera (Colombia), 2019.
- [17]. *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-determinacion-del-contenido-porcentual-de-grasa-o-aceite-metodo-soxhlet-ntc6240-2017.html>.
- [18]. M. E. Spinella, M. B. Fernández, S. M. Nolasco, y A. K. de Figueiredo, “EXTRACCIÓN DE ACEITE ASISTIDA POR ULTRASONIDO DE GRANOS DE GIRASOL ALTO ESTEÁRICO ALTO OLEICO”, *Org.ar*. [En línea]. Disponible en: https://www.aaq.org.ar/SCongresos/docs/06_029/papers/05a/05a_1816_159.pdf.
- [19]. “Grasas y aceites animales y vegetales. muestreo”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-muestreo-ntc217-2018.html>.
- [20]. “Grasas y aceites animales y vegetales. método de la determinación de la densidad (masa por volumen convencional)”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-metodo-de-la-determinacion-de-la-densidad-masa-por-volumen-convencional-ntc336-2016.html>.
- [21]. “Grasas y aceites animales y vegetales. determinación del índice de refracción”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-determinacion-del-indice-de-refraccion-ntc289-2019.html>.
- [22]. “Grasas y aceites vegetales y animales. determinación del índice de acidez y de la acidez”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-acidez-y-de-la-acidez-ntc218-2011.html>.
- [23]. “Grasas y aceites vegetales y animales. determinación del índice de peróxido”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-peroxido-ntc236-2011.html>.
- [24]. “Grasas y aceites animales y vegetales. determinación del índice de saponificación”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-determinacion-del-indice-de-saponificacion-ntc335-2019.html>.
- [25]. “Grasas y aceites vegetales y animales. determinación del índice de yodo”, *Icontec.org*. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-vegetales-y-animales-determinacion-del-indice-de-yodo-ntc283-2019.html>.
- [26]. A. R. F. da S Rocha et al., “Extracts and fractions of Croton L. (Euphorbiaceae) species with antimicrobial activity and antioxidant potential”, *Lebenson. Wiss. Technol.*, vol. 139, núm. 110521, p. 110521, 2021.
- [27]. C. Altomare, A. F. Logrieco, y A. Gallo, “Mycotoxins and mycotoxigenic fungi: Risk and management. A challenge for future global food safety and security”, en *Encyclopedia of Mycology*, Ó. Zaragoza y A. Casadevall, Eds. Elsevier, 2021, pp. 64–93.

- [28]. "Grasas y aceites vegetales y animales. determinación del contenido de humedad y material volátil", Icontec.org. [En línea]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-grasas-y-aceites-animales-y-vegetales-determinacion-del-contenido-de-humedad-y-materia-volatil-ntc287-2018.html>
- [29]. G. Rubiano, «Mejoramiento en la extracción de aceite de palmiste,» *PALMAS*, vol. 19, n° 1998, p. 301
- [30]. N.M. Andrés Melo, "Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (*Persea americana*) variedad Lorena," Bogotá, (Colombia), 2018.
- [31]. J. J. Llorente Banquez y R. A. Sarmiento Ferreira, "Estudio de la influencia de la temperatura y la humedad en un proceso de extracción de aceite de semillas vegetales", Universidad Pontificia Bolivariana, 2013.
- [32]. F. Vargas y I. Alicia, "Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala", 2004.
- [33]. D. P. Sebastián Sandoval, "Estudio de la viabilidad técnico y financiero de la extracción de aceite de aguacate mediante hidrocavitación en el valle del Tenza" Bogota,2023.
- [34]. H. Instruments, "Medición de Índice de refracción" [En línea]. Availablele <https://hannacolombia.com/blog/post/889/medicion-indice-refraccion>.
- [35]. A.E. Angelica M. Serpa. "Extracción de aceite de aguacate variedad Hass (*Persea americana* Mill). liofilizado por prensado en frio," Investigaciones aplicadas, vol. 8, n° 2, pp. 113-123, Julio-Diciembre 2014.
- [36]. R. S. Luz María Paucar, "Estudio comparativo de las características físico químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado," Scientia Agropecuaria vol. 6, n° 4, pp. 279-290, 24 Noviembre 2015.
- [37]. J. B. Nury et al., "CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD HASS", Edu.co. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/3540/Trabajo%20de%20grado.PDF?sequence=1&isAllowed=y>.
- [38]. A. Tatiana y R. Medina, "Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de aguacate, *Persea americana* Mill. (Lauraceae) e implementación de un método de extracción del aceite de aguacate como alternativa de industrialización", Edu.co. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59452/angietatianarobayomedina.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consultado: 22-nov-2023].
- [39]. J. Tovar del Río, "determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion Cafetera", 2013. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/3636> [Consultado: 23-nov-2023].
- [40]. M. E. J. M. del R. A. M. de la Luz Zambrano² y Eva Kolar, "Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas", Org.mx. [En línea]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v45n2/v45n2a9.pdf>. [Consultado: 22-nov-2023].
- [41]. "El PH de la piel y de los cosméticos – Instituto de Dermocosmética". Instituto de Dermocosmética. Accedido el 24 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.institutodermocosmetica.com/el-ph-de-la-piel-y-de-los-cosmeticos-2/>.
- [42]. D. E. Ayala López y A. C. S. Cesia, "Pruebas de estrés preliminares en una fórmula cosmética conteniendo extracto acuoso de pulpa de *Coffea arabica*," tesis de pregrado, Universidad del Salvador, San salvador, (2023).
- [43]. P. Reyes y S. D. Pablo, "Caracterización físico-química de emulsiones de aceite de maíz en agua," tesis de pregrado, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, (2012).

[44]. Chil-Núñez, S. Molina-Bertrán, L. Ortiz-Zamora, C. M. S. Dutok, y R. N. P. Souto, "Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate)," *Amazonia Investiga*, vol. 8, no. 21, pp. 73-86, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/49>.

[45]. AF Melo Garcia y NA Mora Medina, "Evaluación técnico-financiera para el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate (*Persea americana*) variedad Lorena," *Fund Univ Am*, vol. 67, no. 6, pp. 14-21, 2018.

[46] J. A. N. Mosquera, A. C. Culluzpuma, S. N. S. Llaguno, J. A. P. Montiel, y I. P. V. García, "Estudio del efecto de la variedad y condiciones de extracción de aceite de Aguacate (*Persea Americana*) con fines alimenticios en Ecuador", *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 2020

[47] Diana Paola Yepes Betancur, Laura Sánchez Giraldo, Carlos Julio Márquez Cardozo. (2017). *Thermomechanical extraction and physico-chemical characterization of avocado oil (Persea americana Mill. cv. Hass)*. <https://doi.org/10.23850/22565035.728>

[48] A. Tahsin, R. Arif, E. Bayrakdar, y S. Uthirapathy, "In-vitro antioxidant activity of avocado fruit oil in Erbil, Kurdistan region", *Eurasian J. Sci. Eng.*, vol. 8, núm. 3, 2022.

ANEXOS

ANEXO A: Aguacate papelillo seleccionado proveniente de mercado.



ANEXO B: Aceite de aguacate obtenido, hexano recuperado y aceite obtenido por ultrasonido.



Figura 5. Aceite obtenido



Figura 6. Hexano recuperado

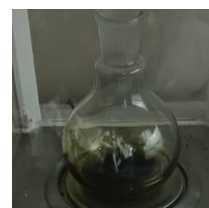


Figura 7. Aceite obtenido por ultrasonido

ANEXO C: Componentes de la emulsión O/W del aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo).

Persea

Materia prima	Cantidad (%)	Función
Alcohol cetílico	5	Viscosante/emulsificante
Ácido esteárico	5	Viscosante/emulsificante
Propilenglicol	3	Humectante
Tween 20	2	Surfactante
Glicerina	5	Humectante
Benzoato de sodio	0.5	Conservante microbiológico
Agua purificada	Cantidad para ajustar al 100	Solvente

Aceite de <i>Persea americana</i>	0,5 %	Antioxidante
-----------------------------------	-------	--------------



Figura 14. Formulaciones realizadas con aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo) y sin aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo).

ANEXO D: Calculo de porcentaje de aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo)

- Se pesó la muestra y se registró este valor como “P1” en gramos, siendo este el peso inicial.
- Una vez realizada la extracción, pesar el extracto obtenido libre de solvente, anotamos esta medición como “P2” en gramos, siendo esta el peso del balón con el extracto seco.
- El peso del balón vacío se denomina “P3” en gramos.

Obtenemos la siguiente ecuación para hallar % de grasa:

$$\% \text{ DE GRASA} = \left(\frac{P2 - P3}{P1} \right) \times 100$$

Ecuación 1

ANEXO E: Actividad antioxidante del control positivo (Trolox).

Concentración muestra (PPM)	Absorbancia			% Inhibición			Promedio % I
	A1	A2	A3	% I 1	% I 2	% I 3	
500	0,412	0,413	0,413	72,34	72,28	72,28	72,31
250	0,790	0,791	0,793	46,97	46,91	46,77	46,88
200	0,903	0,900	0,901	39,39	39,59	39,53	39,50
150	0,974	0,972	0,972	34,63	34,76	34,76	34,71
100	1,031	1,030	1,033	30,80	30,87	30,67	30,78

ANEXO F: Actividad antioxidante del aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) frente al DPPH del extracto por soxhlet.

Concentración muestra (PPM)	Absorbancia			% Inhibición			Promedio % I
	A1	A2	A3	% I 1	% I 2	% I 3	
500	0,758	0,755	0,758	43,85	44,07	43,85	43,92

250	0,946	0,943	0,941	29,92	30,14	30,29	30,11
100	1,046	1,046	1,046	22,51	22,51	22,51	22,51
50	1,049	1,050	1,049	22,29	22,22	22,29	22,26
10	1,056	1,053	1,053	21,77	22,00	21,77	21,84

ANEXO G: Actividad antioxidante de aceite de *Persea americana* (Aguacate papelillo) frente al DPPH del extracto por ultrasonido.

Concentración muestra (PPM)	Absorbancia			% Inhibición			Promedio % I
	A1	A2	A3	% I 1	% I 2	% I 3	
500	0,999	0,997	0,995	26,00	26,14	26,29	26,14
250	1,090	1,083	1,082	19,25	19,77	19,85	19,62
100	1,105	1,102	1,102	18,14	18,37	18,37	18,29
50	1,119	1,119	1,120	17,11	17,11	17,03	17,08
10	1,127	1,125	1,122	16,51	16,66	16,88	16,68

ANEXO H: Calculo de la concentración inhibitoria media (IC₅₀) para el patrón Trolox, el aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método soxhlet y el aceite de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método de ultrasonido.

Para calcular el (IC₅₀) usaremos la ecuación de la recta, sustituyendo “y” por 50, y así calculamos el porcentaje de captación del radical DPPH.

- Para el Trolox tenemos la ecuación reflejada en la Fig. 8

$$y = 0,1057x + 19,46$$

$$50 = 0,1057x + 19,46$$

$$\frac{50}{0,1057} - 19,46 = x$$

$$x = 288,93ppm$$

Para obtener un %Inhibición del 50% para el patrón de Trolox, debemos usar una concentración de 288,93ppm.

- Para el aceite de pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método soxhlet realizamos el mismo proceso anterior realizado para el patrón Trolox, usando la ecuación de la recta obtenida en la Fig.9.

$$x = 648,21ppm$$

Para obtener un %Inhibición del 50% para el aceite de pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método Soxhlet, debemos usar una concentración de 648,21ppm.

- Para el aceite de pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método de ultrasonido realizamos el mismo proceso anterior realizado para el patrón Trolox, usando la ecuación de la recta obtenida en la Fig.10.

$$x = 1783,58\text{ppm}$$

Para obtener un %Inhibición del 50% para el aceite de pulpa de *Persea americana* (aguacate papelillo) extraído por el método de ultrasonido, debemos usar una concentración de 1783,58ppm.

ANEXO I: Estabilidad del pH de la formulación.

Descripción de la formulación	pH (0)	pH (7 días)	pH (14 días)	pH (21 días)	pH (28 días)
Blanco estufa	5,33	5,36	5,35	5,35	5,36
Aceite de <i>Persea americana</i> en estufa	5,31	5,34	5,27	5,35	5,36
Blanco nevera	5,39	5,87	5,9	5,93	5,95
Aceite de <i>Persea americana</i> en nevera	5,28	5,82	5,86	5,91	5,96
Blanco ambiente	5,41	5,45	5,46	5,50	5,58
Aceite de <i>Persea americana</i> temperatura ambiente	5,26	5,41	5,38	5,42	5,44

ANEXO J: Estabilidad de la viscosidad de la formulación.

Descripción de la formulación	Viscosidad (0)	Viscosidad (7 días)	Viscosidad (14 días)	Viscosidad (21 días)	Viscosidad (28 días)
Blanco estufa	5570	3468	2939	3007	2729
Aceite de <i>Persea americana</i> en estufa	4267	4061	2783	3118	2978
Blanco nevera	2044	1697	1040	1126	808
Aceite de <i>Persea americana</i> en nevera	5660	3963	1020	3715	3289
Blanco ambiente	2883	3500	3871	3995	3293
Aceite de <i>Persea americana</i> temperatura ambiente	3713	4289	3722	4031	3726

ANEXO K: Datos experimentales de la actividad antioxidante en el proceso de estabilidad de la formulación en sus diferentes condiciones en una concentración de 500 ppm.

Condición	ABS 0			ABS (7 días)			ABS (14 días)			ABS (21 días)			ABS (28 días)		
Estufa con aceite	1,301	1,290	1,299	0,908	0,907	0,902	0,558	0,558	0,558	1,015	1,015	1,011	0,999	0,999	1,000
Estufa blanco	1,364	1,358	1,353	1,125	1,120	1,127	0,593	0,592	0,592	1,215	1,215	1,213	1,001	1,001	1,001
Nevera blanco	1,279	1,279	1,277	1,006	1,000	0,999	1,020	1,054	1,047	1,174	1,174	1,176	1,088	1,085	1,085
Nevera con aceite	1,268	1,265	1,267	0,815	0,811	0,813	1,019	1,020	1,022	1,027	1,026	1,026	1,010	1,008	1,008
Ambiente blanco	1,225	1,220	1,219	1,000	1,001	1,001	1,048	1,052	1,051	1,024	1,023	1,023	1,038	1,030	1,039
Ambiente con aceite	1,191	1,191	1,189	0,711	0,714	0,713	1,040	1,042	1,041	1,069	1,068	1,069	1,010	1,010	1,009