

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

PERFIL BIATIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE

(Persea americana)

POR:

JEFERSON UZIEL MONTOYA PEREZ

PROYECTO DE TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

PERFIL BIOACTIVO DEL ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE
(Persea americana)

POR:

JEFERSON UZIEL MONTOYA PEREZ

JUAN AMÍLCAR COLINDRES MONCADA

Asesor principal

PROYECTO DE TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO REQUISITO DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A mis padres: Edén Adelson Montoya Pavón y Berenice Enriqueta Pérez Sánchez y mis hermanos: Nazareth Adelson Montoya Pérez y Daira Berenice Montoya Pérez, porque me han enseñado el valor del esfuerzo, la importancia de la perseverancia y, sobre todo, el poder del amor que nos une como familia. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba de mí misma, por estar siempre a mi lado y por ser la fuente constante de inspiración. Dedico cada uno de mis logros a ustedes, porque son la razón y la fuerza detrás de mis éxitos. Los amo profundamente y les agradezco de todo corazón por estar siempre presentes en mi vida y mis estudios.

A mis amigas Alex Javier Mejía Funes, Juan José Castro Bustillo, y a mi novia Nidia Thays Bustamante Cruz, Los llevaré siempre en mi memoria como mi equipo de trabajo, agradeciendo su apoyo incondicional y la motivación que me brindaron para seguir adelante. Juntos compartimos momentos de alegría y afrontamos desafíos, construyendo un vínculo que siempre atesoraré.

AGREDECIMIENTO

A DIOS

En primer lugar, le agradezco a nuestro Dios, porque en mis estudios, ha sido mi guía y mi fuente de sabiduría. En cada logro obtenido, sé que tu mano estuvo allí, mostrándome el camino y ayudándome a superar los obstáculos. Gracias por darme la paciencia y el valor para seguir adelante, incluso en los momentos difíciles.

A NUESTRA MAXIMA CASA DE ESTUDIO

Universidad Nacional de Agricultura con profunda gratitud y admiración, dedico estas palabras a mi querida universidad, mi escuela mater, que fue mucho más que un lugar de aprendizaje. Aquí encontré un espacio donde pude crecer como persona, descubrir mi talento.

A MI TERNA DE ASESORES

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis asesores, **M.Sc.** Juan Amílcar Colindres Moncada, **Ph.D.** Jhunion Abrahan Marcia, **M.Sc.** Nelys Ethelvina Herrana Funes por su invaluable apoyo, orientación y paciencia durante el desarrollo de esta tesis. Su dedicación, conocimiento y consejos fueron fundamentales para completar este proyecto, y su compromiso con la excelencia académica fue una inspiración constante. Gracias por creer en mi capacidad, por impulsarme a superar desafíos y por compartir su experiencia con generosidad.

A MIS CO-ASESORES

Ph.D. María Elena Cazar Ramírez, **M.Sc.** Paulina del Rocío Escobar Hinojosa, Blgo. Diego Hernán Abad Polo. Por todo el apoyo incondicional ya que fue un bloque fundamental para la realización de mi investigación en el campus de la Universidad de Cuenca, Ecuador.

CONTENIDO

I. RESUMEN	2
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivo específico.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill. Cv. Hass).....	5
4.2. Consumo del aguacate.....	6
4.3. Composición nutricional del aguacate	6
4.4. Sub productos de aguacate y su aprovechamiento industrial	6
4.4.1. Semilla de aguacate.....	7
4.5. Contaminación ambiental por residuos de la industria alimentaria	8
4.6. Frijoles (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	8
4.7. El frijol rojo.....	9
4.7.1. Consumo per cápita.....	9
4.8. Características nutricionales del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	11
4.9. Mercado de frijoles en Honduras	11
4.10. Aceites esenciales	12
4.10.1. Propiedades nutricionales	12
4.10.2. Propiedades conservantes	13

4.10.3. Beneficios nutricionales.....	14
4.10.4. Composición	14
4.11. Extracción de aceites esenciales	15
4.12. Actividad antioxidante (DPPH, ABTS).....	17
4.13 Actividad antimicrobiana	18
4.1. Potencial antiinflamatorio y conservación en alimentos.....	18
V. MATERIALES Y METODOS.....	20
5.1. Localización de la investigación	20
5.2. Materiales y equipos.....	21
5.3. Metodología	22
5.4. Manejo del proyecto.....	23
5.5. Diseño experimental.....	28
5.6. Análisis estadístico.....	28
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.7. Análisis de Perfil bioactivo del aceite esencial de la semilla de aguacate	30
VII. CONCLUSIONES.....	35
VIII.RECOMENDACIONES	36
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	37
X. ANEXOS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Composición química de semilla de aguacates liofilizadas.....	8
Figura 2. Composición química del aceite de la semilla de aguacate	15
Figura 3. Instalaciones de la Unag, Honduras y Universidad de Cuenca, Ecuador	21
Figura 4. Flujograma de proceso.....	23
Figura 5. Grafico Fenoles totales	30
Figura 6. Grafico Flavonoides totales	31
Figura 7. Gráfico de DPPH Ácido ascórbico	32
Figura 8. Gráfico de Inhibición de E. coli	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla nutricional del frijol.....	11
Tabla 2. Información nutricional del aceite de semilla de aguacate	13
Tabla 3. Equipos y materiales	21
Tabla 4. Variables experimentales	28
Tabla 5. Diseño de tratamientos	29

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Desarrollo del perfil del aceite esencial del aceite	41
Anexo 2. Desarrollo de los frijoles licuados	42
Anexo 3. Análisis fisicoquímicos de aceite de semilla de aguacate	44
Anexo 4. Análisis microbiológicos mezcla de aceite y frijoles	45

I. RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad caracterizar el perfil bioactivo del aceite esencial obtenido de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass) y evaluar su comportamiento funcional en un sistema alimentario. Este estudio se desarrolló en respuesta a la necesidad de valorizar subproductos agroindustriales y de identificar alternativas naturales que mejoren la estabilidad química y la calidad de alimentos procesados. El aceite esencial fue extraído mediante el método de prensado en frío, técnica que permite preservar compuestos termo-sensibles y evitar el uso de solventes químicos. Posteriormente, se determinaron sus principales propiedades bioactivas mediante análisis de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante (DPPH), así como una prueba de actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli*. De forma complementaria, se evaluó su desempeño al incorporarse en frijoles procesados, con el fin de analizar su estabilidad y su efecto antioxidante bajo condiciones de almacenamiento acelerado. Los resultados demostraron que el aceite esencial presenta un alto contenido de compuestos fenólicos (2179.72 mg ácido gálico/100 g) y una cantidad significativa de flavonoides (37.13 mg quercetina/100 g), lo que se reflejó en una elevada capacidad antioxidante. Aunque al adicionarse al producto alimentario se observaron disminuciones relacionadas con el tratamiento térmico, el aceite mantuvo una actividad antioxidante efectiva. Por el contrario, su actividad antimicrobiana fue limitada, indicando que su funcionalidad se orienta principalmente a la protección oxidativa más que al control microbiano. En conclusión, el aceite esencial de la semilla de aguacate constituye un ingrediente funcional de alto valor bioactivo, destacando por su potencial como antioxidante natural y su viabilidad para el aprovechamiento sostenible de subproductos. Se recomienda profundizar en la identificación molecular de sus compuestos activos y evaluar sinergias con otros aceites esenciales para fortalecer su actividad conservante.

Palabras clave: Aceite esencial, *Persea americana* Mill. Cv. Hass, compuestos bioactivos, actividad antimicrobiana, frijoles procesados.

II. INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria, uno de los principales desafíos que enfrentan los productos procesados es la conservación de su calidad microbiológica, y nutricional durante su vida útil. El aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass) es un fruto tropical ampliamente consumido a nivel mundial, y sus semillas son a menudo desechadas como subproducto. Los alimentos procesados, aunque brindan comodidad y accesibilidad, enfrentan el desafío de conservar sus calidad y seguridad alimentaria durante su almacenamiento y distribución en la industria alimentaria y el mercado. La producción de aguacate se centraliza en países latinoamericanos, especialmente México, que lidera el mercado mundial debido a la alta producción y calidad del fruto.

Por tanto, la conservación de alimentos es un desafío crucial en la industria alimentaria, especialmente cuando se trata de productos como los frijoles procesados, cuya vida útil en anaquel suele ser considerablemente corta. En este sentido, optimizar el desarrollo de métodos de conservación más sostenibles y saludables, en este producto tan popular, es crucial para la nutrición y la salud de la población.

En este contexto, aunque el eje central de esta investigación se enfoca en la caracterización del perfil bioactivo del aceite esencial de la semilla de aguacate, se incorporó una etapa aplicada orientada a evaluar su potencial como conservante natural en un alimento de amplio consumo: los frijoles procesados. Esta fase complementaria permitió determinar cómo los compuestos bioactivos del aceite influyen en parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y oxidativos del producto, aportando evidencia sobre su funcionalidad en matrices alimentarias sin modificar el alcance general del estudio.

III. OBJETIVOS

2.1.Objetivo General

- Caracterizar el perfil bioactivo del aceite esencial extraído de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass) y evaluar su posible aplicación como conservante natural en frijoles procesados.

2.2.Objetivo específico

- Extraer el aceite esencial de la semilla del aguacate a partir del método de extracción prensado en frío.
- Caracterizar su perfil bioactivo mediante análisis de compuestos fenólicos, flavonoides y actividad antioxidante.
- Evaluar su efecto conservante en frijoles procesados mediante diferentes concentraciones (0%, 1%, 3% y 5%) y condiciones de almacenamiento acelerado.
- Determinar los cambios fisicoquímicos y microbiológicos del producto final (coliformes fecales *E. coli*).

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass)

El aguacate, *Persea americana* Mill. cv. Hass es una importante especie frutal subtropical de la familia Lauraceae, originaria de América Central y del Sur. Cada variedad presenta preferencias ecológicas y características propias del fruto, como tamaño, grosor y superficie de la piel, época de maduración y contenido de aceite. Las razas mexicana y guatemalteca son tolerantes al frío, mientras que los aguacates antillanos se adaptan mejor a condiciones cálidas y tropicales. Los frutos de las razas mexicanas son generalmente pequeños, con piel fina y lisa; las razas guatemaltecas tienen frutos de tamaño mediano a grande, con piel dura, gruesa, quebradiza y verrugosa, mientras que las antillanas tienen piel brillante de grosor fino a medio (Eric Bertrand Kouam, 2025).

El fruto del aguacate es una excelente fuente de fibras alimentarias, minerales como magnesio y potasio, vitaminas A, B6, E, K y ácido fólico. Existen más de cien razas de aguacate y muchas de estas son híbridas debido a la compatibilidad cruzada existente que permite la hibridación cuando se cultivan distintas razas de aguacate en estrecha proximidad. El aguacate es una especie vegetal diploide con 24 cromosomas y un tamaño genómico de 907 Mbp. Las grasas que contiene son en su mayor parte insaturadas (monoinsaturadas), destacando en particular el elevado contenido en ácido oleico. Además, el aguacate es una de las frutas más ricas en fibra, tanto de tipo soluble como insoluble, siendo más abundante esta última (Eric Bertrand Kouam, 2025).

4.2.Consumo del aguacate

La producción mundial de aguacate ha crecido rápidamente en los últimos años, pasando de una producción mundial anual de 4.07 millones de toneladas en 2011 a 8.69 millones de toneladas en 2021. En el mismo período, América Latina contribuyó significativamente a la producción mundial de aguacate, con México, Colombia y Perú aportando 1.68 y 4.20 millones de toneladas en 2011 y 2021, respectivamente. En 2022, el mercado del aguacate se estimó en 14.550 millones de dólares a nivel mundial y se proyecta en Latinoamérica es la región líder en la producción mundial de aguacate. México lidera tanto la producción como las exportaciones, mientras que Colombia, Perú y Chile también son actores importantes en el mercado que alcance los 26.040 millones de dólares para 2030 basándose según (Juan Pablo Taramuel Taramuel, 2024).

4.3.Composición nutricional del aguacate

Un reciente estudio sobre el perfil de compuestos fitoquímicos y la composición nutricional de los frutos de aguacate muestra que aproximadamente la mitad de un aguacate consiste en 50% de su masa total del fruto. Entre los nutrientes esenciales se reportan: 4.6 gramos (dietéticos), 0.2 gramos (azúcar total), 345 miligramos (potasio), 5.5 miligramos (sodio), 19.5 miligramos (magnesio), 5.0 µg RAE que significa (microgramo, unidad de masa que equivale a la millonésima parte de un gramo, según la Real Academia Española) (vitamina A), 6.0 miligramos (vitamina C), 1.3 miligramos (vitamina E), 14 µg (vitamina K1), 60 miligramos (folato), 0.2 miligramos (vitamina B-6), 1.3 miligramos (niacina), 1.0 miligramo (ácido pantoténico), 1,0 miligramo (riboflavina), 10 miligramos (colina), 185 µg (luteína/zeaxantina), 18.5 µg (criptoxantina) (Syed Zia Ul Hasan, 2022).

4.4.Sub productos de aguacate y su aprovechamiento industrial

La industria del procesamiento del aguacate solo utiliza, pulpa, por lo que las semillas y cáscaras se desechan comúnmente. Estos subproductos representan alrededor del 21-30 % del peso fresco

de la fruta lo que representó una producción promedio de 2 millones de toneladas de semillas y cascara de aguacate en el 2019. Sin embargo, varios estudios sobre subproductos del aguacate han sugerido la presencia de una amplia gama de compuestos interesantes en su composición. La composición de los subproductos del aguacate indica claramente que esta biomasa tiene un enorme potencial como fuente de compuestos valiosos con usos en diferentes sectores industriales (Beatriz Rodríguez Martínez, 2022).

Además, los subproductos del aguacate representan una fuente muy importante para la producción de energía y biocombustibles, debido a su composición rica en polisacáridos y lípidos. compuestos de residuos de frutas como los desechos de aguacate. Se han reportado modelos matemáticos para optimizar la extracción asistida por ultrasonido, tanto por lotes como continua, de polifenoles de semillas de aguacate, mostrando un efecto significativo de la potencia y la temperatura utilizadas. Las fuerzas de corte producidas por este método provocan la cavitación de los residuos alimentarios, mejorando la extracción de moléculas bioactivas. El uso de residuos del procesamiento de alimentos como sustratos en un sistema de biorrefinería para producir bioquímicos comercializables de alto valor permite la gestión sostenible de estos subproductos, a la vez que promueve oportunidades económicas, beneficios ambientales y seguridad energética (Beatriz Rodríguez Martínez, 2022).

4.4.1. Semilla de aguacate

El aguacate está ampliamente disponible y es utilizado como materia prima por muchas industrias procesadoras de jugos, industrias petroleras y pequeñas tiendas expendedoras de jugos. La semilla de aguacate es uno de los principales subproductos obtenidos del procesamiento del aguacate, el cual genera residuos como piel, fruta podrida o sobre madura, pulpa y semilla. La semilla separada de la pulpa comestible del fruto del aguacate contiene 66.3% de almidón, 4.9% de proteína, 4.12% de arabinosa y 3.3% de pentosanos. Este subproducto es rico en almidón, fibra cruda, arabinosa y algunos otros compuestos orgánicos importantes. Además, se ha reportado que los extractos que

contienen almidón y colorante natural utilizado para aplicación textil, y es utilizada en la industria del aceite de aguacate. (Tamrat Tesfayea, 2022).

Composición química de semillas de aguacate liofilizadas [16].

	Piscina de variedad		Hass	
	Pelado semilla	Tagumenta pelada	semilla	Tagumenta
Humedad antes liofilización	60.5	61.5	60.1	60.1
Humedad	8.5	10.2	7.7	11.5
Carbohidrato	71.9	74	79.5	74.4
Proteínas	4.8	5.7	3.4	5.8
Lípidos	4.6	3	5.5	3.9
fibra cruda	3.9	29.9	4	26.5
Cenizas	3.4	3.9	4.2	4.4

Figura 1. Composición química de semilla de aguacates liofilizadas

Fuente: (Tamrat Tesfayea, 2022)

4.5. Contaminación ambiental por residuos de la industria alimentaria

En ocasiones, los niveles de contaminación pueden alcanzar niveles superiores a los normales, lo que reduce la calidad de nuestro medio ambiente. A pesar de los esfuerzos para reducir el impacto de la contaminación, este problema va en aumento y no se aborda adecuadamente. Las áreas rurales representan un tipo de contaminación que no se gestiona adecuadamente en algunos casos, los residuos orgánicos constituyen la mitad de todos los residuos sólidos urbanos y la mayoría de las veces, se disponen en vertederos a cielo abierto, donde su descomposición libera algunos gases de efecto invernadero. Los residuos agroindustriales (pulpa, tallos, semillas, cáscaras, etc.) se generan en diferentes etapas de las operaciones agrícolas e industriales (S Rojas Flores, 2022).

4.6. Frijoles (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es la especie de las leguminosas de grano más importante del mundo para el consumo humano, debido a su aporte de vitaminas y minerales a la dieta humana, aunque su mayor valor nutricional es atribuido al alto contenido de proteínas que oscila entre el 12% y el 25% del peso de las semillas secas, es decir, 2.5 veces mayor al de los cereales. Desde punto de vista económico la producción mundial de frijol creció para ubicarse en 31,4 millones de toneladas, con un rendimiento promedio mundial de 0.86 toneladas por hectárea. Estados Unidos, China, Cuba y Brasil reportan niveles de productividad superior al promedio mundial, mientras que los de México y la India son inferiores. (Luis Orlando Alejo Aguiar, 2024) Esta planta es originaria de América que se considera el centro más probable de diversificación primaria (Tania Chacón Ordóñez, 2024).

Los granos de frijol son considerados alimentos funcionales por ser ricos en compuestos bioactivos que son beneficiosos para la salud, entre ellos destacan los compuestos fenólicos, que actúan como antioxidantes y antiinflamatorios, así como los fitatos, flavonoides, cumarinas, triterpenos, lignanos y oligosacáridos, estos compuestos han sido identificados por su potencial antitumoral y su capacidad para reducir el riesgo de enfermedades crónico-degenerativas, diabetes, sobrepeso, enfermedades cardiovasculares y digestivas el frijol, supera a la mayoría de los cereales y legumbres como fuente importante de carbohidratos, vitaminas como tiamina y niacina, minerales, fibra, ácidos grasos polinsaturados y aminoácidos esenciales (Tania Chacón Ordóñez, 2024).

4.7. El frijol rojo

4.7.1. Consumo per cápita

En términos per cápita, la producción de frijol rojo es abundante en Myanmar, la cual es exportada mayoritariamente a la India. Gran parte del cultivo de frijol rojo se compone de especies de *Vigna*, *P. lunatus* y *P. vulgaris*. La producción agrícola y el consumo de *Phaseolus spp.* es mayor en

América Latina y África Oriental. En Ruanda, el consumo promedio de este producto es de aproximadamente 36-38 kg por persona al año; y se considera que los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura subestiman la producción y el consumo en estas zonas, ya que es más probable que el consumo directo en terrenos agrícolas no se declare, sino el comercio y las ventas (Travis Parker, 2022).

Los frijoles aportan el 65 % de la proteína consumida en Ruanda, en comparación con el 4% proveniente de fuentes animales. Esto resalta la gran importancia de los frijoles de la especie *Phaseolus* para la seguridad alimentaria. No obstante, la producción de frijoles *Phaseolus*, incluyendo en particular *P. vulgaris*, se ve amenazada por el cambio climático, y se prevé que muchas regiones productoras se vuelvan inadecuadas para su cultivo durante este siglo. En este escenario, el mejoramiento genético de las especies de *Phaseolus* se vuelve inminente, con el fin de superar los factores que reducen el rendimiento y la productividad de este cultivo agrícola (Mendoza, 2024).

En términos per cápita, la producción está distribuida de manera más uniforme a nivel mundial, con centros de producción en el Mediterráneo y las Américas. La producción de frijol verde tiende a concentrarse en países más templados y de mayores ingresos en comparación con el frijol seco, aunque países tropicales como Kenia y Guatemala han desarrollado una industria exportadora basada en el frijol verde lo que proporciona consumo de frijoles. *Phaseolus* también podría mitigar enfermedades crónicas, como cardiopatías, obesidad y diabetes; cabe destacar que reducen el índice glucémico postprandial en adultos, lo que disminuye el riesgo de diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Travis Parker, 2022)

4.8.Características nutricionales del frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Tabla 1. Tabla nutricional del frijol

Proteínas	16-33
Carbohidratos	50-60
Fibra dietética	14-19
Almidón	35-60
Fibra saludable	3.3-7.6
Fibra insoluble	0.1-13.1
Cisteína y metionina	2.24-2.53g/100g
Calcio (mg)	100.1
Magnesio (mg)	113.7
Manganeso (mg)	1.18
Zinc (mg)	4.7
Potasio (mg)	846.4
Hierro (mg)	4.87

4.9.Mercado de frijoles en Honduras

El manejo postcosecha inadecuado del frijol en países como Honduras continúa siendo una de las principales causas de pérdidas económicas para pequeños agricultores. La falta de secado adecuado, almacenamiento en condiciones no controladas y la limitada capacitación técnica incrementa los niveles de deterioro del grano. Estas deficiencias no solo afectan la calidad del producto disponible para el consumo nacional, sino que también limitan las oportunidades de exportación. La intervención institucional para capacitar en prácticas de manejo seguro y eficiente sigue siendo una necesidad urgente. Además, el uso limitado de tecnologías apropiadas compromete la inocuidad alimentaria. En zonas rurales, las pérdidas por almacenamiento pueden

alcanzar hasta el 30% de la producción. Esto afecta directamente la rentabilidad de los productores de subsistencia y limita su integración al mercado formal (Mendoza, 2024).

4.10. Aceites esenciales

Los aceites esenciales han despertado un creciente interés en la industria alimentaria debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Su aplicación como conservantes naturales ofrece una alternativa eficaz frente a los aditivos sintéticos. Diversos estudios han demostrado su capacidad para inhibir bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*, al tiempo que prolongan la vida útil de productos mínimamente procesados. Estos compuestos, derivados de plantas aromáticas, son ricos en terpenos y fenoles que afectan la integridad de las membranas celulares microbianas. Además, contribuyen a la calidad sensorial de los alimentos sin generar residuos tóxicos. No obstante, su alta volatilidad y fuerte aroma suponen desafíos tecnológicos para su formulación (Sabando, 2020).

4.10.1. Propiedades nutricionales

El aceite obtenido de las semillas de aguacate (*Persea americana*) ha demostrado poseer un perfil nutricional favorable, rico en ácidos grasos insaturados como el oleico y linoleico, así como en compuestos fenólicos y vitamina E. Estos componentes contribuyen a efectos cardioprotectores, antioxidantes y antiinflamatorios. Además, su baja presencia de grasas trans y colesterol lo convierte en una alternativa saludable frente a aceites refinados convencionales. Su inclusión en alimentos puede mejorar el perfil lipídico y aportar fitoquímicos con beneficios funcionales, lo que justifica su creciente estudio como ingrediente nutricional y funcional en sistemas alimentarios (Onyedikachi, 2024).

Tabla 2. Información nutricional del aceite de semilla de aguacate

Tabla nutricional (Información nutricional por 100ml)		
Valor energético (calorías)	867	kcal
Grasa, de las cuales:	93,3	g
Saturadas	13,3	g
Mono insaturadas	66,7	g
Poliinsaturadas	13,3	g
Hidratos de carbono, de cuales:	0	g
Azucares	0	g
Fibras alimentarias	0	g
Proteínas	0	mg
Sal	0	g

Fuente: (Albert, 2020)

4.10.2. Propiedades conservantes

Los aceites esenciales han despertado un creciente interés en la industria alimentaria debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Su aplicación como conservantes naturales ofrece una alternativa eficaz frente a los aditivos sintéticos. Diversos estudios han demostrado su capacidad para inhibir bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*, al tiempo que prolongan la vida útil de productos mínimamente procesados. Estos compuestos, derivados de plantas aromáticas, son ricos en terpenos y fenoles que afectan la integridad de las membranas celulares microbianas. Además, contribuyen a la calidad sensorial de los alimentos sin generar residuos tóxicos. No obstante, su alta volatilidad y fuerte aroma suponen desafíos tecnológicos para su formulación (Onyedikachi, 2024).

4.10.3. Beneficios nutricionales

Los aceites esenciales, además de sus reconocidas propiedades antimicrobianas, también aportan beneficios nutricionales cuando se incorporan en alimentos. Contienen compuestos bioactivos como flavonoides, terpenos y ácidos grasos que actúan como antioxidantes naturales. Estos compuestos no solo prolongan la vida útil de los productos, sino que pueden contribuir a reducir el estrés oxidativo en el organismo. La industria alimentaria ha comenzado a emplearlos como ingredientes funcionales en alimentos diseñados para ofrecer valor nutricional añadido. Su uso responde a la tendencia de productos saludables, limpios y con beneficios más allá del aporte calórico (Arnal, 2021).

4.10.4. Composición

Los aceites esenciales se componen de una mezcla compleja de constituyentes y un solo aceite esencial a veces contiene cientos de ellos. La proporción y el porcentaje específico de estos constituyentes o activos, le da al aceite sus cualidades específicas terapéuticas y de bienestar. Los constituyentes más comunes de aceites esenciales incluyen: monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, éteres y óxidos. Debido a las propiedades de muchos de los componentes, casi todos los aceites esenciales son antisépticos y muchos también contienen propiedades antihongos, antivirales y antibacterianas. El aspecto de los aceites esenciales varía de ser incoloro a ser cualquier color del arco iris (Composición de los aceites esenciales 2020).

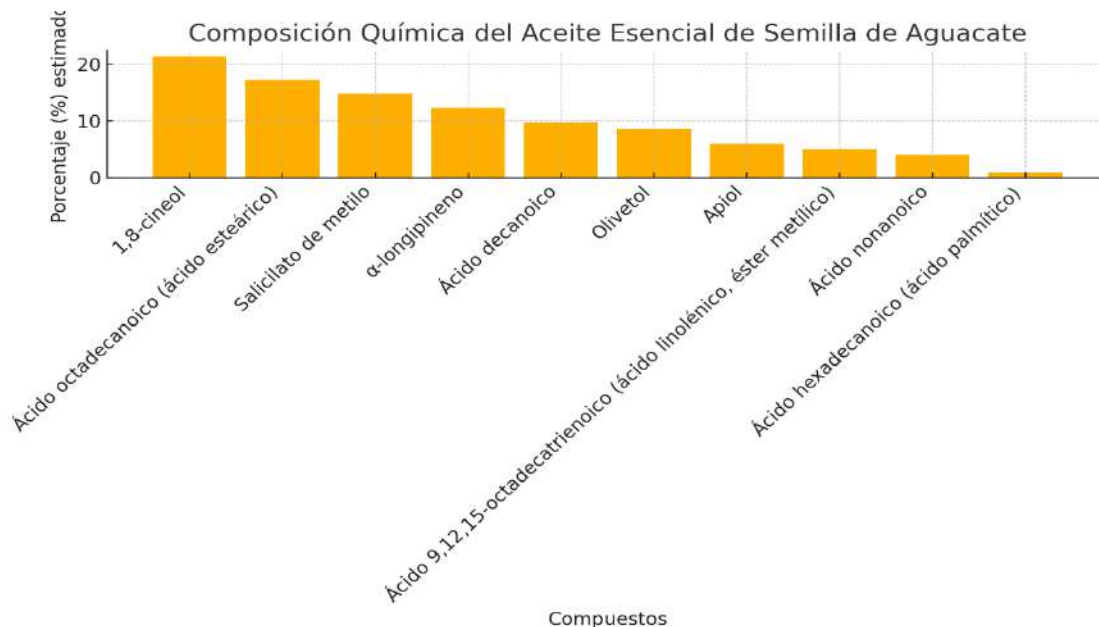


Figura 2. Composición química del aceite de la semilla de aguacate

Fuente: (Magaly Villena Tejada, 2021)

4.11. Extracción de aceites esenciales

4.11.1 El método de extracción prensado en frío

Este método conserva mejor la fracción lipídica nativa y componentes menores (p. ej., fosfolípidos/esteroles) frente a alternativas más agresivas, evidenciándose en un perfil de 134 lípidos caracterizados por UPLC-TOF-MS/MS. Al operar sin solventes y a baja temperatura, el prensado minimiza artefactos de oxidación ácido oleico calidad neutracéutica (Yijum Liu, 2023).

La caracterización de aceites extraídos de pulpa de tres cultivares evidencia que el método por prensa entrega un aceite crudo con perfiles de AG y TAG propios del cultivar y comportamientos térmicos diferenciados (incluso solidificación a 25 °C en un caso), aspectos clave para control de estabilidad y textura. Al no emplear la matriz lipídica original, se puede discutir cómo el genotipo

y las condiciones de prensado inciden en la calidad final sin dilución o arrastre selectivo típico de solventes. (Prabakar Jeevanandam, 2022).

4.11.2 Extracción por arrastre de vapor: La extracción por arrastre de vapor es uno de los métodos más tradicionales y ampliamente utilizados para obtener aceites esenciales. Consiste en hacer pasar vapor de agua a través del material vegetal, donde el calor volatiliza los compuestos aromáticos, que luego se condensan en un sistema de refrigeración. Este método es especialmente útil para plantas con alto contenido en aceites esenciales termoestables. En un estudio reciente, Gallego y Ríos (2020) aplicaron esta técnica para extraer limoneno de *Citrus x sinensis*, demostrando que permite conservar la composición química del aceite con alta eficiencia y sin degradación térmica notable. Esta técnica también se destaca por no requerir solventes, lo que la convierte en una opción limpia y ecológica para aplicaciones industriales y farmacéuticas (Ana Marcela Gallego, 2020).

4.11.3 Método Soxhlet: es una técnica de extracción con solvente ideal para compuestos con baja volatilidad y alta estabilidad térmica. Consiste en un ciclo continuo donde el solvente caliente se evapora, condensa y gotea sobre el material vegetal, extrayendo los compuestos lipofílicos como aceites esenciales. Aunque es más lento que otros métodos modernos, su rendimiento puede ser superior. Gallego y Ríos (2020) compararon este método con el arrastre de vapor en la extracción de limoneno, observando una mayor concentración del compuesto activo con Soxhlet, pero también una presencia residual de solvente. Esta técnica se utiliza sobre todo en laboratorios para estudios fitoquímicos donde se requiere una extracción completa (Ana Marcela Gallego, 2020)

4.11.4 Extracción con solventes: es una técnica clásica que utiliza líquidos como etanol, metanol o hexano para disolver los aceites esenciales contenidos en la planta. Aunque se emplea menos en la industria alimentaria por los residuos de solventes, sigue siendo muy útil en aplicaciones farmacéuticas y cosméticas. Alonso y Amaro (2022) implementaron esta técnica para aislar compuestos volátiles naturales en la formulación de repelentes biológicos, destacando su alta eficiencia para compuestos lipofílicos. Si bien los resultados fueron satisfactorios en cuanto a

pureza y rendimiento, el proceso requiere una etapa posterior de eliminación del solvente para garantizar la seguridad del producto (Alonso, 2022)

4.11.5 Extracción asistida por microondas: Uno de los métodos más eficaces y recientes en la extracción de aceites esenciales de la semilla de aguacate es la extracción asistida por microondas, la cual permite preservar compuestos termolábiles y mejorar el rendimiento sin usar disolventes tóxicos. Este método ha demostrado ser eficiente y sostenible, facilitando la obtención de aceites con alto contenido de antioxidantes naturales, ideales para aplicaciones conservantes en alimentos procesados también el uso de microondas como técnica de extracción permitió obtener aceites esenciales ricos en terpenoides, alcoholes aromáticos y compuestos fenólicos. Estos compuestos presentaron una alta capacidad antioxidante, sugiriendo que este aceite podría ser útil como ingrediente funcional en cosméticos y alimentos (Ali, 2020).

4.11.6 Hidrodestilación: el método tradicional más usado, la hidrodestilación, sigue siendo el método más utilizado para la extracción de aceites esenciales debido a su simplicidad y eficacia. Sin embargo, este proceso puede inducir degradación térmica de los compuestos volátiles si no se controlan adecuadamente las condiciones de temperatura (Ali, 2020)

4.12. Actividad antioxidante (DPPH, ABTS)

Los extractos de semilla de *Persea americana* han demostrado capacidad significativa para neutralizar radicales libres y reducir metales férricos, tal como se constata en ensayos de DPPH, ABTS y FRAP (Kaio Vinicius, 2025). Por ejemplo, en un estudio reciente de carácter sistemático se encontró que una mezcla etanol-agua al 55:45 (v/v) optimizó la extracción de compuestos hidrofílicos y lipofílicos, alcanzando valores bajos de IC_{50} para DPPH y actividad de poder reductor para FRAP. Otra investigación en la variedad Semil 34 reportó una capacidad

antioxidante de $1\,743,3 \pm 52,3$ μM Trolox/g de extracto, con contenido fenólico total de $25,86 \pm 2,17$ mg GAE/g extracto.

4.13 Actividad antimicrobiana

Adicionalmente, los extractos de semilla de “aguacate” han mostrado efecto contra microorganismos patógenos de importancia alimentaria. Un estudio aportó evidencia de actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* mediante extractos microencapsulados de semilla, con buena estabilidad de la actividad antioxidante durante semanas y mantenimiento de inhibición frente a *S. aureus* tras siete días. En otro trabajo se evaluó directamente en semilla de *Persea americana*: “Los extractos de semillas exhibieron altas actividades antioxidantes/antimicrobianas; extracto etanólico de semilla seca mostró actividad en *Salmonella entérica* y *Listeria monocytogenes*, aunque *E. coli* fue resistente”. Esto refuerza la posibilidad de utilizar el aceite o extracto de semilla como conservante natural en alimentos, al inhibir microbios y alargar la vida útil (Dorely David, 2020)

4.13. Potencial antiinflamatorio y conservación en alimentos

Más allá de la actividad antioxidante y antimicrobiana, se ha documentado que los subproductos de aguacate, incluyendo la semilla, poseen efectos antiinflamatorios y tecnológico-alimentarios de conservación. Un estudio de 2024 evaluó el aceite de semillas de *Persea americana* (OPAS) y reportó propiedades antiinflamatorias in vitro, junto con composición fitoquímica relevante para el uso en alimentos. Además, en una revisión de 2025 se menciona que los extractos de semilla reducen mediadores inflamatorios como TNF- α e IL-6 en modelos celulares, y pueden emplearse en matrices alimentarias como aditivos naturales que sustituyen conservantes sintéticos, alineándose con la economía circular (Uchechi Bliss Onyedikachi, 2024), estos datos sustentan la inclusión del aceite esencial de semilla de aguacate como ingrediente funcional y conservante viable en productos alimentarios (Amanda Priscila Silva Nascimento, 2024).

4.14 Durabilidad de los frijoles procesados

La aplicación de aceites esenciales en recubrimientos comestibles, en una investigación sobre frijoles licuados preservados con recubrimiento de aceite esencial de orégano, se demostró que este método prolonga significativamente la vida útil del producto al inhibir el crecimiento microbiano y conservar sus propiedades sensoriales (Cruz, 2021).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización de la investigación

El trabajo experimental se realizó en la Universidad de Cuenca (Ecuador). Esta universidad está ubicada en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. El campus central se ubica en la avenida 12 de abril y avenida Loja, junto al río Tomebamba, en el centro de la ciudad. Se encuentra a una altura de 2,523 m.s.n.m. Fue fundada mediante Decreto legislativo expedido por el Congreso Nacional del Ecuador el 15 de octubre de 1867. Se trabajó en el Laboratorio de Química Aplicada, adscrito al Departamento de Química Aplicada y Sistemas de Producción, campus Balzay.



Figura 3. Instalaciones de la Unag, Honduras y Universidad de Cuenca, Ecuador

Fuente: propia.

5.2.Materiales y equipos

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron distintos materiales y equipos que se describen en la tabla 3

Tabla 3. Equipos y materiales

Equipos/ materiales	Descripción
Frijoles	(<i>Phaseolus vulgaris</i> , var. Amadeus 77) cantidad 6 libra obtenida de manera personal
Aceite semilla de aguacate	(<i>Persea americana</i> variedad HASS) comercial de la marca Essential ELP products Avocado Oil, no caracterizado 100% puro 60ml
Equipos	Descripción
Taza medidora	U.S. Kitchen Supply, plástico. Cantidad 4
Estufa de incubación coliformes fecales	Incubación de placas durante 24–48 h a 44.5 °C.
Cabina de bioseguridad tipo II, coliformes fecales	Flujo laminar, filtro HEPA, protección de clase II para muestras biológicas
Tubos, placas Petri, medios m-Endo o EC para coliformes	Según método microbiológico (NMP o siembra directa).
Tubos de ensayos	De vidrio de alta temperatura, 0.3 fl oz, 0.472 in x 3.937
Espectrofotómetro	Shimadzu UV-1800 / UV-2600 / UV-Vis 1900i, rango de longitud de onda: 200–800 nm, precisión ± 1 nm
Balanza digital	Etekcitcity, báscula de alimentos, 11 lbs, acero inoxidable, cantidad 1
Estufa	1 unidad, marca Whirlpool accubake system. California del Norte
Licuadaora	1 unidad, marca Waring Pro 3Hp Blender, Estados Unidos
Molino	1 unidad, marca Estilo dentado de 3 kg fuerza

Figura 4. Flujograma de proceso

Fuente: Propia 2025

5.4. Manejo del proyecto

Descripción de las etapas a desarrollar

Fase I. Obtención de la materia Prima

En esta primera etapa, se procedió a obtener las materias primas para la elaboración de frijoles procesados con adición de aceite esencial de semilla de aguacate (*Persea americana*).

Preparación de la semilla de aguacate En este trabajo de investigación se utilizó un aceite de semilla de aguacate (*Persea americana* variedad HASS) comercial de la marca Essential ELP products Avocado Oil, no caracterizado, por cuestión de tiempo y logística, el cual se obtiene por el método de prensado en frío. Para la preparación de la muestra generalmente se siguen los siguientes pasos: Primero, se recolecta el fruto de aguacate en su punto óptimo de cosecha, se procede al proceso de selección y lavado con agua potable y detergente grado alimentario dos veces hasta eliminar residuos de sucio con el enjuague, seguidamente se pasa al proceso de descascarillado y después al despulpado. A continuación, la semilla se somete a un lavado de 2 minutos para eliminar residuos de pulpa o suciedades, posteriormente los cotiledones de las semillas se separan para someterlos a secado, a temperaturas de 50-55 °C durante varias horas hasta que alcance una humedad de $\leq 10\%$ en base seca. Las semillas se muelen en un molino estilo martillo o cilindros hasta obtener la semilla triturada para finalmente envasar en bolsas al vacío para almacenamiento en un lugar seco y protegido de la claridad de la luz y a temperatura ambiente (de 20-25° C).

Frijoles licuados

La obtención de los frijoles (*Phaseolus vulgaris*, var. Amadeus 77) se recolectó de zona productivas del municipio Texiguat, El Paraíso, Honduras. Los mismos se seleccionaron y separaron manualmente, para ello se remueven las impurezas como terrones, pierdas, granos dañados o material vegetal. Posteriormente se realizó el lavado manual con agua potable durante 5 minutos, para eliminar impurezas físicas flotantes. A continuación, se remojaron entre 10 – 12 horas, cambiando el agua a mitad de proceso. Seguidamente los frijoles se sometieron a cocción en olla de presión convencional, a una temperatura de 121 °C (15 PSI) durante 20 y 25 minutos, posteriormente se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 30–45 minutos, para su posterior embazado en bolsa trilaminada de PET/Aluminio/PP o PET/Aluminio/PE.

Extracción del aceite esencial de la semilla de aguacate

La extracción del aceite se realizó a partir de semillas de *Persea americana* (aguacate) utilizando el método de prensado en frío, técnica que permite obtener aceites de alta calidad sin el empleo de solventes orgánicos y con mínima alteración térmica de los compuestos bioactivos (Costagli & Betti, 2015; Espinosa-Alonso et al., 2017)

El proceso de extracción se llevó a cabo en una prensa de tornillo de acción continua (cold press extractor), equipada con camisa de enfriamiento y sensor de temperatura para garantizar que la masa no superara los 40 °C durante la operación, condición considerada como límite máximo para denominar un aceite como “prensado en frío” (AOCS, 2017; Martínez et al., 2022). La velocidad de rotación del tornillo se mantuvo entre 8 y 15 rpm, y la presión se ajustó de forma progresiva para optimizar el flujo de aceite sin inducir sobrecalentamiento.

Durante el prensado se recolectó la fracción líquida (aceite crudo) y el subproducto sólido (torta de prensado). El aceite obtenido se reposó durante 24 horas a 25 °C para permitir la sedimentación de partículas suspendidas y posteriormente se centrifugó a 3 500 rpm durante 10 minutos. La fase superior se filtró mediante papel de filtro de 5 µm, obteniéndose un aceite claro y libre de impurezas.

Posteriormente, el aceite filtrado fue envasado en recipientes de vidrio ámbar previamente esterilizados, evitando la exposición a la luz y al oxígeno para reducir la oxidación. En algunos casos, se aplicó una atmósfera inerte (nitrógeno) durante el sellado. Las muestras se almacenaron a temperatura ≤ 20 °C.

El rendimiento de extracción se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{m_{\text{aceite obtenido}}}{m_{\text{semilla seca}}} \times 100$$

Aplicación de los tratamientos

En esta etapa se adiciono el aceite esencial de la semilla de aguacate a diferentes las muestras de frijoles procesados, aplicando los diferentes porcentajes de aceite esencial establecidos: 0%, 1%, 3% y 5% respectivamente. Posteriormente, los Frascos se sometieron a una pasteurización de 90 °C por 15 a 20 minutos, tiempos que pueden variar según el tamaño del empaque encontrado. Inmediatamente después del pasteurizado se enfrió con agua fría o agua con hielo. Una vez enfriado el producto se tuvo a temperatura ambiente para su uso en las fechas establecidas para realizar los análisis de laboratorio planeados en la investigación a los 0,2 días.

Análisis de laboratorio a realizar:

Medición de coliformes fecales

El primer análisis de laboratorio a realizar fue el análisis microbiológico de coliformes fecales mediante método de normativa NOM-113-SSA1-1994, **FDA BAM Capítulo 4** – MPN Methods for Coliforms and *E. coli*, un indicador clave de contaminación de origen entérico y condiciones higiénicas durante el procesamiento. Este análisis se realizó a todas las formulaciones de frijoles licuados (con 1%, 2% y 5% de aceite esencial de semilla de aguacate mezclado) y el control cero.

El procedimiento consistió en tomar diluciones decimales de la muestra (25g) (diluciones 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2}), inoculando en tres series de tubos que contengan caldo Lauril Sulfato Triptosa con tubos de Durham, en volúmenes de 1 mL por tubo. Seguidamente, se incubaron los tubos a $(35 \pm 1) ^\circ\text{C}$ durante 24 a 48 horas. Los tubos que presenten turbidez y formación de gas fueron considerados presuntamente positivos para coliformes totales. Finalmente, a partir de los tubos positivos, se realizó un subcultivo en caldo EC, el cual fue incubado a $(44.5 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$ durante 24 ± 2 horas. La producción de gas en este medio indicó la presencia confirmada de coliformes fecales.

Por último, se consultó una tabla de Número Más Probable (NMP), según el número de tubos positivos por dilución, para estimar la concentración de coliformes fecales expresada en NMP/g o NMP/mL, según corresponda.

Análisis Fisicoquímico

Contenido de fenoles totales

La estimación de fenoles totales en el aceite esencial y las muestras de frijoles se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, adaptado a microplacas. Se añadieron 25 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu a 25 μL de muestra, estándar o blanco de solvente. Tras 5 min, se añadieron 500 μL de Na_2CO_3 (75 g/L) y 350 μL de agua destilada. La mezcla se incubó durante 60 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se dispensó una alícuota de 300 μL de la mezcla en una placa de micro titulación de 96 pocillos. A continuación, se midió la absorbancia a 750 nm utilizando un espectrofotómetro de microplacas Epoch (BioTek Instruments Inc., Estados Unidos) con el software de análisis de datos Gen 5. Se preparó una curva de calibración utilizando ácido gálico (20 mg/mL) como estándar. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico/100 g de peso seco.

Contenido de flavonoides Totales

El contenido de flavonoides del aceite esencial y los productos se determinó mediante el ensayo colorimétrico con cloruro de aluminio. En una placa de micro titulación de 96 pocillos, se mezclaron 100 μ L de extracto con 100 μ L de solución de $AlCl_3$ (2 % en metanol) y se incubaron durante 60 minutos a temperatura ambiente. La absorbancia se midió a 415 nm frente a un blanco de reactivo, utilizando un espectrofotómetro de microplacas Epoch (BioTek Instruments Inc., Estados Unidos). La curva estándar para flavonoides totales se elaboró con quercetina. Los resultados se expresaron como mg de equivalente de quercetina/g de peso seco.

Actividad antioxidante por DPPH en el aceite esencial de semilla de aguacate

La norma ISO/AOAC única y universal para DPPH en todas las matrices; el ensayo se considera método ampliamente aceptado y estandarizado en la literatura (Blois; Brand-Williams; Sánchez-Moreno). Brevemente, se colocó una alícuota de 100 μ L de metanol en una placa de microtitulación de 96 pocillos. A continuación, se añadieron 100 μ L de extracto y 100 μ L de solución de DPPH (2,2'-difenil-1-picrilhidrazilo; 0,2 mM en metanol) y se mezclaron. La placa se incubó durante 30 minutos protegida de la luz. La absorbancia se midió a 517 nm frente a una solución de DPPH 0,2 mM (control) y metanol como blanco. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Adicionalmente se realizó una curva de calibración con ácido ascórbico, para expresar la actividad antioxidante como mg de ácido ascórbico por 100 g muestra.

Cálculos:

Inhibición DPPH: Se interpoló la absorbancia de la muestra en la curva de calibración desarrollada con ácido ascórbico, y se corrigió por la masa de aceite en el pocillo

IC₅₀: concentración de muestra que produce 50% de inhibición (ajuste sigmoidal o lineal en el rango 20–80% de inhibición).

Flavonoides totales: se interpoló la inhibición de la muestra en la curva de ácido gálico y se normalizó por masa de aceite en la celda de reacción.

5.5.Diseño experimental

Se implementará un diseño experimental factorial mixto de 4 x 3, donde los tiempos de evaluación de muestras serán los bloques por no ser un factor principal (tabla 4) con dos repeticiones.

Donde Factor A fueron las temperaturas de almacenamiento (35 y 40 ° C),

Factor B será la concentración de aceite esencial de semilla de aguacate, (0, 1, 3 y 5 %), y;

Los bloques serán los días en que se evaluaron las muestras, con los diferentes análisis de laboratorio (0, 2 días).

5.6.Análisis estadístico

Los análisis de datos de los resultados se llevaron a cabo con el programa estadístico INFOSTAT, a través de este programa se corroboraron estadísticamente si existen diferencias significativas en cada uno de los diferentes tratamientos mediante comparación de una prueba de análisis de varianza y comparaciones múltiples, de Tukey, con un nivel de significancias del 5% (0,05).

Tabla 4. Variables experimentales

Variables independientes	Variables dependientes
Porcentajes de concentración de aceite esencial a ser utilizados: 0, 1, 3 y 5 %	Tiempo de vida anaquel de los frijoles procesados: coliformes fecales <i>E. Coli</i> , fenoles totales, flavonoides totales actividad antioxidante(DPPH) .

Tabla 5. Diseño de tratamientos

Tratamientos	Frijoles (g)	Concentración de aceite esencial de la semilla de aguacate
1 Control	25	0% testigo sin concentración de aceite
2	25	1%
3	25	3%
4	25	5%

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.7. Análisis de Perfil bioactivo del aceite esencial de la semilla de aguacate

Los análisis de resultados se organizan en apartados correspondientes a los parámetros evaluados, incluyendo la determinación de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales actividad antioxidante (DPPH), y actividad antimicrobiana frente a microorganismos indicadores. Cada resultado se presenta acompañado de su respectiva gráfica, tabla y discusión científica, estableciendo la relación entre los resultados que se obtuvieron.

Análisis fisicoquímicos

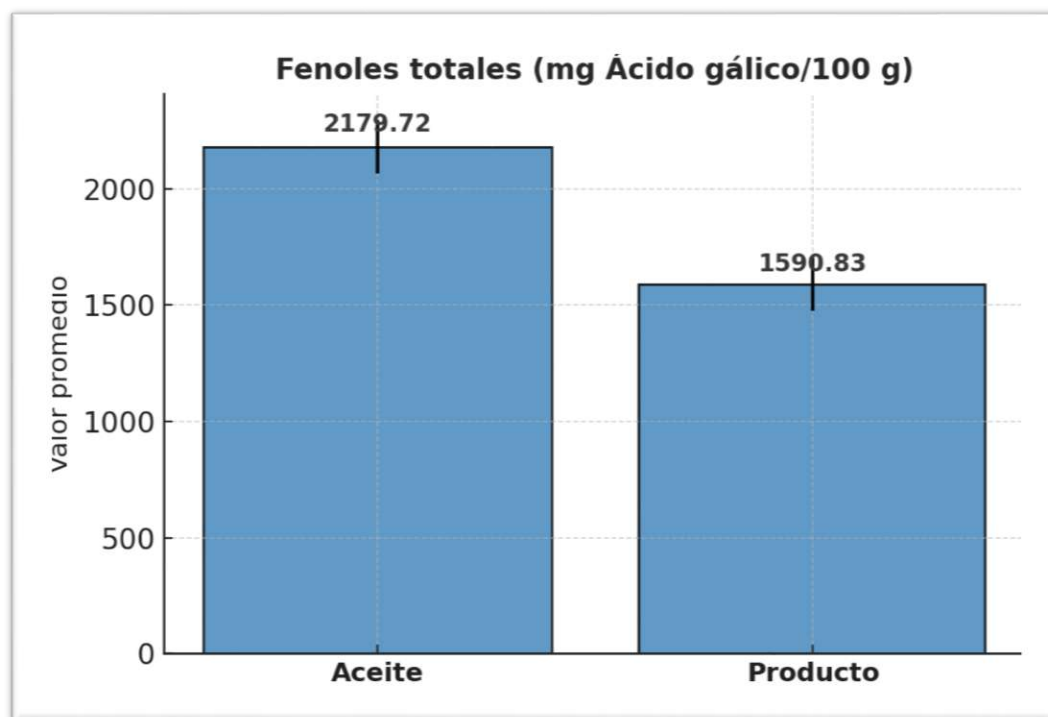


Figura 5. Grafico Fenoles totales

Fuente: Propia

Se logra observar en la siguiente figura los resultados del análisis fisicoquímico el contenido de fenoles totales evidenció diferencias marcadas entre el aceite esencial y el producto final elaborado. El aceite registró 2179.72 ± 113.49 mg de ácido gálico/100 g, mientras que el producto mostró 1590.83 ± 113.49 mg/100 g, reflejando una disminución aproximada del 27%. Esta reducción se atribuye a las pérdidas de compuestos fenólicos durante las etapas de procesamiento y almacenamiento, particularmente por oxidación y volatilización. Los fenoles son moléculas clave por su capacidad de donar electrones y neutralizar radicales libres; por tanto, su alta concentración en el aceite sugiere un notable potencial antioxidante, quienes destacaron que los aceites extraídos de semillas de *Persea americana* conservan una elevada densidad de compuestos fenólicos, influyendo positivamente en su estabilidad oxidativa y valor funcional.

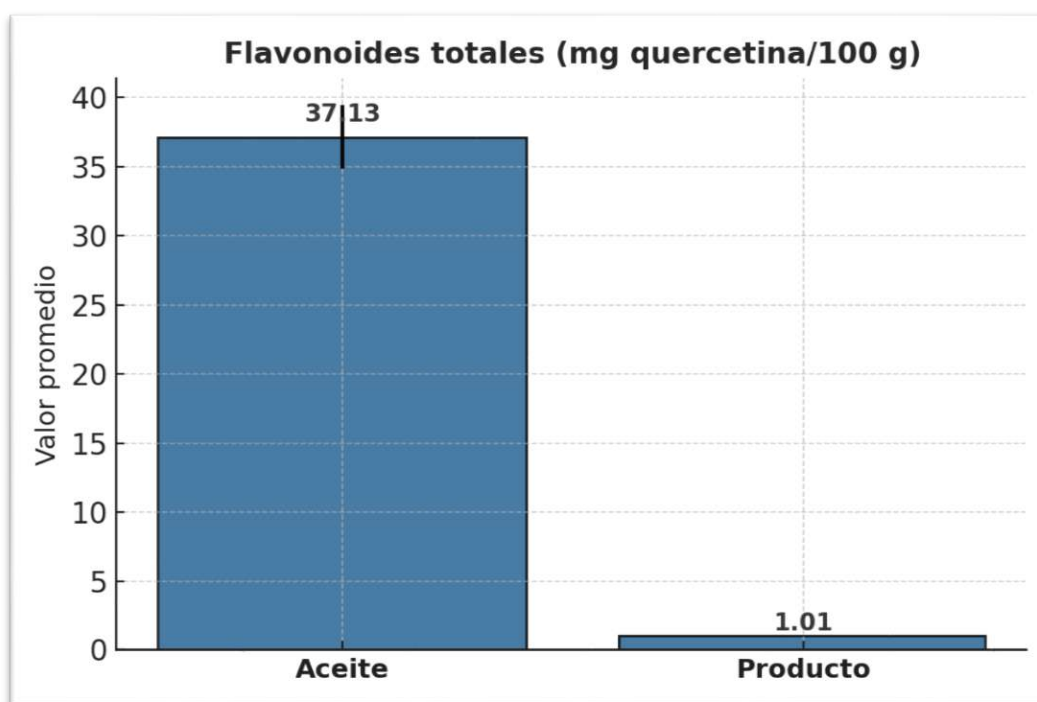


Figura 6. Grafico Flavonoides totales

Fuente: Propia

En cuanto a los resultados de flavonoides, el aceite esencial alcanzó un valor promedio de 37.13 ± 2.30 mg quercetina/100 g, en contraste con el producto, que presentó solo 1.01 ± 0.0053 mg/100 g. La marcada diferencia sugiere que el proceso de formulación y exposición a calor reducen

significativamente la fracción flavonoide activa. Los flavonoides constituyen un grupo fundamental de polifenoles con efectos antiinflamatorios, hepatoprotectores y cardioprotectores, por lo que su presencia elevada en el aceite evidencia su potencial como agente bioactivo. Estos hallazgos concuerdan con Rodríguez et al. (2021), quienes indicaron que los aceites vegetales ricos en flavonoides presentan una mayor capacidad para inhibir procesos oxidativos en alimentos y sistemas biológicos.

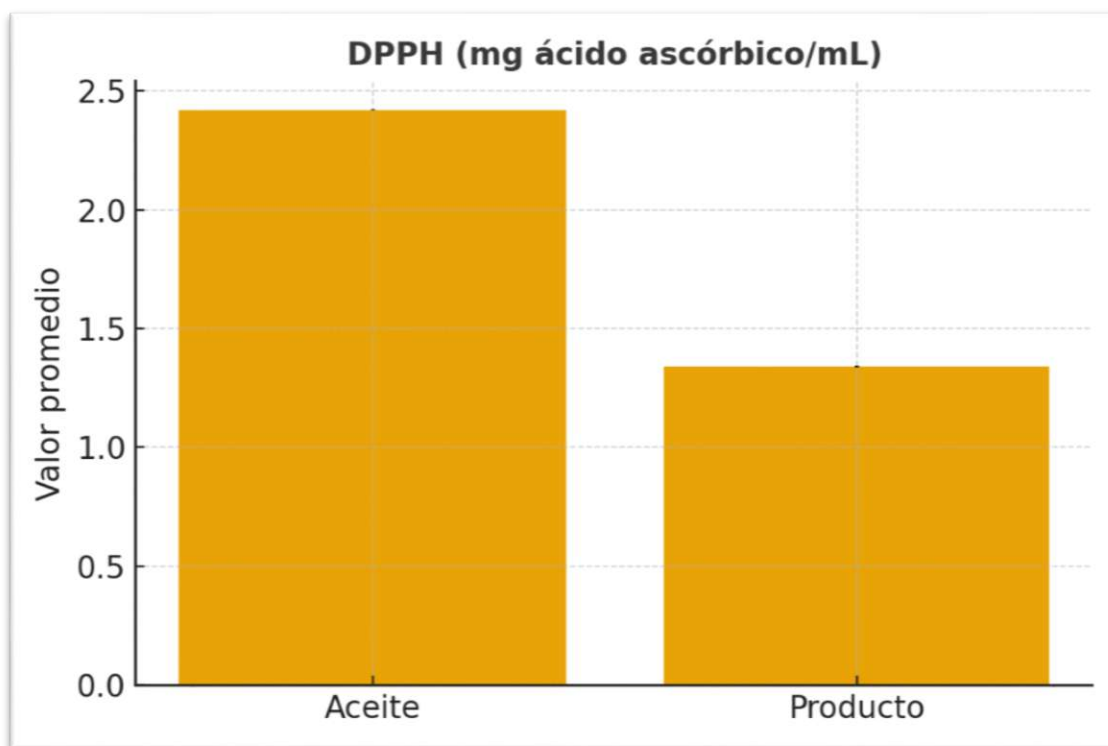


Figura 7. Gráfico de DPPH Ácido ascórbico

Fuente: Propia

La Figura representa la capacidad de captura del radical libre DPPH del aceite esencial de semilla de aguacate comparado con el producto desarrollado. El aceite registró una actividad de 2.42 ± 0.0014 mg de ácido ascórbico/mL, mientras que el producto alcanzó 1.34 ± 0.0045 mg de ácido ascórbico/mL.

Este resultado evidencia que el aceite posee una mayor capacidad antioxidante, relacionada directamente con su elevado contenido de compuestos fenólicos y flavonoides. La disminución observada en el producto puede deberse a la dispersión del aceite en la matriz alimentaria o a la posible degradación de los compuestos antioxidantes durante el procesamiento térmico. Estudios

previos indican que la actividad DPPH se correlaciona positivamente con la concentración de polifenoles y flavonoides, siendo estos los principales responsables de la neutralización de radicales libres, estos resultados demuestran una elevada capacidad de neutralización de radicales libres por parte del aceite, atribuida a la presencia de fenoles, flavonoides y tocoferoles. El leve descenso en el producto final confirma que, aunque parte de los compuestos activos puede degradarse durante la formulación, se mantiene una actividad antioxidante efectiva, que puede contribuir a la estabilidad oxidativa de los alimentos en los que se incorpora el extracto.

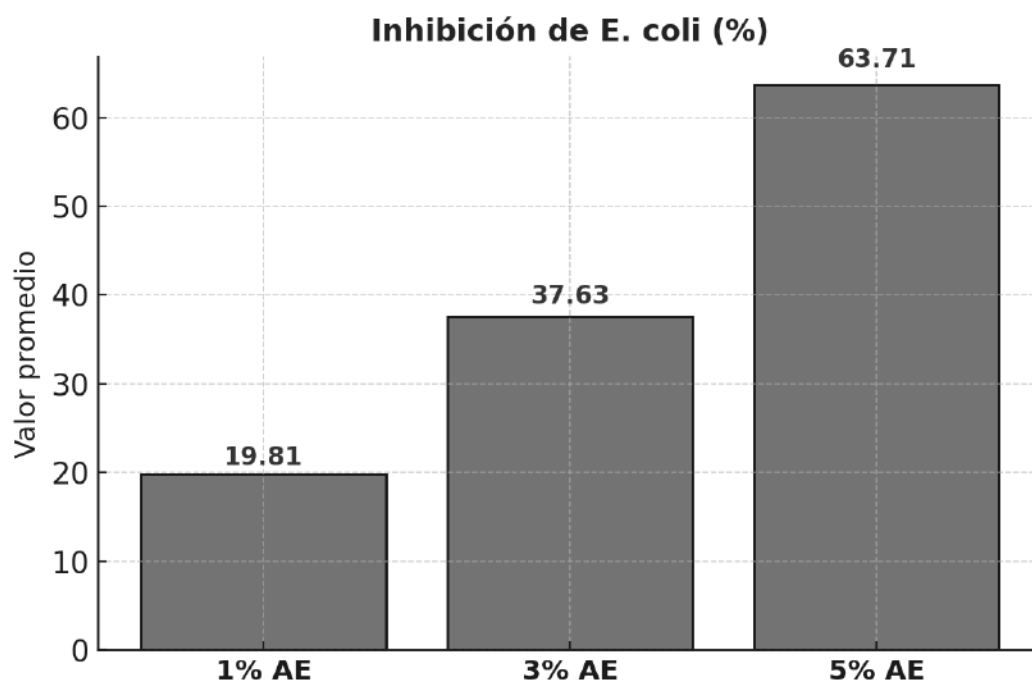


Figura 8. Gráfico de Inhibición de *E. coli*

Fuente: Propia

En cuanto a la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli*, los resultados indicaron que el aceite esencial no presentó una inhibición significativa del crecimiento microbiano en las concentraciones evaluadas (1 %, 3 % y 5 %). Los porcentajes de inhibición observados (19,81 %, 37,63 % y 63,71 %, respectivamente) son considerados bajos y no reflejan una acción bacteriostática o bactericida efectiva. Este comportamiento puede explicarse por la baja concentración de compuestos volátiles activos o por la naturaleza lipofílica del aceite, que limita su interacción con la membrana celular bacteriana. En consecuencia, el aceite esencial de semilla

de aguacate no ejerce un efecto inhibitorio marcado sobre *E. coli*, restringiendo su aplicación como conservante antimicrobiano. Sin embargo, su alta capacidad antioxidante le confiere un valor funcional importante, destacando su potencial uso en la prevención de la oxidación lipídica y el mantenimiento de la estabilidad química de alimentos enriquecidos con este extracto.

En conjunto, estos resultados demuestran que el aceite esencial de la semilla de aguacate posee un perfil bioactivo caracterizado por un elevado contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales se traducen en una actividad antioxidante significativa, aunque con limitada acción antimicrobiana frente a bacterias gram negativas como *E. coli*. Este comportamiento confirma que el principal potencial del aceite radica en su aplicación como antioxidante natural en matrices alimentarias, más que como agente antimicrobiano, posicionándolo como un ingrediente funcional de interés para el desarrollo de alimentos con propiedades saludables y valor agregado.

VII. CONCLUSIONES

- La presente investigación permitió caracterizar en profundidad el perfil bioactivo del aceite esencial extraído de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass) y evaluar su potencial aplicación como conservante natural en frijoles procesados, demostrando que este subproducto agroindustrial posee un valor funcional significativo.
- El análisis químico evidenció que el aceite presenta una alta concentración de compuestos fenólicos (2179.72 mg ácido gálico/100 g) y un contenido considerable de flavonoides (37.13 mg quercetina/100 g), ambos reconocidos por su capacidad de neutralizar radicales libres y actuar como agentes protectores frente a procesos oxidativos. Asimismo, la actividad antioxidante medida mediante el método DPPH confirmó esta tendencia, mostrando que el aceite posee una capacidad notable para reducir especies reactivas, superando de manera significativa al producto final incorporado en los frijoles procesados.
- Aunque se evaluó su aplicación en frijoles procesados, los análisis evidenciaron que la incorporación del aceite esencial de semilla de aguacate en los frijoles procesados no inhibió el crecimiento de *Escherichia coli* en ninguna de las concentraciones evaluadas (1 %, 3 % y 5 %). Por el contrario, los valores obtenidos reflejan una inhibición parcial y no significativa, lo que indica que el aceite no ejerce un efecto positivo como un conservante efectivo sobre microorganismos indicadores de contaminación fecal.
- Estos resultados confirman que la funcionalidad del aceite esencial de semilla de aguacate no se orienta hacia la inhibición microbiana, sino que se limita principalmente a su acción antioxidante, la cual sí mostró valores relevantes en las evaluaciones fisicoquímicas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Ampliar los estudios del perfil bioactivo incorporando técnicas cromatográficas avanzadas (HPLC y MS) para identificar compuestos clave.
- Incrementar la concentración en formulaciones alimentarias ya que el aceite mostró una limitada acción antimicrobiana frente a *Escherichia coli*, por consiguiente, sería conveniente evaluar concentraciones superiores al 5 % o combinarlo con otros aceites esenciales (por ejemplo, de orégano, romero o tomillo) que posean sinergias antimicrobianas.
- En estudios de estabilidad y vida útil se recomienda realizar análisis microbiológicos a largo plazo extendiendo el periodo de almacenamiento acelerado de 2 a 3 meses.
- Examinar su sinergia con otros aceites esenciales para mejorar su acción antimicrobiana sin comprometer su función antioxidante.
- Se sugieren ensayos sensoriales complementarios e incluir evaluaciones sensoriales (sabor, olor, textura) en futuros trabajos, ya que la incorporación de aceites esenciales puede modificar los atributos organolépticos de los alimentos.
- Es necesario realizar estudios para identificar compuestos cianogénicos para corroborar si su refinado es correcto y si puede hacerse pruebas sensoriales sin riesgo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A. T. (2020). Tung oil as an effective modifier for sulfur polymer cement and its performance in galvanic waste encapsulation. *Towards sustainable agriculture: Genomics, bioengineering, and smart technologies*. doi:DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03908
- Alonso, F. H. (2022). Innovación Científica y Tecnológica en Agroindustria y Sistemas. INNOVACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA EN AGROINDUSTRIA Y SISTEMA. doi:Doi: ile:///C:/Users/Administrator/Downloads/Len-Moralesetal.2022_InnovacionAgroSistemas.pdf
- Amanda Priscila Silva Nascimento, A. P. (2024). Valorization of Avocado (*Persea americana*) Peel and Seed: Functional Potential for Food and Health Applications. *Antioxidants*. doi:https://doi.org/10.3390/antiox14091032
- Ana Marcela Gallego, J. S. (2020). Extracción de Limoneno de Citrus x sinensis por método Soxhlet y arrastre de vapor. *Experiment Findings* . doi:https://doi.org/10.1007/BF00685658
- Arnal, L. M. (2021). Association between ultraprocessed food and chronic kidney disease. *Nefrología*. doi:https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.11.013
- Beatriz Rodríguez Martínez, A. R. (2022). Potential and prospects for utilization of avocado by products in integrated biorefineries. *ELSEVIER*. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128034
- Cruz, C. &. (2021). Obtención de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) precocido y preservado con recubrimiento de aceite esencial de orégano. EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS .

doi:doi: <https://1library.co/document/q2no8m2q-efecto-aceite-esencial-oregano-origanum-vulgare>

Dorely David, A. F. (2020). Extraction and characterization of phenolic compounds with antioxidant and antimicrobial activity from avocado seed (*Persea americana* mill). *revistabionatura*. doi:<http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.04.51>

Eric Bertrand Kouam. (2025). Exploring genetic diversity of local avocado (*Persea americana* Mill.) germplasm from the bamboutos highlands diversity centre in western cameroon: a comprehensive multivariate and phylogenetic analyses based on phenotypic descriptors. *BMC Plant Biology*. doi:<https://doi.org/10.1186/s12870-025-06529-3>

Fennema, O. R. (2017). Fennema's Food Chemistry . *Cyanogenic glycosides. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series, 50*. Obtenido de AOAC International Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC.

Juan Pablo Taramuel Taramuel, I. A. (2024). Desafíos en la cadena productiva del aguacate en América Latina: Un análisis descriptivo. *ResearchGate*. doi:DOI: 10.15446/agron.colomb.v42n2.113982

Kaio Vinicius, L. d. (2025). Antioxidant Activity of Avocado Seed Extract: A Systematic Review of Extraction Methods. *Bio medical Juarnal of scientific & Techical Research* SSN: 2574 -1241. doi:DOI: 10.26717/BJSTR.2025.61.009557

Luis Orlando Alejo Aguiar, R. J. (2024). EFFECT OF A BIOPREPARATION OF EFFICIENT MICROORGANISMS ON THE CULTIVATION OF THE COMMON BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS*, L.) IN A BROWNSIALITICAL SOIL WITHOUT CARBONATE. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2),111-118. doi:<https://orcid.org/0000-0001-5987-4528>

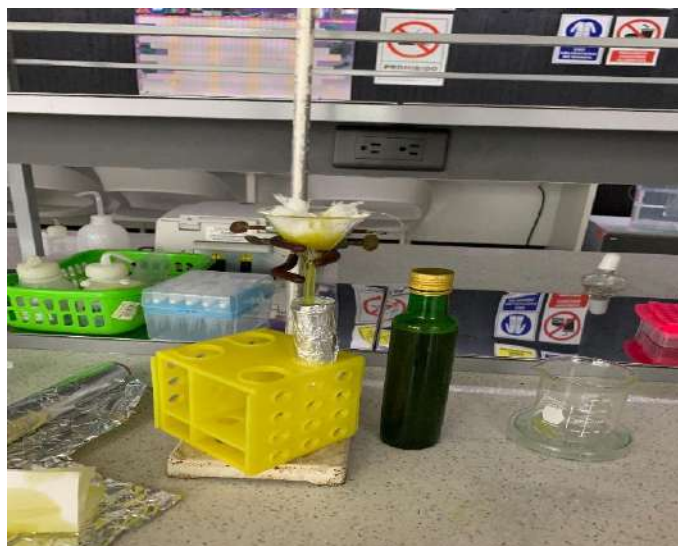
Magaly Villena Tejada, I. V. (2021). Medicinal plants and functional foods used as resources against Covid-19 by an andean population in Peru. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*. doi:Doi: 10.51343/racs.v4i1.819

- Mendoza, J. R. (2024). Evaluación de las prácticas de manejo de maíz por parte de agricultores y comercializadores en regiones con inseguridad alimentaria del occidente de Honduras. *Revista de Investigación Agrícola y Alimentaria*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101140>
- Onyedikachi, U. B. (2024). Investigación de los constituyentes químicos, antioxidantes, antiinflamatorios y propiedades nutricionales del aceite de semillas de Persea americana (Aguacate). *Avances en la química de los alimentos*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100770>
- Prabhar Jeevanandam, V. B. (2022). Transesterification Studies on Avocado Seed Oil Using Carbon Supported CuO Nano Catalyst: Rate Kinetics and Thermodynamic Aspects. *Nanomaterials*. doi: <https://doi.org/10.1155/2022/5192239>
- S. Rojas Flores, M. D. (2022). Bioelectricity through microbial fuel cells using avocado waste. *ENERGY REPORTS*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.100>
- Sabando, J. A. (2020). Los disruptores endocrinos: un problema creciente pero desconocido para la mayoría de los sanitarios. *FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fmc.2020.07.007>
- Shahidi, F. &. (2017). Official Method Cd 8-53: Peroxide Value, Acetic Acid-Chloroform Method. American Oil Chemists' Society. *Lipid Oxidation and Improving the Oxidative Stability*. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley & Sons. Obtenido de ISO 3960:2017. Animal and vegetable fats and oils Determination of peroxide value Iodometric (visual) endpoint determination. International Organization for Standardization.
- Syed Zia Ul Hasan, M. A. (2022). A REVIEW ON AVOCADO FRUIT: DESCRIPTION, MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, COMPOSITION, NUTRITIONAL BENEFITS AND PROPAGATION TECHNIQUE. *RESEARCHGATE*. doi:DOI: 10.56557/pcbmb/2022/v23i29-307772
- Tamrat Tesfayea, M. A. (2022). Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100253>

- Tania Chacón Ordóñez, S. C. (2024). Hardened beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and technological alternatives for their utilization in the food industry. *Agronomía Mesoamericana*. doi:<https://doi.org/10.15517/am.2024.59614>
- Travis Parker, J. A. (2022). Genetic Resources and Breeding Priorities in Phaseolus Beans. *Plant Breeding Reviews*,. doi: DOI: 10.1002/9781119874157.ch6
- Uchechi Bliss Onyedikachi, C. C. (2024). Investigation of chemical constituents, antioxidant, anti-inflammatory and nutritional properties of oil of Persea americana (Avocado) seeds. *Food chemistry*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100770>
- Yijun Liu, Q. X. (2023). Effects of Three Extraction Methods on Avocado Oil Lipid Compounds Analyzed via UPLC-TOF-MS/MS with OPLS-DA. *foods*. doi:<https://doi.org/10.3390/foods12061174>

X. ANEXOS

Anexo 1. Desarrollo del perfil del aceite esencial del aceite





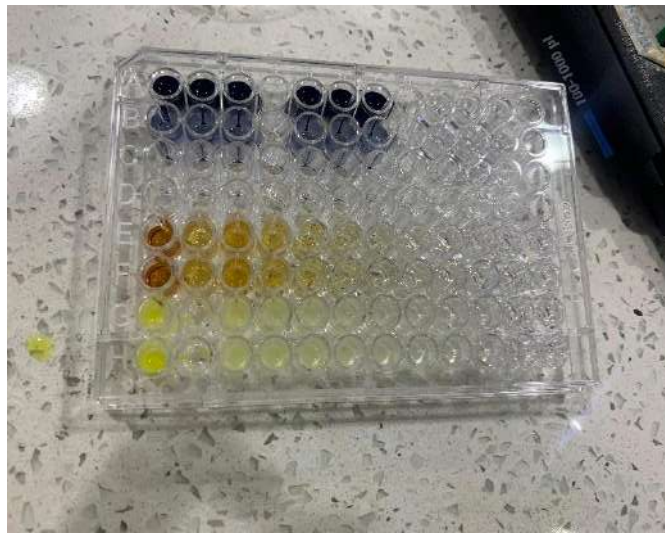
Anexo 2. Desarrollo de los frijoles licuados







Anexo 3. Análisis fisicoquímicos de aceite de semilla de aguacate





Anexo 4. Análisis microbiológicos mezcla de aceite y frijoles

