



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Determinación del rendimiento de prensado para la obtención del aceite de
aguacate (*Persea americana*)

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor

Ortiz Naranjo, Luis Alexis

Tutora

Ing. Diana Estefanía Yáñez Sevilla. PhD.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Ortiz Naranjo Luis Alexis, con cédula de ciudadanía 060597260-3, autor del trabajo de investigación titulado: Determinación del rendimiento de prensado para la obtención de aceite de aguacate (*Persea americana*), certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Así mismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 31 de Julio de 2025.



Ortiz Naranjo Luis Alexis

C.I: 060597260-3

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Diana Estefanía Yáñez Sevilla. PhD catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Determinación del rendimiento de prensado para la obtención de aceite de aguacate (*Persea americana*), bajo la autoría de Ortiz Naranjo Luis Alexis; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 31 días del mes de Julio de 2025.



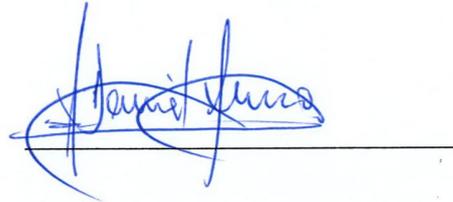
Ing. Diana Estefanía Yáñez Sevilla. PhD
C.I: 172196997-8

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Determinación del rendimiento de prensado para la obtención de aceite de aguacate (*Persea americana*), presentado por Ortiz Naranjo Luis Alexis, con cédula de identidad número 0605972603, bajo la tutoría de PhD. Diana Estefanía Yáñez Sevilla; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 31 de Julio de 2025.

Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Ana Hortencia Mejía López, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ORTIZ NARANJO LUIS ALEXIS** con CC: **060597260-3**, estudiante de la Carrera **AGROINDUSTRIA** Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " Determinación del rendimiento de prensado para la obtención del aceite de aguacate (*Persea americana*)", cumple con el 1% similitud y 9% de similitud posibles generados por IA, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 28 de julio de 2025

Ing. Diana Yáñez Sevilla, Ph.D.
TUTORA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con inmenso amor a mis padres Luis Ortiz y Alicia Naranjo, pilar fundamental de mi vida por mostrarme un mundo, en el cual puedo caminar a pasos firmes siempre hacia adelante, por incitarme a cumplir mis sueños y apoyarme de manera permanente durante el trascurso de mi formación profesional.

A mis hermanos por la motivación necesaria para no rendirme, por brindarme palabras de aliento para alcanzar mis sueños y dar este grande paso en mi carrera estudiantil en especial en especial a mi hermana Lic. Lorena Ortiz Mgs. Por estar siempre en las buenas y en las malas conmigo por su amor y apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional De Chimborazo quien me abrió las puertas para cumplir una meta en mi vida, a todos los docentes de la carrera por ser parte fundamental dentro de mis estudios universitarios, gracias por brindarme sus conocimientos para crecer como persona y profesional.

¡Los amo a todos!

Luis Alexis Ortiz Naranjo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la vida de mis padres, por bendecir mi vida y mi hogar, y disfrutar la compañía de las personas que me aman y que yo más amo, gracias a Dios por darme la dicha de permitirme conocer a mis padres y a mis padres por permitirme conocer a Dios, por ser ejemplos de vida, por darme fortaleza, sabiduría y seguridad para levantarme en los momentos más difíciles de mi vida.

También agradecer a mi familia quienes son la base fundamental de mi realización como persona y profesional, a la Universidad Nacional de Chimborazo, por ser la sede de todo el conocimiento adquirido durante estos años de estudios, a mi tutora Ing. Diana Yáñez PhD., por la paciencia y tiempo otorgado en esta investigación y por formar parte de esta meta alcanzada, y por último agradecer a todos los que recorrieron junto a mi este camino maravilloso.

Y agradezco a todas aquellas personas con quien he compartido y superado conocimientos, alegrías, tristezas y obstáculos que se ha presentado durante toda esta etapa en la universidad.

Luis Alexis Ortiz Naranjo

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Problema	17
1.3 Justificación	18
1.4 Objetivos.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	20
2.2 MARCO TEORICO	23
2.2.1 Aceites Vegetales	23
2.2.2 Producción del aguacate	23
2.2.3 Variedades del aguacate.....	24
2.2.4 Procesos de obtención de aceite.....	26
2.2.5 Tipos de prensas para extracción de aceite.....	28
2.2.6 Parámetros Físico-Químicos para el análisis en aceites	31
2.2.7 Normativa	32
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	34
3.1 Tipo de Investigación	34
3.2 Diseño Experimental	34
3.2.1 Procedimiento de obtención del aceite de aguacate	34
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	37
3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra.....	41
3.5 Procesamiento de Datos.....	41
3.6 Métodos de Análisis	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Obtención del aceite de los tipos de aguacate Hass y Fuerte por el método de prensado en frío	42

4.2	Análisis Físicos de las diferentes muestras de aceite de aguacate <i>Hass y Fuerte</i>	44
4.3	Análisis Químicos de las diferentes muestras de aceite de aguacate Hass y Fuerte ..	45
4.4	Comparación de los resultados del aceite de aguacate con la norma internacional para su uso comestible.	47
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES		49
5.1	CONCLUSIONES	49
5.2	RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA		50
ANEXOS.....		53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Botánica Sistemática</i>	24
Tabla 2. <i>Requisitos del aceite de aguacate Norma NMX-F-052-SCF</i>	33
Tabla 3. <i>Requisitos de la Composición de Ácidos Grasos de aceite de aguacate Norma NMX-F-052-SCF, 2008</i>	33
Tabla 4. <i>Análisis de los pesos de aguacate y aceites obtenidos de las dos variedades seleccionadas</i>	42
Tabla 5. <i>Análisis Físicos del aceite de aguacate Hass y Fuerte</i>	44
Tabla 6. <i>Análisis Químicos del aceite de aguacate variedad Hass</i>	46
Tabla 7. <i>Análisis Químicos del aceite de aguacate variedad Fuerte</i>	46
Tabla 8. <i>Comparación de los resultados del aceite de aguacate con la norma internacional</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Aguacate Variedad Hass</i>	25
Figura 2. <i>Aguacate Variedad Fuerte</i>	25
Figura 3. <i>Aguacate Variedad Bacon</i>	26
Figura 4. <i>Prensa Mecánica</i>	29
Figura 5. <i>Prensa con tornillo</i>	30
Figura 6. <i>Prensa Hidráulica</i>	30
Figura 7. <i>Flujograma de la obtención de aceite del aguacate</i>	36

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Densidad</i>	37
<i>Ecuación 2. Acidez</i>	38
<i>Ecuación 3. Saponificación</i>	38
<i>Ecuación 4. Tiosulfato de Sodio</i>	39
<i>Ecuación 5. Yodo</i>	40
<i>Ecuación 6. Rendimiento</i>	40

RESUMEN

El aguacate es una fruta de gran importancia debido a su alto valor nutricional y a su amplio consumo en América Latina. El aceite extraído de esta fruta es especialmente rico en compuestos bioactivos, lo que ha despertado un creciente interés en los últimos años por su uso a nivel industrial, particularmente en las industrias alimentaria y cosmética. La presente investigación tiene como objetivo determinar el rendimiento y caracterización del aceite obtenido del aguacate (*Persea americana*) mediante el método de prensado en frío, comparando las variedades Hass y Fuerte. Para realizar la extracción del aceite, se empleó una prensa de tornillo mecánico y se ejecutó un protocolo, que incluyó la deshidratación de la pulpa a 80°C durante 8 horas, una extracción a 40°C y centrifugación a 3000 rpm durante 20 minutos. El análisis físico-químico se realizó en base a parámetros como la viscosidad, la densidad, el índice de acidez, índice de saponificación, índice de refracción e índice de yodo. La metodología de extracción de aceite mediante la técnica de prensado en frío permitió obtener un rendimiento de $14,20\% \pm 1,20\%$ en la variedad Fuerte, en comparación con el Hass que obtuvo un rendimiento de $9,10 \pm 3,89$. Las determinaciones de los análisis del aceite extraído en los parámetros físicos tiene un valor de densidad de (0,913) y viscosidad de (57 m Pa*S). Por otro lado, los parámetros químicos en la variedad Hass presentó mayor presencia de ácidos grasos libres con (1,44%) frente al (1,09%) de la variedad Fuerte, indicando mejor calidad de aceite en la variedad Fuerte. Sin embargo, ambos aceites cumplieron con los valores normativos establecidos, y parámetros de densidad (0,913 g/mL para Hass y 0,92 g/mL para Fuerte). Los valores de índice de refracción, saponificación e índice de yodo cumplieron con la normativa establecida.

Palabras claves: Aguacate, aceite de aguacate, extracción por prensado en frío, rendimiento.

ABSTRACT

Avocado is a fruit of great importance due to its high nutritional value and widespread consumption in Latin America. The oil extracted from this fruit is particularly rich in bioactive compounds, which has generated growing interest in recent years for its industrial applications, especially in the food and cosmetic industries. This research aims to determine the yield and characterization of oil obtained from avocado (*Persea americana*) using the cold-pressing method, comparing the Hass and Fuerte varieties. Oil extraction was carried out using a mechanical screw press, following a protocol that included pulp dehydration at 80°C for 8 hours, extraction at 40°C, and centrifugation at 3000 rpm for 20 minutes. The physicochemical analysis was based on parameters such as viscosity, density, acid value, saponification value, refractive index, and iodine value. The cold-press extraction technique yielded $14.20\% \pm 1.20\%$ for the Fuerte variety, compared to $9.10\% \pm 3.89\%$ for the Hass variety. The physical analysis of the extracted oil showed a density of 0.913 g/mL and a viscosity of 57 mPa·s. In terms of chemical parameters, the Hass variety exhibited a higher content of free fatty acids (1.44%) compared to Fuerte (1.09%), indicating better oil quality in the Fuerte variety. However, both oils complied with established regulatory standards, including density values (0.913 g/mL for Hass and 0.92 g/mL for Fuerte). The values of refractive index, saponification, and iodine index met the established norms.

Keywords: Avocado, avocado oil, cold-press extraction, yield.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes

El aguacate (*Persea americana*) es reconocido por su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados fundamentalmente el ácido oleico y vitaminas E, C y K, lo que lo convierte en una fuente valiosa para la producción de aceite comestible de alta calidad. La extracción de este aceite se ha convertido en un área de interés en la agroindustria debido a su potencial nutricional y a la posibilidad de aprovechar frutos que no cumplen con los estándares de comercialización en fresco (Bánger et al., 2022).

Los aceites de aguacate son de alta calidad y con excelentes propiedades nutricionales para la salud humana y la industria como es el caso de la cosmética, esta ha sido estudiada por varios autores debido a su rica composición en vitaminas, minerales fenólicos, flavonoides, ácidos grasos y perseninas, siendo sustancias valiosas para las formulaciones alimenticias (Avila et al., 2023).

La pulpa del aguacate (*Persea americana*), en particular la variedad Hass, ha sido objeto de numerosos estudios gracias a su alto contenido de grasas insaturadas, sustancias fenólicas, tocoferoles (vitamina E) y colorantes naturales, lo cual la hace una fuente prometedora para la producción de aceites funcionales. En la investigación de (Yepes et al. 2017), utilizó una técnica de extracción térmica a 55 °C, se logró un rendimiento del 60,2 % en la obtención del aceite de la pulpa de aguacate. Este aceite fue clasificado como virgen extra por sus características fisicoquímicas, observándose su alto contenido en vitamina E (759,3 mg/100 g), así como por la presencia de ácidos grasos esenciales, oleico, linoleico y linolénico.

Las magníficas propiedades antioxidantes que presenta este aceite son consecuencia del gran contenido de compuestos fenólicos totales detectados ($0,38 \pm 0,01$ mg de ácido gálico equivalente por gramo de muestra), lo que le confiere un carácter de ingrediente funcional y le proporciona un amplio espectro de aplicación en el ámbito alimentario, cosmético y farmacéutico. Los resultados obtenidos en este trabajo hacen hincapié también en la pertinencia de seguir estudiando el uso integrador de la pulpa, especialmente con técnicas sostenibles, como el prensado en frío, que conservan a los compuestos bioactivos de sufrir daños térmicos (Yepes et al., 2017).

A lo largo de las últimas décadas los residuos generados por la producción de frutas y hortalizas, preparados como cáscaras, tallos, hojas y restos en descomposición u se han convertido en objeto de estudio debido al importante impacto ambiental que genera dicha producción. Como respuesta a esta problemática, se han desarrollado alternativas que permite transformar estos desechos en productos con valor agregado, reduciendo así de manera efectiva su impacto ecológico (Mejías, 2016).

El aguacate (*Persea americana*), es una fruta demandada en el mercado mundial, debido a su consistencia, buen sabor y alto nivel nutritivo en vitaminas (K, C, E), minerales (Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc), con diversas opciones de uso tanto en la gastronomía como en la fabricación de productos en la medicina e industria cosmética. Debido a sus propiedades se ha extendido por amplias regiones tropicales alrededor de todo el mundo, destacando en países como, Colombia, Indonesia, Perú, República Dominicana y México, como sus mayores productores (Faostat, 2019).

A lo largo de los años 2022 y 2023, Ecuador alcanzó una producción de aguacate que comprende cerca de 4550 hectáreas, logrando un rendimiento nacional de 5,83 toneladas por hectárea MAG, (2023). El aguacate (*Persea americana*) es una especie originaria de la región mesoamericana, que se ha dispartido desde México hasta países de América Latina como Colombia, Ecuador y Perú, consolidándose como un componente crucial en la alimentación de las comunidades indígenas. Hoy en día, este cultivo es visto como un producto de gran relevancia a nivel mundial gracias a su elevado valor nutricional y su amplia utilización en la gastronomía.

En el contexto ecuatoriano, el aguacate representa un fruto de consumo tradicional, ampliamente incorporado en la gastronomía local. Las principales zonas productoras incluyen las provincias de Carchi, Tungurahua, Pichincha, Azuay y Loja, cuyas condiciones agroecológicas referente a las temperaturas que oscila entre los 15 °C a 20 °C, favorecen a su desarrollo. Estas condiciones climáticas junto con las particularidades del manejo agronómico, han permitido que el cultivo evolucione de una producción tradicional a un bien agroindustrial con potencial en mercados externos (Neira et al., 2021).

Las etapas de desarrollo del cultivo varían según la altitud, presentando una duración aproximada de 6 meses desde la floración hasta la cosecha en la región litoral, y de 7 a 9 meses en zonas de la Sierra (MAG,2023). En el presente, este cultivo se considera relevante y cada vez gana más importancia en el mundo por su gran valor nutritivo y su utilidad en la cocina. Como resultado, el aguacate se desarrolla adecuadamente en todo tipo de terrenos, desde los más arenosos hasta los más arcillosos, con una profundidad de 0,8 metros y un pH que varía de cinco décimas a seis y media, lo que asegura una correcta asimilación de nutrientes (Mejía et al., 2024).

Existen diversas metodologías para la extracción de aceite de aguacate, analizando y optimizando tiempo en el rendimiento y preservando los compuestos bioactivos del fruto, siendo el prensado en frío el método más utilizado por preservar las propiedades nutricionales, ya que se trata de un método mecánico que permite la extracción de aceite en su semilla o pulpa del 87 -95 % en su recuperación del fruto, a una temperatura inferior a los 50 °C durante todo su proceso, garantizando la integridad de sus compuestos bioactivos como ácidos grasos monoinsaturados, tocoferoles y fitoesteroles. Este proceso es apreciado por producir aceites de alta calidad, considerados vírgenes o extras vírgenes, siendo de gran útil en las industrias alimentarias y cosméticas Alulema et al., (2024). La prensa hidráulica emplea un sistema de presión mecánico generado por aceite hidráulico que puede alcanzar hasta 55 MPa, asegurando una extracción eficiente sin degradar térmicamente el aceite

(LastNameZhengzhou Taizy Machinery Co. 2025). La extracción con solventes hexano en el método Soxhlet, y extracción con fluido supercrítico (Argón), siendo Soxhlet es el más eficiente (hasta el 99%), pero requiere etapas de refinado, blanqueo y desodorizado para eliminar residuos y compuestos no deseados. Otro método importante incluye el termobatido que consiste en aplicar control controlado antes del prensado para descomponer las estructuras celulares y facilitar la liberación del aceite, lo que aumente el rendimiento, pero lleva cierto riesgo de degradación de compuestos sensibles al calor. También se han establecido tratamientos enzimáticos, como enzimas como la pectinasa o la celulasa descomponen las paredes celulares para facilitar la liberación del aceite. Este método es especialmente beneficioso cuando se busca una extracción más extensa (Flores et al., 2019). Cada técnica presenta ventajas y limitaciones en cuanto a rendimiento, calidad sensorial y estabilidad del producto final, siendo el método elegido determinante para su aplicación del aceite obtenido.

El presente estudio evalúa el rendimiento del prensado en frío en la extracción de aceite de aguacate de las variedades Hass y Fuerte, además analiza sus características fisicoquímicas y comparándolas con los estándares internacionales de calidad vigentes, se determina parámetros como densidad, viscosidad, índice de acidez, índice de refracción, saponificación e índice de yodo, aportando conocimiento técnico sobre su aplicación en la industria agroalimentaria.

1.2 Problema

El aguacate (*Persea americana*) es reconocido mundialmente por su alto valor nutricional y versatilidad en la alimentación humana, ya que es consumido como parte de la dieta por los pueblos indígenas de esta región de América por más de 5000 años, es una especie arbórea originaria del continente americano, que se cultivaba desde México pasando por todo Centro América, hasta Colombia, Ecuador y Perú Neira et al., (2021). Sin embargo, se ha evidenciado una limitación técnica importante: la escasa disponibilidad de estudios locales que evalúen el rendimiento de aceite a partir del método prensado en frío en las diferentes variedades cultivadas en el país, particularmente Hass y Fuerte, y comparar los parámetros fisicoquímicos del aceite extraído de estas variedades bajo condiciones controladas de prensado. Esta brecha de conocimiento dificulta la toma de decisiones para una selección adecuada de materia prima para su aprovechamiento industrial, no solo obteniendo un producto de alto valor nutricional, sino que también los residuos generados en la extracción, como la semilla y pulpa residual (bagazo), pueden ser utilizados para la elaboración de harinas ricas en antioxidantes incrementando oportunidades para el desarrollo de subproductos con valor agregado para la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria mejorando su estabilidad y funcionalidad. Por esta razón, resulta esencial evaluar y comparar la producción de aceite de diferentes tipos de aguacate, mejorando su utilización y fomentando métodos innovadores y sostenibles en el desarrollo de productos derivados que posean un elevado valor en el mercado (Alulema et al., 2024).

Estudios anteriores han evidenciado que hay diferencias considerables en términos de su contenido de lípidos (triglicéridos, ácidos grasos libres y fosfolípidos), lo que impacta directamente en la calidad y el rendimiento del aceite adquirido (Cuchipec, 2023).

Según reportes del Ministerio de Agricultura y Ganadería, se ha incentivado su producción con fines comerciales y de exportación, con especial interés en la variedad Hass por su vida útil y demanda internacional (MAG, 2023).

Ante esta problemática, la presente investigación tuvo como finalidad generar evidencia técnica-científica mediante la evaluación comparativa del rendimiento de aceite y sus parámetros fisicoquímicos como: densidad, índice de acidez, de yodo, de refracción y de saponificación en las variedades de aguacate (Hass y Fuerte). Esto permitió la facilidad de la selección de materia prima según su potencial graso, la optimización en el proceso de extracción y promover estrategias de innovación orientadas al uso sostenible y aplicaciones en la industria agroalimentaria con valor agregado.

1.3 Justificación

El propósito de esta investigación fue examinar la manera en que la variedad de aguacate y las condiciones de extracción afectan al rendimiento de prensado en frío para la producción del aceite de aguacate (*Persea americana*) debido a su importancia en el sector agroindustrial, particularmente teniendo en cuenta la demanda creciente de aceites vegetales de excelente calidad y las ventajas nutricionales vinculadas al aceite de aguacate. Este estudio tiene como objetivo analizar parámetros de calidad y determinar el rendimiento del aceite de aguacate mediante la extracción por prensado en frío, una técnica que conserva las características organolépticas y nutricionales del aceite proporcionando la óptima calidad del producto final (Cuchipec, 2023).

Estrada & Morocho (2020), indican que para que los líquidos, aceites y sólidos sean menos resistentes a la futura extracción de los elementos, primero se deben separar mediante el método de termobatido. La base ya procesada se somete a un calentamiento, luego se introduce en un bombo rotatorio. Para evitar que se estropee, unas paletas dentro del bombo la mezclan lentamente a una temperatura máxima de 45 °C.

La extracción en frío del aceite de aguacate es menos eficiente que los procesos químicos o con calor. Aunque mantiene su calidad y nutrientes, su bajo rendimiento incide en la rentabilidad de producirlo a gran escala. La optimización del proceso y análisis del impacto ambiental son claves para su competitividad en el sector (Lemeh, 2024).

Además, diversos estudios han demostrado que los subproductos derivados de la extracción, como la semilla y la pulpa residual (bagazo), poseen potencial para ser transformados en harinas con propiedades antioxidantes, productos nutraceuticos o incluso biopolímeros aplicables en empaques biodegradables, lo cual promueve un enfoque de aprovechamiento integral y sostenible del fruto Alulema et al., (2024). En este contexto, el mismo autor también señala que mejorar el método de extracción en frío podría aumentar la calidad del aceite y su aceptación en el mercado.

Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el proceso de extracción mecánica por prensado en frío, sobre el rendimiento específicamente en la variedad de aguacate Hass y Fuerte. Así también, se analizó las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido como: densidad, viscosidad, índice de acidez, refracción, saponificación e índice de yodo, con el fin de caracterizar la calidad del aceite y su viabilidad para aplicaciones en las industrias agroalimentaria, cosmética y farmacéutica. La determinación comparativa del rendimiento entre ambas variedades permite establecer criterios técnicos para la optimización del aprovechamiento de esta materia prima, motivando su valorización mediante estrategias de innovación productiva y desarrollo sostenible de subproductos con alto valor agregado.

1.4 Objetivos

General

Determinar el rendimiento de prensado para la obtención del aceite de aguacate (*Persea americana*).

Específicos

- Extraer aceite de la pulpa de aguacate mediante el proceso de prensado en frío.
- Determinar los parámetros físicos-químicos del aceite obtenido.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 MARCO REFERENCIAL

En el estudio del efecto de la variedad y condiciones de extracción sobre la calidad de aceite de aguacate con fines alimenticios en Ecuador, se identificaron tres variedades de aguacate (Hass, Fuerte y un cultivo local). A partir de estos, se extrajo la pulpa y se sometió a distintos métodos de extracción, incluyendo prensado en frío. Se analizaron un total de 18 muestras, se examinaron parámetros fisicoquímicos y perfiles de ácidos grasos fueron evaluados mediante métodos estadísticos. Los resultados muestran que la variedad Hass, al ser prensada en frío, obtuvo los mejores valores en cuanto a rendimiento. La calidad fisicoquímica y la composición de grasas fueron destacadas. También se observan similitudes notables con el aceite de oliva en su perfil de ácidos grasos. Estos resultados subrayan la gran importancia de la variedad y las condiciones de extracción en la calidad del aceite de aguacate, además de indicar que se deben realizar investigaciones adicionales que tomen en cuenta otros factores como el estado de madurez del fruto y las condiciones de almacenamiento (Mosquera et al. 2021).

La evaluación llevada a cabo por Jiménez et al. (2023), mediante la caracterización del proceso de extracción de aceite de aguacate de la variedad Hass, como aplicación en la industria de cosmética. Para este fin, desarrollaron pruebas experimentales de extracción a través de dos técnicas: Prensado y Soxhlet. La evaluación realizada permitió evaluar la calidad del aceite extraído mediante parámetros que evalúan la calidad como: el índice de acidez, saponificación y una valoración del pH. Los resultados revelaron que la extracción del método Soxhlet tuvo un rendimiento del (12,66%), mientras que el método de prensado tuvo un rendimiento del (35,10%), concluyendo que la técnica soxhlet es más efectiva para la producción de aceite de aguacate de alta calidad, indicando más pureza y menos deterioro ya que no se encuentra en estado de oxidación debido a los elementos químicos que se utilizaron para la extracción como el éter de petróleo, a pesar de que sus costos sean un poco más altos es una mejor opción para trabajar en la industria cosmética.

Los autores de Dios Ávila et al. (2023), llevaron a cabo una revisión sistemática basada en la guía PRISMA. Para ello, realizaron una investigación bibliográfica en múltiples bases de datos entre los años 2000 y 2020. El estudio analizó 62 documentos de 20 países, destacando Nigeria, México y EE. UU. por su intensa actividad en investigación. Los resultados indican un creciente interés en revalorizar la semilla de aguacate, especialmente para la obtención de almidones y compuestos bioactivos, debido a su rico contenido de nutrientes, que incluye vitaminas, minerales, antioxidantes y ácidos grasos saludables. Se concluyó que este residuo agrícola, que generalmente se considera desecho, posee un gran potencial para ser utilizado en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y en la producción de materiales biodegradables, lo que lo convierte en una alternativa sostenible con valor agregado.

En la investigación desarrollada por Flórez (2017), se desarrolló un aceite con un alto valor agregado para el sector alimentario, utilizando fluidos supercríticos. Para esto, se utilizaron aguacates de la variedad Hass, que fueron cultivados en el departamento de Antioquia. Se llevó a cabo un proceso de deshidratación a través de liofilización, seguido de la elección de condiciones de extracción, enfocándose en la temperatura y presión, con el fin de mejorar las variables de rendimiento porcentual y la concentración de vitamina, a partir de las condiciones analizadas tanto en aspectos físicos como químicos a nivel de laboratorio. Los resultados evidenciaron que el aceite obtenido mediante este método tiene una estabilidad de 9 a 12 meses cuando se almacena correctamente (envasado y cerrado) y de 3 a 6 meses una vez abierto, debido a su contenido natural de antioxidantes que frenan el proceso de autooxidación. En consecuencia, el estudio concluye que esta técnica obtiene un rendimiento de extracción del 21,7%, una concentración de 1,79 mg de α -tocoferol en 100 gr de aceite y una eficiencia de extracción del 50,52%, constituyéndose como una alternativa eficaz para obtener aceite de aguacate con propiedades funcionales, recomendando su análisis en formulaciones de escalado semi-industrial, es decir, para uso gourmet, mas no siendo apto para procesos de freídos.

El estudio de Serpa et al. (2014), se centra en la optimización de la extracción de aceite de aguacate de la variedad Hass mediante prensado en frio, se evaluó los efectos de diferentes rangos de presión combinados con un tratamiento de liofilización a distintas temperaturas de congelación, evaluando la influencia del cambio de temperatura sobre características fisicoquímicas del aceite extraído como la densidad, el índice de saponificación, el índice de refracción y la acidez. Los resultados mostraron que el máximo rendimiento de extracción (55,53%) se obtiene al aplicar una presión de 2500 PSI después de un tiempo de congelación de 6 horas, y que tanto la presión que se aplica durante el prensado como el tiempo de congelación previo a la extracción son variables críticas que afectan al rendimiento de extracción y calidad del aceite producido. Finalmente, se recomienda extender esta metodología a otras variedades de aguacate se considera como una futura línea de investigación la evaluación más severa de la calidad del aceite obtenido para poder validar su potencial industrial y funcional.

Por otra parte, Restrepo (2024), se enfocó en extraer aceite de aguacate de la variedad Hass utilizando la enzima T-Miles Cellulase 2000 de *Aspergillus niger*, para el procesamiento de aguacates de tercera calidad es decir no cumplen parámetros de comercialización en fresco, con el objetivo de determinar las mejores condiciones de operación para la obtención de aceite de aguacate mediante integración de procesos termo mecánicos y enzimáticos a partir de la pulpa. Se realizaron dos ensayos: el primero implicó la homogenización de pulpa con agua, ajustar el pH y aplicar un tratamiento térmico, con y sin la enzima, antes de separar el aceite. En el segundo ensayo, se repitió el proceso con variaciones en las cantidades y en comparación con un tratamiento con ultrasonido y en proceso enzimático. Los resultados mostraron que la extracción enzimática consiguió un rendimiento del 17,04%, en cambio, un método de simple solo alcanzó un 13,92%, obteniendo un rendimiento de fruta en el primer ensayo del 46%, en el segundo proceso se obtuvo un rendimiento mediante enzimas del 24%, frente un 2,11% extraído por ultrasonido,

concluyendo que la extracción de aceite de aguacate mediante enzimas se destaca como una opción eficiente y respetuosa con el medio ambiente para la industria. Comparado con otros métodos como el ultrasonido, el enzimático ha mostrado mejores resultados en términos de rendimiento y conseguir la máxima calidad del aceite.

El estudio Guillén (2016), comparó determinando las diferencias en los métodos de extracción de aceite de palta Hass; de la siguiente manera: método de prensado en frío y uso del extractor Soxhlet, donde se observaron diferencias significativas para algunos parámetros tales como densidad, índice de peróxido e índice de yodo. Estos resultados permiten reafirmar la importancia de elegir el método de extracción correcto para obtener un aceite de palta de calidad; aspectos que se asumen en la elección de los métodos y parámetros utilizados, también sugieren reflexionar sobre la importancia de estudiar las condiciones necesarias para maximizar el rendimiento y también asegurar la calidad del aceite de aguacate. El aceite obtenido mediante prensado en frío se destacó por su mayor calidad, aunque presentó un rendimiento inferior del 21,2%. Por otro lado, el método Soxhlet logró un rendimiento superior del 75,8%, pero la calidad del aceite resultante fue menor. Lo que resalta una relevancia de seleccionar cuidadosamente el procedimiento de extracción dependiendo de si se desea priorizar la calidad o maximizar el rendimiento.

De acuerdo con Campos (2023), evaluó un proceso de extracción de aceite de pulpa de aguacate (*Persea americana*), y determinó que al madurar el fruto del aguacate aumenta la concentración de ácido oleico, elevando el contenido de ácidos grasos a diferencia del aceite de girasol, maíz y soja; El método de extracción de aceite de aguacate termomecánico emplea una temperatura de 55 °C para su extracción, obteniendo un rendimiento del 60,2 %, considerado como un método sencillo para la industria y de excelente calidad. Existen otros métodos de extracción que aparte de ser costosos son muy complicados, lo que provoca que las industriales inviertan más tiempo, mano de obra y capital, afectando la comercialización del producto. Por ello, se aconseja fomentar el consumo de aceite de aguacate por los beneficios nutricionales que tiene para la salud humana, utilizando el método termomecánico para extraer aceite debido a su alto potencial agroindustrial obtiene el aceite de manera sencilla que produzca un producto de alta calidad. También, se alienta a los agricultores a utilizar las técnicas de extracción del aceite de aguacate para agregar valor al producto y aumentar los ingresos económicos.

En la investigación realizada por Alulema et al. (2024), realizaron el estudio comparativo de extracción y la caracterización del aceite de aguacate. La cual determinaron su rendimiento en cuanto a base seca, destacando el método de termobatido con el mayor porcentaje (89,78%). En cuanto a las pruebas fisicoquímicas, este método presentó los mejores resultados en humedad (0,054%), densidad (0,9039 g/mL), índice de acidez (3,13 g/100g), índice de saponificación (190,06 mg KOH/mg) e índice de yodo (84,56 cg/g), excepto en el índice de peróxido (78,87 meqO₂/kg). Por otro lado, el análisis de la composición de ácidos grasos mediante HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Presión) mostró que el método de prensado hidráulico obtuvo los mejores valores, con 23,57 g/100g de ácidos grasos saturados, 64,29 g/100g de monoinsaturados y 12,14 g/100g de

poliinsaturados, además de concentraciones específicas de ácidos grasos esenciales como omega 3 (0,48 g/100g), omega 6 (11,65 g/100g) y omega 9 (61,07 g/100g), así como ácido palmítico (21,00 g/100g) y ácido esteárico (1,26 g/100g).

Por otra parte, Cuchipec (2023), utilizó el método de prensado en frío para analizar diversos aspectos fisicoquímicos como humedad, acidez, densidad e impurezas, así como propiedades sensoriales como color, sabor, olor y aceptabilidad del aceite de dos variedades de aguacate (*Persea americana*). Se evaluaron parámetros como índice de impurezas, densidad, índice de yodo, índice de peróxidos e índice de refracción, junto con un análisis microbiológico de mohos, levaduras y aerobios mesófilos. El perfil lipídico correspondiente al aceite evidenció un 19,48% de ácido palmítico, un 9,32% de ácido palmitoleico y un 9,76% de ácido linoleico (omega 6), además, un 19,94% de ácidos grasos saturados, un 69,52% de monoinsaturados y un 10,54% de poliinsaturados. Las principales conclusiones que se obtuvieron fueron en relación al tratamiento de la variedad Hass siendo este el más efectivo puesto que se alcanzó un rendimiento del 64% en un tiempo de deshidratación de 65 °C durante 10 horas y con una presión de 250 bar durante 3 minutos donde se evaluó la extracción de aceite mediante prensado en frío en las variedades Hass y Fuerte considerando elementos como el tiempo de deshidratación a diferentes temperaturas, la presión y el tiempo de extracción habiendo evidenciado notables variaciones en los rendimientos alcanzados.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Aceites Vegetales

Los aceites vegetales, como los extraídos de la palma, oliva y el aguacate, son lípidos en estado líquido, siendo una fuente esencial para el consumo humano y se obtiene del endospermo, las semillas oleaginosas o el pericarpio de la fruta, cuyas biomoléculas se caracterizan en la insolubilidad en agua y solubles en solventes orgánicos-benceno, cloroformo, hexano, entre otros. En el caso del aceite de aguacate, presenta una composición de ácidos grasos que varía según el tipo de fruto, tiempo de cosecha y el grado de maduración, especialmente durante los primeros días posteriores a la recolección. Este aceite contiene entre un 10% y 19% de ácidos grasos saturados, por lo cual la hace similar a otros aceites como el de girasol, maíz, oliva y soya. Sin embargo, su mayor fortaleza radica en el alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, en especial el ácido oleico que puede representar hasta el 80% del total, otorgándole importantes beneficios nutricionales y funcionales, especialmente en aplicación cosméticos y de salud (Jiménez et al., 2023).

2.2.2 Producción del aguacate

La producción mundial de aguacate alcanza aproximadamente 2,3 millones de toneladas al año, con América Latina y el Caribe concentrando cerca de dos tercios de esta producción. México lidera como principal productor, representando alrededor del 38,6% del total. Otros países destacados en la producción incluyen Estados Unidos, Chile, Brasil, Perú, República Dominicana y Sudáfrica (Cruz, 2020).

Por su parte, Ecuador tiene la ventaja de poder cultivar 4550 hectáreas de aguacate durante todo el año en provincias como Carchi, Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Santa Elena y Guayas con un rendimiento nacional de 5,83 toneladas por hectárea (Mejía et al., 2024), a diferencia de otros países cuya producción se limita a un periodo de 4 a 5 meses. La mayor parte de la producción se encuentra en la región Sierra, que aporta el 98,72% del total, mientras que la región Costa contribuye con apenas el 1,28%. Si bien la mayor producción de aguacate en Ecuador es de consumo para su propio territorio, en la actualidad exporta alrededor de 600 toneladas anuales (Cruz, 2020).

A nivel mundial, las importaciones de aguacate han mostrado un crecimiento promedio del 5,5% anual durante la última década. Este aumento se atribuye a las diversas propiedades beneficiosas del fruto y a su creciente aceptación en distintos mercados (Menéndez, 2025).

Botánica Sistemática del aguacate (*Persea americana*)

Tabla 1.

Botánica Sistemática

Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Laurales
Familia:	Lauraceae
Genero:	<i>Persea</i>
Especie:	<i>Persea americana</i>

Nota. Adaptado de Botánica Sistemática del aguacate (*Persea americana*), Paz, 2025. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/62831-Persea-americana>

2.2.3 Variedades del aguacate

Hass

El fruto tiene un tamaño mediano, con un peso regularmente entre 170 y 420 gramos, su color es verde y en forma de pera con una piel usualmente rugosa y negra cuando el fruto está en su punto de maduración también es dura y se desprende con mayor dificultad. La cascara es dura y se desprende con mayor dificultad. Esta variedad muestra una alta capacidad de acumulación lipídica en la pulpa, lo que le hace especialmente valorada para la extracción de aceite, presenta buena resistencia en zonas cálidas lo que favorece su cultivo en regiones costeras. La época en donde se produce la maduración es de febrero a abril y tiene una cualidad que la hace atractiva que puede conservar bien en el árbol después de madurar. El árbol florece una vez al año y su maduración puede variar entre los 6 a 11 meses dependiendo de las condiciones climáticas lo más conveniente es que crezca entre los 17°C a 30°C (Jiménez et al., 2023).

Figura 1.

Aguacate Variedad Hass



Nota. Adaptado de Aguacate Variedad Hass, de Freepik Company, 2025, https://www.freepik.com/search?format=search&last_filter=query&last_value=aguacate+hass&query=aguacate+hass

Fuerte

Esta variedad se caracteriza por tener una forma de pera (cuello largo y estrecho) a ovalada (cuello corto y ancho). Su piel presenta un color verde brillante, con una textura lisa, delgada y flexible, permitiendo así una fácil manipulación y pelado en los procesos postcosecha y transformación industrial. El fruto tiene un tamaño intermedio, ya que presenta un peso que oscila entre 170 y 500 gramos, esta variedad también acumula una cantidad significativa de aceite, y presenta un perfil lipídico adecuado para usos alimentarios por lo cual es adecuado para el consumo fresco o para la extracción de aceite vegetal (Montes, 2022).

Figura 2.

Aguacate Variedad Fuerte



Nota. Adaptado de Aguacate Variedad Hass, de Freepik Company, 2025, https://www.freepik.com/search?format=search&last_filter=query&last_value=aguacate+hass&query=aguacate+hass

Bacon

Es una de las variedades de tipo híbrido (cruce entre raza mexicana y guatemalteca) reconocida por su adaptabilidad a climas templados y su cosecha en los meses de octubre a noviembre, lo que la convierte en una variedad de temporada temprana. El fruto presenta un peso que oscila entre los 150 y 350 gramos, con variaciones según condiciones agroclimáticas y las prácticas agronómicas implementadas. Su cáscara es de color verde brillante a verde oscura, ligeramente lisa y delgada, en el centro del fruto su semilla es de tamaño medio a grande, su piel es de consistencia cremosa y con una coloración amarillo pálido a verde claro, posee un sabor suave y es menos aceitoso en comparación con otras variedades como Hass y Fuerte debido a su contenido lipídico, lo cual puede influir en su selección para procesos de extracción, pero siendo de interés para estudios de extracción de compuestos bioactivos especialmente en combinaciones con pretratamientos de liofilización (Urtado, 2018).

Figura 3.

Aguacate Variedad Bacon



Nota. Adaptado de Aguacate Variedad Bacon, de Campo de Benamayor, S.L.U., 2025, <https://www.campodebenamayor.es/frutas-tropicales/aguacate-bacon/>

2.2.4 Procesos de obtención de aceite

Extracción por prensado

Para garantizar una extracción eficiente, es esencial que la pasta tenga un bajo contenido de humedad, lo que facilita el drenaje del aceite y otros líquidos a través de la torta sólida que se genera durante el prensado. Aunque este método puede presentar ciertas limitaciones en cuanto al rendimiento se compara con técnicas más modernas, como extracción por solvente, la principal ventaja radica en que permite obtener un producto más natural, con mínima alteración química sin residuos tóxicos. Esta característica es altamente apreciada en las industrias de alimentos y cosméticos (Cuchiye, 2023).

Extracción por Centrifugación

La extracción por centrifugación es una técnica que utiliza la fuerza centrífuga para hacer que las partículas en un líquido se asienten a una velocidad específica, permitiendo la separación de líquidos con diferentes densidades. Para aumentar la velocidad de sedimentación, es necesario sustituir la gravedad por una fuerza más intensa, como la que proporciona una centrífuga. Cuando las variaciones entre las densidades de los líquidos son mínimas, la gravedad resulta inadecuada para separar estos líquidos en el tiempo estipulado. Además, la pasta de aguacate es considerada un sistema complicado desde el enfoque físico-químico. En resumen, este método implica el uso de un cilindro metálico que habitualmente se posiciona en vertical. Al girar rápidamente alrededor de su eje, los líquidos de distintas densidades se segregan, formando capas; la más densa se concentra cerca de las paredes del cilindro, mientras que la menos densa permanece en el centro, entre la capa pesada y esta es conocida como la zona neutral.(Jiménez et al., 2023).

Extracción por Solventes

El principal funcionamiento de la extracción por solvente es la solubilización del aceite en un disolvente (donde los demás componentes de la semilla molida son insolubles), separándola de la fase líquida y posterior la remoción del solvente, logrando separar hasta el 99,5% del aceite disponible, cabe recalcar que una desventaja de este método es un mayor gasto en equipos e insumos a diferencia del prensado mecánico o con tornillo. El solvente más usado es n-hexano, pero este es peligroso para la salud y el medio ambiente. El proceso afecta a las propiedades antioxidantes del aceite extraído (Calderón, 2020).

Extracción Supercrítica con CO_2

El principio de funcionamiento es el método de extracción mediante solvente, reemplazando el solvente con fluido en estado supercrítico dióxido de carbono supercrítico (99,95% pureza) con su respectivo control de temperatura y presión, comparando este método con la extracción por Soxhlet usando hexano como solvente, logrando un 95% de extracción en una hora. Teniendo una alta eficiencia de extracción de aceite de mayor pureza, pero siendo una gran desventaja en el alto costo del equipo para la extracción y la imposibilidad de progresar grandes volúmenes de material de manera continua y el uso intensivo de energía en el proceso. Cabe destacar que el aceite obtenido con CO_2 supercrítico presentó un 10% menos de ácidos grasos insaturados que el extraído con hexano (Calderón, 2020).

Extracción por Termobatido

Este es el procedimiento destinado a distinguir líquidos, grasas y sólidos, lo que hará que, en el futuro, no haya mucha dificultad para extraer los componentes. El proceso de calentamiento implica tomar la pulpa previamente obtenida y colocarla en un tambor que gira; dentro de este tambor hay un conjunto de palas que se encargan de mezclar el producto a velocidades bajas y temperaturas que no sobrepasen los 45°C para no perjudicar su calidad.

En ciertos métodos de extracción de aceites, si la temperatura sobrepasa el límite permitido, se pueden perder numerosas vitaminas, así como las propiedades del aroma y sabor; en ocasiones, cuando estos niveles superan lo tolerable, puede generarse la formación de grasas trans. Por lo tanto, este tipo de aceite saturado no se considera un producto completamente saludable (Alulema et al., 2024).

2.2.5 Tipos de prensas para extracción de aceite

Prensas Mecánicas

Las prensas mecánicas son equipos muy utilizados para la extracción de aceites con un origen vegetal, que se obtienen a partir de semillas o de frutos oleaginosos, a partir de sistemas de extracción puramente físicos, es decir, sin la ayuda de disolventes químicos. Su principio de funcionamiento se basa en mecanismos de accionamiento por palancas o por motores eléctricos que, a partir de la inercia acumulada, tienden a dar lugar a una fuerza que alcanza la compresión a un sistema (tornillos sin fin, cámaras de presión). Esta fuerza mecánica es capaz de fracturar la estructura celular del material vegetal, liberando el contenido lipídico. Esta tecnología es especialmente valorada en la obtención de aceites vírgenes o prensados en frío, ya que permite preservar compuestos bioactivos, antioxidantes y propiedades organolépticas del aceite, gracias a sus condiciones operativas suaves y su bajo impacto térmico. Además, se distingue por su bajo costo operativo, mantenimiento reducido y simplicidad técnica, factores que la convierten en una alternativa sustentable en el procesamiento agroindustrial (Calderón, 2020).

La eficiencia del sistema prensador del aceite vegetal se determina por variables tales como la humedad de la materia prima, la temperatura generada por fricción, la velocidad del tornillo compresor y el diseño del equipo utilizado. Las prensas expeler, extrusoras o expansoras de husillo simple o de doble tornillo, se emplean para la operación continua y se eligen para facilitar el proceso de acuerdo con las condiciones: volumen de producción, tipo de semilla y el nivel de calidad del aceite que se desea obtener. En particular, el prensado en frío (< 40 °C) es fundamental cuando se busca conservar el perfil nutricional y funcional del aceite. Por su capacidad de operar sin solventes y bajo parámetros controlados, la extracción mecánica se posiciona como una técnica eficiente, ecológica y escalable, consolidándose como una estrategia viable y ampliamente adoptada en la industria oleoquímica (grasas y aceites de animales o vegetales) y alimentaria (Céspedes, 2006).

Figura 4.

Prensa Mecánica



Nota. Adaptado de Prensas Mecánicas: funcionamiento y características, Heller, 2022, <https://blog.hellermaquinaria.com/prensa-mecanica-funcionamiento-y-caracteristicas/>

Prensas con tornillo

El tornillo tiene en cuenta la fricción del giro sobre la pulpa o semilla en su interior, teniendo en cuenta el calor generado por el movimiento (Jiménez et al., 2023). La extracción de aceite vegetal es un proceso de separación fundamental en la obtención de extractos de aceites a partir de matrices oleaginosas, generalmente llevando a cabo este proceso a través del uso de prensas de tornillo continuo (Oil Press Machine). Este tipo de equipo funciona con el principio de la compresión progresiva del material vegetal mediante un tornillo sin fin que conduce y somete a la pulpa o semilla a la presión creciente en el interior de una cámara generando presión provocando el rompimiento de las estructuras celulares liberando el aceite que ira prácticamente a fluir por los orificios calibrados y expulsando los residuos sólidos (bagazo o torta) a través del extremo opuesto.

Este sistema de extracción de aceite, puede ser llevado a cabo en condiciones de prensado en frío controlando las temperaturas por debajo de los 45 °C para preservar compuestos bioactivos como tocoferoles, carotenoides y esteroides. La eficiencia de la extracción mecánica depende de diversas variables como la temperatura interna que se origina por fricción o las propiedades del material de entrada. El procedimiento de extracción abarca varias partes bien definidas como alimentación del material, compresión liberación del aceite y separación del residuo sólido. Finalmente, el aceite extraído se filtra a fin de eliminar cualquier impureza, la extracción continua es utilizada a nivel artesanal, así como nivel industrial pues es adecuada para conseguir aceites vegetales con perfiles funcionales estables y adecuados para aplicaciones alimentarias, cosméticas o farmacéuticas. Este proceso puede realizarse en frío, preservando mejor los nutrientes, o en caliente, aumentando el rendimiento de extracción (SunRise, 2023).

La Oil Press Machine es una máquina compuesta, ya que integra múltiples componentes mecánicos que trabajan en conjunto para realizar su función:

- **Tornillo sin fin:** comprime las semillas para extraer el aceite.
- **Motor eléctrico:** proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del tornillo.

- **Controles electrónicos:** regulan la temperatura del proceso a la cual la materia prima va a ser extraída el aceite.
Estos componentes trabajan de manera coordinada, permitiendo una extracción eficiente y controlada del aceite.
- **Alimentación:** las semillas o nueces se introducen en la tolva de la máquina.
- **Compresión:** el tornillo sin fin las empuja y comprime dentro de una cámara, generando presión.
- **Extracción:** el aceite se libera a través de pequeñas aberturas, mientras que los residuos sólidos (torta o bagazo) se expulsan por otro conducto.
- **Filtrado:** el aceite extraído se filtra para eliminar impurezas antes de su almacenamiento o consumo.

Este proceso puede realizarse en frío, preservando mejor los nutrientes, o en caliente, aumentando el rendimiento de extracción (SunRise, 2023).

Figura 5.

Prensa con tornillo



Nota. Adaptado de prensa extractora, Importadora Espinoza, ECU, 2025, <https://www.importadoraespinoza.com/extractor-o-prensa-de-aceite-en-frio-o-caliente-temperatura-regulable-de-acero-inoxidable-capacidad-de-15kg-por-hora-x8s-110v-820w>

Prensas Hidráulicas

La prensa hidráulica para el prensado de aceites vegetales es un tipo de equipo que funciona bajo el principio de la ley de Pascal, ya que permite aplicar la presión de forma uniforme por medio de un fluido (aceite hidráulico), que, al accionar un pistón, comprime de forma controlada el material oleaginoso en que el mismo se encuentra determinado dentro de una cámara cerrada. mediante la aplicación de una presión vertical especialmente controlada, este mecanismo da pie a la ruptura celular del fruto sin llegar a obtener un calor excesivo, lo que resulta que el aceite obtenido sea virgen y con mínimas alteraciones en su perfil fisicoquímico. Su funcionamiento por lotes es más utilizado en procesos de menor escala donde se prioriza la calidad sobre la cantidad, controla todas las variables críticas de la extracción mecánica de aceites, como son la presión, tiempo de prensado y temperatura ambiente, variables suficientemente controladas como para que de este modo garanticen el éxito del aceite virgen obtenido en la extracción (Calderón, 2020).

Estas máquinas están diseñadas para ser utilizados en la extracción de aceites vegetales de la mejor calidad, incluyendo soja, sésamo, aceituna, palma, aguacate, que son

los frutos de alto contenido lipídico. Destacan su diseño robusto, eficiencia de extracción que puede ser superior al 95%, su mantenimiento bajo y la facilidad de operación que ella permite, lo que hace una tecnología óptima para escalas productivas pequeñas y medianas. Además, cumple con las normativas internacionales de calidad y seguridad ISO, CE, lo que permite su implementación en contextos agroindustriales, rurales o de producción muy especializada, en los cuales se requiere un proceso limpio, eficiente y con valorización del producto final (LastNameTianjin Mikim Technique Co., 2024).

Figura 6.
Prensa Hidráulica



Nota. Adaptado de press hydraulic oil, Mikim Technique Co., Ltd, CHINA, 2022, <https://mikimoilpress.com/hydraulic-oil-press-machine/>

2.2.6 Parámetros Físico-Químicos para el análisis en aceites

Viscosidad

La viscosidad es una propiedad física se la define como la capacidad de un líquido que mide la resistencia al flujo, indica qué tan espeso o pegajoso es un líquido, en el caso de los aceites vegetales, el rango de viscosidad es de (30 a 45 mm^2/s) (centistokes), está relacionada con su grado de insaturación, a medida que aumenta el grado de saturación de un aceite, su viscosidad tiende a ser mayor dependiendo factores como la temperatura, composición de ácidos grasos y la presencia de otros compuestos como fosfolípidos o ceras (Gutarra, 2018).

Densidad

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de una sustancia, en el aceite de aguacate describe cuanta masa de aceite hay en un volumen determinado en estado puro y fresco, los valores obtenidos por la densidad se deben a la presencia de diferentes ácidos grasos, el cual puede aumentar al incrementar el peso molecular de los ácidos combinados (Neira et al., 2021). En general, la densidad de los aceites vegetales, como el obtenido de la pulpa de aguacate se encuentra entre los 0,910 y 0,930 g/ml (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

Acidez

La acidez se refiere al contenido de ácidos grasos libres presentes en el aceite, los cuales se liberan cuando los triglicéridos se descomponen debido a la acción de enzimas (lipasas), humedad, o deterioro durante el almacenamiento o procesamiento. Es un indicador de gran importancia en la calidad de los aceites, si estos presentan valores elevados, la composición del aceite contiene altos contenido de ácidos grasos susceptibles a la oxidación, que va desde 0,2 a 1,5 indicando que menor acidez mayor calidad del aceite, mejor sabor, estabilidad y en cuanto mayor acidez puede ser señal de deterioro mal almacenamiento o extracción deficiente (Neira et al., 2021).

Índice de Saponificación

Es el número de miligramos de KOH necesarios para saponificar un gramo de aceite, las diferencias encontradas en los valores de saponificación se deben a que los ésteres de los ácidos de bajo peso equivalentes necesitan más cantidad de base para la saponificación que el peso en gramos de aquellos de más alto peso equivalente (Pilco, 2021).

Índice de refracción

El índice de refracción de un aceite se define como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el aceite. Alternativamente, puede describirse como el cambio en la dirección de propagación de una onda al pasar de un medio a otro con diferente densidad óptica. En el caso de las grasas y aceites, el índice de refracción suele oscilar entre 1.4600 y 1.5000, medido a una temperatura de 15 a 20 grados Celsius (Neira et al., 2021).

Índice de Yodo

Es una medida del grado de instauración de los componentes, es directamente proporcional al número de dobles enlaces por unidad de grasa, utilizada para determinar la pureza de los aceites (Pilco, 2021).

2.2.7 Normativa

De acuerdo con la norma mexicana NMX-F-811-SCFI (2021). Los parámetros permisibles de las especificaciones del aceite de aguacate se muestran en las tablas 2 y 3.

Tabla 2.*Requisitos del aceite de aguacate Norma NMX-F-811-SCF*

PARAMETROS	Aceite de aguacate crudo		Aceite de aguacate refinado	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Ácidos grasos libres (como ácido oleico), en %	-	5,0	-	0,1
Humedad y material volátil, en %	-	0,5	-	0,1
Color (escala Lovlbond)	-	3,5 R	-	2,0 R
Densidad relativa 25°C	0,910	0,920	0,908	0,921
Índice de peróxido, en meq.O2/Kg	-	10,0	-	2,0
Prueba fría a 0 °C (273 °K) horas	N/A	N/A	5,5	-
Materia insaponificable g/Kg	-	-	-	19,0
Índice de refracción 25 °C	-	-	1,462	1,470
Índice de yodo	82,0	90,0	82,0	90,0
Índice de saponificación mgKOH/g	-	-	170,0	198,0

Nota. Adaptado de NMX-F-811-SCFI-2021: Aceite de aguacate, por Martín8181, s.f., <https://es.scribd.com/document/675305234/NMX-F-811-SCFI-2021Ac-Aguacate>

Tabla 3.*Requisitos de la Composición de Ácidos Grasos de aceite de aguacate Norma NMX-F-811-SCF*

Ácidos Grasos	Mínimo	Máximo
Acido palmítico C16:0	9	18
Acido palmitoleico C16:1	3	9
Acido esteárico C18:0	0,4	1,0
Ácido oleico C18:1	56	74
Acido linoleico C18:2	10	17
Acido linoleico C18:3	0	2

Nota. Adaptado de NMX-F-811-SCFI-2021: Aceite de aguacate, por Martín8181, s.f., <https://es.scribd.com/document/675305234/NMX-F-811-SCFI-2021Ac-Aguacate>

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de carácter cuantitativo y experimental, ya que se realizó la extracción del aceite de los dos tipos de aguacate Hass y Fuerte, se analizó datos numéricos a lo largo del estudio. En donde se evaluó los rendimientos de dichas variedades. Finalmente, se determinó los análisis fisicoquímicos estandarizados, que nos permite medir con precisión el rendimiento del prensado.

3.2 Diseño Experimental

La investigación se sitúa dentro de un estudio tipo experimental, ya que se evaluó variables dependientes como rendimiento y calidad de aceite a partir de dos variedades de aguacate (Hass y Fuerte). El diseño experimental consistió en la extracción del aceite mediante prensando en frío de los mencionados, bajo condiciones controladas de madurez de fruto se aplicaron dos métodos complementarios: métodos físicos (tacto, textura), y el método sensorial visual (color de aguacate), consistiendo una aplicación de una presión táctil leve con los dedos para determinar la firmeza del fruto, considerando que un aguacate maduro presenta una ligera deformación al tacto debido al ablandamiento de su pulpa. Por otro lado, el método sensorial visual se basó en la observación del color de cáscara, ya que a medida que el fruto madura su tonalidad cambia de verde brillante a un verde oscuro o casi negro, dependiendo de la variedad. La combinación de ambos métodos permitió realizar una selección precisa de frutos en estado óptimo de madurez para su procesamiento o consumo. La temperatura de extracción (inferior a 50 °C) para preservar compuestos bioactivos.

Para cada variedad se trabajó con tres repeticiones independientes, utilizando lotes homogéneos de frutos seleccionados manualmente. Las muestras fueron sometidas a un proceso estandarizado y posterior se calculó el rendimiento de aceite (%= aceite extraído/peso del fruto) y se analizó las propiedades fisicoquímicas como: viscosidad, densidad, índice de acidez, índice de saponificación, índice de refracción e índice de yodo. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico t de student son pruebas de significancia para determinar diferencias entre variedades.

3.2.1 Procedimiento de obtención del aceite de aguacate

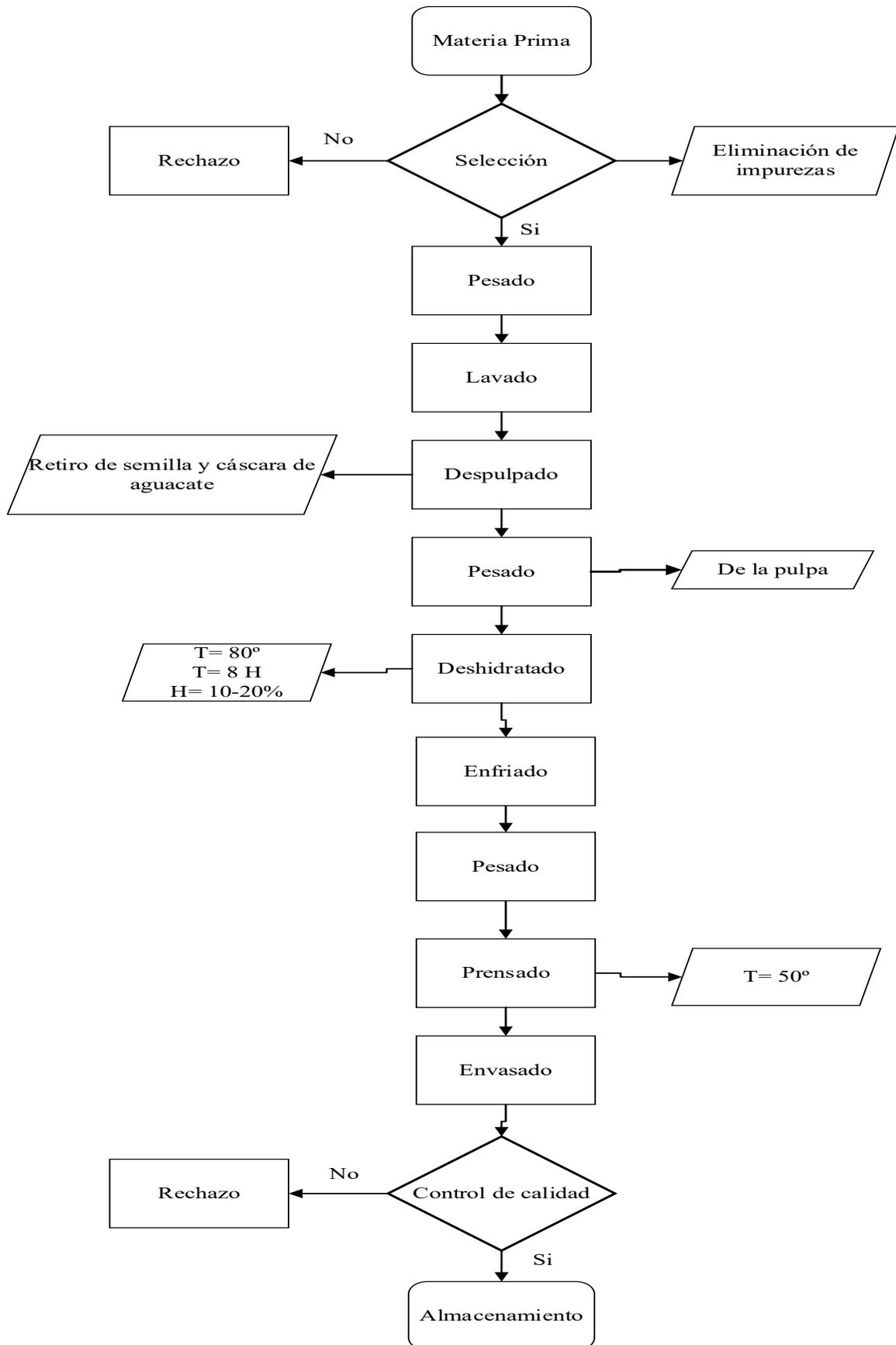
1. **Recepción de la materia prima:** Se obtuvo la fruta, aguacate de las dos variedades (Hass y Fuerte).
2. **Pesado y Lavado:** Se pesó los aguacates y se lavó con agua para retirar impurezas, con el objetivo que estas no ocasionen problemas en el momento que se despulpe.
3. **Despulpado:** Se retiró la semilla y la cáscara de los aguacates para obtener el peso de su pulpa que se llevó a una deshidratación.

4. **Pesado de pulpa.:** Se realizó el pesaje del recipiente vacío y el pesaje del recipiente con la pulpa del aguacate, obteniendo por diferencias de peso el valor real de la masa.
5. **Deshidratación:** Se depositó la masa en bandejas deshidratadoras, con la ayuda de un horno deshidratador de Voltaje: 220-240V, 50HZ, 500W, temperatura (Max 200°C y Min 50°C), temporizador digital y temperatura ajustable, la cual fué deshidratado a una temperatura de 80 °C por 8h para la variedad del tipo Hass y Fuerte.
6. **Enfriado:** Se dejó enfriar la masa de la pulpa.
7. **Pesado:** Una vez seca la pulpa, se procedió a pesar la misma.
8. **Prensado:** Se colocó la masa en la máquina extractora o prensadora de aceite de acero inoxidable capacidad de 15 kg por hora X8S 110V 820W. El equipo utilizado para esta técnica fue donado al Laboratorio de la Carrera de Agroindustria como aporte del proyecto de tesis. La extracción del aceite se realizó a una temperatura de 40°C donde se obtuvo los residuos (bagazo) y el aceite, la cual fué inmediatamente trasladada a una centrifuga de marca (Funke Gerber SuperVario-N 230V) a 3000 rpm por 20 minutos, el residuo sólido se eliminó y se pesó la cantidad de aceite obtenido.
9. **Envase:** Se colocó el aceite en envases ámbar, los cuales fueron previamente esterilizados con alcohol (96%), esto se realizó posterior a la medición de la cantidad de aceite obtenido.
10. **Almacenamiento:** El aceite extraído fue almacenado en un ambiente oscuro para minimizar la exposición a la luz, previniendo así procesos oxidativos que podrían inducir su enranciamiento.

En la figura 7 se indica el diagrama de la obtención del aceite

Figura 7.

Flujograma de la obtención de aceite del aguacate



3.3 Técnicas de Recolección de Datos

Los datos se obtuvieron del rendimiento de extracción de aceite de aguacate de las dos variedades (Fuerte y Hass) y de los análisis físico-químicos de la muestra del aceite extraído.

Los métodos utilizados para cada uno de los parámetros analizados se indican a continuación.

- **Densidad**

Se determinó la densidad con un picnómetro de 25 ml y con la muestra de aceite a 20°C. Se pesó el picnómetro en la balanza analítica y se registró los resultados como M_0 . Se llenó completamente el picnómetro con agua destilada, posterior, se colocó la tapa del picnómetro para eliminar el exceso de agua. Se pesó en la balanza analítica, se registró el resultado como M_1 . Se eliminó el agua del picnómetro, y se secó completamente con papel absorbente, se colocó la muestra de aceite de aguacate en el picnómetro. Se tapó el picnómetro para eliminar el exceso. Final, se pesó el picnómetro con la muestra y se registró el resultado como M_2 . El análisis se realizó por duplicado para cada muestra de aceite de aguacate (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2002).

Ecuación 1.

Densidad

$$\rho = (M_2 - M_0)/(M_1 - M_0)$$

Donde:

ρ : es la densidad relativa.

M_0 : es la masa del picnómetro vacío en gramos.

M_1 : es la masa del picnómetro lleno de agua en gramos.

M_2 : es la masa del picnómetro lleno de muestra de aceite vegetal en gramos.

- **Viscosidad**

El análisis de la viscosidad de cada muestra se lo realizó con un viscosímetro digital marca BROOKFIELD, modelo RVDV1M a una velocidad de 60 rpm con el Spindle #03 del RV SPINDLE SET de BROOKFIELD ENGINEERING LABS (Lab Unlimited, 2017).

- **Determinación de acidez**

Se determinó a partir de la titulación del aceite por solución alcalina, obteniendo el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH 0,1 N) necesarios para neutralizar un

gramo de aceite, se preparó la solución de KOH al 0,1 N estandarizado disolviendo 0,0145 g del estándar KHP (oftalato ácido de potasio) en 100 ml de agua destilada, una vez estandarizado el KOH, se pesó 5 g de muestra determinada en gramos, seca, fundida y filtrada, contenida en un matraz Erlenmeyer de 300 ml, se le agregan tantos mililitros de alcohol etílico (25 ml al 96%), y después se agrega 2 ml de fenolftaleína; se titula la mezcla con la solución de hidróxido de sodio estandarizado, agitando frecuentemente hasta que una coloración rosada persista durante 30 segundos (NORMA MEXICANA [NMX-F-101-SCFI-2012], 2012). El resultado se expresó en porcentaje de ácido oleico y se calculó por medio de la ecuación 2:

Ecuación 2.

Acidez

$$\% \text{ Ácido oleico} = \frac{V \times N \times 28,2}{Pm}$$

Donde:

V: volumen gastado en mililitros de KOH gastados en la titulación.

meq: es el miliequivalente químico del ácido graso de referencia (Oleico 0,282, Láurico 0,200 y Palmítico 0,256).

N: normalidad del hidróxido de sodio NaOH.

Pm: peso de la muestra en gramos.

- **Índice de saponificación**

Se preparó una solución de ácido clorhídrico 0,5 N, y una solución de hidróxido de potasio 0,5 N en alcohol al 96% (v/v). Además, se preparó una solución indicadora de fenolftaleína al 1 % (m/v). Se colocó 2 gramos de la muestra de aceite en un matraz, y se agregó 25 ml de la solución de hidróxido de potasio 0,5 N. Se calentó la muestra adaptando el matraz con la muestra, en un equipo agitador Stirrer Magnetic Mixer With Heating Six-Position, marca LOANLAB, modelo MHS6Pro, Mainland China, a 30°C y 1090 rpm durante 30 minutos. Posteriormente, se retiró la muestra y se añadió 3 a 4 gotas de la solución indicadora de fenolftaleína. Se tituló la muestra con la solución de ácido clorhídrico 0,5 N, hasta que desaparezca la coloración rosada (Bombón, 2021). Se realizó una titulación en blanco bajo las mismas condiciones. El índice de saponificación se determinó mediante la ecuación 3:

Ecuación 3.

Saponificación

$$i = \frac{56,1 * (V_1 - V_2) * N}{m}$$

Donde:

i : índice de saponificación del producto, en mg KOH/g

V_1 : volumen de la solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de blanco en mL.

V_2 : volumen de la solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación con la muestra de aceite en mL.

N : normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

56,1: factor de conversión que corresponde a la masa molar del hidróxido de potasio en mg/mmol.

m : masa de la muestra en gramos.

- **Índice de refracción**

Se determinó por el método de refractometría, se utilizó el refractómetro Abbé, nD 1,3000 -1,7200 0-95 %Brix, para esto se colocó la muestra en el refractómetro, se dejó en reposo por un minuto y se registró la lectura. Finalmente se reportó el índice a 25°C (Serpa et al., 2014).

- **Índice de yodo**

Se preparó una solución de almidón al 1% (m/v), disolviendo 1 g de almidón en agua destilada. Adicionalmente, se preparó una solución de yoduro de potasio al 1% (m/v) y una solución de tiosulfato de sodio 0,1N, la cual se estandarizó con la finalidad de conocer la concentración exacta del mismo.

Para la estandarización se pesó 2,45 g de dicromato y se disolvió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml con agua destilada. Se tomó 10 ml de esta solución que fueron añadidos a un matraz Erlenmeyer que contenía 80 ml de agua destilada y 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Se homogenizó la mezcla y se añadió 1 ml de yoduro de potasio (KI). La mezcla se mantuvo en oscuridad durante 6 minutos para la liberación de yodo. Posterior, se realizó la titulación añadiendo la solución de tiosulfato de sodio hasta observar un cambio de color amarilla. En este punto, se agregó 1 ml de la solución indicadora de almidón, generando una coloración azul intensa. La titulación se continuó hasta la desaparición del color azul y la obtención de una coloración verde claro (esmeralda). Los mililitros de tiosulfato de sodio utilizados durante la titulación fueron registrados (Norma Mexicana [NMX-F-152-SCFI-2011], 2011). Se calculó la normalidad mediante la ecuación 4:

Ecuación 4.

Tiosulfato de Sodio

$$N_{Na_2S_2O_3} = (1)/(\text{ml gastados de } (Na_2S_2O_3))$$

$$N_{Na_2S_2O_3} = (1)/(9,8 \text{ ml})$$

$$N_{Na_2S_2O_3} = 0,102 \text{ N}$$

Donde:

$N_{Na_2S_2O_3}$: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

1: es el factor de equivalencia

ml gastados de $Na_2S_2O_3$: volumen de la solución de tiosulfato de sodio que se ha utilizado en la titulación.

Una vez preparada la solución para la determinación del índice de yodo se procedió a realizar el ensayo. Se pesó 0,2 g de muestra y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se añadió 5 mL de cloroformo para disolver completamente la muestra. Se agregó 10 mL de solución de Wijs, y se agitó la mezcla para homogenizar. El matraz se mantuvo en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente, y posterior, se añadió 10 mL de solución de yoduro de potasio y 50 mL de agua destilada. Se tituló el yodo libre con la solución 0,102 N de tiosulfato de sodio. Añadiendo 1 mL de la solución de almidón, este proceso se realizó mediante la agitación constante de la mezcla hasta que el color amarillo haya desaparecido completamente (Norma Mexicana [NMX-F-152-SCFI-2011], 2011). Se realizó una titulación en blanco. El índice de yodo se determinó mediante la ecuación 5:

Ecuación 5.

Yodo

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(T_2 - T_1) * M}{W} * 12,69$$

Donde:

T1: es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación de la muestra (mL).

T2: es el volumen de tiosulfato de sodio usado en la titulación de blanco (mL).

M: es la molaridad de la solución de Tiosulfato de Sodio.

W: es la masa del aceite (g).

12,69: es el factor de conversión obtenido a partir del peso molecular del yodo.

- **Rendimiento**

Para la determinación de rendimiento de aceite obtenido se determinó mediante la ecuación 6:

Ecuación 6.

Rendimiento

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Volumen de aceite extraído (ml)}}{\text{Masa de materia prima (g)}} \times 100$$

3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra

La población de estudio está compuesta por las variedades de aguacates (Hass y Fuerte). Tomando como muestra dos tipos de aguacate. Se realizó tres repeticiones para cada variedad, resultando en un total de seis muestras de aceite para sus respectivos análisis.

Para los análisis Físico-Químicos se tomaron muestras de las distintas repeticiones de extracción de aceite, se utilizó 50 – 60 ml de muestra para todos los análisis fisico-químicos.

3.5 Procesamiento de Datos

Una vez recolectados los datos estos mismos fueron codificados y organizados en una base de datos utilizando la herramienta Microsoft Excel, los cuales fueron expuestos en forma de tablas.

3.6 Métodos de Análisis

Los datos recolectados de los análisis de laboratorio se sometieron al análisis de t-student para muestras independientes.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Obtención del aceite de los tipos de aguacate Hass y Fuerte por el método de prensado en frío

La tabla 4 muestra los resultados de los pesos de aguacate de las variedades Hass y Fuerte (con pepa, peso de semilla y cáscara, pulpa y pulpa deshidratada). Los valores corresponden al promedio de 3 muestras de cada variedad, volumen de aceite y el rendimiento obtenido en su proceso de extracción.

Tabla 4.

Análisis de los pesos de aguacate y aceites obtenidos de las dos variedades seleccionadas

Tipo Hass							
# M	W.A (g)	W.P (g)	W. S y C (g)	W.Dh (g)	W.B (g)	A.E (ml)	R (%)
1	930	610	320	202	76	54	8,85 %
2	850	591	259	165	73	32	5,41 %
3	660	230	230	95	61	30	13,04 %
M ± d	746,6	477	269,67	154	70	38,6	9,10 ± 3,89%
Tipo Fuerte							
1	545,5	406,5	139	118	30	54	13,28 %
2	506,6	392,1	114,5	146	32	60	15,30 %
3	555,8	420,7	135,1	143	35	59	14,02 %
M ± d	535,9	406,4	129,53	135,6	32,3	57,6	14,20 ± 1,02%

Nota. *# M: Muestras, W.A: Peso del aguacate, W.P: Peso de la pulpa, W.S y C: Peso de la semilla y cascara, W.Dh: Peso de la pulpa deshidratada, W.B: Peso del Bagazo, A.E: Aceite extraído, R%: Rendimiento y M ± d: Media y desviación estándar.

Se determinó que la que presentó un mayor rendimiento es la variedad Fuerte (14,20 ± 1,02 %) respecto a la variedad Hass (9,10 ± 3,89 %). Para comprobar la validez del análisis paramétrico, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk la cual se encuentra las evidencias dentro de los Anexos, obteniendo valores de $p = 0,289$ para densidad y $p = 0,116$ para viscosidad, por lo cual se confirma que los datos siguen una distribución normal ($p > 0,05$ en ambos casos). Esto permitió la aplicación de la prueba t de student para la comparación entre ambas variedades ya que este análisis es adecuado cuando los datos siguen una distribución normal y las varianzas son homogéneas.

La normalidad de los residuos del modelo fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniendo un valor de $W = 0,92817$ con un p -valor = $0,566$, indicando que los datos no difieren significativamente de una distribución normal. La validación de dos condiciones en la que se mejoran las condiciones de la prueba t de student. También se aprecia la autocorrelación de los residuos aplicando la prueba de Durbin-Watson con $DW = 3,3282$ y p -valor = $0,9702$ que se infiere que no hay autocorrelación (momentánea) significativa.

Los resultados muestran medias de $0,0514$ para Hass y $0,1122$ para Fuerte con un estadístico $t = -4,0329$ y p -valor = $0,0282$ que indican una diferencia significativa en las dos variedades al 95% de confianza, y también porque el efecto de la variedad en el modelo general era muy próximo al valor de significación ($p = 0,0515$), pero esta comparación directa nos permite afirmar que la variedad influye significativamente en el rendimiento de extracción de aceite. Siendo la misma técnica de extracción (prensado en frío) para ambas variedades, la diferencia observada en el rendimiento tendrá que (en último caso) explicarse como una variable antes de la extracción mecánica, que consideramos el pretratamiento por deshidratación o las condiciones agroclimáticas del fruto. Esta técnica favorece a la liberación de compuestos lipídicos sin degradación térmica. Adicionalmente, la madurez del fruto fue controlado previamente mediante parámetros sensoriales (tacto, vista), y cuantificado por el contenido de materia, indican el rendimiento de extracción.

Estos factores inciden de forma significativa en la liberación y extracción de los compuestos lipídicos. En contraste, el estudio de Cuchiye (2023), empleó un diseño factorial $A \times B \times C$, en el que se evaluaron simultáneamente tres factores: material genético (A), temperatura y tiempo del deshidratado (B) y presión y tiempo de extracción (C). Esta diferencia en el enfoque experimental explica en parte la discrepancia entre los resultados, ya que el análisis multifactorial puede diluir o interactuar con los efectos individuales observados en un diseño más simple como el aquí aplicado. En dicho estudio emplearon métodos térmicos como Soxhlet, no se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades en cuanto al rendimiento de aceite, lo cual podría atribuirse al enfoque multifactorial del diseño experimental, en el que los efectos principales asociados a la variedad pudieron haber sido modificados por las interacciones entre factores. En el presente análisis, se calculó el rendimiento a base a: peso de la pulpa y volumen en aceite extraído expresado en porcentaje (%).

La metodología aplicada en esta investigación demostró que se puede obtener aceite mediante el método de prensado en frío, en donde se aplicaron tecnologías verdes sin usos de disolventes orgánicos y temperaturas elevadas que pueden inducir oxidación o pérdida de calidad del aceite.

Por ejemplo, al comparar con el método Soxhlet realizado como referencia, el rendimiento del aceite Hass extraído por prensado en frío alcanzó un $35,10\%$, frente a un $12,66\%$ con Soxhlet, lo que representa una diferencia significativa en términos de eficiencia y calidad Jiménez et al. (2023). A pesar de que los costos operativos asociados al prensado en frío en comparación con otros métodos convencionales pueden ser más altos, esta técnica permite obtener un aceite más puro, con mejor perfil sensorial y mayor estabilidad oxidativa, estas

características fisicoquímicas y organolépticas son especialmente valoradas en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria (Serpa et al., 2014).

En conjunto, estos factores metodológicos y biológicos explican las diferencias observadas entre los resultados de este estudio y los de investigaciones previas. Esto subraya la importancia de estandarizar y detallar las condiciones experimentales cuando se comparan estudios sobre extracción de aceite de aguacate.

4.2 Análisis Físicos de las diferentes muestras de aceite de aguacate *Hass* y *Fuerte*

La tabla 5 presenta los resultados de los análisis físicos como la viscosidad y densidad de las especificaciones del aceite de aguacate (*Hass* y *Fuerte*). Los valores corresponden al promedio de 3 muestras de cada tipo por duplicado.

Tabla 5.
Análisis Físicos del aceite de aguacate Hass y Fuerte

Variedad	Viscosidad (mPa*s)	Densidad relativa
Hass (M1)	59 ± 0	0,911 ± 0,001
Hass (M2)	53 ± 0	0,916 ± 0,001
Hass (M3)	59 ± 0	0,913 ± 0,001
Media ± desviación	57 ± 3,46	0,913 ± 0,003
Fuerte (M1)	56 ± 0	0,909 ± 0,001
Fuerte (M2)	59 ± 0	0,936 ± 0,004
Fuerte (M3)	58 ± 0	0,919 ± 0,0007
Media ± desviación	57,67 ± 1,53	0,920 ± 0,006

En el análisis de los parámetros físicos del aceite extraído de las variedades de aguacate *Hass* y *Fuerte*, se evaluaron las propiedades de viscosidad y densidad. Para comprobar la validez del análisis paramétrico, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (se encuentra las evidencias en Anexo 1), obteniendo valores de $p = 0,289$ para densidad y $p = 0,116$ para viscosidad, por lo cual se confirma que los datos siguen una distribución normal ($p > 0,05$ en ambos casos). Esto permitió la aplicación de la prueba *t* de student para la comparación entre ambas variedades.

Los valores promedios obtenidos fueron: para la variedad *Hass*, una viscosidad de $57 \pm 3,5$ mPa*s y densidad de $0,913 \pm 0,002$, mientras para la variedad *Fuerte*, se obtuvo una viscosidad de $57,6 \pm 1,5$ mPa*s y una densidad de $0,920 \pm 0,01$. A pesar de estas diferencias numéricas, los resultados de la prueba *t* indicaron que no son estadísticamente significativas: en viscosidad se obtuvo $t = -0,242$ con $p = 0,820$, y en densidad $t = -1,120$ con $p = 0,309$. Por lo tanto, se concluye que el tipo de variedad no influye significativamente en estos parámetros físicos bajo las condiciones de extracción mediante prensado en frío.

A diferencia de los estudios de Alulema et al. (2024), que emplearon el método termobatido, Según, este método presentó los mejores resultados en humedad (0,054%),

densidad (0,9039 g/mL) y una viscosidad de (59 mPa*s), en cuanto a el rendimiento de aceite se calculó en base seca, destacando el método de termobatido con el mayor porcentaje de (89,78%), mostrando resultados similares, aunque mediante una metodología térmica. Sin embargo, el prensado en frío mantiene la integridad estructural de los lípidos, lo que lo posiciona como un método adecuado para preservar la calidad del aceite. Como sostienen Jiménez et al., (2023), reportaron que los análisis físicos tanto en viscosidad (58,7 mPa*s) y densidad (0,901 g/ml) cumplen con los parámetros además incluyen caracterización de estructura y textura, así pues, se estudian las condiciones óptimas de almacenamiento y transporte para evitar daños físicos y garantizar su calidad comercial.

Estos resultados son coherentes con lo reportado por Ortiz (2016), quien señala que ambas variedades comparten perfiles lipídicos similares, ricos en ácidos grasos monoinsaturados, principalmente ácido oleico, lo cual puede explicar la similitud en la viscosidad y densidad observadas. Asimismo, coinciden con lo reportado por Cuchipe, (2023), quien encontró valores de densidad de 0,92 g/ml para Fuerte y 0,89 g/ml para Hass, y concluyó que la calidad del aceite de ambas variedades es comparable. Por lo tanto, los hallazgos respaldan que ambas variedades pueden ser utilizadas de forma intercambiable para la producción de aceite, sin afectar significativamente sus propiedades fisicoquímicas.

En cuanto a la densidad, los valores encontrados en esta investigación coinciden con los reportes de Neira et al., (2021), quienes reportaron para la variedad Hass densidades de 0,913 g/mL (prensado en frío), 0,908 g/mL (prensado en caliente) y 0,915 g/mL (extracción con solvente), valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos por normas internacionales.

Respecto a la viscosidad, los valores obtenidos en este estudio son consistentes con los reportados por Bello et al., (2025), quienes encontraron un promedio de 49,51 mPa*s para el aceite de la variedad Hass, lo que respalda la similitud en las propiedades fisicoquímicas entre ambas variedades.

En cuanto a los parámetros de viscosidad y densidad no se observaron diferencias estadísticamente significativas con un 95% mediante la prueba t-student ($p < 0,05$), pero son determinantes para definir las condiciones de almacenamiento, manipulación y aplicaciones del producto, lo que refuerza la viabilidad del prensado en frío como una alternativa eficiente y sostenible lo cual indica que el tipo de variedad no influye en los parámetros físicos. Las diferencias en estas propiedades pueden atribuirse a variaciones en la composición lipídica (triglicéridos, ácidos grasos libres y fosfolípidos) entre ambas variedades, lo que incide en la calidad y aplicaciones del aceite extraído. Estos resultados, resaltan la importancia de elegir la variedad de aguacate adecuada según las características deseadas del aceite para usos específicos.

4.3 Análisis Químicos de las diferentes muestras de aceite de aguacate Hass y Fuerte

En la tabla 6 y 7 se presenta los resultados de los análisis químicos del aceite los parámetros como: índice de acidez, refracción, saponificación e índice de yodo de las

muestras de aceite de aguacate (Hass y Fuerte). Los valores corresponden al promedio de 3 muestras de cada tipo por triplicado.

Tabla 6.

Análisis Químicos del aceite de aguacate variedad Hass

Muestras Hass	% acidez (oleico%)	Índice de refracción	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (g de yodo)
1	1,607 ± 0,12	1,486 ± 0,001	177,41 ± 0,98	83,96 ± 0,60
2	1,466 ± 0,24	1,476 ± 0,001	174,61 ± 0,98	83,05 ± 0,98
3	1,240 ± 0,16	1,467 ± 0,002	178,11 ± 1,98	86,93 ± 0,89
Media± desviación	1,438 ± 0,18	1,476 ± 0,009	176,71 ± 1,85	84,65 ± 2,027

Tabla 7.

Análisis Químicos del aceite de aguacate variedad Fuerte

Muestras Fuerte	%acidez (oleico%)	Índice de refracción	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Índice de yodo (g de yodo)
1	1,503 ± 0,13	1,418 ± 0,007	172,18 ± 1,52	85,52 ± 1,09
2	1,443 ± 0,02	1,428 ± 0,007	177,99 ± 0,17	86,26 ± 0,93
3	1,192 ± 0,20	1,416 ± 0,007	185,43 ± 1,55	84,94 ± 0,12
Media± desviación	1,089 ± 0,16	1,421 ± 0,007	178,53 ± 6,64	85,57 ± 0,66

En el análisis de los parámetros químicos del aceite extraído de las variedades de aguacate Hass y Fuerte, reveló que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las variedades la cual se verificó el supuesto de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk (se encuentra las evidencias en Anexo 1), obteniendo valores de p superiores a 0,05, para todos los parámetros evaluados: acidez ($p = 0,486$), saponificación ($p = 0,756$) e índice de yodo ($p = 0,247$). Mientras que para el parámetro de refracción demostró que existe diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confianza ($p = 0,016$). Este hallazgo indica que, aunque ambos aceites pueden considerarse similares desde el punto de vista funcional y normativo en términos de calidad como: acidez, yodo, saponificación, existen diferencias estructurales detectables en su composición, reflejadas en el índice de refracción.

La variedad Hass presentó un índice de refracción promedio de $1,480 \pm 0,009$, mientras que la variedad Fuerte mostró un valor inferior de $1,420 \pm 0,0007$, lo que puede atribuirse a diferencias en la proporción de ácidos grasos insaturados y a la mayor pureza del aceite obtenido. En particular, el aceite de la variedad Fuerte, obtenido tras un proceso de deshidratación y posterior prensado en frío que preserva mejor los compuestos sensibles al

calor, evidenció una mayor estabilidad estructural. Dicho tratamiento, favorece la integridad molecular del aceite, en comparación con otros métodos como Soxhlet, donde la exposición a solventes orgánicos y altas temperaturas disminuye la calidad fisicoquímica del producto final.

A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, los valores reportados por Alulema, et al. (2024), indican un aceite con mayor índice de acidez (3,13 g/100g) y un índice de saponificación de 190,06 mg KOH/mg, lo que sugiere que el método de extracción térmico empleado pudo haber afectado negativamente la calidad del aceite, los parámetros evaluados, cumplen con las normativas establecidas, asegurando su viabilidad para el consumo y comercialización. Comparación de los resultados del aceite de aguacate con la norma internacional para su uso comestible. Asimismo, el estudio de Jiménez et al. (2023), demostró que la extracción por fluidos supercríticos genera un aceite con menor oxidación, aunque a un costo técnico elevado. En cambio, el prensado en frío utilizado en este estudio, si bien puede generar rendimientos algo menores, mantiene un balance favorable entre calidad fisicoquímica, viabilidad industrial y sostenibilidad, siendo una opción adecuada para productos destinados a la industria alimentaria o cosmética.

Concluyendo que en la extracción de aceite por el método de fluidos supercríticos resulta ser la técnica más eficiente indicando una mejor calidad en sus parámetros con menor índice de acidez, baja oxidación de ácidos grasos insaturados y un mayor índice de yodo, en comparación con métodos convencionales como el prensado en frío y Soxhlet, para obtener aceite de aguacate con mejores propiedades químicas como el bajo índice de acidez y el alto índice de yodo, que sugieren una menor degradación de los ácidos grasos insaturados en el momento del análisis, Sin embargo, para confirmar su estabilidad durante el almacenamiento sería necesario complementar con estudios de vida útil acelerada o pruebas de rancidez oxidativa a lo largo del tiempo.

4.4 Comparación de los resultados del aceite de aguacate con la norma internacional para su uso comestible.

En la siguiente tabla 8 se presenta una comparativa de los análisis fisicoquímicos obtenidos por el aceite de aguacate en las variedades (Hass y Fuerte), con la norma NMX-F-811-SCFI del año 2021 (Secretaría De Economía, 2021), con la finalidad de analizar si dichos valores cumplen con los otorgados por la norma.

Tabla 8.

Comparación de los resultados del aceite de aguacate con la norma internacional

Parámetro evaluado	Valor determinado Variedad		Norma NMX-F-811-SCFI:2021	
	Hass	Fuerte	Mínimo	Máximo
Viscosidad (mPa*s)	57	58	-	70
Densidad relativa	0,913	0,916	0,910	0,920

Acidez (%ac.ol.)	1,438	1,089	-	5,0
Yodo (I ₂)	84,65	85,57	82,0	90,0
Saponificación (mg KOH/g)	178,37	178,53	170,0	198,0

Nota. *Tomado de Aceite de aguacate crudo. Hojas de seguridad, por GUSTAV HEESS S.L, (2013). <https://www.gustavheess.com/wp-content/uploads/2017/11/2041seg1.pdf>

El análisis del aceite de aguacate de las variedades Hass y Fuerte evidencia que ambos aceites cumplen con los parámetros fisicoquímicos, determinados dentro de la norma NMX-F-811-SCFI-2021, en cuanto a índice de acidez, índice de yodo e índice de saponificación, lo que permite garantizar que puede ser destinado al consumo humano y comercialización. La viscosidad (57 mPa*s para la variedad Hass y 58 mPa*s para la variedad Fuerte), a pesar de no estar regulada por la norma mencionada, y la densidad la cual si se encuentra regulada en la norma vigente fue de (0,913 g/ml para Hass y 0,916 g/ml para Fuerte), ambas variedades se encuentran dentro del rango permitido, ofreciendo información importante sobre las propiedades del flujo y el método de obtención del aceite.

En cuanto al índice de acidez, la variedad Hass fue de (1,438 %), mientras que la variedad Fuerte presenta un menor valor de (1,089 %), indicando una baja presencia de ácidos grasos libres, ambos valores se encuentran adentro del límite máximo (5,0 ac. oleico %), lo que indica una buena calidad de aceite. El índice de yodo de la variedad Hass fue de 84,65 y 85,57 para Fuerte, sus valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma (82,0-90,0) Secretaría De Economía, (2021), lo que refleja un adecuado grado de insaturación. Por otra parte, el índice de saponificación 178,37 mg KOH/g en la variedad Hass y 178,53 mg KOH/g en la variedad Fuerte, asegurando una composición rica en ácidos grasos insaturados.

De esta manera, los resultados obtenidos muestran que el aceite crudo extraído mediante la técnica de prensado en frío de las variedades de aguacate Hass y Fuerte, cumple con la normativa vigente para la obtención de un aceite de buena calidad, siendo apto para su comercialización y consumo humano.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó el rendimiento y la calidad del aceite de aguacate obtenido de las variedades Hass y Fuerte mediante el proceso de extracción por prensado en frío utilizando una prensa de tornillo. Los resultados revelaron que la variedad Fuerte presentó un rendimiento de aceite significativamente mayor (14,20 %) en comparación con la variedad Hass (9,10 %).
- El método de extracción mecánica mediante la utilización de una prensa de tornillo, practicada a temperaturas controladas (inicialmente de 50 °C y después reducida a 40 °C), permitió la obtención de aceite crudo de aguacate con buenas fisicoquímicas y nutricionales. Este tipo de extracción sin la intervención de solventes ni agentes químicos, la extracción es totalmente mecanizada, lo que permite preservar buena calidad de aceite final para su posterior evaluación y aprovechamiento.
- Los resultados obtenidos de los análisis de aceite de aguacate de las variedades Hass y Fuerte, muestran que ambos tipos de aceite cumplen con los estándares de calidad establecidos en la norma mexicana NMX-F-811-SCFI-2021. Específicamente, la densidad y viscosidad se encuentran dentro de los rangos permitidos, y aunque se observa una ligera diferencia en el índice de acidez, siendo menor en la variedad Fuerte, ambos aceites se mantienen dentro del límite máximo establecido por la norma. Esto confirma que el aceite de aguacate producido a partir de estas variedades es apto para su comercialización y consumo, garantizando su uso en diversas aplicaciones industriales y alimentarias.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de optimización de los procesos de extracción de aceite de aguacate, con especial atención en la evaluación y aplicación de tecnologías emergentes. La exploración de maquinaria avanzada, incluyendo prensas de tornillo de última generación, sistemas de extracción asistida por enzimas y tecnologías de separación por membranas, podría conducir a mejoras significativas en el rendimiento y la calidad del aceite.
- Se sugiere realizar estudios con otras variedades de aguacate como la utilización de otras máquinas de prensado para indagar los diferentes resultados de rendimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alulema, M., Estrada, J., & Morocho, K. (2024). *Estudio comparativo de extracción y caracterización del aceite de aguacate, mediante procesos de: termobatido, enzimático, prensado hidráulico y expeller*. (Universidad de Guayaqui, Ed.; Vol. 6, pp. 1–9). 01-07-2024. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/article/view/496/1163>
- Avila, N. de D., Tirado, J., Ríos, C., Luna, E., Estrada, M., & Cambero, O. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, ISSN-e 0122-8706, Vol. 24, No. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: Ciencia & Tecnología Agropecuaria-Énfasis En Agroindustria-Publicación Continua), 24(1), 24. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607
- Bángar, P., Dunno, K., Dhull, S., Kumar, A., Changan, S., Maqsood, S., & Rusu, A. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry*: X, 16, 100507. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2022.100507>
- Bello, D., Gama, M. de los Á., Alzati, K., Galindo, G., Gabriel, B., & Vargas, N. (2025). Evaluación fisicoquímica y actividad antioxidante del aceite de la pulpa de aguacate Hass (*Persea Americana*) en estado de oxidación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 3259–3288. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17137
- Bombón, A. (2021). *Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato*. [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/19d26839-1274-4d8e-ac82-4e7e2359e77d/content>
- Calderón, P. (2020). Extracción Mecánica de aceite de semillas para consumo humano; revisión de procesos, variables y modelos. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 52(5), 1–34. <https://doi.org/10.1021/IE302572D>
- Campos, Y. (2023). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA CARRERA DE AGROPECUARIA* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14093/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuchipe Chacha, C. I. (2023). *EXTRACCIÓN POR PRENSADO EN FRIO Y VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL ACEITE DE DOS VARIETADES DE AGUACATE” (Persea americana)* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/feaaa5e9-963f-4707-b65a-8a88e97aca95/content>
- de Dios Ávila, N., Manuel Tirado-Gallegos, J., Rios-Velasco, C., Luna Esquivel, G., Orlando Estrada Virgen, M., Jhonathan Cambero Campos, O., de correspondencia, A., Emilio Rodríguez Fonseca, P., citar este artículo, P., Dios Avila, de, Esquivel, L., Virgen, E., & Campos, C. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), 2607. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607

- Estrada Gaibor, J. P., & Morocho Salazar, K. D. (2020). *Estudio comparativo del proceso de extracción y caracterización del aceite de aguacate (Persea americana Mill), obtenido mediante los métodos: termobatido, enzimático, prensado hidráulico y Expeller* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51155>
- Faostat. (2019). *CADENA DE AGUACATE Indicadores e Instrumentos*. 1–34. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Flórez Arroyave, J. (2017). *Obtención de aceite de aguacate con alto valor agregado para la industria de alimentos usando fluidos supercríticos*. [Corporación Universitaria Lasallista]. <https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b3c6239-aaeb-4598-bd89-2acdc39a41f3/content>
- Guillén Sánchez, J. S. (2016). Obtención y Caracterización Físicoquímica Del Aceite de Palta Hass (Persea Americana) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet) [Universidad Nacional del Santa]. In *Universidad Nacional del Santa*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2762>
- GUSTAV HEESS S.L. (2013). Aceite de aguacate crudo. Hojas de seguridad. . In *GUSTAV HEESS, S.L.* <https://www.gustavheess.com/wp-content/uploads/2017/11/2041seg1.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002). Grasas y aceites minerales y vegetales. Metodo de la determinacion de densidad. In *2002-03-19* (14237). <https://www.scribd.com/document/124678731/ntc-336>
- Jiménez Bohórquez, N. E., Rodríguez Páez, Y. J., & Ospina Mesa, N. S. (2023a). *CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD HASS*. <https://repositorio.ecci.edu.co/server/api/core/bitstreams/46c757f4-a93e-43b3-a9a9-15890f50a86a/content>
- Jiménez Bohórquez, N. E., Rodríguez Páez, Y. J., & Ospina Mesa, N. S. (2023b). *CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD HASS ESTUDIANTES* [Universidad ECCI]. In *UNIVERSIDAD ECCI*. <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/3540/Trabajo%20de%20grado.PDF>
- Jiménez, N., Rodríguez, E., & Ospina, N. (2023). *CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD HASS ESTUDIANTES*. 32–65.
- Lab Unlimited, C. S. G. (2017). *BROOKFIELD DVI Digital Viscometer Operating Instructions*. https://www.labunlimited.com/CAR1/CAR1-LCOM/pdf/DV1_Viscometer_Manual.pdf?
- MAG. (2023). *Aguacate ecuatoriano llegará por primera vez a Estados Unidos – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. 26 de Julio de 2023. https://www.agricultura.gob.ec/aguacate-ecuatoriano-llegara-por-primera-vez-a-estados-unidos/?utm_source
- Mejía, P., Merino, J., Escobar, J., & Hwan, C. (2024). Physical characterization of soil profiles from the main avocado (Persea americana Mill) producing areas in Ecuador. *Peruvian Agricultural Research*, 6(2), 1–17. <https://doi.org/10.51431/PAR.V6I2.971>
- Montes, N. (2022). *aguacates-variedad-fuerte*. <https://www.navarromontes.com/agricultura/320-aguacates-variedad-fuerte.html>
- Mosquera Neira, J. A., Coello Culluzouma, A., Sanchez Llaguno, S. N., Plua Montiel, J. A., & Viteri Garcia, I. P. (2021). 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*, 41(2), 94–98. <https://doi.org/10.12873/412MOSQUERA>
- Neira, J., Coello, A., Sánchez, S., Plua, J., & Viteri, I. (2021). *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]. <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/99/118>
- NORMA MEXICANA NMX-F-101-SCFI-2012. (2012). *ALIMENTOS-ACEITES Y GRASAS VEGETALES O ANIMALES-DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS LIBRES-MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-F-101-SCFI-2006)*. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-101-scfi-2012.pdf>
- Ortiz Viedma, J. (2016). *COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y COMPONENTES BIOACTIVOS DE CUATRO VARIEDADES DE PALTAS (Persea americana) COMERCIALES CHILENAS. COMPARACIÓN DE COMPONENTES BIOACTIVOS, COSECHAS 2011-2012* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137794/Composicion-nutricional-y-componentes-bioactivos-de-cuatro-variedades-de-paltas-persea-americana.pdf>
- Paz, L. (2025, May 11). *Aguacate (Persea americana)*. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/62831-Persea-americana>
- Restrepo, J. P. (2024). Evaluación de parámetros para extracción de aceite a partir de pulpa de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) mediante comparación de los métodos de ultrasonido, termo-mecánico y enzimático, 2024. *Universidad de Antioquia*, 1–13. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/5418132f-b798-45c7-82da-0f4fd29d8483/content>
- Norma Mexicana [NMX-F-152-SCFI-2011]. (2011). *Alimentos. Aceites y Grasas Vegetales o Animales - Determinación del índice de yodo - por el método ciclohexano - método de prueba (Cancela a la NMX-F-152-SCFI-2005)*. *Índice de Yodo | PDF*. <https://es.scribd.com/document/721803530/NMX-F-152-SCFI-2011-INDICE-DE-YODO>
- Secretaría De Economía. (2021). *NORMA MEXICANA NMX-F-811-SCFI- 2021 ACEITES Y GRASAS - ACEITE DE AGUACATE - ESPECIFICACIONES (CANCELA AL PROYECTO PUBLICADO EL 11 DE ABRIL 2018 EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN Y CANCELA LA NMX-F-052-SCFI-2008)*. <https://es.scribd.com/document/675305234/NMX-F-811-SCFI-2021Ac-Aguacate>
- Serpa, A., Echeverri, A., Lezcano, M., Velez, L., & Adolfo, A. (2014). EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD “Hass” (*Persea americana* Mill) LIOFILIZADO POR PRENSADO EN FRIO. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(2), 11–259. <http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas>
- SunRise. (2023, December 21). *Oil Screw Press Machine: Efficient Extraction of Oil from Seeds*. SunRise. <https://www.sunriserendering.com/oil-screw-press-machine-efficient-extraction/>
- Urtado Emilio, C. de B. (2018). *Aguacate Bacon, sencillamente ideal - Campo de Benamayor*. https://www.campodebenamayor.es/frutas-tropicales/aguacate-bacon/?srsltid=AfmBOoo3Fbo_w9t3Kk5iVjbAoKd80yg8vanuuaknyimI_3irf_PQ50-0
- Yepes, D., Sánchez, L., & Márquez, C. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Informador Técnico*, 81(1), 75. <https://doi.org/10.23850/22565035.728>

ANEXOS

Anexo 1. *Datos normales del rendimiento y los diferentes análisis físico-químicos de la extracción de aceite.*

Rendimiento

```
> Normalidad$Variedad<-as.factor(Normalidad$Variedad)
> Normalidad$Muestra<-as.factor(Normalidad$Muestra)
> Normalidad$Rendimiento<-as.numeric(Normalidad$Rendimiento)
> modelo<-aov(Rendimiento~Muestra+Variedad,data=Normalidad)
> summary(modelo)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Muestra    2 0.000085 0.000042  0.168 0.8563
Variedad    1 0.004521 0.004521 17.933 0.0515 .
Residuals   2 0.000504 0.000252
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
> shapiro.test((residuals(modelo)))

      shapiro-wilk normality test

data:  (residuals(modelo))
w = 0.92817, p-value = 0.566
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Rendimiento)

      Fligner-killeen test of homogeneity of variances

data:  residuals(modelo) by Rendimiento
Fligner-killeen: med chi-squared = NaN, df = 5, p-value = NA
> dwtest(modelo)

      Durbin-watson test

data:  modelo
Dw = 3.3282, p-value = 0.9702
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Densidad

```
> summary(modelo)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Muestra    1 3.300e-07 3.330e-07  0.014 0.907
Variedad    1 2.133e-05 2.133e-05  0.919 0.363
Residuals   9 2.090e-04 2.322e-05
> library(phia)
> Grafica<-interactionMeans(modelo)
> plot(Grafica)
> #Normalidad
> shapiro.test((residuals(modelo)))

      shapiro-wilk normality test

data:  (residuals(modelo))
w = 0.97172, p-value = 0.928
```

```
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Densidad)

Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data: residuals(modelo) by Densidad
Fligner-Killeen:med chi-squared = 10.669, df = 8, p-value = 0.2212

> #Independencia
> library(lmtest)
> dwtest(modelo)
```

```
Durbin-watson test

data: modelo
DW = 1.1489, p-value = 0.04456
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Acidez

```
> Normalidad$Variedad<-as.factor(Normalidad$Variedad)
> Normalidad$Muestra<-as.factor(Normalidad$Muestra)
> Normalidad$Acidez<-as.numeric(Normalidad$Acidez)
> modelo<-aov(Acidez~Muestra+Variedad,data=Normalidad)
> summary(modelo)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Muestra	1	0.0002	0.00016	0.002	0.966
Variedad	1	0.0755	0.07553	0.899	0.368
Residuals	9	0.7559	0.08399		

```
> |
> shapiro.test((residuals(modelo)))
```

```
Shapiro-wilk normality test

data: (residuals(modelo))
W = 0.92364, p-value = 0.3175
```

```
> plot(modelo,2)
> #Varianza
> attach(Normalidad)
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Acidez)
```

```
Fligner-Killeen test of homogeneity of variances

data: residuals(modelo) by Acidez
Fligner-Killeen:med chi-squared = NaN, df = 11, p-value = NA
```

```
> dwtest(modelo)
```

```
Durbin-watson test

data: modelo
DW = 1.7598, p-value = 0.3252
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Refracción

```
> Normalidad$Variedad<-as.factor(Normalidad$Variedad)
> Normalidad$Muestra<-as.factor(Normalidad$Muestra)
> Normalidad$Refraccion<-as.numeric(Normalidad$Refraccion)
> modelo<-aov(Refraccion~Muestra+Variedad,data=Normalidad)
> summary(modelo)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Muestra	1	0.000169	0.000169	1.219	0.298
Variedad	1	0.009464	0.009464	68.392	1.7e-05 ***
Residuals	9	0.001245	0.000138		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: (residuals(modelo))  
w = 0.91064, p-value = 0.2174
```

```
> plot(modelo,2)  
> #Varianza  
> attach(Normalidad)  
  
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Refraccion)
```

Fligner-killeen test of homogeneity of variances

```
data: residuals(modelo) by Refraccion  
Fligner-killeen:med chi-squared = NaN, df = 11, p-value = NA
```

```
> dwtest(modelo)
```

Durbin-watson test

```
data: modelo  
DW = 2.052, p-value = 0.5389  
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Saponificación

```
> summary(modelo)  
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)  
Muestra  1  4.59   4.588   0.210  0.657  
Variedad  1  9.94   9.937   0.456  0.517  
Residuals  9 196.31  21.812  
  
> library(phia)  
> Grafica<-interactionMeans(modelo)  
> plot(Grafica)  
> #Normalidad  
> shapiro.test((residuals(modelo)))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: (residuals(modelo))  
w = 0.9446, p-value = 0.5598
```

```
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Saponificacion)
```

Fligner-killeen test of homogeneity of variances

```
data: residuals(modelo) by saponificacion  
Fligner-killeen:med chi-squared = 10.926, df = 9, p-value = 0.2808
```

```
> #Independencia  
> library(lmtest)  
> dwtest(modelo)
```

Durbin-watson test

```
data: modelo  
DW = 0.85714, p-value = 0.007801  
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Yodo

```
> summary(modelo)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Muestra  1  3.543   3.543   1.692  0.226
Variedad  1  2.558   2.558   1.222  0.298
Residuals  9 18.842   2.094
> library(phia)
> Grafica<-interactionMeans(modelo)
> plot(Grafica)
> #Normalidad
> shapiro.test((residuals(modelo)))

      Shapiro-wilk normality test

data:  (residuals(modelo))
W = 0.93533, p-value = 0.44
> fligner.test(residuals(modelo) ~ Yodo)

      Fligner-killeen test of homogeneity of variances

data:  residuals(modelo) by Yodo
Fligner-Killeen:med chi-squared = NaN, df = 11, p-value = NA
> #Independencia
> library(lmtest)
> dwtest(modelo)

      Durbin-watson test

data:  modelo
DW = 1.4331, p-value = 0.1372
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Viscosidad

```
> summary(modelo)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Muestra  1  0.00   0.000   0.000  1.000
Variedad  1  1.33   1.333   0.209  0.658
Residuals  9 57.33   6.370
> library(phia)
> Grafica<-interactionMeans(modelo)
> plot(Grafica)
> #Normalidad
> shapiro.test((residuals(modelo)))

      Shapiro-wilk normality test

data:  (residuals(modelo))
W = 0.8173, p-value = 0.01484
> fligner.test(residuals(modelo) ~ viscosidad)

      Fligner-killeen test of homogeneity of variances

data:  residuals(modelo) by viscosidad
Fligner-Killeen:med chi-squared = 2.3279, df = 3, p-value = 0.5072
> #Independencia
> library(lmtest)
> dwtest(modelo)

      Durbin-watson test

data:  modelo
DW = 1.6647, p-value = 0.2626
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Anexo 2. Pruebas t de student de los análisis físico-químicos

	Acidez		Refracción	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
Media	1,43783	0,94375	1,47633	1,42016
Varianza	0,03417	0,28626	9,03E-05	4,13E-05
Observaciones	3	3	3	3
Varianza agrupada	0,1602	-	6,58E-05	-
Diferencia hipotética de las medias	0	-	0	-
Grados de libertad	4	-	4	-
Estadístico t	1,51176	-	8,4781	-
P(T<=t) una cola	0,10256	-	0,00053	-
Valor crítico de t (una cola)	2,13184	-	2,13184	-
P(T<=t) dos colas	0,20512	-	0,00106	-
Valor crítico de t (dos colas)	2,77644	-	2,77644	-

	Saponificación		Yodo	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
Media	178,3783	178,5316	84,64833	85,5716
Varianza	15,26200	44,11475	4,109258	0,44090
Observaciones	3	3	3	3
Varianza agrupada	29,68838	-	2,275083	-
Diferencia hipotética de las medias	0	-	0	-
Grados de libertad	4	-	4	-
Estadístico t	-0,03446	-	-0,749731	-
P(T<=t) una cola	0,487078	-	0,24755	-
Valor crítico de t (una cola)	2,131846	-	2,13184	-
P(T<=t) dos colas	0,974157	-	0,49510	-
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445	-	2,77644	-

Anexo 3. Evidencias fotográficas

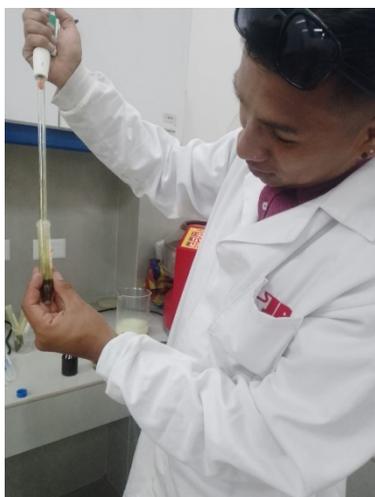
Pesado de pulpa



Deshidratado de pulpa



Obtención del aceite



Análisis de acidez



Análisis de yodo



Determinación de saponificación



Centrifugación aceite

