



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

**Evaluación fisicoquímica del aceite de
aguacate (*Persea americana*), aplicando el
método mecánico, a escala de laboratorio,
período 2024**

Autores

Br. Eliet de los Angeles Ramos Valle
Br. Luis Fernando Martínez Sánchez

Asesores

Ing. María Nelly Salazar Cerda
Lic. Frankling Alexander Calero
Montana

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado
de Ingeniero en Agroindustria de los Alimentos

Managua, Nicaragua
Febrero, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Agroindustria de los Alimentos

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Tomasa Delfina Hernández
Zamora
Presidente

MSc. María José Álvarez
Guevara
Secretario

Ing. Kevin Joel Urroz Centeno
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 5 de febrero del 2025

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a **Dios**, sin su presencia en los momentos más desafiantes esta investigación no habría sido posible. “Encomienda tus obras al SEÑOR, y tus propósitos se afianzarán” (Proverbio 16:3).

A mi mamá **Ericka de los Angeles Valle Jiménez** y a mi papá **Edward Ramos Soza**, por su amor incondicional, confianza, sacrificio y esfuerzo para guiarme y darme las herramientas necesarias durante todos mis años de vida.

A mi hermana **Emily de los Angeles Ramos Valle**, por estar siempre para mí en todos los momentos de mi vida, por sus consejos que me reconfortaron y me dieron el valor para seguir adelante.

A mi tía **Fidelina del Carmen Hernández Sánchez**, por ser mi segunda mamá y cuidarme con todo su cariño desde que nací.

A mi abuelita **Julia del Carmen Jiménez Jarquín**, por la alegría con la que llenó los recuerdos de mi infancia.

A mis mascotas **Eda** y **Scott**, quienes con su compañía y ternura han hecho de mi día a día algo especial.

Br. Eliet de los Angeles Ramos Valle

Primeramente, le dedico el presente trabajo a **Dios** que me permitió estar con vida, por brindarme salud, fortaleza, sabiduría y el coraje para afrontar los desafíos impuestos.

A mi madre: **Meyling Sánchez Vallecillo** por brindarme su amor, apoyo incondicional, confianza y sacrificio.

A mi tía: **Darcis del Socorro Vallecillo Gaitán** por ser mi pilar psicológico e instruirme en mis estudios.

Br. Luis Fernando Sánchez

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a **Dios**, por guiarme y bendecirme durante el desarrollo y culminación de mis estudios, por permitirme superar los obstáculos presentados durante todo el proceso.

A mi familia, **Ericka de los Angeles Valle Jiménez, Edward Ramos Soza, Emily de los Angeles Ramos Valle y Fidelina del Carmen Hernández Sánchez**, por su amor, apoyo incondicional, paciencia, consejo y palabras de aliento para culminar mis estudios.

Quiero agradecer especialmente a quienes fueron mis profesores y asesores **Ing. María Nelly Cerda Salazar y Lic. Frankling Alexander Calero Montana**, por su invaluable conocimiento, compromiso, y orientación para lograr este trabajo.

De igual manera, agradezco de manera general a los profesores que me impartieron clases en la carrera de Agroindustria de los Alimentos, por su orientación y esfuerzo para compartir sus conocimientos y experiencia.

A todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron a realizar esta investigación.

Br. Eliet de los Angeles Ramos Valle

Le agradezco a **Dios** por otorgarme la fortaleza y determinación necesaria para culminar mis estudios.

A mi madre: **Meyling Sánchez Vallecillo** por siempre estar a mi lado y por hacerme saber lo mucho que me ama, le agradezco eternamente su apoyo y dedicación como madre.

A mi tía: **Darcis del Socorro Vallecillo Gaitán** por apoyarme en mis estudios, brindarme consejos de vida para mejorar como personas gracias a ella aprendí que atesorar la vida de una manera sana y divertida

A la **Ing. María Nelly Cerda Salazar** y al **Lic. Frankling Alexander Calero Montana** por ser los que nos brindaron parte de sus conocimientos e instrucciones para ser un mejor profesional.

A **MSc. Karla Elizabeth Dávila**, por ser lo que ella es una maestra dispuesta a enseñar con la mejor calidad posible, gracias por concedernos parte de su tiempo con consejos y valores de vida para crecer de manera profesional y en nuestra vida personal

De manera personal agradezco a todos los docentes que formaron parte durante estos años en la carrera sobre todo a: **Msc. Tomasa Delfina Hernández** y **MSc. José Leonardo Rodríguez Benavidez**, quienes nos instruyeron académicamente y nos enseñaron que las acciones piensan sobre el futuro.

Br. Luis Fernando Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Antecedentes.....	4
3.2 Marco teórico.....	5
3.2.1 Generalidades de los aguacates	5
3.2.2 Madurez del aguacate	6
3.2.3 Extracción mecánica.....	6
3.2.4 Aceite de aguacate	7
3.2.5 Características fisicoquímicas del aceite de aguacate	7
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1 Ubicación del estudio	9
4.2 Tipo de investigación	9
4.3 Diseño metodológico.....	9
4.3.1 Caracterización de la materia prima	10
4.3.2 Proceso de obtención del aceite.....	11
4.3.3 Caracterización del aceite.....	13
4.4 Datos o variables evaluados	15
4.4.1 Factor de estudio.....	15
4.4.2 Tratamiento.....	15
4.5 Análisis de datos.....	15

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5.1 Caracterización de la materia prima	16
5.1.1 Longitud y diámetro	16
5.1.2 Rendimiento	16
5.2 Caracterización del aceite.....	17
5.2.1 Rendimiento	17
5.2.2 Caracterización fisicoquímica del aceite Santa Gertrudis	19
5.2.3 Caracterización organoléptica del aceite Santa Gertrudis	21
VI. CONCLUSIONES.....	22
VII. RECOMENDACIONES.....	23
VIII. LITERATURA CITADA	24
IX. ANEXOS	28

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Parámetros fisicoquímicos del aceite de aguacate	7
2.	Longitud y diámetro de Santa Gertrudis, Choquete y Benick	16
3.	Rendimiento de las tres variedades de aguacate	17
4.	Rendimiento de aceite de las muestras	18
5.	Test de Tukey de comparación de medias del rendimiento de aceite de las variedades Santa Gertrudis, Choquete y Benick	19
6.	Medición de acidez titulable expresado en % de ácido oleico del aceite Santa Gertrudis	19
7.	Medición de densidad del aceite Santa Gertrudis	20
8.	Medición de humedad y materia volátil del aceite Santa Gertrudis	20
9.	Medición de punto de humo del aceite Santa Gertrudis	21
10.	Caracterización organoléptica del aceite Santa Gertrudis	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Laboratorio de Agroindustria de los Alimentos y Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria	9
2	Flujograma de obtención de aceite de aguacate	11

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Cuadro de análisis de varianza para rendimiento de aceite de las tres variedades (SC tipo III)	28
2.	Supuesto de normalidad (Shapiro-Wilks)	28
3.	Supuesto de homogeneidad (Prueba Levene)	28
4.	Recolección de materia prima	29
5.	Proceso de maduración	30
6.	Almacenamiento de materia prima	31
7.	Selección de materia prima	32
8.	Limpieza y desinfección	32
9.	Acondicionamiento de la materia prima	32
10.	Pesaje de la merma y la pulpa	33
11.	Triturado de la pulpa	33
12.	Concentración de la pulpa	34
13.	Prensado de la pulpa concentrada Santa Gertrudis	34
14.	Prensado de la pulpa concentrada Benick	35
15.	Prensado de la pulpa concentrada Choquete	35
16.	Pesaje de la torta	36
17.	Medición y almacenamiento de los aceites	36
18.	Muestras de aceite Santa Gertrudis	36
19.	Prueba de acidez titulable	37
20.	Prueba de humedad y materia volátil	38
21.	Prueba de densidad	38
22.	Prueba de punto de humo	38

RESUMEN

El presente estudio se realizó con aguacates provenientes de la Finca El Plantel, con el fin de caracterizar variedades cultivadas en Nicaragua que no han sido investigadas a profundidad para la extracción de aceite. Para ello, 15 aguacates de cada variedad fueron cosechados en madurez fisiológica, siendo estas Santa Gertrudis, Choquete y Benick. Una vez que la materia prima alcanzó la madurez de consumo se caracterizó en función a diámetro, longitud y rendimiento de la pulpa; para la medición de la longitud y el diámetro se utilizó una muestra de dos aguacates por variedad por triplicado y para el rendimiento se pesaron tres aguacates por variedad por triplicado. Con respecto a la extracción de aceite, se empleó una muestra de 911.3 gramos de pulpa por variedad por triplicado, la pulpa fue deshidratada en un sartén a una temperatura promedio de 80 °C por 105 minutos y se prensó en caliente con una prensa de banco marca INGCO. En cuanto a la caracterización de la materia prima, la variedad de Santa Gertrudis presentó la mayor longitud con un valor máximo de 24 cm; por otro lado, Benick fue la variedad más ancha con una media máxima de 9.3 cm y con el mayor rendimiento de pulpa de 71.82 %. Conforme al rendimiento de aceite, Santa Gertrudis fue superior a las demás con una media de 26.14 %, seguido de Choquete con 4.33 % y Benick con 2.48 %. Los resultados de las pruebas fisicoquímicas realizadas al aceite de Santa Gertrudis fueron: 0.93 % de índice de acidez expresado en ácido oleico, 0.14 % de humedad y materia volátil y 0.92 g/ml de densidad; estos valores se compararon con los rangos máximos y mínimos de la Norma Mexicana de Aceite de Aguacate NMX-F-811-SCFI-2021, concluyendo que el aceite de esta variedad cumple con los parámetros de calidad estipulados. Por último, el punto de humo presentó un valor máximo de 225.2 °C.

Palabras clave: rendimiento, deshidratado, prensado, grasa y calidad.

ABSTRACT

The present study was carried out with avocados from Finca El Plantel, in order to characterize varieties grown in Nicaragua that have not been thoroughly investigated for oil extraction. For this purpose, 15 avocados of each variety were harvested at physiological maturity, being Santa Gertrudis, Choquete and Benick. Once the raw material reached consumption maturity, it was characterized in terms of diameter, length and pulp yield; for the measurement of length and diameter, a sample of two avocados per variety was used in triplicate, and for yield, three avocados per variety were weighed in triplicate. Regarding oil extraction, a sample of 911.3 grams of pulp per variety per triplicate was used, the pulp was dehydrated in a pan at an average temperature of 80 °C for 105 minutes and hot pressed with an INGCO bench press. Regarding the characterization of the raw material, the Santa Gertrudis variety presented the greatest length with a maximum value of 24 cm; on the other hand, Benick was the widest variety with a maximum mean of 9.3 cm and with the highest pulp yield of 71.82 %. In terms of oil yield, Santa Gertrudis was superior to the others with a mean of 26.14 %, followed by Choquete with 4.33 % and Benick with 2.48 %. The results of the physicochemical tests carried out on Santa Gertrudis oil were: 0.93 % acidity index expressed as oleic acid, 0.14 % moisture and volatile matter and 0.92 g/ml density; these values were compared with the maximum and minimum ranges of the Mexican Standard for Avocado Oil NMX-F-811-SCFI-2021, concluding that the oil of this variety complies with the stipulated quality parameters. Finally, the smoke point presented a maximum value of 225.2°C.

Key words: yield, dehydrated, pressing, fat and quality.

I. INTRODUCCIÓN

El aguacate es una fruta estacional que, al alcanzar su madurez de consumo, dispone de un sabor umami (sabor muy particular encontrado en diversos alimentos y se describe con la palabra delicioso) (Fine Dining Lovers, 2022), se caracteriza por poseer una pulpa cremosa y de textura suave, cuenta con alto contenido de grasas, aminoácidos esenciales y minerales que lo convierten en objetivo de consumo por los nicaragüenses.

Según Ariza et al. (2011), de 100 gramos de pulpa de aguacate, en dependencia de la variedad, puede conformarse hasta por 33 gramos de lípidos, 340 miligramos (mg) de potasio, 38 mg de fósforo, 10 mg de calcio, 6 mg de hierro y 3 mg de sodio, asimismo de 29 mg/100 g de pulpa cuenta con siete aminoácidos esenciales: valina 63, lisina 59, fenilalanina 48, isoleucina 47, leucina 46, treonina 40 y metionina.

En Nicaragua, durante el transcurso de los años su cultivo en el país ha incrementado debido, principalmente, a la creciente demanda en el mercado nacional e internacional. De acuerdo con el Banco Central de Nicaragua (BCN, 2023), en el período de enero a agosto del año 2023 se alcanzó una producción de 11 millones 985 mil frutas, destinando el 52 % al consumo nacional y el 48 % para la exportación a Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras. En el país las variedades más cultivadas según el 19 digital (2023), son las variedades Benick en un 68 % y Simpson, Hass, Choquete, etc.

A escala global, la mayoría de las investigaciones relacionadas al aceite de aguacate se enfocan en la variedad Hass, ya que es la más cultivada a nivel mundial por su alta productividad, atributos organolépticas y excelente rendimiento (Serpa et al., 2014). La falta de investigaciones orientadas a la extracción de aceite y a la determinación de sus características fisicoquímicas utilizando aguacates que son cultivados en el país limita el potencial comercial del aceite de aguacate nicaragüense y sus posibles aplicaciones en las industrias, este producto se caracteriza por poseer un 70 % y 77 % de grasas insaturadas, compuestas principalmente por ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico (Olaeta et al., 2007).

El presente estudio pretende evaluar las variedades Santa Gertrudis, Choquete y Benick para determinar sus características físicas, porcentaje de rendimiento de pulpa y porcentaje de

rendimiento de aceite obtenido mediante el método de prensado. Evaluando fisicoquímicamente el aceite de acuerdo a los parámetros estipulados en la Norma Mexicana de Aceites y Grasas- aceite de Aguacate NMX-F-811-SCFI-2021, tales como: índice de acidez, humedad y materia volátil, densidad y punto de humo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas del aceite de aguacate (*Persea americana*) extraído mediante prensado a escala de laboratorio.

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar morfológicamente (longitud, diámetro y rendimiento de pulpa) los aguacates a través de pruebas de laboratorio.
2. Estimar el rendimiento del aceite de aguacate extraído por prensado en caliente.
3. Evaluar las características fisicoquímicas (índice de acidez, humedad y materia volátil, densidad y punto de humo) del aceite con mayor rendimiento a través de pruebas de laboratorio, comparando los resultados con la normativa NMX-F-811-SCFI-2021.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Antecedentes

En el artículo científico publicado por Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research y redactado por Chaiyavat et al. (2019), se estudió el efecto de tres temperaturas de deshidratación (60 °C, 80 °C y 100 °C) de la pulpa de aguacate y dos métodos de extracción (manual y mecánico) sobre el índice de acidez, índice de peróxido, contenido total de fenoles y capacidad antioxidante del aceite; resultando en que a temperaturas de 80 °C el índice de acidez del aceite fue de 2.98 ± 0.21 miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra (mg KOH/g). Asimismo, se concluyó que deshidratar la pulpa a temperaturas mayores de 80 °C degrada la calidad del aceite significativamente.

En el artículo científico publicado por Agroindustrial Science y escrito por Vargas et al. (2020), se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y el rendimiento del aceite de aguacate de la variedad Hass obtenido mediante prensado expeller, prensado hidráulico y termobatido. Empleando el método de prensado hidráulico con pulpas deshidratadas a 60 °C durante 10 horas, se derivaron los siguientes resultados: rendimiento de 23.97 ± 2.72 %, índice de acidez de 0.2032 mg KOH/g, densidad específica de 0.9143 gramos por mililitros (g/ml) y humedad de 0.2656 ± 0.01 %. Los valores se encuentran dentro del rango establecido en la Norma Mexicana NMX-F-052-SCFI-2008.

En el artículo científico publicado por Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria y escrito por Neira et al. (2021), se valoró el efecto de la variedad de aguacate (Hass, Fuerte y Bacon) y método de extracción (prensado en frío, prensado en caliente y solvente) en los parámetros fisicoquímicos de acidez, humedad y densidad; por medio del análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$) se determinó que el aceite de mayor calidad fue aquel obtenido de la variedad Hass por prensado en frío presentó por encontrarse dentro de los intervalos permitidos por la NMX-F-052-SCFI-2008: acidez entre 0.14 % a 1.10 %, humedad de 0.09 % y densidad de 0.913 g/ml.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Generalidades de los aguacates

El aguacate es una fruta originaria de Centroamérica y México, perteneciente a la familia Lauraceae (Shrestha, 2019). Morfológicamente, los aguacates pueden variar en forma y tamaño, pudiendo ser ovalados, redondos o piriformes (Mejía, 2020), mientras que su tamaño puede oscilar desde pequeños, con un peso de alrededor de 100 gramos, hasta grandes, pudiendo superar el kilogramo (Pérez, 2012). La corteza, que puede ser rugosa, gruesa y resistente hasta fina y frágil; su color en estado de madurez fisiológica varía desde verde oscuro hasta negro (Mejía, 2020).

El aguacate maduro tiene una pulpa con una textura cremosa de color verde pálido hasta amarillo y en su interior contiene una semilla grande que representa una proporción significativa del volumen total del fruto. Independientemente de la variedad, la pulpa es rica en ácidos grasos insaturados, fibras, potasio, vitamina B3, vitamina E, carotenoides y esteroides (Neira et al., 2021). Olaeta (2003) estableció que “el aguacate, dependiendo de la variedad y madurez, alcanza en la pulpa niveles de hasta 25 % de aceite, con valores promedio de 15 – 19 %, lo que permite lograr rendimientos de alrededor de 10 % de la fruta fresca.”

En Nicaragua, se pueden encontrar variedades conocidas comúnmente como criollas, tales como: Masatepe, Ticomio, Corn Island, Campos azules, Ramírez y Kukra hill y variedades introducidas como: Benick, Simpsons, Choquete, Nabal, Hass (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2017).

Características

El aguacate de la variedad Santa Gertrudis cuenta con una forma piriforme, una tonalidad verde brillante y una superficie lisa, tiene la cualidad de que su cáscara mantiene el color verde característico al llegar a su madurez fisiológica. A su vez, contiene un porcentaje de grasa de entre 12 % a 16 % (INTA, 2024).

En el caso de Choquete, estos son aguacates que alcanzan hasta un 13 % de grasa, su semilla es mediana y posee una cáscara lisa y gruesa (INTA, 2017). El aguacate de la variedad

Benick se caracteriza por su contenido de grasa que oscila entre 15 % a 24 %, con una semilla pequeña y una cáscara áspera.

3.2.2 Madurez del aguacate

El aguacate es un fruto climatérico, lo que significa que continúa madurando luego de ser cosechado. Pérez (2012) menciona que la producción de etileno en los aguacates es mínima mientras aún están en el árbol, sin embargo, los niveles de etileno y la tasa de respiración aumentan significativamente tras la cosecha, completando su maduración dentro de 5 a 7 días postcosecha.

Una vez alcanzada la madurez fisiológica, el aguacate progresivamente pierde firmeza a causa de las modificaciones en su composición y pared celular (Márquez et al., 2014). Otros cambios son: el de color de la superficie, la síntesis de los compuestos del aroma, la disminución de los azúcares almacenados en la pulpa, el sabor, etc.

3.2.3 Extracción mecánica

Es el método más usado para obtener el aceite alimenticio, consta de una serie de procedimiento que abarca, esencialmente: limpieza y desinfección de la materia prima, trituración y un tratamiento térmico, a raíz de este último la materia prima puede sufrir algunos cambios internos como destrucción de células, desnaturalización de proteínas, reducción de viscosidad de grasas, lo que incide directamente en las propiedades fisicoquímicas del aceite (Henan VIC Machinery Co., Ltd, 2017).

Existen dos tipos de prensado, el prensado continuo (expeller o de tornillo) que es el ideal para procesar grandes cantidades y el prensado discontinuo permite separar la fase líquida (aceite) de la parte sólida (torta o merma). De acuerdo con Carballo (2023), el prensado discontinuo es ideal para procesar poca materia prima debido a que "...permiten un mayor control sobre el proceso de prensado, ya que se pueden realizar ajustes y modificaciones durante el proceso".

3.2.4 Aceite de aguacate

Los aceites vegetales son productos alimenticios obtenidos únicamente por materia de origen vegetal y están constituidos en su mayoría por glicéridos de ácidos grasos; pudiendo contener cantidades mínimas de otros lípidos como fosfátidos, constituyentes insaponificables y ácidos grasos libres (Codex Alimentarius, 1999).

3.2.5 Características fisicoquímicas del aceite de aguacate

La Norma Mexicana de Aceites y Grasas NMX-F-811-SCFI-2021 (2021) establece los parámetros y rangos de calidad que debe cumplir el aceite de aguacate, tales como: ácidos grasos libres, humedad y materia volátil y densidad, para más detalle visualizar el cuadro uno.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos del aceite de aguacate

Parámetros	Mínimo	Máximo
Ácidos grasos libres (como ácido oleico), en %	-	5.0
Humedad y materia volátil, en %	-	0.5
Densidad relativa 25 °C (g/ml)	0.910	0.920

Fuente: NMX-F- 811-SCFI-2021

Humedad y materia volátil

La presencia de agua en el aceite de aguacate puede tener efectos adversos que comprometen la calidad del producto final. Un contenido de humedad que exceda los límites establecidos por la Norma Mexicana puede facilitar la hidrólisis de las grasas presentes en el aceite, generando ácidos grasos que oxidan y degradan al producto; reduciendo su vida útil. Por otro lado, la materia volátil se constituye por compuestos que a temperatura ambiente pueden evaporarse; en los aceites vegetales comestibles, se encuentran: alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos y ésteres (Rivera et al., 2015).

La Norma Técnica Colombiana 287 (NTC, 2002) especifica que la humedad y materia volátil se calcula mediante la pérdida de masa del producto que es calentado a una temperatura de 103 ° C.

Acidez titulable

Según la norma mexicana NMX-F-101-SCFI-2012:

Los ácidos grasos libres son expresados frecuentemente en términos de Valor Ácido o Índice de Acidez, en vez de por ciento de ácidos grasos libres. El valor ácido es definido como el número de miligramos de KOH necesario para neutralizar un gramo de muestra. Para convertir el porcentaje de ácidos grasos (como oleico) a valor ácido, se multiplica el porcentaje de ácidos grasos por 1,99.

Densidad

La densidad (ρ) mide la cantidad de masa contenida en un volumen determinado; la unidad de medida establecida por el Sistema Internacional de Medida (S.I.) es expresado en Kg / m³ o g / cm³. Mojica et al. (2017) estipularon que “En un aceite es la relación entre su peso y su volumen, está constante no varía cuando está puro o fresco, pero es afectado por la edad, la rancidez y cualquier tratamiento que se le haga al aceite”.

Punto de humo

De acuerdo con Pindo y Pucha (2014):

El punto de humo de un aceite hace referencia a la temperatura a la que el aceite empieza a humear, siendo generalmente a los 180-220°C; si empieza a producir humo a temperaturas menores a 180 °C, su calidad ha desmejorado y pueden contener compuestos químicos producto de su degradación

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del estudio

Las actividades planteadas en la presente investigación fueron realizadas en el Laboratorio de Agroindustria de los Alimentos, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 12.5 de Carretera Norte, Managua, Nicaragua (figura 1).

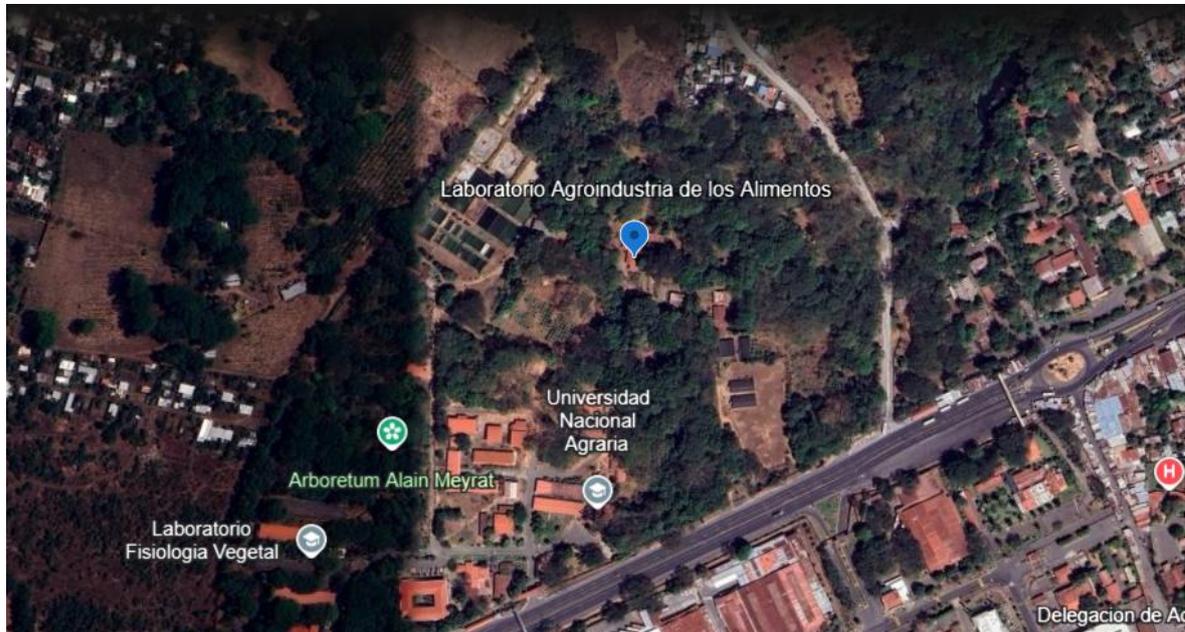


Figura 1. Laboratorio de Agroindustria de los Alimentos y Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria. Fuente: Google Earths.

4.2 Tipo de investigación

Es una investigación cuasiexperimental con un enfoque mixto, ya que el propósito es establecer el comportamiento de la variedad independiente (variedades de aguacate) sobre una variable dependiente (rendimiento de aceite) (Hernández et al., 2014).

4.3 Diseño metodológico

Se utilizaron aguacates de variedad Santa Gertrudis, Choquete y Benick procedentes de la Finca El Plantel que pertenece a la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 30 carretera Tipitapa - Masaya, departamento de Managua. Se estimó el rendimiento de aceite en pulpa de cada variedad de manera triplicada y se evaluaron las características fisicoquímicas de la variedad con mayor rendimiento; los resultados se compararon con la normativa mexicana NMX-F-811-SCFI-2021.

4.3.1 Caracterización de la materia prima

En esta etapa se estableció la madurez, la longitud, el diámetro y el rendimiento de los aguacates provenientes de la Finca El Plantel. Los aguacates fueron separados por variedad y se codificaron como: B130624, SG140624 y CH140624, lo que corresponde a su fecha de corte.

La maduración se llevó a cabo en canastas plásticas a una temperatura ambiente de 28 ± 2 °C en el Laboratorio de Agroindustria de los Alimentos; debido a que la maduración no fue homogénea, conforme los aguacates iban madurando se refrigeraban en el exhibidor de la marca Refrimate a 5 ± 2 °C. Para poder determinar su índice de madurez se realizó un análisis sensorial, visualizando que el color de la cáscara fuera completamente morado en el caso de las variedades de Benick y Choquete, con el tacto se ejerció presión con los dedos en la zona peduncular de los frutos, así como en sus alrededores para verificar el ablandamiento homogéneo de la pulpa y se aseguró la ausencia de olores extraños, así como daños físicos y/o mecánicos.

Longitud y diámetro

Para este procedimiento se utilizó una regla de plástico transparente de la marca Superior de 30 cm, para realizar las mediciones correspondientes y obtener el promedio de dos aguacates de cada variedad por triplicado.

Rendimiento

Se tomó una muestra compuesta por tres aguacates de cada variedad. Para aplicar la fórmula de Riquelme (2019), se determinó la masa de las cáscaras, semillas y pulpa utilizando una balanza de precisión de la marca Kern 440-49 N. El proceso de pesaje se realizó tres veces para asegurar la consistencia de los datos.

Fórmula

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso útil}}{\text{Peso total}} * 100$$

Donde:

Peso útil= Peso de la pulpa

Peso total= Peso de la fruta

4.3.2 Proceso de obtención del aceite

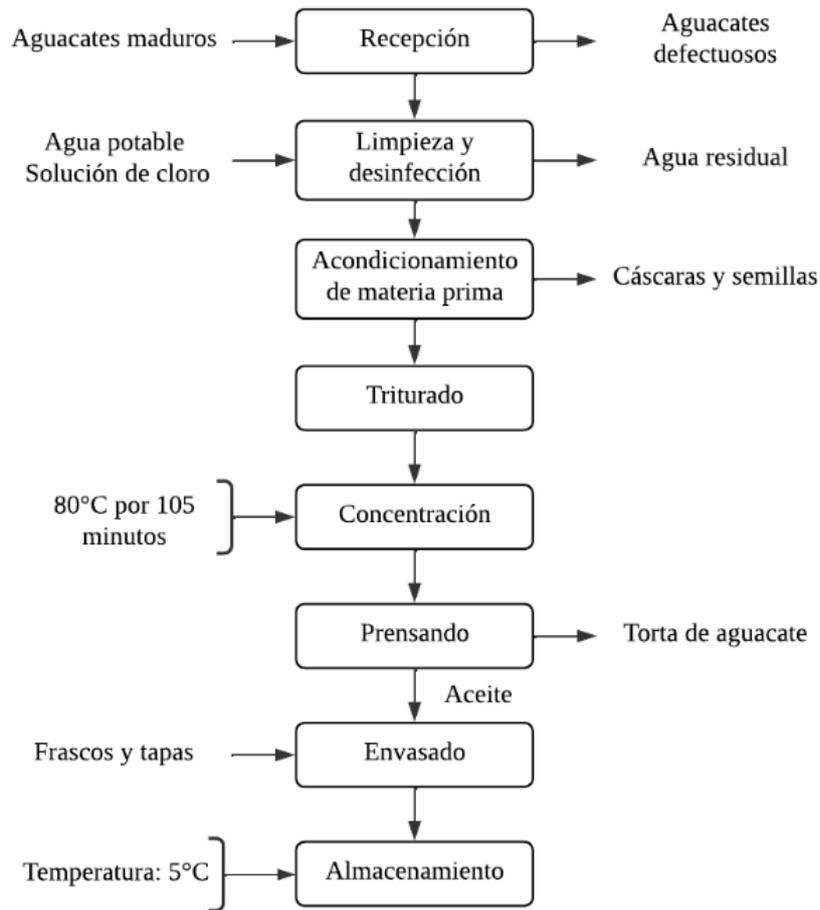


Figura 2. Flujograma de obtención de aceite de aguacate. Fuente: propia

Recepción: Se escogieron 15 aguacates por variedad en estado de madurez de consumo y exentos de imperfecciones como: daños físicos, presencia de mohos y olores extraños.

Limpieza y desinfección: Los aguacates se lavaron con agua y jabón neutro para remover impurezas superficiales para luego desinfectarlos por medio de la sumersión de la fruta en una solución preparada con cloro (hipoclorito de sodio) a 50 partes por millón (ppm) durante cinco minutos, según lo recomendado por el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, 2020).

Acondicionamiento de la pulpa: Los aguacates se cortaron por la mitad con un cuchillo de acero inoxidable, y se retiraron de forma manual la cáscara y la semilla para obtener únicamente la pulpa.

Triturado: La pulpa se colocó en la procesadora de alimentos “Hamilton Beach”, estos fueron licuados hasta conseguir una pasta fina para posteriormente ser pesada y distribuida en tres porciones de 911.3 gramos cada uno, una proporción equivale a una repetición. Este procedimiento tiene la finalidad de romper las células vegetales y facilitar la obtención del aceite.

Concentración: Con la finalidad de reducir su humedad y concentrar los componentes restantes, cada porción fue sometida a un tratamiento de 80 °C durante 105 minutos. La pulpa de los aguacates fue colocada en una sartén antiadherente comercial y con una espátula de silicona se realizaron movimientos envolventes para facilitar la pérdida de humedad.

Prensado: La pulpa deshidratada caliente se introdujo en manta cielo para retener los sólidos (pulpa) y dejar pasar el aceite, posteriormente se colocaron dos tablas de madera de 3.8 cm de grosor, previamente desinfectadas a 50 ppm y envueltas en papel film, en la prensa de banco marca INGCO. La prensa fue forrada con papel aluminio con el fin de evitar una contaminación, luego la pulpa se comprimió para conseguir el aceite por sus extremos. El aceite se recolectó en envases plásticos de 1 onza (oz) y de 4 onzas (anexo 13 - 15).

Envasado: El aceite de aguacate fue transferido a un nuevo recipiente plástico y hermético con capacidad de 120 ml, auxiliándose de una jeringa de 10 ml fue pesado y registrado en bitácora, su nueva codificación fue la letra A, fecha, la inicial de la variedad y el número de repetición, ejemplo: A030724BR.1.

Almacenamiento: Los envases fueron almacenados en condiciones adecuadas para no alterar sus propiedades fisicoquímicas, es decir, a una temperatura que no supere los 25 °C ni ser expuesto directamente al sol (Cuchipec, 2023), por ello, fueron colocados los envases de aceite en una pana plástica con papel absorbente que ayudó a reducir la humedad y luego una capa de papel film, la pana plástica con los aceites se almaceno en el exhibidor a 5 ± 2 °C.

4.3.3 Caracterización del aceite

Rendimiento del aceite

Para conocer el rendimiento en función de gramos de aceite por pulpa de aguacate, se tomó el peso de la pulpa deshidratada y del aceite obtenido en la etapa de prensado. Con los datos recolectados, se aplicó la ecuación para el cálculo del rendimiento según Riquelme (2019):

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso útil}}{\text{Peso total}} * 100$$

En donde

Peso útil= Peso en gramo del aceite de aguacate obtenido

Peso total= Peso en gramo de la pulpa deshidratada

Índice de acidez titulable

Para determinar la acidez titulable, siguiendo el método volumétrico de titulación establecido en el Material Educativo de Bioquímica (Salazar et al., 2020). Se pesaron 5 gramos de muestra de aceite en un Erlenmeyer de 250 ml utilizando una balanza analítica OHAUS modelo PX4202/E, luego se añadió con un gotero 20 gotas del indicador fenolftaleína al 1 % y 50 ml de alcohol etílico al 90 %. Posteriormente, se tituló con ayuda de una bureta graduada de 50 ml con solución de NaOH 0.1 N hasta observar un cambio de color y se registró el volumen gastado.

El pH se midió, con cintas indicadoras de la marca MQuant, una vez que se visualizó el cambio de color de la muestra con el fin de confirmar que la solución llegó al punto de equilibrio. Para ello se empleó una tira reactiva por cada muestra, ésta se sumergió en el aceite, se dejó actuar por 30 segundos y se comparó el cambio de colores con la escala predefinida en el empaque de las cintas. Por último, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácidos grasos libres (ácido oleico)} = \frac{V * N * 28.2}{Pm}$$

En donde:

V= volumen gastado de NaOH en ml

N= Normalidad del NaOH

Pm= Peso de la muestra

Densidad

Para determinar la densidad del aceite, se siguió el procedimiento descrito en el Material Educativo de Bioquímica. Primero, se colocó una probeta de 10 ml sobre la balanza de precisión OHAUS Spx6201 y se presionó el botón “Tare” para ajustar el peso inicial a cero, luego se adicionaron 10 ml de aceite en la probeta, y el peso resultante fue registrado en la bitácora. Este procedimiento se repitió un total de 10 veces para obtener densidad promedio de cada aceite, para calcularla se utilizó la siguiente ecuación (Salazar et al., 2020):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = densidad

m= masa del aceite en gramos

v= volumen del aceite en mililitros

Humedad y material volátil

La determinación de humedad y materia volátil se realizó siguiendo lo que estipula la NTC 287 (2002) , con algunas modificaciones, utilizando la pesa analítica OHAUS 3202 / E se pesaron 20 g de muestra de aceite en un vaso precipitado tipo PYREX de 100 ml, seguidamente en una placa eléctrica se calentó la muestra hasta alcanzar 103 ± 2 °C, luego se bajó a 95 °C y se volvía a calentar a 103 ± 2 °C; en todo momento se agitaba la muestra con movimientos rotatorios con el propósito de facilitar la evaporación homogénea, el procedimiento fue repetido cinco veces, al culminar las repeticiones se dejó enfriar a temperatura ambiente y se registró el peso.

$$\text{Humedad y material volátil} = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} * 100$$

Donde

M0= Masa en gramo del beaker

M1= Masa en gramo del beaker y la porción de ensayo antes del calentamiento

M2= Masa en gramo del beaker y la porción de ensayo después del calentamiento

Punto de humo

En un beaker de 100 ml se añadieron 20 ml de aceite, este beaker se colocó sobre un trípode el cual tenía en su parte inferior un mechero Bunsen; para distribuir el calor del mechero, se colocó el beaker dentro de un recipiente metálico. Posteriormente, se introdujo en el aceite un termómetro de la marca Traceabie que posee un rango de temperatura de entre -50°C a 300°C. En el momento en que se observó la emisión de humo de la muestra se detuvo el calentamiento y se registró la temperatura y el tiempo.

4.4 Datos o variables evaluados

Las variables en estudio fueron las variedades de aguacates y su influencia en el rendimiento del aceite de aguacate, con tres repeticiones por cada variedad. Se determinaron las características fisicoquímicas (índice de acidez, humedad y materia volátil, densidad y punto de humo) de la variedad con mayor de aceite.

4.4.1 Factor de estudio

Factor: Las variedades de aguacate

V₁ = Santa Gertrudis

V₂ = Choquete

V₃ = Benick

4.4.2 Tratamiento

Al contar con un solo factor de estudio, el total de tratamientos son las mismas variedades de aguacate, por lo tanto, resulta un arreglo de tres tratamientos y tres repeticiones por cada uno, dando un total de nueve unidades experimentales.

4.5 Análisis de datos

Los datos fueron procesados y analizados mediante las herramientas estadísticas: Excel (versión 2019) y el software InfoStat (versión estudiantil 2020); se comprobó con este último también el cumplimiento de los supuestos de normalidad mediante Shapiro-Wilks y homogeneidad a través de la prueba de Levene. Para conocer la diferencia que hay entre los tratamientos se utilizó la prueba de separación de media Tukey.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de la materia prima

5.1.1 Longitud y diámetro

Para la determinación de la longitud y el diámetro de los aguacates, se promediaron las mediciones de dos aguacates por cada variedad por triplicado, el cuadro dos muestra los datos recolectados. De acuerdo con los resultados, la muestra con mayor longitud corresponde a Santa Gertrudis (SG140624) con un máximo y mínimo de 24 cm y de 19.5 cm, respectivamente; seguido de Choquete (CH140624) con 15 cm y 14.5 cm y por último Benick (B130624) con 14.3 cm y 12.2 cm. En cuanto al diámetro, B130624 obtuvo el valor máximo de 9.3 cm y mínimo de 7.35 cm, CH140624 obtuvo 8.5 cm y 7 cm, dejando a la muestra SG140624 con valores de 6 cm y 5.2 cm.

Cuadro 2. Longitud y diámetro de Santa Gertrudis, Choquete y Benick

Repetición	Muestra	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	SG140624	21	6
2	SG140624	24	5.2
3	SG140624	19.5	7.5
1	CH140624	14.5	8.5
2	CH140624	15	7
3	CH140624	14.5	8.5
1	B130624	12.2	9.3
2	B130624	14.3	7.35
3	B130624	13.2	8.3

5.1.2 Rendimiento

El rendimiento fue calculado considerando el peso total del aguacate, la pulpa, la semilla y la cáscara. Cada repetición se conformó de tres aguacates por variedad y el proceso de pesaje se realizó por triplicado; los datos obtenidos por cada repetición se promediaron, tal como se observa en el cuadro tres. La variedad CH140624 registró un valor máximo de 566.67 g y un mínimo de 490 g; en el caso B130624, el peso osciló entre 531.90 g y 441.77 g,

contrastando con los datos del INTA (2017) menciona que los ejemplares de estas variedades, en promedio, alcanzan los 1,135 g y 544.8 g, respectivamente.

Con respecto a SG140624, el peso total osciló entre 261.67 g a 320 g y según INTA (2024), el peso del fruto debe ser 500 - 600 g. Los aguacates B130624 obtuvieron un rendimiento de 71.82 % debido a que poseen una cáscara fina, menor proporción de semilla y un mayor contenido de pulpa. A pesar de que CH140624 posee un peso por fruto similar a B130624, su rendimiento fue de 66.02 %, ya que su cáscara es gruesa y de semilla suelta. Por último, el rendimiento de SG140624 fue de 61.7 %, en proporción al fruto su semilla es mediana y tiene una cáscara gruesa lo que reduce la cantidad de pulpa aprovechable.

Cuadro 3. Rendimiento de las tres variedades de aguacate

Repetición	Muestra	Peso total (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)	Pulpa (g)	Rendimiento de pulpa (%)
1	SG140624	320.00	58.13	55.13	201.50	62.97
2	SG140624	241.67	51.20	38.23	201.53	61.86
3	SG140624	261.67	60.53	41.80	157.70	60.27
1	CH140624	490.00	61.67	110.00	313.33	63.95
2	CH140624	516.67	68.33	100.00	345.00	66.77
3	CH140624	566.67	71.67	108.33	381.67	67.35
1	B130624	447.30	46.50	70.06	323.83	72.40
2	B130624	441.77	41.27	72.60	322.47	72.99
3	B130624	531.90	66.83	100.47	372.73	70.08

5.2 Caracterización del aceite

5.2.1 Rendimiento

Se calculó utilizando la fórmula de Riquelme, en la cual se consideran los datos del peso de la masa útil (aceite de aguacate) entre el peso de la masa total (pulpa deshidratada),

resultando en que la mayor cantidad de aceite se consiguió con Santa Gertrudis, seguido de Choquete y Benick, cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimiento de aceite de las muestras

Repetición	Muestra	Pulpa deshidratada (g)	Aceite (g)	Rendimiento (%)
1	A060724SGR.1.	303.00	71.60	23.63
2	A060724SGR.2.	343.10	95.10	27.72
3	A060724SGR.3.	361.30	97.80	27.07
1	A070724CHR.1	266.00	10.80	3.41
2	A070724CHR.2	245.00	15.90	3.66
3	A070724CHR.3	336.50	19.40	5.91
1	A080724BR.1.	317.00	1.50	0.56
2	A080724BR.2.	434.40	7.00	2.86
3	A080724BR.3.	328.10	13.50	4.01

La prueba de test de Tukey determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la variedad Santa Gertrudis (SG), que presentó una media de rendimiento de 26.14 %, en comparación con Choquete (CH) y Benick (B), cuyos resultados fueron de 4.33 % y 2.48 %, respectivamente, cuadro cinco.

El rendimiento de Santa Gertrudis presentó valores cercanos a Vargas et al. (2020), quienes reportaron un rendimiento de aceite del 23.97 ± 2.72 % de la variedad Hass por el método de prensado hidráulico. Sin embargo, fue inferior al de Dos Santos et al. (2014), quienes obtuvieron valores de 29.02 ± 0.05 % con el método de prensado y utilizando pulpas deshidratadas a 70 °C de la variedad Fortuna. Por otra parte, el valor obtenido de Choquete fue superior al de Santana (2013), quien reportó un rendimiento de 2.22 % por el método de prensado.

Cuadro 5. Test de Tukey de comparación de medias del rendimiento de aceite de las variedades Santa Gertrudis, Choquete y Benick

Error: 3.2708 gl: 6			
Variedad	Medias	n	E.E
SG	26.14	1.04	A
CH	4.33	1.04	B
B	2.48	1.04	B

5.2.2 Caracterización fisicoquímica del aceite Santa Gertrudis

Las pruebas fisicoquímicas fueron realizadas con el aceite de la variedad Santa Gertrudis, por su alto rendimiento de aceite. De dicha variedad se obtuvieron tres muestras de aceite, a cada muestra se le realizó la prueba de acidez titulable expresado como % de ácido oleico, densidad y humedad y materia volátil.

Acidez titulable

En cuanto a la prueba de acidez titulable, esta se realizó a cada muestra por triplicado; en el cuadro seis se visualizan los promedios de las repeticiones correspondientes. Resultando en que la repetición tres obtuvo el valor más alto con 0.99 % y el más bajo corresponde a la repetición dos con 0.90 %; el promedio global fue de 0.93 %, este valor se encuentra por debajo del máximo que estipula la norma mexicana NMX-F-811-SCFI-2021, así mismo, esta media se encuentra en el rango obtenido por Neira et al. (2021) con una acidez de 0.14 % a 1.10 %.

Cuadro 6. Medición de acidez titulable expresado en % de ácido oleico del aceite Santa Gertrudis

Muestras	Acidez Titulable (%)	NMX-F-811-SCFI-2021 (%)
1	0.92	
2	0.90	5.0
3	0.99	

Fuente: NMX-F-811-SCFI-2021

Densidad

La media de las 10 repeticiones para cada muestra de aceite obtuvo los siguientes resultados: el valor máximo fue la muestra dos con 0.92 g/ml y valor mínimo la muestra uno con 0.909 g/ml; el promedio total fue de 0.92 g/ml, lo que se encuentra dentro del límite establecido de la Norma Mexicana (cuadro siete) que estipula que el aceite de aguacate debe de tener una densidad media no mayor a 0.920 g/ml y no menor de 0.910 g/ml. Por otra parte, el promedio de densidad del aceite obtenido fue similar al de Jiménez (2022), cuya densidad de aceite de aguacate extraído a 70 °C por decantación y prensado fue de 0.9217 g/ml.

Cuadro 7. Medición de densidad del aceite Santa Gertrudis

Muestras	Densidad (g/ml)	NMX-F-811-SCFI-2021 (g/ml)	
		Mínimo	Máximo
1	0.909		
2	0.926	0.910	0.920
3	0.925		

Fuente: NMX-F- 811-SCFI-2021

Humedad y materia volátil

Para la humedad y materia volátil se implementó una única prueba por cada muestra, obteniendo, para la muestra uno 0.29 %, muestra dos 0.00 % y por último la muestra tres 0.15 %. El promedio de las tres muestras es de 0.14 %, cumpliendo con lo establecido con la norma mexicana NMX-F-811-SCFI-2021 que estipula un valor máximo de 0.5 % (cuadro 8), de igual manera, este dato es inferior a lo obtenido por Vargas et al. (2020), quienes determinaron que la humedad para aceites obtenidos por pulpa deshidratada a 60 °C mediante un prensado hidráulico es de 0.2656 ± 0 %.

Cuadro 8. Medición de humedad y materia volátil del aceite Santa Gertrudis

Muestra	Humedad y materia volátil (%)	NMX-F-811-SCFI-2021 (%)
1	0.29	
2	0.00	0.5
3	0.15	

Fuente: NMX-F- 811-SCFI-2021

Punto de humo

Consto de una única repetición de 20 g por cada muestra, tanto la muestra uno y dos a los tres minutos alcanzaron el punto de humo a 170 °C y 150 °C respectivamente, por otro lado, la muestra tres a los tres minutos con 37 segundos alcanzó el punto de humo a los 225.2 °C, con respecto a la muestra uno y dos son inferiores a lo conseguido por Yepes (2017), que a través de una extracción termo mecánica a 55 °C obtuvo un punto de humo de 210 °C, dejando a la muestra tres como el único valor que lo supera, esta variación entre los resultados puede deberse a la cantidad de aceite implementado, ya que el material educativo de bioquímica, estipula que para esta prueba se debe usar 150 ml de aceite.

Cuadro 9. Medición de punto de humo del aceite Santa Gertrudis

Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
1	170	3
2	150	3
3	225.2	3.37

5.2.3 Caracterización organoléptica del aceite Santa Gertrudis

El aceite de aguacate de la variedad Santa Gertrudis fue sometido a un análisis organoléptico para conocer sus propiedades. A temperatura de laboratorio (26 °C), el aceite presentó un color verde oscuro, conforme al olor se podía apreciar notas dulce frutales ligeramente a aguacate y por último el sabor fue predominantemente amargo. De acuerdo con Barrojas (2016), extraer el aceite de aguacate por el método de prensado puede inducir sabores amargos que son desagradables al paladar humano.

Cuadro 10. Caracterización organoléptica del aceite Santa Gertrudis

Característica organoléptica	Resultado
Apariencia	Verde oscuro
Olor	Dulce frutal
Sabor	Amargo

VI. CONCLUSIONES

Se caracterizó fisicoquímicamente el aceite de aguacate extraído mediante el prensado mecánico, utilizando una prensa de la marca INGCO, a escala de laboratorio y se concluyó lo siguiente:

En la caracterización de los aguacates, la variedad que presentó mayor longitud fue Santa Gertrudis con un valor promedio de 24 cm. En cuanto al diámetro, En cuanto al diámetro, Benick destacó con 9.3 cm y se determinó que esta variedad obtuvo la mejor relación longitud - diámetro con valores máximos de 14.3 cm y 9.3 cm, respectivamente; lo que se vio reflejado en el promedio del rendimiento de pulpa con 71.82 %.

Referente al rendimiento del aceite, la variedad Santa Gertrudis presentó el valor más alto con 26.14%, seguido de Choquete y Benick con 4.33 % y 2.48 %.

En cuanto a los análisis fisicoquímicos el aceite obtenido de la variedad Santa Gertrudis cumplió con los parámetros establecidos en la norma mexicana NMX-F-811-SCFI-2021 conforme % de acidez expresado en ácido oleico, densidad y humedad y materia volátil.

Conforme al punto de humo, la muestra uno y dos presentaron resultados distintos con respecto a la muestra tres que presentó un punto de humo de 225.2 °C, esta diferencia se puede deber a la cantidad de muestra implementada y al método de extracción de aceite empleado.

El análisis organoléptico realizado a las muestras de aceite de Santa Gertrudis reveló que este es un aceite verde oscuro con aroma dulce, pero con un sabor amargo intenso, por ello no es recomendada su ingesta directa. La presencia de sabor amargo en el aceite podría estar relacionado al método de prensado utilizado.

VII. RECOMENDACIONES

Determinar el rendimiento de extracción del aceite de aguacate utilizando una prensa tipo expeller.

Realizar estudios de rendimiento de extracción y análisis físico químicos conforme a la normativa mexicana NMX-F-811-SCFI-2021 para aceite de aguacate, utilizando otras variedades cultivadas en el país.

Analizar el aceite de aguacate bromatológicamente.

Realizar un proceso de refinación para eliminar el sabor amargo del aceite.

Evaluar organolépticamente el aceite de aguacate en un producto alimenticio a través de un panel.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ariza Ortega, J. A., López Valdez, F., Huerta, J. C., Ramos Cassellis, M. E., Díaz Reyes, J. y Martínez Zavala, A. (2011). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2 (2) 263-276. https://sites.google.com/site/lrvcta/v2-n2-2011/h3#h.p_ID_106
- Banco Central de Nicaragua. (2023). *Informe de resultados de reunión del sistema nacional de producción, consumo y comercio*. <https://www.bcn.gob.ni/sites/default>
- Barrojas, L. (28 de marzo de 2016). *Las bondades del aceite de aguacate*. Ciencia. <https://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/salud/6072-el-aceite-de-aguacate-y-sus-propiedades>
- Carballo, K. (2023). *Proceso de prensado del vino: de la uva al jugo*. Cocina y bebida. <https://cocinaybebida.com/proceso-de-prensado-del-vino-de-la-uva-al-jugo/>
- Chaiyavat, C., Periyana, K., Sasithorn, S., Netnapa, M., Sartjin, P. y Bhagavathi, S. (2019). Influence of extraction process on yield, total phenolic content, and antioxidant properties of avocado (*Persea americana* mill.) oil and stability assessment. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 12 (2) 391 - 396. https://www.researchgate.net/publication/330776586_INFLUENCE_OF_EXTRAC_TION_PROCESS_ON_YIELD_TOTAL_PHENOLIC_CONTENT_AND_ANTIOXIDANT_PROPERTIES_OF_AVOCADO_PERSEA_AMERICANA_MILL_OIL_AND_STABILITY_ASSESSMENT
- Codex Alimentarius. (1999). *NORMA DEL CODEX PARA ACEITES VEGETALES ESPECIFICADOS* CODEX STAN 210-1999. FAO. https://www.fao.org/input/download/standards/336/CXS_210s_2015.pdf
- Cuchi Chacha, C. I. (2023). *Extracción por prensado en frío y valoración de las características fisicoquímicas y sensoriales del aceite de dos variedades de Aguacate (Persea americana)* [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9992>
- Dos Santos, M. A. Z., Alicieo, T. V. R., Pereira, C. M. P., Ramis-Ramos, G. y Mendoça, C. R. B. (2014). Profile of Bioactive Compounds in Avocado Pulp Oil: Influence of the Drying Process and Extraction Methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91 (1), 19 - 27. <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-013-2289-x>
- El 19 digital (2023). *Producción y exportación de aguacate registra gran potencial de crecimiento en Nicaragua*. El 19 digital. <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:144770-produccion-y-exportacion-de-aguacate-registra-gran-potencial-de-crecimiento-en-nicaragua>
- Fine Dining Lovers. (22 de junio de 2022). *¿Qué es Umami, el quinto sabor? Todo lo que necesitas saber*. <https://www.finedininglovers.com/es/noticia/que-es-umami>
- Google Earths. (2024). *Universidad Nacional Agraria: Laboratorio de fisiología vegetal y de Agroindustria de los Alimentos*. Google earth.

<https://earth.google.com/web/data=MkEKPwo9CiExNm1kMURCcW9nd3djUy1XVVNkdzUtQ2F1ZG9IT1YxeHkSFgoUMDk3ODhGQUU2NDM0NUM5QjcxQTA gAUICCABKCAjgxYSwBhAB>

Henan VIC Machinery Co., Ltd. (6 de julio 2017). *Diferencia entre la prensa en caliente y la prensa en frío*. Hydraulicoilpress. <http://www.hydraulicoilpress.com/news/difference-between-hot-press-and-cold-press-9965572.html>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6. ed.). https://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/981/Investigacion_sampieri_6a_ED.pdf

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2024). *Catálogo de variedades de aguacate*. INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2024/07/CATA%CC%81LOGO-VARIEDADES-DE-AGUACATE.pdf>

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2017). *Catálogo Variedades de Aguacate*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/398096901/Catalogo-Variedades-de-Aguacate-2017>

Jiménez Santos, N. (2022). *Caracterización del aceite de Persea americana Mills “palta” procedente de La Cuesta, Otuzco, obtenido artesanalmente* [Tesis de licenciatura, Universidad San Pedro]. Repositorio institucional. <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6f737ab7-e9ca-42b0-8c34-adc711286e1c/content>

Márquez, C. J., Yepes, D. P., Sánchez, L. y Osorio, J. A. (2014). Cambios fisicoquímicos del aguacate (*Persea americana* mill. cv. “hass”) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas agrarios*, 19 (1), 32-47. <https://doi.org/10.21897/rta.v19i1.723>

Mejía Pallo, J. P. (2020). *Determinación del porcentaje de aceite de cuatro variedades de aguacate (Persea americana) en el sector de las viñas* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31946/1/Tesis-260%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20680%20JONATHAN%20MEJ%20%8DA.pdf>

Mojica Cruz, F. J., Sánchez, M. F. y Mairena, Y. E. (2017). *Extracción por prensado mecánico y caracterización fisicoquímica del aceite de arachis hypogaea L. (maní), variedad Georgia 06-G, LAFQA – UNAN, enero – junio 2017* [Monografía de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. RIUMA. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/8327/1/97488.pdf>

Neira Mosquera, J. A., Coello Culluzpuma, A., Sánchez Llaguno, S. N, Plua Montiel, J. A y Viteri García, 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>

- NMX-F-101-SCFI-2012. (2012). *Alimentos - aceites y grasas vegetales o animales - determinación de ácidos grasos libres - método de prueba*. Economía-nmx. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-101-scfi-2012.pdf>
- NMX-F-811-SCFI-2021. (2022). *Aceites y grasas-aceite de aguacate*. Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-del-noreste/analisis-cuantitativo/nmx-f-811-scfi-2021ac-aguacate/89848169>
- Norma Técnica Colombiana 287. (2002). *Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil*. Scribd. <https://es.scribd.com/doc/182906415/50086703-NTC287>
- Olaeta, J. A. (2003). *Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras*. Actas V Congreso Mundial del aguacate. http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p749.pdf
- Olaeta, J. A., Undurraga, P. y Espinosa, G. (2007). *Evolución del contenido de aceite y compuestos no saponificables en paltas (Persea americana Mill) Cvs. Hass, Fuerte e Isabel*. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. <https://www.avocadosource.com/wac6/es/Extenso/4b-183.pdf>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2020). *Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos*. OIRSA. <https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>
- Pérez de los Cobos Agüero, R. (2012). *Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (Persea americana Mill.) cv. Hass* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Almería]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10835/1913>
- Pindo Menoscal, K. E., y Pucha Pesántez, R. E. (2014). *Evaluación pre y post intervención educativa sobre conocimientos, actitudes y prácticas del consumo de aceites domésticos en la Parroquia Sayausí, provincia Azuay en el año 2013* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio de la Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20215>
- Riquelme Barros, R. (2019). *Rendimientos, Mermas y Precio Limpio*. GA\$+RONOMÍA RENTABLE. <https://www.gastronomiarentable.com/post/rendimientos-mermas-y-precio-limpio>
- Rivera Montalván, C. O., Rivera Montalván, P. P. y Rizo Penado, J. M. (2015). *Desarrollo de un método analítico alternativo para la determinación del porcentaje de humedad y materia volátil en aceite vegetal de uso comestible, período Marzo – Julio del 2015* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. RIUL. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4224/1/229228.pdf>
- Salazar, M. N., Pichardo, C., Calero Montana, F. y Dávila, K. E. (2020). *Material Educativo de Bioquímica*. Universidad Nacional Agraria.
- Santana Salto, L. E. (2013). *Obtención de Aceite de Aguacate (Persea americana Mill) con tres variedades: (P.a. Mill Hass) (P.a. Mill Santana) Y (P.a. Mill Choquete)*,

utilizando tres métodos de extracción [Tesis de ingeniería, Universidad Rafael Landívar]. UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/d69e3dd9-5943-4f5d-a7e5-4f7a27da138c>

Serpa G., A. M., Echeverri L., A., Lezcano C., M. P., Vélez A., L. M., Ríos, A.F. y Hincapié, A. G. (2014). Extracción de aceite de aguacate variedad “Hass” (*Persea americana* Mill) liofilizado por prensado en frío. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8 (2) 113-123.

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6805/EXTRACCI%
%93N%20DE%20ACEITE%20DE%20AGUACATE%20VARIEDAD.pdf?sequen
ce=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6805/EXTRACCI%c3%93N%20DE%20ACEITE%20DE%20AGUACATE%20VARIEDAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Shrestha, A. (2019). *Oxidative Rancidity of Avocado Oil (Hass Variety produced by Screw Pressing and Solvent Extraction Method* [B. Tech. in Food Technology, Tribhuvan University].

[http://202.45.146.37:8080/jspui/bitstream/123456789/223/1/Anjana%20Shrestha.p
df](http://202.45.146.37:8080/jspui/bitstream/123456789/223/1/Anjana%20Shrestha.pdf)

Vargas Rodríguez, M., Gutarra Sanabria, H., Delgado-Soriano, V., Cortés-Avedaño, P. y Peñafiel, C. P. (2020). Ácidos grasos y criterios de calidad del aceite de palta obtenido mediante tres sistemas de extracción libres de solventes. *Agroindustrial Science*, 10 (1) 71-77. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.10>

Yepes Betancur, D. P., Sánchez Giraldo, L. y Márquez Cardozo, C. J. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Servicio Nacional de Aprendizaje*, 81 (1) 75-85. <https://doi.org/10.23850/22565035.728>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de análisis de la varianza para rendimiento de aceite de las tres variedades (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1039.20	2	519.60	158.86	<0.0001
Variedad	1039.20	2	519.60	158.86	<0.0001
Error	19.62	6	3.27		
Total	1058.82	8			

Anexo 2. Supuesto de normalidad (Shapiro-Wilks)

Variable	N	Media	D.E	W*	P (Unilateral D)
RDUO Rendimiento%	9	0.00	1.57	0.86	0.1366

Anexo 3. Supuesto de homogeneidad (Prueba de Levene)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.59	2	0.29	0.59	0.5832
Variedad	0.59	2	0.29	0.59	0.5832
Error	2.98	6	0.50		
Total	3.57	8			

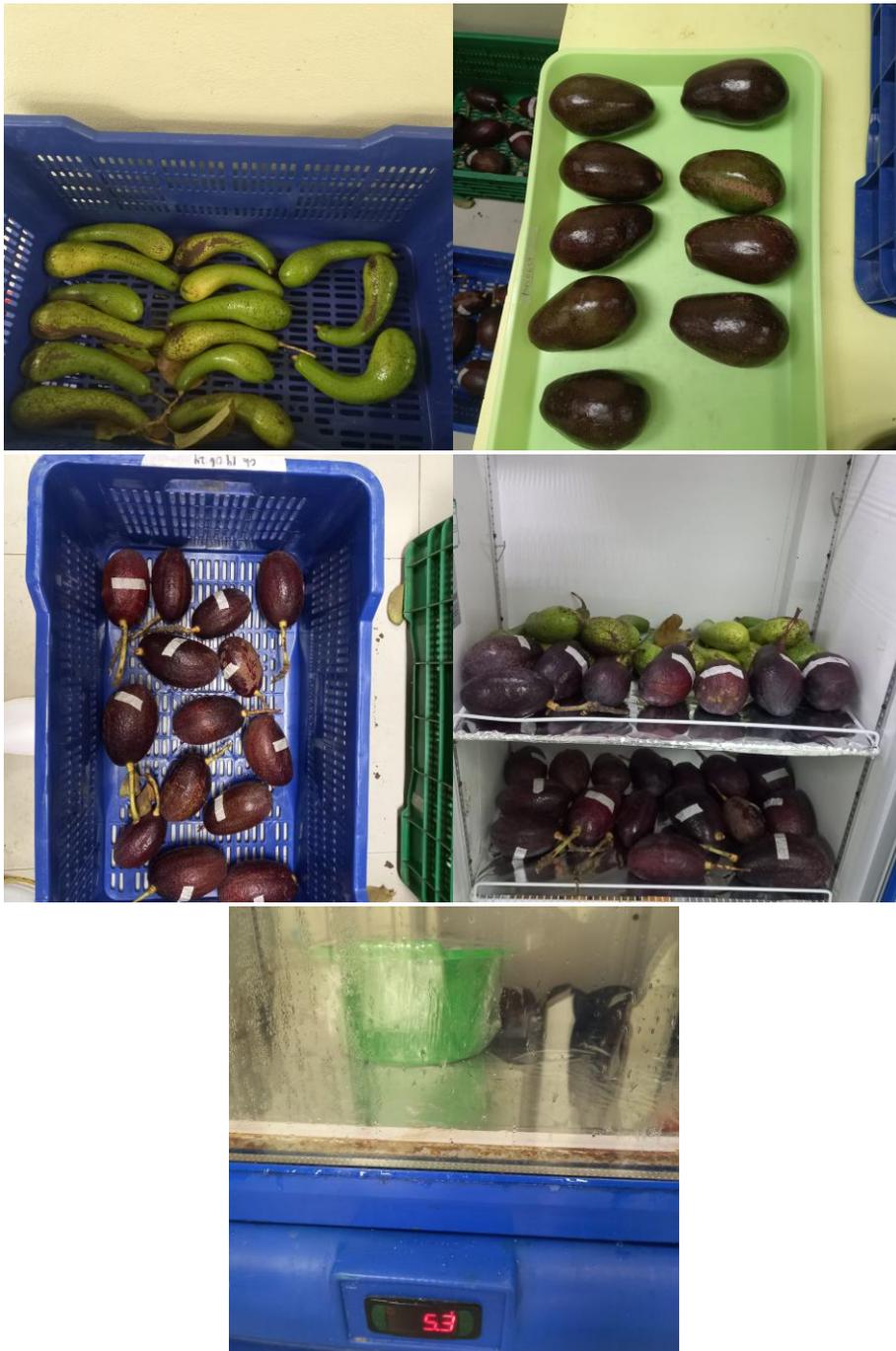
Anexo 4. Recolección de la materia prima



Anexo 5. Proceso de maduración



Anexo 6. Almacenamiento de materia prima



Anexo 7. Selección de materia prima



Anexo 8. Limpieza y desinfección



Anexo 9. Acondicionamiento de la materia prima



Anexo 10. Pesaje de la merma y la pulpa



Anexo 11. Triturado de la pulpa



Anexo 12. Concentración de la pulpa



Anexo 13. Prensado de la pulpa concentrada Santa Gertrudis



Anexo 14. Prensado de la pulpa concentrada Benick



Anexo 15. Prensado de la pulpa concentrada Choquete



Anexo 16. Pesaje de la torta



Anexo 17. Medición y almacenamiento de los aceites



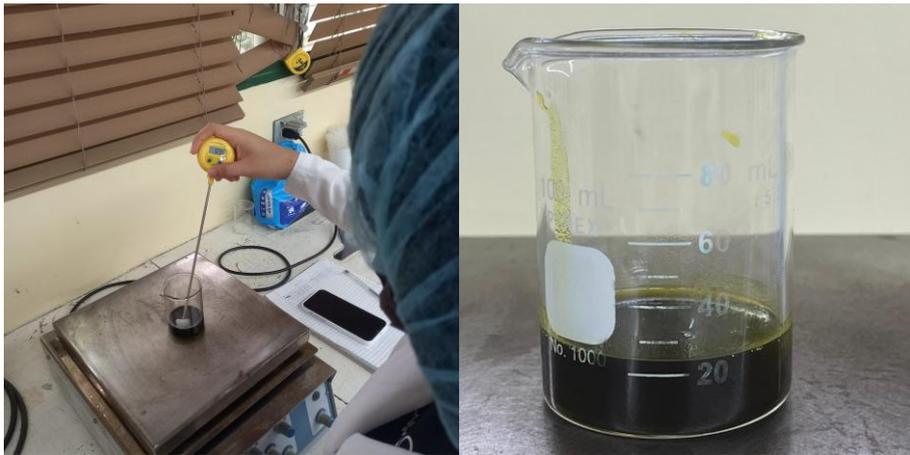
Anexo 18. Muestras de aceite Santa Gertrudis



Anexo 19. Prueba de acidez titulable



Anexo 20. Prueba de humedad y materia volátil



Anexo 21. Prueba de densidad



Anexo 22. Punto de humo

