



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA  
SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana* Hass, *Persea americana*  
Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA  
LABORATORIO**

**Carlos Enrique Samayoa Mazariegos**

Asesorado por el Ing. Mario José Mérida Meré  
y la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS ENRIQUE SAMAYOA MAZARIEGOS**  
ASESORADO POR EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ  
Y LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Mario José Mérida Meré
EXAMINADOR	Ing. Juan Pablo Argueta Elías
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de julio de 2017.



**Carlos Enrique Samayoa Mazariegos**



Guatemala, 16 de noviembre de 2018.  
Ref. EIQ.TG-IF.060.2018.

Ingeniero  
Carlos Salvador Wóng Davi  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo 021-2017 le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Carlos Enrique Samayoa Mazariegos**.  
Identificado con el CUI: **2594 31559 0101**.  
Identificado con registro académico: **2013-14687**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES  
DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana*  
Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN  
LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



*Adela María Marroquín González*  
Inga. Adela María Marroquín González  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Egresados de Arquitectura e Ingeniería





Guatemala, 6 de noviembre de 2018

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del Trabajo de Graduación **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO”**, del estudiante de Ingeniería Química Carlos Enrique Samayoa Mazariegos, quien se identifica con CUI No. 2594 31559 0101 y registro académico número 2013-14687.

Sin otro particular me suscribo de usted

Atentamente.

Ing. Qco. Mario José Mérida Meré  
PROFESOR INVESTIGADOR  
Escuela de Ingeniería Química/USAC  
JEFE

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE- INGENIERO QUÍMICO  
Sección Química Industrial CII / USAC *Mario José Mérida Meré*  
Asesor Colegiado 1411



Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
Profesora Investigadora Titular IX  
Sección Química Industrial CII/USAC  
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC  
Asesora

INGENIERA QUÍMICA  
*Telma Maricela Cano M.*  
Colegiada 433



Ref.EIQ.TG.010.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **CARLOS ENRIQUE SAMAYOA MAZARIEGOS** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): FRACCIÓN LIPÍDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Salvador Wong Davi  
Director  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, enero 2019 **FACULTAD DE INGENIERIA USAC**  
**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**  
**DIRECTOR**

Cc: Archivo  
CSWD/ale





DTG. 063.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS FRACCIONES EXTRACTABLES DE LA SEMILLA DE TRES ESPECIES DE AGUACATE (*Persea americana Haas, Persea americana Reed, Persea americana Fuerte*): FRACCIÓN LIPIDICA Y EXTRACTO TÁNICO, A ESCALA LABORATORIO**, presentado el estudiante universitario: **Carlos Enrique Samayoa Mazariegos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

907/19  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, febrero de 2019

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Sara Mazariegos y Edgar Monterroso, por ser mi fuente de inspiración y motivación para seguir adelante y alcanzar las metas que me proponga.
- Mi hermana** Pricila Samayoa, por ser parte importante en mi vida, por aconsejarme y apoyarme incondicionalmente.
- Mi familia en general** Por su apoyo incondicional.
- Mis amigos** Por estar en las buenas y en las malas, por llenar mi vida de momentos divertidos; en especial, a Diego Muralles por estar ahí en los momentos más difíciles de mi vida y porque para mí es como un hermano.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirme las puertas y permitirme recibir educación superior.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por formarme en mi carrera profesional.
<b>Escuela de Ingeniería Química</b>	Por las herramientas y oportunidades de aprendizaje brindadas durante mi formación.
<b>LIEXVE</b>	Por permitirme utilizar sus instalaciones, su mobiliario, su equipo, sus reactivos y su recurso humano para la realización de este trabajo de graduación.
<b>Mis amigos de estudio</b>	Por hacer de este largo trayecto más alegre y divertido.
<b>Mis asesores</b>	Ing. Mario José Mérida Meré e Inga. Telma Maricela Cano Morales por el tiempo, el esfuerzo, la paciencia y la confianza puesta en mí y por brindarme el apoyo y conocimiento necesario para la realización de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
HIPÓTESIS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Generalidades sobre el aguacate.....	7
2.1.1. Características macroscópicas de la semilla de aguacate.....	7
2.1.2. Morfología y taxonomía del aguacate.....	9
2.1.3. Composición química del aguacate .....	9
2.1.4. Usos del aguacate .....	11
2.1.4.1. Usos medicinales.....	11
2.1.5. Beneficios del aguacate.....	12
2.1.6. Variedades de aguacate .....	12
2.1.6.1. Variedad Fuerte .....	14
2.1.6.2. Variedad Reed.....	14
2.1.6.3. Variedad Hass .....	14
2.1.7. Comercio del aguacate .....	15
2.2. Lípidos.....	15

2.2.1.	Características generales.....	16
2.2.2.	Clasificación .....	17
2.2.3.	Lípidos relacionados con ácidos grasos.....	18
2.2.3.1.	Traicilglicéridos.....	18
2.2.3.2.	Ceras.....	18
2.2.3.3.	Fosfoglicéridos .....	19
2.2.3.4.	Esfingolípidos .....	20
2.2.4.	Lípidos no relacionados con ácidos grasos.....	21
2.2.4.1.	Terpenos .....	21
2.2.4.2.	Esteroides .....	22
2.3.	Taninos .....	23
2.3.1.	Clasificación de los taninos .....	23
2.3.1.1.	Taninos condensados .....	23
2.3.1.2.	Taninos hidrolizables.....	24
2.3.2.	Propiedades de los taninos .....	24
2.3.3.	Usos industriales de taninos.....	25
2.3.4.	Obtención de taninos .....	26
2.3.5.	Identificación cualitativa de taninos .....	26
2.3.5.1.	Reacción al cloruro férrico.....	26
2.3.5.2.	Reacción al acetato de plomo .....	27
2.4.	Lixiviación.....	27
2.4.1.	Factores que influyen en la extracción de los aceites.....	28
2.4.1.1.	Tamaño de partícula .....	29
2.4.1.2.	Tipo de solvente .....	29
2.4.1.3.	Temperatura.....	29
2.4.1.4.	Agitación.....	29
2.4.2.	Aplicaciones de la lixiviación .....	30
2.4.2.1.	Química .....	30

	2.4.2.2.	Ecología.....	30
	2.4.2.3.	Geología .....	30
	2.4.2.4.	Arquitectura .....	30
	2.4.2.5.	Metalurgia extractiva.....	31
	2.4.2.6.	Biolixiviación .....	31
	2.4.3.	Metodología de preparación del sólido .....	31
	2.4.3.1.	Lavado .....	31
	2.4.3.2.	Secado .....	31
	2.4.3.3.	Descascarado.....	32
	2.4.3.4.	Molienda .....	32
2.5.		Cromatografía de gases aplicada a espectrometría de masas.....	32
3.		DISEÑO METODOLÓGICO .....	35
	3.1.	Variables.....	35
	3.2.	Delimitación de campo de estudio .....	36
	3.3.	Recursos humanos disponibles.....	36
	3.4.	Recursos materiales disponibles .....	37
	3.4.1.	Materia prima.....	37
	3.4.2.	Reactivos .....	37
	3.4.3.	Equipo y cristalería .....	38
	3.4.4.	Equipo de protección personal .....	39
	3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa .....	39
	3.5.1.	Técnicas cuantitativas .....	40
	3.5.1.1.	Reducción de tamaño de partícula .....	40
	3.5.1.2.	Disminución del contenido de humedad.....	40
	3.5.1.3.	Determinación del contenido de humedad.....	40

3.5.1.4.	Tiempo óptimo de extracción .....	41
3.5.1.5.	Extracción de la fracción lipídica por maceración dinámica con reflujo .....	41
3.5.1.6.	Extracción del extracto tánico.....	42
3.5.1.7.	Porcentaje de rendimiento.....	43
3.5.1.8.	Método volumétrico tara en vaina para la determinación del porcentaje de taninos en el extracto .....	44
3.5.2.	Técnicas cualitativas .....	46
3.5.2.1.	Pruebas colorimétricas, identificación de taninos.....	46
3.5.2.2.	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS).....	47
3.5.2.2.1.	Derivatización.....	47
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	47
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	55
3.8.	Análisis estadístico.....	62
3.8.1.	Análisis de varianza Anova .....	62
4.	RESULTADOS.....	67
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	73
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES .....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	APÉNDICES.....	87
	ANEXOS.....	101

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Producción de aguacate en Guatemala .....	15
2.	Estructura molecular de los lípidos.....	16
3.	Clasificación de los lípidos .....	17
4.	Traicilgliceridos.....	18
5.	Ceras .....	19
6.	Ácido fosfatidico .....	20
7.	Esfingosina.....	20
8.	Isopreno .....	22
9.	colesterol .....	22
10.	Extracción de aceites .....	28
11.	Técnica GC-MS.....	33

### TABLAS

I.	Propiedades del aguacate.....	10
II.	Valor nutricional del aguacate .....	11
III.	Clasificación del aguacate.....	12
IV.	Características de la raza de aguacate .....	13
V.	Variables presentes durante la experimentación.....	35
VI.	Humedad inicial de la semilla de tres especies de aguacate .....	48
VII.	Humedad final de la semilla de tres especies de aguacate.....	48
VIII.	Tiempo óptimo de extracción de la fracción lipídica .....	49

IX.	Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente .....	49
X.	Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente.....	50
XI.	Determinación del rendimiento del extracto tánico de las tres especies de aguacate utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m) .....	50
XII.	Determinación del porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate .....	51
XIII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass), solvente: Hexano .....	51
XIV.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte), solvente: Hexano.....	52
XV.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed), solvente: Hexano .....	52
XVI.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass), solvente: éter etílico .....	53
XVII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte), solvente: éter etílico.....	53
XVIII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed), solvente: éter etílico .....	54
XIX.	Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico .....	54
XX.	Humedad inicial de la semilla de tres especies de aguacate .....	55
XXI.	Humedad final de la semilla de tres especies de aguacate .....	55
XXII.	Tiempo óptimo de extracción de la fracción lipídica.....	56
XXIII.	Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente .....	56
XXIV.	Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente.....	57

XXV.	Determinación del rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m) .....	57
XXVI.	Determinación del porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate.....	58
XXVII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass), solvente: Hexano .....	58
XXVIII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte), solvente: Hexano .....	59
XXIX.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed), solvente: Hexano.....	59
XXX.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass), solvente: éter etílico .....	60
XXXI.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte), solvente: éter etílico .....	60
XXXII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed), solvente: éter etílico .....	61
XXXIII.	Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico .....	61
XXXIV.	Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de 3 especies de aguacate utilizando hexano como solvente.....	62
XXXV.	Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente .....	63
XXXVI.	Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de 3 especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente .....	63

XXXVII.	Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente.....	64
XXXVIII.	Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento del extracto tánico de la semilla de 3 especies de aguacate .....	64
XXXIX.	Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate .....	65
XL.	Rendimiento de extracción de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando dos solventes .....	67
XLI.	Rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate utilizando como solvente solución de sulfito de sodio al 2 % ....	67
XLII.	Porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate .....	68
XLIII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass).....	68
XLIV.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte) .....	69
XLV.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed).....	69
XLVI.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Hass).....	70
XLVII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte ( <i>Persea americana</i> Fuerte) .....	70
XLVIII.	Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed ( <i>Persea americana</i> Reed), solvente: éter etílico .....	71
XLIX.	Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico .....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\sigma$	Desviación estándar
F	Factor de Fisher
°C	Grado Celcius
g	Gramo
H <sub>a</sub>	Hipótesis alternativa
H <sub>0</sub>	Hipótesis nula
h	Hora
kcal	Kilocaloría
M	Masa
$\bar{X}$	Media aritmética
m	Metro
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
$\alpha$	Nivel de significancia
N	Normalidad
KMnO <sub>4</sub>	Permanganato de potasio
%	Porcentaje
V	Volumen
m/m	Relación masa/masa
rpm	Revoluciones por minuto



## GLOSARIO

<b>Ácido graso</b>	Ácido carboxílico compuesto por una parte hidrofóbica y otra parte hidrofilia.
<b>Cualitativo</b>	Orientado a revelar las características de un material u objeto sin necesidad de ofrecer una magnitud, proporción o un número.
<b>Cuantitativo</b>	Características de un material u objeto que se pueden medir en una magnitud, una proporción o un número de cosas.
<b>Cromatografía</b>	Se basa en el principio de retención selectiva para separar componentes de una mezcla compleja, que permite identificar y determinar las cantidades de los componentes presentes en la muestra.
<b>Filtración al vacío</b>	Separación física de diversos componentes de una mezcla sólido-líquido mediante la retención de los sólidos en un material filtrante.
<b>Lípido</b>	Compuesto orgánico principalmente formado por ácidos grasos y glicerinas u otros alcoholes.

<b>Lixiviación</b>	Operación unitaria basada en la separación de uno o varios componentes de un sólido por contacto con un solvente líquido.
<b>Maceración</b>	Es el proceso de extracción sólido-líquido en el cual el sólido posee compuestos solubles en el líquido extratante.
<b>Molienda</b>	Proceso que consiste en reducir el tamaño de un material por medio de un equipo hasta reducirlo a trozos muy pequeños.
<b>Secado</b>	Operación unitaria de transferencia de masa donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa.
<b>Solvente</b>	Sustancia que se encuentra en mayor cantidad en una solución; generalmente, se utiliza para diluir sólidos.
<b>Taninos</b>	Compuestos polifenólicos, los cuales son muy astringentes y de sabor amargo.

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación es evaluar el rendimiento de las fracciones extractables de la semilla de tres especies de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte), fracción lipídica y extracto tánico, obtenido por el método de lixiviación por maceración dinámica con reflujo utilizando como solvente hexano y éter etílico para la fracción lipídica y solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % para el extracto tánico, a escala laboratorio.

La semilla se obtuvo separándola del mesocarpio; luego, se procedió a preparar las semillas lo cual consistió en secarla hasta un porcentaje de humedad menor al 5 % en un secador de bandejas. Posteriormente, se redujo el tamaño de la materia prima con un molino manual hasta lograr reducirla hasta un tamaño entre 0,425 mm – 0,25 mm; y, por último, se tamizó para obtener un tamaño uniforme de la partícula a utilizar. Se utilizó el equipo soxhlet para determinar el tiempo óptimo de extracción, establecido en 6 horas.

Con el método de maceración se llevó a cabo la obtención de las fracciones extractables con un total de 27 tratamientos, semillas de tres especies de aguacate, con dos solventes y una solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m) y tres repeticiones.

Existe diferencia significativa en el rendimiento de las fracciones extractables entre la semilla de las tres especies de aguacate; el mayor rendimiento de la fracción lipídica se obtuvo de la especie *Persea americana* Fuerte con un 3,06 %, utilizando hexano como solvente, el menor rendimiento

se obtuvo de la especie *Persea americana* Hass con un rendimiento del 1,84 %, utilizando éter etílico como solvente; se obtuvo como mayor rendimiento un 43,48 % de extracto tánico de la especie *Persea americana* Reed y el menor rendimiento se obtuvo de la especie *Persea americana* Fuerte con un 35,38 % de rendimiento utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2 %. El mayor rendimiento de taninos en el extracto tánico se obtuvo en la especie *Persea americana* Fuerte con un 1,89 %.

Los ácidos grasos de mayor proporción en la fracción lipídica de la semilla de las tres especies de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Fuerte y *Persea americana* Reed), son: trans-linoleico, linoleico, oleico y cis-11,14-eicosadienoico.

Las pruebas realizadas a los extractos tánicos comprueban la presencia de taninos debido a la coloración grisácea en presencia del cloruro férrico al 10 % y a la formación de precipitado formado en presencia de solución gelatina al y gelatina sal.

La parte experimental se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de extractos vegetales, LIEXVE, a una temperatura ambiente media de 23 °C a 0,84 atmosferas de presión en la ciudad de Guatemala.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar el rendimiento de las fracciones extractables de la semilla de tres especies de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): fracción lipídica y extracto tánico, a escala laboratorio.

### Específicos

1. Determinar el rendimiento de la fracción lipídica extractable de la semilla de tres especies de aguacate por el método de maceración dinámica utilizando hexano como solvente.
2. Determinar el rendimiento de la fracción lipídica extractable de la semilla de tres especies de aguacate por el método de maceración dinámica utilizando éter etílico como solvente.
3. Determinar el rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate por el método de maceración dinámica utilizando una solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m) como solvente.
4. Determinar el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las tres especies de semilla de aguacate.

5. Realizar pruebas cualitativas colorimétricas a los extractos tánicos con el fin de verificar la presencia de taninos.

## Hipótesis

- Hipótesis de trabajo

Variabilidad del rendimiento de las fracciones extractables, fracción lipídica y extracto tánico, de la semilla de tres especies de aguacate extraída por medio del método de maceración dinámica utilizando como solventes hexano, éter etílico y solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m).

- Hipótesis estadística

- Hipótesis alternativa

$H_{a1}$ : existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate, utilizando hexano como solvente.

$H_{a2}$ : existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate, utilizando éter etílico como solvente.

$H_{a3}$ : existe diferencia significativa en el rendimiento del extracto tánico obtenido, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate.

- Hipótesis nula

$H_{o1}$ : no existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate, utilizando hexano como solvente.

H<sub>02</sub>: no existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate, utilizando éter etílico como solvente.

H<sub>03</sub>: no existe diferencia significativa en el rendimiento del extracto tánico obtenido, utilizando la semilla de tres diferentes especies de aguacate.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate es un fruto endémico de México y Centroamérica; Guatemala es un país con una gran diversidad de tipos de aguacate en formas, tipo de cascara y colores, debido a su ubicación geográfica y que cuenta con una diversidad de microclimas que favorece a su crecimiento; por lo tanto, su producción se da a lo largo de todo el año sin problema alguno.

Durante la última década el interés comercial del fruto ha crecido de una manera considerable debido a sus diversos usos; el más atractivo es su extracción de aceite para uso cosmético, aunque en Guatemala su mayor uso es su consumo como acompañamiento en las comidas, comúnmente en forma de guacamol.

El aguacate se considera como una baya carnosa, piriforme globulosa, puede llegar a medir 20 cm de longitud y alcanzar un diámetro de 15 cm, mientras que la semilla ocupa entre un 15 % a un 18 % del peso del fruto, dependiendo de la clase de aguacate; mide aproximadamente 6 cm de longitud y 5 cm de diámetro.

En la mayoría de los procesos industriales que utilizan aguacate como un insumo consideran a la semilla como un desperdicio, ya que la mayor parte de sus extractos provienen de su pulpa; desaprovecha así su contenido de ácidos grasos, proteínas, fibras, taninos, etc., contenido que es útil para la industria de cosméticos y alimentos o bien la extracción de taninos útiles en la industria farmacéutica y la industria de curtido de piel.

Por lo tanto, el objetivo principal del presente trabajo es evaluar el contenido de las fracciones extractables de la semilla de aguacate, específicamente en tres especies de aguacate, *Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed y *Persea americana* Fuerte cuantificando la cantidad de fracción lipídica y extracto tánico en cada especie de aguacate. Las extracciones de dichas fracciones extractables se realizarán por medio del método de maceración dinámica utilizando como solvente hexano, éter etílico y una solución acuosa de sulfito de sodio al 2 %.

## 1. ANTECEDENTES

En marzo de 2016 se presentó el estudio de investigación a nivel de tesis titulado *Caracterización fisicoquímica y evaluación del rendimiento de aceite fijo de cacao criollo (Theobroma cacao L.) a escala laboratorio utilizando los métodos de maceración estática y maceración dinámica con reflujo*. Realizado por Iván Eduardo de León Barrientos.

La extracción del aceite fijo de la semilla de cacao se realizó a través de dos métodos: maceración estática con reflujo y maceración dinámica con reflujo, realizando variaciones de temperatura entre 25, 47 y 69 °C. Al aceite fijo extraído se le realizó una prueba de cromatografía para obtener el perfil de ácidos grasos presentes en el aceite para comprobar si se encontraban en la misma cantidad según la teoría. Se concluyó al realizar el análisis cromatográfico que en mayor cantidad se encuentran los ácidos esteárico, oleico, palmítico, linoleico y araquídico en porcentajes similares a la teoría.

En mayo de 2013 se realizó el estudio a nivel de tesis titulado *Evaluación del rendimiento y calidad del aceite fijo de pulpa de aguacate (Persea americana Hass) obtenido por presión en frío en función del proceso de secado*, realizado por Jorge Antonio Doradea Cruz.

El estudio de investigación fue realizado en la Sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE; se comparó el rendimiento de extracción y calidad del aceite fijo de aguacate (*Persea americana* Hass) mediante secado de la pulpa utilizando

sulfito de sodio y ácido fosfórico como inhibidores de la polifenol oxidasa y peroxidasa. Se concluyó que, mediante la cantidad de aceite obtenido en función de materia seca, se obtuvo un rendimiento de 10,45 % con ácido fosfórico y 11,51 % con sulfito de sodio.

En noviembre de 2012 fue presentado el estudio de investigación a nivel de tesis titulado *Extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla del aguacate (Persea americana Miller) a nivel laboratorio*, realizado por Eva Isabel García Ramírez.

El estudio consistió en la extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla de aguacate en tres presentaciones: sin oxidar fresca, oxidada fresca y oxidada seca, por medio del método de lixiviación por maceración dinámica con reflujo, utilizando como solvente agua y como coadyuvantes soluciones de etanol (35 %, 70 % y 95 % v/v) y soluciones de sulfito de sodio (1 % y 2 % v/v). Se concluyó que el mayor rendimiento se obtiene al utilizar la solución de sulfito de sodio al 1 % y la semilla seca oxidada, un rendimiento menor se obtuvo con la solución de sulfito de sodio al 2 % y la semilla seca oxidada. Los rendimientos intermedios se obtuvieron al utilizar soluciones de etanol al 35 % y agua. Mientras que los menores rendimientos se obtuvieron con etanol al 70 % y 95 %.

En mayo de 2009 se llevó a cabo un estudio de investigación a nivel de tesis titulado *Extracción y caracterización fisicoquímica del contenido tánico en la corteza de cinco especies forestales procedentes del departamento de Petén, aprovechando el subproducto de la industria de aserradero*, realizado por Natalia Cristina Espinal Corrales.

Dicho estudio consistió en determinar el porcentaje de taninos y realizar la caracterización fisicoquímica del extracto total, obtenido de la corteza de cinco especies forestales nativas del departamento de Petén: caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro (*Cedrela odorata* L.), manchiche (*Lonchoparpus castilloi* S.), pucté (*Terminalia amazonia* DC) y Santa María (*Calophyllum brasiliense* Standl) por medio del método de maceración dinámica con tres extracciones sucesivas, utilizando como solvente sulfito de sodio en solución acuosa al 2 %. Por medio de un análisis de varianza se concluyó que la especie con mayor rendimiento porcentual de extracto tánico total de la corteza es la especie pucté.

En noviembre de 2008 se realizó el estudio de investigación a nivel de tesis titulado *Obtención del extracto tánico por maceración dinámica de la corteza de árboles jóvenes de cuatro especies forestales, a nivel laboratorio*, realizado por Adela María Marroquín González.

El estudio consistió en la obtención del extracto tánico y determinación del porcentaje de taninos de cuatro especies forestales de árboles jóvenes, las cuales fueron: teca (*Tectona grandis* L.f.), melina (*Gmelina arborea* Roxb), ciprés (*Cupressus lusatanica* Mill) y palo blanco (*Cybistax donnell-smithii* seibert) por medio del método de maceración dinámica, utilizando como solvente una solución acuosa de sulfito de sodio al 4 %. Por medio de un análisis estadístico, diseño experimental bifactorial, se concluyó que el árbol Ciprés es la especie con mayor rendimiento, el palo blanco y la melina tienen un rendimiento intermedio y la de menor rendimiento es la teca.

En México, en enero de 2006, se publicó un artículo científico titulado *Método para la obtención de aceite extra virgen de la pulpa de aguacate y una*

*pasta residual baja en calorías con menor contaminación ambiental*, realizado por Lidia Dorantes Álvarez y Alicia Ortiz Moreno.

En este estudio se buscó obtener el aceite de la pulpa de aguacate (*Persea americana*) extra virgen, sin usar solventes o reacciones químicas, proponiendo un método continuo que consistía en un calentamiento por microondas, seguido de un proceso de expresión, almacenamiento en refrigeración y finalmente centrifugación. Se concluyó que utilizando este método continuo de extracción se obtuvo un rendimiento del 60 % de aceite fijo de aguacate; en cuanto a los índices de calidad, estos se encuentran dentro de las normas internacionales para aceites comestibles.

En mayo de 2004 se llevó a cabo un estudio de investigación a nivel de tesis titulado *Determinación del contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina (Gmelina arborea Roxb.)*, utilizando dos métodos de extracción a nivel laboratorio. Realizado por Madeleine Walleska Equité de León.

En dicho trabajo de investigación se determinó el contenido de taninos en el extracto tánico de corteza de melina (*Gmelina arborea Roxb*), a tres diferentes alturas del árbol por medio de dos métodos de extracción, utilizando agua como solvente para el primer método y solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % para el segundo método. Se concluyó que en el extracto tánico había presencia de taninos ya que estos fueron analizados cualitativamente por medio de cloruro férrico y acetato de plomo, que consisten en una coloración de la solución a verde oscuro y la formación de precipitado. A su vez se obtuvo un rendimiento del extracto tánico del 53,39 % para una altura de 1,3 m, 46,87 % para 4,83 m y 29,78 % para 11,16 m, utilizando la solución acuosa de sulfito de sodio al 2 %.

En México, en 1999 en la revista *Chapingo* de serie Horticultura, 5 páginas, de la 123 a 128, se publicó un artículo científico titulado *Estructura de la semilla de aguacate y cuantificación de la grasa extraída por diferentes técnicas*.

El estudio fue realizado en el centro de investigaciones y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco. El estudio consistió en realizar la extracción de grasa en la semilla de aguacate (*Persea americana* Hass) por medio de maceración dinámica, utilizando como solvente hexano, dióxido de carbono supercrítico y etanol. Se concluyó que el rendimiento extractivo de grasa de la semilla de aguacate (*Persea americana* Hass) utilizando hexano como solvente es del 3,08 %, con dióxido de carbono un 3,07 % y con etanol un 0,79 %.

En noviembre de 1994 se llevó a cabo un estudio a nivel de tesis titulado *Determinación del conjunto de variables, apropiadas para el proceso de extracción de aceite de pulpa de aguacate con solventes, a partir de pruebas a nivel laboratorio y a nivel planta piloto*, realizado por Leo Amado Mérida Noriega. Este estudio se llevó a cabo para determinar el conjunto de variables adecuadas para un proceso de extracción con solventes. A nivel laboratorio, se llevaron a cabo dieciocho extracciones del aceite de pulpa de aguacate con solventes por medio de dos métodos: deshidratación de la pulpa de aguacate con alcohol etílico y lixiviación del aceite con n – hexano, como solventes separados. Deshidratación de la pulpa de aguacate y lixiviación del aceite de aguacate, utilizando una mezcla de alcohol etílico y n – hexano. En ambos métodos, se obtuvieron rendimientos similares.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Generalidades sobre el aguacate**

El aguacate es considerado un frutal arbustivo. Crece en zonas tropicales y actualmente se desarrollan técnicas comerciales como cultivos frutales, para su producción masiva. Dentro de las frutas que crecen en zonas tropicales y subtropicales se encuentra el banano, mango y la piña.

Los frutos pueden considerarse bayas carnosas, piriformes o globulosas. Pueden llegar a medir 20 cm de longitud y alcanzar un diámetro de 15 centímetros. En su interior se encuentra una semilla ovalada color café de aproximadamente 6 centímetros de longitud y 5 centímetros de diámetro, la cual es rodeada por una pulpa oleaginosa de color verde.

#### **2.1.1. Características macroscópicas de la semilla de aguacate**

Los vegetales tienen una serie de elementos apreciables, al ser observadas a ojo descubierto, con una lupa de mano o con microscopio óptico, ya sea que se encuentre entera o molida. Muchos de estos elementos le son propios y característicos lo cual permiten su identificación. Debido a que se estudian semillas de desecho de diferentes lugares de origen no es posible establecer la variedad a que pertenece; sin embargo, como la parte utilizada es la semilla se establecen las características macroscópicas y microscópicas de las mismas.

Se realiza teniendo en cuenta su morfología externa y sus secciones transversales y longitudinales. La morfología externa comprende:

- Tegumento: a veces formado por dos partes bien distintas: unas externas, la testa, dura y lignificada y la otra interna el tegmen, menos lignificada que la anterior.
- Reservas: las sustancias de reserva pueden estar acumuladas en el endosperma, cotiledones o en el perisperma y pueden ser: almidón, aceites, proteínas, etc.
- Embrión: posee valor relativo para la diagnosis, se toma encuentra la forma, (recto curvo); número de cotiledones tamaño y localización.

En el aguacate el pericarpio está formado de tres capas: exocarpio (cáscara), mesocarpio (pulpa) y endocarpio junto a la cubierta seminal. El endocarpio se compone de pocas capas de parénquima de células aplanadas tangencialmente que a menudo se adhieren a la testa.

Las células del parénquima, en las semillas, almacenan almidón (gránulos fundidos o agrietados en cotiledones y en el endospermo), proteínas (esferas o cuerpos pequeños e irregulares), o aceites (elaioplastos o en esferosomas). El almidón después de tinción con yodo presenta una coloración azul a violeta, en cambio, las proteínas se tiñen de color amarillo. Los lípidos se tiñen de rojo con el Sudán III y el Sudán IV y se ennegrecen con el ácido ósmico; la intensa osmiofilidad indica alto grado de instauración. Cuando hay taninos, éstos se tiñen de color amarillo, rojo o café con safranina, es típico encontrarlos en color fuerte y en gran cantidad y pueden estar localizados en células alargadas llamadas sacos de taninos. Macroscópicamente la semilla de aguacate está compuesta de tres capas correspondientes a cubierta seminal, cotiledones y eje embrionario.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> GARCÍA, Eva. *Extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla de aguacate*. p. 8.

### 2.1.2. Morfología y taxonomía del aguacate

- Familia: Lauráceas.
- Especie: *Persea americana*.
- Origen: México-Guatemala, y luego se difundió hasta las Antillas.
- Planta: árbol extremadamente vigoroso (tronco potente con ramificaciones vigorosas); puede alcanzar hasta 30 m de altura.
- Sistema radicular: bastante superficial.
- Hojas: árbol perennifolio. Hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes.
- Flores: flores perfectas en racimos subterminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir, los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y sólo el 0,1 % se transforman en fruto, por la abscisión de numerosas flores y frutitos en desarrollo.
- Fruto: baya unisemillada, oval, de superficie lisa o rugosa. El envero solo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que este se separa del árbol.
- Órganos fructíferos: ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo. El de mayor importancia es el ramo mixto.<sup>2</sup>

### 2.1.3. Composición química del aguacate

- Hidratos de carbono (8 %).
- Proteína (2 %): triptófano, alanina.

---

<sup>2</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. *Especies de aguacate*. p. 37.

- Grasas (7 %): de las cuales monoinsaturada (77 %), grasas poliinsaturadas (13 %) y grasas saturada (10 %).
- Fibra (5 %).
- Vitaminas: Riboflavina, tiamina, niacina, vitamina A. Alto contenido en piridoxina, vitamina E y falocina en los frutos.
- Aceites esenciales: Anetol (corteza), peerseitol (semilla).
- Ácidos orgánicos: ácido clorogénico (fruto), tartárico (fruto).
- Fitoesteroles (fruto).
- Flavonoides: quercetina (hojas), zeaxantina (fruto).
- Taninos (hojas).

100 gramos de aguacate aportan los siguientes valores nutricionales:

Tabla I. **Propiedades del aguacate**

Calorías	225 kcal
Proteínas	1,9 g
Hidratos de carbono	0,9 g
Grasas totales	23 g

Fuente: Natursan. *Información nutricional del aguacate*. p. 7.

Tabla II. **Valor nutricional del aguacate**

Vitaminas		Minerales	
Vitamina A	12 mg	Sodio	3 mg
Vitamina B1	0,08 mg	Fósforo	38 mg
Vitamina B2	0,15 mg	Calcio	10 mg
Vitamina B3	1,1 mg	Potasio	504 mg
Vitamina B6	0,5 mg	Magnesio	30 mg
Vitamina A	12 mg	Sodio	3 mg
Vitamina B1	0,08 mg	Fósforo	38 mg

Fuente: Natursan. *Información nutricional del aguacate*. p. 7.

#### 2.1.4. Usos del aguacate

El aguacate, por sus distintas propiedades, se puede utilizar de diversas formas. Por su sabor y textura, se puede utilizar en diferentes platillos como acompañante. Por sus beneficios medicinales, se utiliza como medicamento para combatir algunas enfermedades, ya sea preparado en industrias o por las amas de casa. También, tiene otros beneficios, por ejemplo, reparar el cabello dañado y es uno de los componentes principales de champús en marcas de alto prestigio en el mercado.

##### 2.1.4.1. Usos medicinales

- Parásitos intestinales: con las semillas machacadas y una decocción al 5 % se puede utilizar para eliminar los parásitos intestinales.
- Emenagogo: mediante la infusión con las hojas secas, favorece la menstruación y su ritmo.
- Aparato digestivo: para tratar la gastritis y los dolores de estómago, se utiliza la infusión de sus hojas secas al 10 %.
- Colesterol: el fruto del aguacate es muy rico en Omega 9, un tipo de grasa muy adecuado para evitar la formación de colesterol malo, reduciendo el riesgo de sufrir alguna enfermedad cardiovascular.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Botanical-online. *Propiedades de aguacate*. <https://www.botanical-online.com/aguacate.htm>. Consulta: 15 de noviembre de 2018.

### 2.1.5. Beneficios del aguacate

Gracias al alto contenido de vitaminas A, E y C en el aguacate, protege al consumidor de enfermedades degenerativas, del corazón y algunos tipos de cáncer, por medio de la oxidación de radicales libres. Ayuda al buen funcionamiento de los riñones y del sistema nervioso, gracias al potasio que contiene. También, posee lecitina, la cual es una sustancia que ayuda a prevenir el cáncer. Además, nutre e hidrata la piel y el cabello, protege de agresiones externas, aumenta la flexibilidad de la piel.

### 2.1.6. Variedades de aguacate

Una de las formas de clasificar el aguacate, es por el comportamiento de las flores. Las flores se abren en dos periodos bien diferenciados haciendo funcionales de forma alterna los órganos femeninos y masculinos según el periodo. Por lo cual se diferencia entre tipo A y B. En ambos casos se hace funcional la primera apertura el órgano femenino.

Tabla III. Clasificación del aguacate

	Día 1		Día 2	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Tipo A	Femenina			Masculina
Tipo B		Femenina	Masculina	

Fuente: Agromatica. *Variedades de aguacate*. <https://www.agromatica.es/variedades-de-aguacate/>. Consulta: 17 de noviembre de 2018.

Generalmente, existen 3 tipos de razas de aguacates:

- Raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*).
- Raza antillana (*Persea americana* var. *americana*).
- Raza guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*).

Cada una de estas razas, tiene características bien definidas y se describen en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Características de la raza de aguacate**

	<b>Raza mexicana</b>	<b>Raza antillana</b>	<b>Raza guatemalteca</b>
Color de yema	Verde	Verde	Violeta
Hojas con olor a anís	Sí	No	No
Floración	De enero a marzo	De febrero a marzo	De enero a abril
Resistencia al frío	Alta (hasta -7 °C)	Poca (hasta -1 °C)	Intermedia
Resistencia a salinidad	Poca	Mucha	Intermedia
Resistencia a clorosis	Poca	Mucha	Poca
Tamaño fruto	Pequeño (50-300 g)	Grande (400-1500g)	Mediano (200-500gr)
Características de la piel	Muy fina y lisa	Algo gruesa, lisa y brillante	Gruesa, leñosa y rugosa
Características de la pulpa y semilla	Semilla grande y poca pulpa	Pulpa abundante	Pulpa abundante, semilla pequeña
Forma del pedúnculo	Alargado y cilíndrico de diámetro uniforme	Cilíndrico y ensanchado	Forma troncocónica
Maduración	Fin de verano-otoño	Verano y principio de otoño	Fin de invierno y primavera
Calidad del fruto	Buena	Buena	La mejor

Fuente: Agromatica. *Variedades de aguacate*. <https://www.agromatica.es/variedades-de-aguacate/>. Consulta: 17 de noviembre de 2018.

Existen diferentes variedades de aguacate: Fuerte, Reed y Hass.

### **2.1.6.1. Variedad Fuerte**

Es de raza mexicano-guatemalteco del grupo B. Es un buen polinizador de Hass ya que da buenas producciones a este último. También, es de los más cultivados junto con el Hass, pero este es un poco más delicado en algunos aspectos. Desde luego no le hace honor al nombre. Es más sensible al frío y además se resiente con excesivo calor en la floración y el cuajado. Su maduración se da a finales de invierno. Menos productivo que el Hass, pero una calidad de fruto también muy buena.

### **2.1.6.2. Variedad Reed**

Este es puramente guatemalteco y del grupo A. Su problema: excesivo porte vertical y frutos muy pesados. Variedad tardía cuya maduración se produce durante el verano. La forma de su fruto es de las más redondeadas. Si se observa un aguacate muy redondo es muy posible que sea Reed. Su pulpa es de buena calidad con un toque de nuez al igual que el Hass.

### **2.1.6.3. Variedad Hass**

Esta es una de las variedades de aguacate prácticamente la más extendida en el mundo. Suele ser el que se compra habitualmente. De piel rugosa y verde oscura que se va tomando violácea casi negra según va alcanzando el estado de maduración (entre primavera y verano). Es de la raza guatemalteca del tipo de floración grupo A. Su pulpa es de muy buena calidad y poco fibrosa, con ligeros toques de nuez en el sabor. Al ser de la raza guatemalteca su tolerancia al frío no es muy fuerte. La razón por la que esta variedad se ha convertido en la más consumida y cultivada es su amplio periodo de recolección, su calidad y sabor, el aprovechamiento de pulpa y un gran aguante en árbol y posrecolección. En este aspecto se tiene pocos competidores.<sup>4</sup>

---

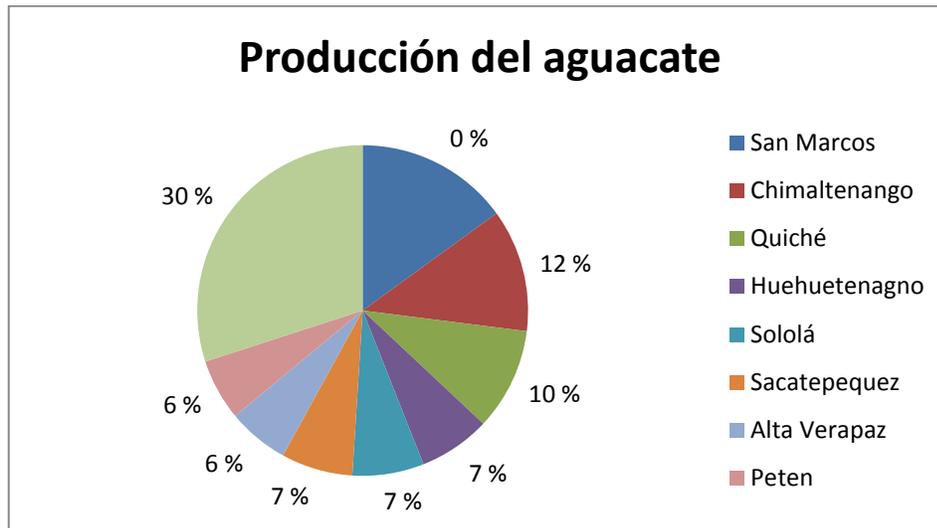
<sup>4</sup> Agromatica. *Variedades de aguacate*. <https://www.agromatica.es/variedades-de-aguacate/>. Consulta: 17 de noviembre de 2018.

### 2.1.7. Comercio del aguacate

En Guatemala, la producción del aguacate tiene una larga trayectoria. Gracias a su ubicación geográfica y microclimas con los que cuenta el país, permite que se produzca aguacate todo el año.

La producción nacional de aguacate se encuentra distribuida de la siguiente forma: San Marcos (15 %), Chimaltenango (12 %), Quiché (10 %), Huehuetenango (7 %), Sololá (7 %), Sacatepéquez (7 %), Alta Verapaz (6 %), Petén (6 %) y los demás departamentos de la República suman el (30 %) restante.<sup>5</sup>

Figura 1. Producción de aguacate en Guatemala



Fuente: Deguate. *Producción de aguacate en Guatemala*.

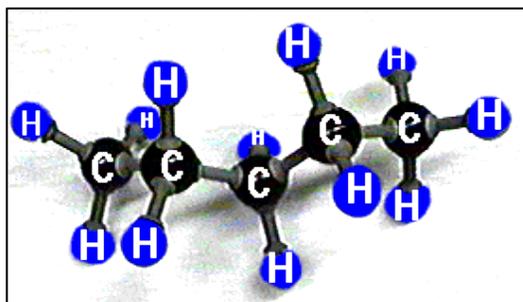
<https://www.agromatica.es/produccion-de-aguacate/>. Consulta: 20 de noviembre de 2018.

### 2.2. Lípidos

Los lípidos son biomoléculas orgánicas, que básicamente están formados por carbono e hidrógeno y comúnmente oxígeno, pero en menor proporción. En ocasiones, también, hay elementos como fósforo, nitrógeno y azufre.

<sup>5</sup> Deguate. *Producción de aguacate*. <https://www.agromatica.es/variedades-de-aguacate/>. Consulta: 17 de noviembre de 2018.

Figura 2. Estructura molecular de los lípidos



Fuente: Monografías. *Lípidos*. <https://www.monografias.com/trabajos16/lipidos/lipidos.shtml>. Consulta: 20 de noviembre de 2018.

### 2.2.1. Características generales

Los lípidos son un grupo de sustancias heterogéneas que tienen dos características en común: una es que en el agua son insolubles y la otra es que, en disolventes inorgánicos como éter, cloroformo, benceno, entre otros, son solubles.

A partir de la hidrofobicidad, se derivan sus principales propiedades biológicas de los lípidos. Gracias a que su estructura química es fundamentalmente hidrocarbonada, alifática, alicíclica o aromática, con gran cantidad de enlaces, carbono – hidrógeno y carbono – carbono, los lípidos tienen una baja solubilidad. Estos enlaces son totalmente covalentes y tienen un momento dipolar mínimo. Como el agua es una molécula muy polar y con gran facilidad para formar puentes de hidrógeno, no es capaz de interactuar con estas moléculas.

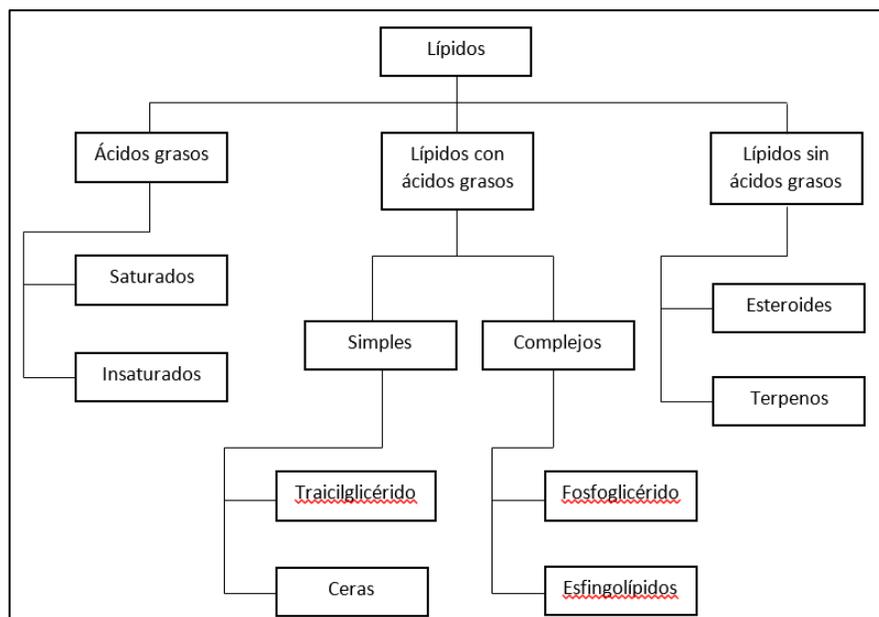
Dentro de las funciones que realizan los lípidos, se pueden encontrar:

- Función de reserva energética del organismo.
- Forman bicapas lipídicas de las membranas.
- Facilitan las reacciones químicas que se producen en los seres vivos.
- El transporte de lípidos desde el intestino de los seres vivos hasta su lugar de destino se da mediante su emulsión, gracias a los ácidos biliares y a los proteolípidos.

### 2.2.2. Clasificación

Se representa la clasificación de los lípidos, con base en su composición química, mediante el siguiente cuadro:

Figura 3. **Clasificación de los lípidos**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3. Lípidos relacionados con ácidos grasos

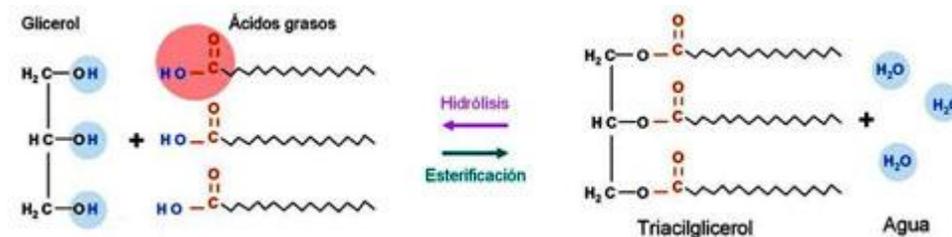
A continuación, se presentan los lípidos relacionados con los ácidos grasos.

#### 2.2.3.1. Traicilglicéridos

Pueden definirse como moléculas hidrofóbicas porque no contienen grupos polares o con carga.

Son los componentes principales de las grasas de reserva en animales y plantas. Tiene como función reservar la energía y también como aislante térmico. La mayor parte de las grasas naturales, como la mantequilla, el aceite de oliva, etc, son mezclas complejas de triacilglicéridos simples y mixtos.

Figura 4. Traicilglicéridos



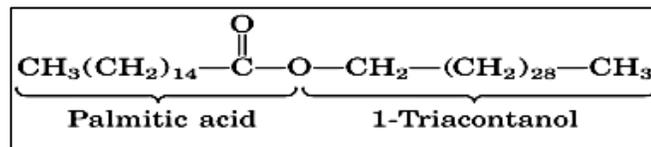
Fuente: Asturnatara. *Lípidos*. <https://www.asturnatura.com/articulos/lipidos/index.php>. Consulta: 22 de noviembre de 2018.

#### 2.2.3.2. Ceras

Tiene función protectora. Pueden definirse como ésteres de ácidos grasos y alcoholes monohidroxílicos de cadena larga. Los dos extremos de la

molécula son hidrófobos y, por lo tanto, insolubles en agua, lo que explica sus funciones protectoras y de revestimiento. Por ejemplo, las abejas utilizan las ceras para fabricar los panales de sus colmenas.

Figura 5. **Ceras**



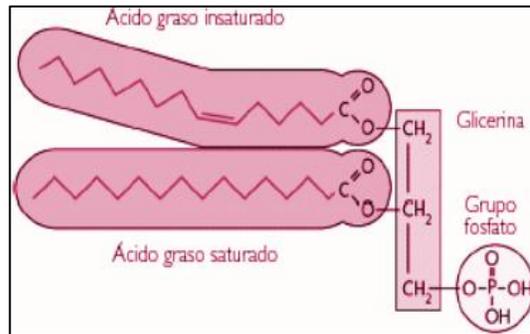
Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

### 2.2.3.3. **Fosfoglicéridos**

Son moléculas anfipáticas formadoras de membranas biológicas. Son lípidos formadores de membranas biológicas y, por tanto, poseen función estructural.

Todos los fosfoglicéridos derivan de un compuesto precursor denominado ácido fosfatídico, que es un éster de la glicerina y dos ácidos grasos en los carbonos 1 y 2 de este alcohol y ácido fosfórico en el carbono 3.

Figura 6. **Ácido fosfatidico**

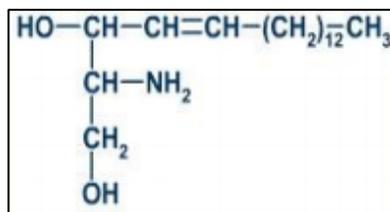


Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

#### 2.2.3.4. **Esfingolípidos**

Son también moléculas anfipáticas formadoras de membranas biológicas. Pueden definirse como lípidos de membrana que contienen en lugar de glicerina un aminoalcohol insaturado de cadena larga (18 carbonos) denominado esfingosina.

Figura 7. **Esfingosina**



Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

## **2.2.4. Lípidos no relacionados con ácidos grasos**

A continuación, se presentan los lípidos que no relacionados con los ácidos grasos.

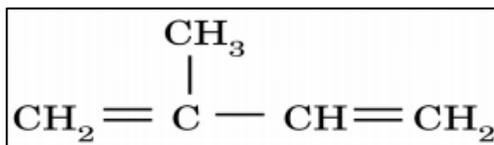
### **2.2.4.1. Terpenos**

Están formados por la unión de unidades del hidrocarburo Isopreno (2-metil-1,3 butadieno).

Los terpenos se clasifican según el número de unidades de isopreno:

- 2 unidades: monoterpenos. Son esencias vegetales como el pineno, el geraniol, el limoneno.
- 4 unidades: diterpenos. Las vitaminas A, E y K y el fitol de la molécula de clorofila.
- 6 unidades: triterpenos. Un ejemplo es el escualeno, precursor del colesterol.
- 8 unidades: tetraterpenos. Constituyen los pigmentos fotosintéticos llamados Carotenoides como la xantofila, amarillo, el caroteno, naranja o el licopeno, rojo. A partir del  $\beta$ -caroteno, que es especialmente abundante en algunos vegetales como las zanahorias, los animales pueden obtener vitamina A.
- Más de 8 unidades: politerpenos, como el caucho.

Figura 8. **Isopreno**



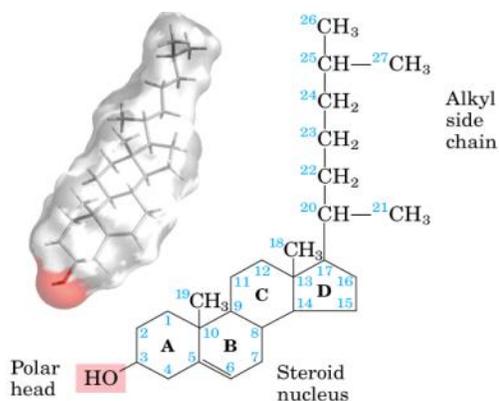
Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

### 2.2.4.2. Esteroides

Son lípidos complejos derivados del anillo tetracíclico clicopentanoperhidrofenantreno, formado por tres anillos de ciclohexano unidos de forma no lineal a un ciclopentano.

Dicha estructura puede presentar diversos grados de deshidrogenación (con aparición de dobles enlaces) y puede tener diversas cadenas laterales y grupos funcionales dando lugar a los distintos tipos de esteroides.<sup>6</sup>

Figura 9. **colesterol**



Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

<sup>6</sup> Fuente: Centro Educativo Xunta. *Lípidos*. <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/es/espazo/recursos?id=4&n=12&m=10&r=2076>. Consulta: 25 de noviembre de 2018.

## **2.3. Taninos**

Los taninos se pueden definir como compuestos polifenólicos, los cuales son muy astringentes y de sabor amargo, los cuales lo producen las plantas. Se clasifican en hidrolizables y condensados.

Los taninos son muy importantes en el mundo vegetal, ya que protegen a las plantas contra las heridas que sufren y de los ataques de agentes exteriores y que, en algunos casos, resultan ser tóxicos para los microorganismos o herbívoros, o porque estos últimos no lo pueden digerir.

### **2.3.1. Clasificación de los taninos**

La fórmula de los taninos es la siguiente:  $C_{14}H_{14}O_{11}$ .

Como se había mencionado anteriormente, los taninos se pueden clasificar en dos categorías, basándose en su vía de biosíntesis y sus propiedades químicas. Estos son los taninos condensados y los taninos hidrolizables.

#### **2.3.1.1. Taninos condensados**

Los taninos condensados son derivados de unidades de flavan-3,4-dioles (leucoantocianidinas o proantocianidinas monómeras), conocidos actualmente también como proantocianidinas condensadas. Al ser tratados con ácidos en caliente se origina una polimerización progresiva hasta dar taninos amorfos llamados flobafenos o taninos rojos. Dan coloración verde con el  $FeCl_3$ . Precipitan con soluciones de bromo. Ejemplos de este tipo de taninos se encuentran en la corteza de mimosa (*Acacia mollissima willd*), en la madera de

quebracho (*Schinopsis lorenzii*), en la corteza de mangle (*Rhizophora mangle*), en las hojas de lentisco (*Pistacia lentiscus*), en la madera de castaño (*Castanea sativa*), entre otros. Los taninos condensados presentes en leguminosas tropicales se encuentran en tres formas principales: extractables (reactivos con proteína), ligados a proteínas y ligados a fibra. Existen leguminosas donde todos los taninos son extractables (*Acacia boliviana*) y en otras donde todos son ligados (*Gliricidia sepium*).

### **2.3.1.2. Taninos hidrolizables**

Son ésteres fácilmente hidrolizables formados por una molécula de azúcar (en general glucosa) unida a un número variable de moléculas de ácidos fenólicos (ácido gálico o su dímero, el ácido elágico). Son comunes de observar en plantas dicotiledóneas. Cuando se destilan en seco producen pirogalol. Dan coloración azul con el FeCl<sub>2</sub>. No precipitan con soluciones de bromo. Sus núcleos bencénicos están unidos por medio de átomos de oxígeno. Se hidrolizan con facilidad por la acción de los ácidos, bases o enzimas, en un azúcar, un polialcohol y un ácido fenolcarboxílico. Dependiendo del tipo de ácido que produce por la reacción se subdividen en galotaninos (ácido gálico) y elagitaninos (ácido elágico). (Determinación del contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina, madeleine walleska equité de león, 2004).

### **2.3.2. Propiedades de los taninos**

Se pueden encontrar los taninos en una gran variedad de árboles, por ejemplo, las agallas de roble y la corteza de zumaque de donde es mejor su obtención. También, se puede utilizar las hojas del aliso, nogal, frambueso,

fresal y zarza; frutos y hojas del arándano; sumidades de agrimonia; raíz de tormentila, bistorta y pimpinela, entre otros.

Una de las principales propiedades que proporcionan los taninos son las siguientes:

- Curación de heridas y cuidado de la piel
- Tratamiento para las hemorroides
- Curación de úlceras de la boca
- Tratamiento para la garganta irritada
- Cuidado de la piel
- Detención de la diarrea
- Antioxidantes
- Antibacterianos
- Antídoto contra los venenos
- Reduce el colesterol

### **2.3.3. Usos industriales de taninos**

Además de sus propiedades medicinales, los taninos son utilizados en la industria para el curtido de la piel, industrial alimenticia tanto en la comida como en las bebidas, un ejemplo de ello es el vino, en la industria de la pintura, tintes, entre otras. A continuación, se mencionan alguna de sus aplicaciones:

- Fabricación de tintas
- Curtido de pieles
- Industria textil
- Originan el sabor astringente a los vinos tintos, té, café o al cacao
- Limpiar vinos y cervezas

- Clarear vinos y cervezas

#### **2.3.4. Obtención de taninos**

Con fines industriales, los taninos se obtienen de la corteza de diversos árboles, entre los cuales se encuentran los géneros *Quercus*, *Castanea* o *Pinaceae*. Dentro de los pináceas, el género *Tsuga* es el más utilizado y las especies que más se emplean en América es el *Tsuga canadensis*, *Tsuga heterophylla*, *Pinus radiata*, entre otros. En Europa la picea común es la más utilizada.

Para extraer los taninos, se utiliza una mezcla de agua y alcohol, o simplemente agua. Después, para obtener el producto final, se decanta y evapora a baja temperatura.

#### **2.3.5. Identificación cualitativa de taninos**

Por medio de un análisis cualitativo se revela cuales son las características de un fenómeno que se está estudiando. El análisis cualitativo, por tanto, se centra en las cualidades del objeto de estudio y en la calidad de las mismas; en cuanto a taninos estos reaccionan a diferentes compuestos: el cloruro férrico y soluciones de bromo, que como resultado una coloración y una precipitación respectivamente.

##### **2.3.5.1. Reacción al cloruro férrico**

La prueba del cloruro férrico se utiliza para determinar si hay presencia de fenoles en determinada muestra. También, puede dar resultados positivos con los enoles.

Los taninos, como se ha mencionado anteriormente, son esteres fácilmente hidrolizables, formados generalmente por una molécula de glucosa y al agregarle unas gotas de una solución de cloruro férrico, se da una reacción coloreada, en la cual se tornará de color verde cuando son taninos condensados o color azul para los taninos hidrolizables.

#### **2.3.5.2. Reacción al acetato de plomo**

Es un método de análisis cualitativo que se le realizará a los extractos tánicos identificándolos por medio de la formación de un precipitado en la muestra.

#### **2.4. Lixiviación**

Se define lixiviación a un proceso mediante el cual, se extraen uno o varios solutos de un sólido, mediante un disolvente líquido. Ambos componentes entran en contacto e interaccionan, hasta que los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce la separación de los componentes originales del sólido. Se puede aplicar en varias ramas de la ingeniería, y tiene mucha importancia, por ejemplo, en la metalurgia, ya que se utiliza mayormente en la extracción de metales: oro, plata y cobre.

Figura 10. **Extracción de aceites**



Fuente: Alibaba. *Lixiviación para extracción de aceites.*

<https://es.slideshare.net/ArKhAm360/lixiviacion-aceite-de-linaza>.

Consulta: 2 de diciembre de 2018.

#### **2.4.1. Factores que influyen en la extracción de los aceites**

La extracción sólida – líquido, es una operación unitaria, la cual, mediante un solvente adecuado, se pueden separar uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido, con las siguientes operaciones:

- Cambio de fase del soluto.
- Difusión del soluto por medio de un solvente.
- Transferencia del soluto desde las inmediaciones de la interface sólido – líquido, hasta la masa principal de solvente.

Considerando todas estas operaciones, existen factores que pueden alterar la velocidad de extracción y se describen a continuación.

#### **2.4.1.1. Tamaño de partícula**

Entre más pequeña sea la partícula del sólido, mayor es la superficie interfacial, por lo tanto, más corta es la longitud de los poros y mayor es la velocidad de transferencia. Cabe mencionar que, si las partículas son excesivamente pequeñas, pueda ser que se apelmacen dificultando la extracción.

#### **2.4.1.2. Tipo de solvente**

Se recomienda utilizar un solvente con baja viscosidad y este debe de ser lo más selectivo posible.

#### **2.4.1.3. Temperatura**

Para que se logre aumentar los coeficientes de transferencia de materia, es necesario aumentar la temperatura y así favorecer la solubilidad. Para determinar los límites se considera la calidad del producto, costos y seguridad con respecto al solvente que se esté utilizando.

#### **2.4.1.4. Agitación**

Gracias a la agitación del solvente – soluto, se transfiere de mejor manera por el aumento de coeficiente de transferencia de materia en la interface sólido – líquido. También, se evita la sedimentación y apelmazamiento de las partículas sólidas.

## **2.4.2. Aplicaciones de la lixiviación**

La lixiviación se divide según las ciencias en donde se aplique, entre las cuales están:

### **2.4.2.1. Química**

Como se ha mencionado anteriormente, en química, la lixiviación consiste en extraer uno o varios solutos de un sólido mediante un solvente líquido.

### **2.4.2.2. Ecología**

La lixiviación también es aplicable en la ecología ya que indica el desplazamiento de los desechos y excrementos hacia los ríos y mares.

### **2.4.2.3. Geología**

En geología se entiende lixiviación al proceso de lavado de un estrato de terreno o capa geológica de agua.

### **2.4.2.4. Arquitectura**

Es utilizada para los sistemas de riego, cuando este se hace con un alto contenido salino, para evitar la acumulación de dichas sales en el terreno, lo que podría ser dañino para las plantas.

#### **2.4.2.5. Metalurgia extractiva**

Se usa en la metalurgia para trabajar los minerales principalmente oxidados.

#### **2.4.2.6. Biolixiviación**

Es cuando en la lixiviación se utiliza microorganismos que hacen la función de catalizadores. Se utiliza en la recuperación de metales como cobre, plata, oro y demás metales.

### **2.4.3. Metodología de preparación del sólido**

Para tener una extracción exitosa, se debe de preparar adecuadamente el sólido, es decir la semilla del aguacate. A continuación, se describen los pasos a seguir.

#### **2.4.3.1. Lavado**

Se lava la semilla del aguacate con agua, eliminando todo rastro de pulpa o impurezas que pueda tener dicha semilla.

#### **2.4.3.2. Secado**

El proceso de secado se realiza mediante un equipo de secado de flujo transversal, en el cual se coloca la semilla del aguacate, deshidratándola totalmente.

#### **2.4.3.3. Descascarado**

Inmediatamente después del secado, se descascará la semilla del aguacate, obteniendo únicamente su interior.

#### **2.4.3.4. Molienda**

Por último, se muele la semilla por medio de un molino de cuchillas para alimentos, con el fin de agilizar el proceso de lixiviación.

### **2.5. Cromatografía de gases aplicada a espectrometría de masas**

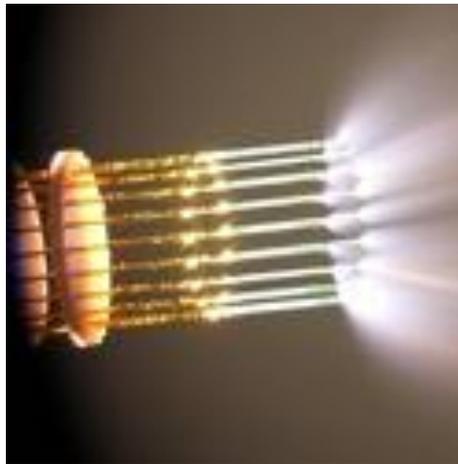
Para separar mezclas muy complejas, existen técnicas como la cromatografía de gases. Cuando ya están separados, detectados y cuantificados todos los componentes individuales de una muestra, solo se cuenta con el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos. Este dato no es suficiente para identificar con certeza cada componente, sobre todo cuando se está analizando muestras con un número alto de componentes.

Es allí cuando entra la espectrometría de masas, ya que puede identificar de manera exacta cualquier sustancia pura, pero generalmente no es capaz de identificar componentes individuales de una mezcla sin separar sus componentes previamente, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

Por lo tanto, surge la asociación de las dos técnicas, la cual se denomina GC-MS, por sus siglas en inglés, GC (Gas Chromatography) y MS (Mass

Spectrometry), la cual permite la separación e identificación de mezclas complejas.

Figura 11. **Técnica GC-MS**



Fuente: Scai. *Técnica GC-MS*. <https://www.uco.es/servicios/scai/unidades/analisis/masas.htm>.

Consulta: 5 de diciembre de 2018.



### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Para el desarrollo de la investigación es necesaria la definición de las variables, dependientes e independientes, y las características de cada una para el rendimiento de las fracciones extractables en el presente trabajo de investigación.

Tabla V. Variables presentes durante la experimentación

Variable	Unidad de dimensión	Factor potencial de diseño	
		Fija	variable
Masa inicial	g	X	
Tamaño de partícula	µm	X	
Volumen	ml	X	
Relación sólido-solvente	1:10	X	
Concentración de solvente	%	X	
Temperatura de secado	°C	X	
Temperatura de lixiviación	°C	X	
Tiempo de secado	h	X	
Tiempo de lixiviación	h	X	
Velocidad de agitación	rpm	X	
Rendimiento	%		X
Especie de aguacate	Ea		X
Tipo de extracto	Ex		X
Composición química	%		X
Masa final	g		X

Fuente: elaboración propia.

Se estableció un tiempo óptimo de extracción de 6 horas.

### **3.2. Delimitación de campo de estudio**

- Campo de estudio: extracciones, operaciones unitarias.
- Área: extracción de fracción lipídica y extracto tánico.
- Proyecto: evaluación del rendimiento de las fracciones extractables de tres especies de semilla de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte): fracción lipídica y extracto tánico, con el fin de dar un valor agregado a la semilla de aguacate ya que en la mayoría de casos es descartada como desecho.
- Ubicación: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, LIEXVE, Sección Química Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Investigador: Br. Carlos Enrique Samayoa Mazariegos.
- Asesor: Ingeniero Químico Mario José Mérida Meré.
- Jefe del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Asesora: Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales.
- Profesora, investigadora titular IX del Centro de investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

La experimentación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE) de la Sección Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para la extracción de la fracción lipídica y para el extracto tánico.

El análisis cualitativo colorimétrico del extracto tánico se realizó en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

La determinación del perfil de ácidos grasos relacionados a la fracción lipídica se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala.

#### **3.4.1. Materia prima**

Semilla de tres especies de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Fuerte y *Persea americana* Reed).

#### **3.4.2. Reactivos**

- Hexano grado analítico

- Sulfito de sodio grado analítico
- Éter etílico grado analítico
- Agua desmineralizada
- Cloruro férrico al 10 %
- Solución de permanganato de potasio 0.1N
- Solución de gelatina al 1 % (m/v)
- Solución de gelatina-sal (1 % gelatina y cloruro de sodio al 10%)
- Indicador índigo de carmín

### **3.4.3. Equipo y cristalería**

- Balanza analítica marca Boeco, voltaje: 8-14 V
- Balanza de humedad eléctrica marca Ohaus, voltaje: 150 V
- Plancha de calentamiento marca Corning, voltaje 120 V
- Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal
- Bomba de vacío marca Gast, voltaje 115 V
- Embudo de buchner
- Rotaevaporador marca Buchi, voltaje: 300 V
- Cromatógrafo de gases con acoplamiento a espectrometría de masas
- Papel filtro de vacío
- Molino marca Sanbar
- Maquina tamizadora eléctrica marca Wstyler, voltaje 250 V
- Cronometro
- Beackers
- Earlenmeyer
- Kitasato
- Balón de fondo plano
- Tubos de ensayo

- Micro pipetas
- Viales 250 mL
- Viales 2 mL
- Condensador de bolas
- Buretas graduadas
- Perlas de ebullición
- Secador eléctrico marca Vwr

#### **3.4.4. Equipo de protección personal**

- Botas de laboratorio
- Bata de laboratorio
- Mascarilla química
- Filtros de gases orgánicos
- Filtros de gases ácidos
- Guantes de neopreno
- Guantes de látex
- Lentes de protección

#### **3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

Las técnicas a nivel laboratorio para la realización de la investigación están conformadas por: reducción de tamaño de partícula, porcentaje de humedad, tiempo óptimo de extracción, método de extracción: lixiviación por maceración dinámica con reflujo, extracción y evaluación del rendimiento, perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica, técnicas colorimétricas, para la fracción lipídica y extracto tánico obtenido respectivamente.

### **3.5.1. Técnicas cuantitativas**

Las técnicas cuantitativas fueron utilizadas para determinar el rendimiento de las fracciones extractables de la semilla de tres especies de aguacate.

#### **3.5.1.1. Reducción del tamaño de partícula**

Por medio de un molino manual se logró reducir el tamaño de la materia prima seleccionada, en este caso la semilla de las tres especies de aguacate se reducirá el tamaño de partícula en un rango de 0,425 mm – 0,25 mm (tamiz no. 40 – tamiz no. 60). Con la ayuda de una maquina tamizadora se logró filtrar el tamaño que se ha seleccionado.

#### **3.5.1.2. Disminución del contenido de humedad**

Al obtener la materia prima se procedió a disminuir la cantidad de humedad que posee la semilla de aguacate, esto se realizó por medio de un secador de flujo transversal el cual hará pasar un flujo de aire caliente a 65 °C que evaporará el agua en la semilla, obteniendo al final del secado un peso constante que indica que el secado llegó a su fin logrando secar lo máximo posible de la semilla con un contenido de humedad menor al 5 %.

#### **3.5.1.3. Determinación del contenido de humedad**

Al obtenerse la materia prima seca se procedió a determinar el contenido de humedad al final del proceso de secado, utilizando la balanza de humedad, colocando dentro de ella 0,5 g de la materia prima durante 10 min a 100 °C en el cual la balanza determinó el contenido inicial y final de humedad en cada semilla.

#### **3.5.1.4. Tiempo óptimo de extracción**

El tiempo óptimo de extracción se determinó por medio de realizar extracciones a diferentes tiempos con la ayuda de equipo soxhlet; estos tiempos fueron de 2, 4 y 6 horas para luego proceder a evaporar el solvente dejando solo la fracción lipídica para verificar el rendimiento a dichas horas; por lo tanto, estableciendo 6 horas como tiempo óptimo para cada extracción de la fracción lipídica.

#### **3.5.1.5. Extracción de la fracción lipídica por maceración dinámica con reflujo**

Se preparó la semilla de la especie a utilizar, primero se homogeneizó la cantidad a utilizar, se retiró por medio de lavado todos los residuos de la pulpa de aguacate adheridos a la semilla; se retiró la epidermis externa que recubre la semilla; se redujo el tamaño de la materia prima utilizando un molino manual; se clasificó la semilla molida según el tamiz a convenir, en este caso en un tamiz no. 50, se descartan los finos, se secó la semilla y se verificó la humedad de la materia prima.

- Se utilizó una relación semilla solvente 1:10 (m/m) por lo que la cantidad de materia seleccionada y la cantidad de solvente cumplieron con esta relación.
- Se colocó esta muestra en un balón de fondo plano, se colocará un agitador magnético dentro del balón.
- Se colocó el balón en una plancha de calentamiento con el condensador con reflujo.

- Se ajustó la velocidad de agitación y la temperatura de ebullición de cada solvente (hexano y éter etílico).
- Al cumplir con el tiempo óptimo de extracción, se apagó la plancha de calentamiento (6 horas).
- Se filtró al vacío con un papel filtro. Se debe obtener una solución de extracto libre de sólidos.
- Se evaporó en el rotaevaporador la solución para quitar el solvente utilizado en cada extracción (hexano y éter etílico).
- Filtrar de nuevo con el fin de eliminar cualquier impureza y recuperar las fracciones extractables en un vial.
- Se pesó el recuperado y se determinó el porcentaje de rendimiento respecto a la masa de materia prima inicial de la cual se extrajo dicha fracción lipídica.

#### **3.5.1.6. Extracción del extracto tánico**

Se utilizó una relación 1:10 de material vegetal/solvente de extracción (m/m) para las semillas de las 3 especies de aguacate.

- Se colocó 20g de semilla de aguacate molida en un beacker de 600 mL con un agitador magnético y se agregó 200 mL de sulfito de sodio al 2 %.
- Se colocó el beacker en una plancha de calentamiento en la cual se mantuvo la temperatura a no más de 70 °C con agitación por 45 min.

- Luego de los 45 min se preparó el sistema de filtración al vacío, conformado por una bomba de vacío, un kitasato y un embudo buchner.
- Se procedió a filtrar por medio del sistema de filtración al vacío.
- La solución obtenida luego del filtrado se transfirió a beakers de 200 mL.
- Al obtener las 9 soluciones con el extracto, se procedió a llevar los beacker al horno electro con sistema de vacío a una temperatura no mayor a 70 °C con el fin evaporar todo el contenido de agua hasta total sequedad.
- Luego de obtener el recuperado totalmente seco, se procedió a pesar el recuperado para determinar el rendimiento respecto a la materia prima inicial.

#### **3.5.1.7. Porcentaje de rendimiento**

- Instrumentos
  - Vial
  - Balanza analítica
- Procedimiento
  - Pesar el recuperado para cada extracción
  - Tarar el vial en el que se depositara el recuperado
  - Tarar el vial con la fracción lipídica o extracto tánico obtenido

- Cálculo

Para determinar el porcentaje de rendimiento de cada extracción se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% Re = \frac{mav - mv}{mo} * 100 \% \quad [Ec. 1]$$

Donde:

- %Re = porcentaje de rendimiento (%)
- mav = masa aceite-vial (g)
- mv = masa vial (g)
- mo = masa inicial de la materia prima en la extracción (g)

#### **3.5.1.8. Método volumétrico tara en vaina para la determinación del porcentaje de taninos en el extracto**

- Se colocó 1 g del extracto total seco en un earlenmeyer de 500 mL y se disolvió con 100 mL de agua destilada.
- Se transfirió la solución a un balón de fondo plano y se colocó a reflujo por 4 horas.
- En otro earlenmeyer se colocó 12,5 mL de solución líquida tánica, se agregó 10 mL de indicador índigo de carmín y se adiciono 375 mL de agua destilada.

- Se tituló con permanganato de potasio 0,1 N, hasta visualizar un color amarillo en la solución.
- Se preparó un blanco de agua adicionando todos los reactivos en las mismas proporciones y se tituló sin la muestra.
- Se calculó el porcentaje de taninos en el extracto por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{Taninos} = \left[ \frac{0.1N(mlo-mlb) \cdot (Pfg/\#e/1eq) \cdot (1eq/1000meq)}{gmuestra} \right] \cdot 100$$

Donde:

- mlo = mililitros de permanganato de potasio
- mlb = mililitros del blanco
- Pfg = peso formula de taninos
- #e = número de electrones intercambiados (2e)
- gmuestra = 20 000 mg utilizados para la extracción de la solución tánica

En el punto de equivalencia los miliequivalentes de la titulación entre el permanganato de potasio y la solución tánica son iguales, por lo tanto:

$$1 \text{ meq } \text{KMnO}_4 = 1 \text{ meq de tanino}$$

$$0,1N (mlo-mlb) = (4,2 \text{ g tanino}/1\ 000) \cdot (\#e/Pfg) \cdot (1\ 000 \text{ meq}/1eq) \cdot (12,5 \text{ ml}/100 \text{ mL})$$

$$Pfg = (4,2 \text{ g tanino} \cdot 2e \cdot 12,5 \text{ mL}) / 0,1 N(mlo-mlb) \cdot 100 \text{ mL}$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$\% \text{Taninos} = \left[ \frac{[(m_{lo} - m_{lb}) * 4.2 \text{mg/ml KMnO}_4]}{\text{mg extracto}} \right] * 100 \quad [\text{Ec. 2}]$$

### **3.5.2. Técnicas cualitativas**

Las técnicas cualitativas fueron utilizadas para determinar la presencia y el tipo de tanino presente en la semilla de las tres especies de aguacate.

#### **3.5.2.1. Pruebas colorimétricas, identificación de taninos**

- Se pesó 0,1 g de extracto y se disolvió con 5 mL de etanol o metanol.
- Se filtró y evaporó a sequedad.
- Se añadió 10 mL de agua caliente al residuo y se filtró de nuevo.
- Se agregó 0,5 mL de solución de cloruro de sodio al 10 % y se filtró.
- Se dividió el filtrado en 4 tubos de ensayo.
  - Tubo 1: tubo testigo.
  - Tubo 2: se agregó 4 a 5 gotas de solución de gelatina al 1 % (m/v).
  - Tubo 3: se agregó 4 a 5 gotas de solución de gelatina-sal (1 % gelatina y cloruro de sodio al 10 %).
  - Tubo 4: se agregó 3 a 4 gotas de solución de cloruro férrico al 1-% (m/v).

- Se observó la formación de precipitado y/o cambio de coloración.

### **3.5.2.2. Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)**

La cromatografía de gaseosa consiste en inyectar dentro del espectrómetro una cantidad igual a 0,1  $\mu\text{L}$  de la fracción lipídica obtenida. En este método se produce la identificación de los compuestos presentes en la fracción lipídica por medio de iones que comparan su peso molecular con el del patrón utilizado, y luego se grafica en un cromatograma. Cada pico del cromatograma representa un tiempo de retención en el que se le asigna un área porcentual con un nivel de confianza que indica la probabilidad de presencia de un determinado componente en la muestra, para luego identificarlo y nombrarlo según la librería contenida en el programa.

#### **3.5.2.2.1. Derivatización**

Es el proceso que se realiza antes de proceder a la cromatografía gaseosa; consiste en modificar químicamente un compuesto para producir un derivado con nuevas propiedades que faciliten o permitan su análisis. Mejora la volatilidad, estabilidad térmica y la detección del analito.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

La población de estudio del presente trabajo es el rendimiento de extracción de las fracciones extractables, un análisis cromatógrafico y análisis colorimétrico. A continuación, se detalla la recolección y ordenamiento de los datos a obtener en la experimentación.

Tabla VI. **Humedad inicial de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>% de humedad (%)</b>
Hass	1	0,5	0,3773	32,49
	2	0,5	0,3667	36,35
	3	0,5	0,3659	36,64
Fuerte	1	0,5	0,3497	42,96
	2	0,5	0,3582	39,56
	3	0,5	0,3478	43,74
Reed	1	0,5	0,3746	33,45
	2	0,5	0,3776	32,39
	3	0,5	0,3843	30,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Humedad final de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>% de humedad (%)</b>
Hass	1	0,5	0,4927	1,48
	2	0,5	0,4936	1,29
	3	0,5	0,4934	1,32
Fuerte	1	0,5	0,4922	1,58
	2	0,5	0,4896	2,12
	3	0,5	0,4907	1,89
Reed	1	0,5	0,4933	1,35
	2	0,5	0,4907	1,89
	3	0,5	0,4914	1,75

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Tiempo óptimo de extracción de la fracción lipídica**

<b>Solvente</b>	<b>Variedad</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Hexano	Reed	2	1,89
		2	1,73
		2	2,02
Hexano	Reed	4	2,717
		4	2,318
		4	2,816
Hexano	Reed	6	2,835
		6	2,915
		6	2,824

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>
Hass	1	30	0,5578	1,859
	2	30	0,5472	1,824
	3	30	0,5811	1,937
Fuerte	1	30	0,9355	3,118
	2	30	0,9224	3,074
	3	30	0,8982	2,994
Reed	1	30	0,6842	2,281
	2	30	0,649	2,163
	3	30	0,6785	2,262

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>
Hass	1	30	0,5233	1,744
	2	30	0,5823	1,941
	3	30	0,5508	1,836
Fuerte	1	30	0,8961	2,987
	2	30	0,8119	2,706
	3	30	0,8558	2,853
Reed	1	30	0,722	2,44
	2	30	0,6932	2,311
	3	30	0,7404	2,468

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Determinación del rendimiento del extracto tánico de las tres especies de aguacate utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m)**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>
Hass	1	20	7,9581	39,7905
	2	20	7,7861	38,9305
	3	20	8,2156	41,0780
Fuerte	1	20	7,2130	36,0650
	2	20	6,8533	34,2665
	3	20	7,1614	35,8070
Reed	1	20	8,8098	44,0490
	2	20	8,6975	43,4875
	3	20	8,5854	42,9270

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Determinación del porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>mL gastados (mL)</b>	<b>mL del blanco (mL)</b>	<b>% de taninos (%)</b>
Hass	1	19,5	4	1,6360
	2	19,8	4	1,7045
	3	20,4	4	1,6768
Fuerte	1	20,4	4	1,9098
	2	19,5	4	1,8998
	3	19,9	4	1,8649
Reed	1	21,1	4	1,6304
	2	22,4	4	1,7770
	3	21,1	4	1,6711

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass), solvente: Hexano**

<b>Núm.</b>	<b>T<sub>R</sub> (min)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Ácido graso</b>
1	32,39	39,386	Trans-Linoleico
2	35,22	21,526	Linoleico
3	29,50	10,715	Oleico
4	55,65	8,22	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	7,72	Palmítico
6	26,55	5,05	Trans-Oleico
7	43,56	2,86	Linolénico
8	20,42	1,17	Palmitoleico
9	21,67	0,9	Margárico
10	40,83	0,6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte), solvente: Hexano**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,32	29,225	Trans-Linoleico
2	35,19	24,877	Linoleico
3	29,48	12,648	Oleico
4	55,63	10,308	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	8,49	Palmítico
6	26,54	5,02	Trans-Oleico
7	43,54	3,83	Linolénico
8	21,67	2,35	Margárico
9	20,42	1,13	Palmitoleico
10	40,84	0,7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (*Persea americana* Reed), solvente: Hexano**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,39	38,816	Trans-Linoleico
2	35,22	21,550	Linoleico
3	29,49	10,619	Oleico
4	55,65	8,80	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	7,76	Palmítico
6	26,54	5,02	Trans-Oleico
7	43,54	3,10	Linolénico
8	20,42	1,17	Palmitoleico
9	21,67	0,9	Margárico
10	40,84	0,6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,32	23,760	Trans-Linoleico
2	18,29	15,594	Palmítico
3	35,18	14,457	Linoleico
4	29,48	13,298	Oleico
5	55,62	8,66	Cis-11,14-Eicosadienoico
6	13,76	7,80	Mirístico
7	26,53	5,81	Trans-Oleico
8	43,53	2,87	Linolénico
9	20,41	1,81	Palmitoleico
10	21,66	1,32	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,37	35,723	Trans-Linoleico
2	35,22	21,286	Linoleico
3	29,49	11,144	Oleico
4	55,65	10,092	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	6,56	Palmítico
6	26,54	5,82	Trans-Oleico
7	43,54	3,67	Linolénico
8	21,67	2,14	Margárico
9	20,42	1,26	Palmitoleico
10	40,83	0,7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (Persea americana Reed), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,35	37,035	Trans-Linoleico
2	35,19	21,039	Linoleico
3	29,48	10,354	Oleico
4	55,61	8,34	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	7,74	Palmitico
6	26,53	4,74	Trans-Oleico
7	43,53	3,05	Linolénico
8	11,23	1,93	Láurico
9	20,41	1,26	Palmitoleico
10	21,66	0,9	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico**

Especie	Corrida	Solución gelatina 1 % (p/v)	Solución gelatina-sal 1 % (p/v)	cloruro férrico 10 % (p/v)	Tipo de tanino
Hass	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Fuerte	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Reed	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol

Fuente: elaboración propia.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación, se muestran las tablas que serán utilizadas para el control y recolección de datos en las distintas etapas del proyecto.

Tabla XX. **Humedad inicial de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>% humedad inicial (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hass	1	32,49	35,16 %	1,89 %
	2	36,35		
	3	36,64		
Fuerte	1	42,96	42,08 %	1,81 %
	2	39,56		
	3	43,74		
Reed	1	33,45	31,97 %	1,40 %
	2	32,39		
	3	30,09		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Humedad final de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>% humedad final (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hass	1	1,48	1,33 %	0,11 %
	2	1,29		
	3	1,32		
Fuerte	1	1,58	1,86 %	0,22 %
	2	2,12		
	3	1,89		
Reed	1	1,35	1,66 %	0,23 %
	2	1,89		
	3	1,75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Tiempo óptimo de extracción de la fracción lipídica**

<b>Solvente</b>	<b>Variedad</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hexano	Reed	2	1,89	1,88 %	0,11 %
			1,73		
			2,02		
Hexano	Reed	4	2,717	2,617 %	0,21 %
			2,318		
			2,816		
Hexano	Reed	6	2,835	2,858 %	0,04 %
			2,915		
			2,824		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hass	1	1,859	1,87 %	0,04 %
	2	1,824		
	3	1,937		
Fuerte	1	3,118	3,06 %	0,05 %
	2	3,074		
	3	2,994		
Reed	1	2,281	2,23 %	0,05 %
	2	2,163		
	3	2,262		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Determinación del rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hass	1	1,744	1,84 %	0,08 %
	2	1,941		
	3	1,836		
Fuerte	1	2,987	2,85 %	0,11 %
	2	2,706		
	3	2,853		
Reed	1	2,44	2,41 %	0,06 %
	2	2,311		
	3	2,468		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Determinación del rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate utilizando solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % (m/m)**

<b>Especie</b>	<b>Corrida</b>	<b>% de rendimiento (%)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>
Hass	1	39,7905	39,93 %	0,88 %
	2	38,9305		
	3	41,0780		
Fuerte	1	36,0650	35,38 %	0,79 %
	2	34,2665		
	3	35,8070		
Reed	1	44,0490	43,48 %	0,45 %
	2	43,4875		
	3	42,9270		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Determinación del porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate**

Especie	Corrida	% de taninos (%)	$\bar{x}$	$\sigma$
Hass	1	1,6360	1,67 %	0,02 %
	2	1,7045		
	3	1,6768		
Fuerte	1	1,9098	1,89 %	0,02 %
	2	1,8998		
	3	1,8649		
Reed	1	1,6304	1,69 %	0,06 %
	2	1,7770		
	3	1,6711		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass), solvente: Hexano**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,39	39,386	Trans-Linoleico
2	35,22	21,526	Linoleico
3	29,50	10,715	Oleico
4	55,65	8,22	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	7,72	Palmítico
6	26,55	5,05	Trans-Oleico
7	43,56	2,86	Linolénico
8	20,42	1,17	Palmitoleico
9	21,67	0,9	Margárico
10	40,83	0,6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte), solvente: Hexano**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32.32	29.225	Trans-Linoleico
2	35.19	24.877	Linoleico
3	29.48	12.648	Oleico
4	55.63	10.308	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18.29	8.49	Palmítico
6	26.54	5.02	Trans-Oleico
7	43.54	3.83	Linolénico
8	21.67	2.35	Margárico
9	20.42	1.13	Palmitoleico
10	40.84	0.7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (*Persea americana* Reed), solvente: Hexano**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32.39	38.816	Trans-Linoleico
2	35.22	21.550	Linoleico
3	29.49	10.619	Oleico
4	55.65	8.80	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18.29	7.76	Palmítico
6	26.54	5.02	Trans-Oleico
7	43.54	3.10	Linolénico
8	20.42	1.17	Palmitoleico
9	21.67	0.9	Margárico
10	40.84	0.6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,32	23,760	Trans-Linoleico
2	18,29	15,594	Palmítico
3	35,18	14,457	Linoleico
4	29,48	13,298	Oleico
5	55,62	8,66	Cis-11,14-Eicosadienoico
6	13,76	7,80	Mirístico
7	26,53	5,81	Trans-Oleico
8	43,53	2,87	Linolénico
9	20,41	1,81	Palmitoleico
10	21,66	1,32	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,37	35,723	Trans-Linoleico
2	35,22	21,286	Linoleico
3	29,49	11,144	Oleico
4	55,65	10,092	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	6,56	Palmítico
6	26,54	5,82	Trans-Oleico
7	43,54	3,67	Linolénico
8	21,67	2,14	Margárico
9	20,42	1,26	Palmitoleico
10	40,83	0,7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (Persea americana Reed), solvente: éter etílico**

Núm.	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Ácido graso
1	32,35	37,035	Trans-Linoleico
2	35,19	21,039	Linoleico
3	29,48	10,354	Oleico
4	55,61	8,34	Cis-11,14-Eicosadienoico
5	18,29	7,74	Palmítico
6	26,53	4,74	Trans-Oleico
7	43,53	3,05	Linolénico
8	11,23	1,93	Láurico
9	20,41	1,26	Palmitoleico
10	21,66	0,9	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico**

Especie	Corrida	Solución gelatina 1 % (m/v)	Solución gelatina-sal 1% (m/v)	cloruro férrico 10 % (m/v)	Tipo de tanino
Hass	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Fuerte	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Reed	1	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	2	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
	3	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Análisis estadístico

A continuación, se describe el análisis estadístico.

#### 3.8.1. Análisis de varianza Anova

En estadística, análisis de varianza Anova es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados. El análisis de varianza se utiliza para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos.

El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente es un método utilizado para comparar dos o más medias usadas en la obtención de datos. El análisis de varianza de un factor permite aceptar o rechazar una hipótesis acerca de un conjunto de poblaciones.

Tabla XXXIV. **Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de 3 especies de aguacate utilizando hexano como solvente**

<i>Persea americana</i> Hass (%)	<i>Persea americana</i> Fuerte (%)	<i>Persea americana</i> Reed (%)
1,859	3,118	2,281
1,824	3,074	2,163
1,937	2,994	2,262

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando hexano como solvente**

Origen variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,41043233	2	0,70521617	146,057	0,00102493	9,552
Dentro de los grupos	0,014485	3	0,00482833			
Total	1,42491733	5				

Fuente: elaboración propia.

Dado que  $F > F_{\text{crítica}}$  y que la  $P < \alpha$  se concluye que existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida utilizando la semilla de tres especies de aguacate, usando como solvente hexano.

Tabla XXXVI. **Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de 3 especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente**

<i>Persea americana</i> Hass (%)	<i>Persea americana</i> Fuerte (%)	<i>Persea americana</i> Reed (%)
1,744	2,987	2,44
1,941	2,706	2,311
1,836	2,853	2,468

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando éter etílico como solvente**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,797988	2	0,398994	41,79187	0,00644952	9,552094
Dentro de los grupos	0,0286415	3	0,00954717			
Total	0,8266295	5				

Fuente: elaboración propia.

Dado que  $F > F_{\text{crítica}}$  y que la  $P < \alpha$  se concluye que existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la fracción lipídica obtenida utilizando la semilla de tres especies de aguacate, usando como solvente éter etílico.

Tabla XXXVIII. **Datos utilizados para el análisis estadístico de porcentaje de rendimiento del extracto tánico de la semilla de 3 especies de aguacate**

<i>Persea americana</i> Hass (%)	<i>Persea americana</i> Fuerte (%)	<i>Persea americana</i> Reed (%)
39,7905	36,0650	44,0490
38,9305	34,2665	43,4875
41,0780	35,807	42,927

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Análisis de varianza del porcentaje de rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	99,11627	2	49,55813	61,21796	0,0001019	5,143252
Dentro de los grupos	4,857215	6	0,809535			
Total	103,9734	8				

Fuente: elaboración propia.



## 4. RESULTADOS

Tabla XL. **Rendimiento de extracción de la fracción lipídica de la semilla de tres especies de aguacate utilizando dos solventes**

<b>Método</b>	<b>Solvente</b>	<b>Especie</b>	<b>Porcentaje de rendimiento (%)</b>
Maceración dinámica con reflujo	Hexano	Hass	1,87 %
		Fuerte	3,06 %
		Reed	2,23 %
	Éter etílico	Hass	1,84 %
		Fuerte	2,85 %
		Reed	2,41 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Rendimiento del extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate utilizando como solvente solución de sulfito de sodio al 2 %**

<b>Método</b>	<b>Solvente</b>	<b>Especie</b>	<b>Porcentaje de rendimiento (%)</b>
Maceración dinámica	Solución de sulfito de sodio al 2 %	Hass	39,93 %
		Fuerte	35,38 %
		Reed	43,48 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Porcentaje de taninos en el extracto tánico de la semilla de tres especies de aguacate**

<b>Método</b>	<b>Titulante</b>	<b>Especie</b>	<b>Porcentaje de rendimiento (%)</b>
Titulación Volumétrica	Permanganato De Potasio	Hass	1,67 %
		Fuerte	1,89 %
		Reed	1,69 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass)**

<b>Solvente</b>	<b>Núm.</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Ácido graso</b>
Hexano	1	39,386	Trans-Linoleico
	2	21,526	Linoleico
	3	10,715	Oleico
	4	8,22	Cis-11,14-Eicosadienoico
	5	7,72	Palmítico
	6	5,05	Trans-Oleico
	7	2,86	Linolénico
	8	1,17	Palmitoleico
	9	0,9	Margárico
	10	0,6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte)**

<b>Solvente</b>	<b>Núm.</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Ácido graso</b>
Hexano	1	29,225	Trans-Linoleico
	2	24,877	Linoleico
	3	12,648	Oleico
	4	10,308	Cis-11,14-Eicosadienoico
	5	8,49	Palmítico
	6	5,02	Trans-Oleico
	7	3,83	Linolénico
	8	2,35	Margárico
	9	1,13	Palmitoleico
	10	0,7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (*Persea americana* Reed)**

<b>Solvente</b>	<b>Núm.</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Ácido graso</b>
Hexano	1	38,816	Trans-Linoleico
	2	21,550	Linoleico
	3	10,619	Oleico
	4	8,80	Cis-11,14-Eicosadienoico
	5	7,76	Palmítico
	6	5,02	Trans-Oleico
	7	3,10	Linolénico
	8	1,17	Palmitoleico
	9	0,9	Margárico
	10	0,6	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass (*Persea americana* Hass)**

Solvente	Núm.	Área (%)	Ácido graso
Éter etílico	1	23,760	Trans-Linoleico
	2	15,594	Palmítico
	3	14,457	Linoleico
	4	13,298	Oleico
	5	8,66	Cis-11,14-Eicosadienoico
	6	7,80	Mirístico
	7	5,81	Trans-Oleico
	8	2,87	Linolénico
	9	1,81	Palmitoleico
	10	1,32	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte (*Persea americana* Fuerte)**

Solvente	Núm.	Área (%)	Ácido graso
Éter etílico	1	35,723	Trans-Linoleico
	2	21,286	Linoleico
	3	11,144	Oleico
	4	10,092	Cis-11,14-Eicosadienoico
	5	6,56	Palmítico
	6	5,82	Trans-Oleico
	7	3,67	Linolénico
	8	2,14	Margárico
	9	1,26	Palmitoleico
	10	0,7	Araquídico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed (Persea americana Reed), solvente: éter etílico**

Solvente	Núm.	Área (%)	Ácido graso
Éter etílico	1	37,035	Trans-Linoleico
	2	21,039	Linoleico
	3	10,354	Oleico
	4	8,34	Cis-11,14-Eicosadienoico
	5	7,74	Palmítico
	6	4,74	Trans-Oleico
	7	3,05	Linolénico
	8	1,93	Láurico
	9	1,26	Palmitoleico
	10	0,9	Margárico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Pruebas cualitativas colorimétricas del extracto tánico**

Especie	Solución gelatina 1 % (m/v)	Solución gelatina-sal 1 % (m/v)	cloruro férrico 10 % (m/v)	Tipo de tanino
Hass	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Fuerte	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol
Reed	Positivo	Positivo	Positivo	Catecol

Fuente: elaboración propia.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente trabajo de graduación se llevó a cabo la evaluación del rendimiento de las fracciones extractables de la semilla de tres especies de aguacate; *Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte; fracción lipídica y extracto tánico, obtenido por medio del método de maceración dinámica con reflujo y utilizando hexano, éter etílico y solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % como solventes, a nivel laboratorio.

La materia prima se extrajo de cada especie de aguacate cortando el aguacate a la mitad y extrayendo la semilla. Ya que la semilla de aguacate cuenta con un contenido de humedad alto y esto interviene en el rendimiento de las extracciones; se sometió a un proceso de secado en un secador de bandejas de flujo transversal hasta lograr un contenido de humedad menor al 5 %.

Se preparó la materia prima para lograr la mayor eficiencia posible de las extracciones, esto consistió en deshumidificar, moler y tamizar las semillas de aguacate. Se tomaron 3 muestras aleatorias de la semilla de cada especie de aguacate con el fin de medir el contenido de humedad inicial presente en cada una obteniendo en promedio un 35,16 %, 42,08 % y 31,97 % para la especie Hass, Fuerte y Reed respectivamente, según la tabla XX, dado que los taninos a una temperatura mayor a 70 °C pueden empezarse a degradar, el secado de la semilla se llevó a cabo a una temperatura de 65 °C. De la misma manera que el contenido de humedad inicial, se tomaron 3 muestras de la semilla de cada especie luego del proceso de secado con el fin de medir el contenido de

humedad final siendo estos de 1,33 %, 1,86 % y 1,66 % para la especie Hass, Fuerte y Reed respectivamente, según la tabla XXI.

Luego se procedió a reducir el tamaño de partícula por medio de un molino de tornillo sin fin con disco reductor hasta obtener un tamaño entre 0,425 mm – 0,25 mm. Las partículas obtenidas se hicieron pasar a través de un arreglo de tamices de mesh 20 hasta 100 del sistema ASTM. Logrando una mayor retención de la materia prima en el tamiz no. 50 (0.297mm).

Para determinar el tiempo óptimo de extracción se realizó extracciones a 2, 4 y 6 horas con el equipo soxhlet el cual consiste en colocar cierta cantidad de materia prima dentro de un dedal y colocar el dedal dentro del equipo a reflujo y colocarlo sobre una plancha de calentamiento a temperatura de ebullición del solvente; de esta manera, se realiza la técnica de agotamiento de arrastre de vapor ya que esta tiene una mayor eficiencia de extracción, obteniendo el mayor rendimiento extractivo en 6 horas con un rendimiento del 2,85 %, según la tabla XXII.

Luego de obtener un tamaño de partícula simétrico y el tiempo óptimo de extracción, se procedió a realizar la extracción de la fracción lipídica y la medición del rendimiento de los extractos obtenidos con los dos solventes utilizados y con una relación materia prima/solvente de 1:10. Se realizaron un total de 3 repeticiones con la semilla de 3 especies de aguacate con dos solventes diferentes para un total de 18 tratamientos y con el fin de no interferir en los resultados y conseguir una aleatoriedad estadística; el orden de las extracciones se realizó al azar determinados por el programa Excel.

La fracción lipídica obtenida por el método de maceración dinámica con reflujo consiste en colocar cierta cantidad de materia prima en un balón de

fondo plano junto al solvente utilizado en una relación 1:10; luego, se coloca un condensador de bolas y se coloca todo el equipo sobre una plancha de calentamiento a temperatura de ebullición del solvente obteniendo así resultados de rendimiento de 1,87 %, 3,06 % y 2,23 % para la especie Hass, Fuerte y Reed respectivamente, utilizando hexano como solvente, según la tabla XL; mientras que los rendimientos obtenidos con éter etílico son de 1,84 %, 2,85 % y 2,41 % para la especie Hass, Fuerte y Reed respectivamente, según la tabla XL; dado el alto precio del éter etílico frente al hexano y observando que las diferencias de rendimiento entre solvente son mínimas se concluye que no es viable económicamente la extracción por éter etílico a su vez que es un componente muy volátil que durante la experimentación obligó a tener todo el laboratorio sumamente ventilado para no llenar las demás áreas de trabajo con el solvente ya que al concentrar las soluciones con éter etílico el recuperado era mínimo ya que la mayoría del componente se evaporaba.

Al realizar el análisis de varianza de un factor para el porcentaje de rendimiento utilizando hexano como solvente, se observa que el valor de F es mayor al valor crítico de F y que la confiabilidad es mayor que la probabilidad; esto indica un rechazo de la hipótesis nula y, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa que indica que sí existe diferencia significativa en el rendimiento de las fracciones extractables en función de la semilla de la especie de aguacate utilizado. Por otro lado, para la extracción con éter etílico tiene como resultado un valor de F mayor que el valor crítico de F y una confiabilidad mayor que la probabilidad; indica que, al igual con el hexano, sí existe diferencia significativa según la semilla de la especie de aguacate utilizada para la extracción, esto según las tablas XXXV y XXXVII.

Luego de realizar las extracciones de la fracción lipídica se procedió a realizar la extracción del extracto tánico obtenido por el método de maceración

dinámica el cual consistió en colocar la materia prima en un beacker junto a la solución acuosa de sulfito de sodio al 2 %, en una proporción 1:10, sobre una plancha de calentamiento a 65 °C durante 45 min para luego filtrar la solución y llevarla al equipo de evaporación al vacío para llevar el extracto a sequedad; se obtiene resultados de rendimiento de 39,93 %, 35,38 % y 43,48 % para las especies Hass, Fuerte y Reed respectivamente, según la tabla XLI.

A su vez se cuantificó la cantidad de taninos presentes en cada extracto tánico por medio del método volumétrico de tara en vaina el cual consiste en una titulación con permanganato de potasio 0.1N, utilizando como indicador índigo de carmín, hasta obtener un color amarillo en la solución dando como resultado un contenido de 1,67 %, 1,89 % y 1,69 % de taninos presentes en la especie Hass, Fuerte y Reed, respectivamente, según la tabla XLII.

Después de realizar la cuantificación de taninos presentes en el extracto tánico, se procedió a realizar el respectivo análisis de varianza en el cual se obtuvo valores de F mayor a F crítica y de confiabilidad mayor a la probabilidad; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa que indica que sí existe una diferencia significativa en el rendimiento del extracto tánico en función de la semilla de la especie de aguacate utilizada.

Posterior a los análisis cuantitativos, se procedió a realizar los análisis cualitativos que consisten en el perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de las 3 especies de aguacate y pruebas colorimétricas que reafirmen la presencia de los taninos en los extractos tánicos.

Para realizar el perfil de ácidos se tomaron 3 muestras para la extracción con solvente hexano y 3 muestras con solvente éter etílico con el fin de verificar si la composición química de la fracción lipídica varía en función del solvente

utilizado obteniendo de esta manera en la mayor cantidad el ácido graso trans-linoleico con un tiempo de retención en promedio de 32,33 min con una proporción de 39,38 %, 29,22 % y 38,816 % para las especies Hass, Fuerte y Reed respectivamente, utilizando hexano como solvente; mientras que con éter etílico como solvente se obtuvieron resultados de 23,76 %, 35,72 % y 37,03 % para la especie Hass, Fuerte y Reed, respectivamente.

El segundo ácido graso es el linoleico con un tiempo de retención en promedio de 35,24 min con una proporción de 21,53 %, 24,87 % y 21,55 % para las especies Hass, Fuerte y Reed, respectivamente, utilizando hexano como solvente, mientras que con éter etílico como solvente; se obtuvieron resultados de 21,28 % y 21,04 % para la especie Fuerte y Reed, respectivamente, con la excepción de la especie Hass que tiene como segundo ácido graso presente el ácido palmítico con un tiempo de retención de 18,29 y una proporción de 15,594 %.

El tercer ácido graso es el oleico con un tiempo de retención en promedio de 29,5 min con una proporción de 10,71 %, 12,64 % y 10,61 % para las especies Hass, Fuerte y Reed, respectivamente, utilizando hexano como solvente; mientras que con éter etílico como solvente se obtuvieron resultados de 11,14 % y 10,35 % para la especie Fuerte y Reed, respectivamente, al igual que en la especie Hass el tercer ácido graso presente es el Linoleico con un tiempo de retención de 35,18 min y una proporción de 14,45 %; estos 3 ácidos grasos son los de mayor proporción y mayor importancia dentro de los lípidos donde se pueden ver los demás componentes en las tablas XLIII, XLIV, XLV, XLVI, XLVII y XLVIII.

Por último, se realizó la prueba colorimétrica a los extractos tánicos para comprobar la presencia de estos en los extractos, esto se realizó con las 9

extracciones en las que consistía diluir cierta cantidad del extracto en 4 tubos de ensayo; uno de ellos es un tubo testigo, otro con una solución de gelatina; otro con solución de gelatina-sal y, por último, un tubo con cloruro férrico al agregar dichos reactivos a cada tubo de ensayo se espera encontrar precipitaciones o coloraciones en cada tubo lo cual indicaría un resultado positivo de presencia de taninos; mientras que con la reacción de cloruro férrico no solo indicaría la presencia de taninos si no que a su vez indicaría el tipo de tanino presente, obteniendo precipitaciones y coloración en los tubos de ensayo que indicaría resultados positivos para todas las pruebas y dando una coloración negra que indica el tipo de tanino Catecol, según tabla XLIX.

## CONCLUSIONES

1. La fracción lipídica presentó un rendimiento mayor en la especie *Persea americana* Fuerte siendo este del 3,06 % y el de menor rendimiento se obtuvo en la especie *Persea americana* Hass con un rendimiento del 1,87 %, utilizando hexano como solvente.
2. Al utilizar éter etílico como solvente extractor, para la fracción lipídica, se obtuvo el mayor rendimiento en la especie *Persea americana* Fuerte con un 2,85 % y el de menor rendimiento se obtuvo de la especie *Persea americana* Hass con un 1,84 %.
3. El mayor rendimiento del extracto tánico se obtuvo de la especie *Persea americana* Reed con un 43,48 % y el de menor rendimiento se obtuvo de la especie *Persea americana* Fuerte con un 35,38 %, utilizando una solución acuosa de sulfito de sodio al 2 % como solvente.
4. Los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de la semilla de las 3 especies aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Fuerte y *Persea americana* Reed), son: trans-linoleico, linoleico, oleico y cis-11,14-eicosadienoico
5. Se presentó una coloración grisácea utilizando cloruro férrico al 10 % y una formación de precipitado al utilizar gelatina al 1 % y gelatina-sal al 10 %, indicando la presencia de taninos en el extracto tánico.



## RECOMENDACIONES

1. Llevar acabo el procedimiento de obtención de la fracción lipídica a nivel planta piloto con el fin de comparar el rendimiento con el obtenido a nivel laboratorio.
2. Llevar acabo la metodología experimental de la obtención del extracto tánico a nivel planta piloto con el fin de comparar el rendimiento con el obtenido a nivel laboratorio.
3. Realizar un procedimiento experimental en el cual se aplique el extracto tánico obtenido de la semilla de las especies de aguacate en un proceso de curtido de piel.
4. Utilizar un solvente menos volátil y más viable económicamente en vez del éter etílico.
5. Evaluar extracciones a diferentes concentraciones del sulfito de sodio para evaluar el rendimiento del extracto tánico y el contenido de taninos en el mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AKÚ RAMÍREZ, Ingrid Liliana. *Evaluación del contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, mangle colorado (Rhizophora mangle) y pino blanco (Pinus ayacahuite), por medio de dos métodos de extracción.* Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 233 p.
2. DE LEÓN BARRIENTOS, Iván Eduardo. *Caracterización fisicoquímica y evaluación del rendimiento de aceite fijo de cacao criollo (Theobroma cacao L.) a escala laboratorio utilizando los métodos de maceración estática y maceración dinámica con reflujo.* Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2016. 117 p.
3. DORADEA CRUZ, Jorge Antonio. *Evaluación del rendimiento y calidad del aceite fijo de pulpa de aguacate (Persea americana Hass) obtenido por expresión en frío en función del proceso de secado.* Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 219 p.
4. EQUITÉ DE LEÓN, Madeleine Walleska. *Determinación del contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina (Gmelina aborea Roxb.), utilizando dos métodos de extracción a nivel laboratorio.* Trabajo de graduación de Ingeniería Química.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 221 p.

5. ESPINAL CORRALES, Natalia Cristina. *Extracción y caracterización fisicoquímica del contenido tánico en la corteza de cinco especies forestales procedentes del departamento de Petén, aprovechando el subproducto de la industria de aserradero*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 127 p.
6. GARCIA RAMIREZ, Eva Isabel. *Extracción y caracterización fisicoquímica de la fracción colorante de la semilla del aguacate (Persea americana Miller) a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 117 p.
7. *Información nutricional del aguacate*. [en línea]. <<http://www.natursan.net/informacion-nutricional-aguacate/>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
8. *Lípidos*. [en línea]. <<http://centros.edu.xunta.es/iesastelleiras/depart/bioxeo/pres2b/plipid.pdf>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
9. *Los triacilglicéridos*. [en línea]. <<https://www.asturnatura.com/articulos/lipidos/triacilglicericidos.php>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
10. MARROQUÍN GONZÁLEZ, Adela María. *Obtención del extracto tánico por maceración dinámica de la corteza de árboles jóvenes de cuatro especies forestales, a nivel laboratorio*. Trabajo de

graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2016. 149 p.

11. *Producción de aguacate en Guatemala*. [en línea]. <<http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-aguacate-en-guatemala.shtml#.WP-OGPmGPcc>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
12. *Unidad de espectrometría de masas*. [en línea]. <<http://www.scai.uma.es/servicios/aqcm/ems/ems.html>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
13. *Usos del aguacate*. [en línea]. <<http://www.botanical-online.com/aguacate-propiedades.htm>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
14. VALDEZ VALENCIA, Alfredo Fernando. *Lípidos*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos16/lipidos/lipidos.shtml>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].
15. *Variedades de aguacate*. [en línea]. <<http://www.agromatica.es/variedadesdeaguacate/>>. [Consulta: 24 de abril de 2017].



## APÉNDICES

Apéndice 1. **Presupuesto para adquisición de las las tres especies de aguacate (*Persea americana* Hass, *Persea americana* Reed, *Persea americana* Fuerte)**

Descripción	Cantidad	monto unitario	Subtotal
Viáticos	4	Q. 100,00	Q. 400,00
Combustible	3	Q. 300,00	Q. 900,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Costos de reactivos a utilizar para extracciones.**

Reactivo	Costo (Q)	Cantidad a utilizar aproximadamente	Cantidad total (Q)
Hexano	160/galón	3 galón	Q 480
Sulfito de sodio	35/kg	1 kg	Q 35
Éter etílico	1 000/galón	2 galón	Q 2 000
Cloruro férrico	15/onza	2 onza	Q 30
Agua destilada	Q 4/galón	25 galones	Q 100
Gelatina	Q 20/onza	1 onza	Q 20
Cloruro de sodio	Q 50/onza	1 onza	Q 50

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 3. Presupuesto de extracción de las fracciones extractables**

	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>monto unitario</b>	<b>Subtotal</b>
Extracción a escala laboratorio	Extracción por maceración dinámica con reflujo.	115 h	Q. 250	Q. 28,750

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 4. Presupuesto de equipo y cristalería**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>monto unitario</b>	<b>Subtotal</b>
Recipientes platicos	6	Q. 30,00	Q. 180,00
Frascos ámbar	27	Q. 3,50	Q. 95,00
Probetas 1000 mL	2	Q. 100,00	Q. 200,00
Tubos de ensayo	36	Q 3,00	Q 108,00
Beaker 1000 mL	6	Q.150,00	Q. 900,00
Balón fondo redondo 1000 mL	2	Q. 350,00	Q. 700,00
Embudo Buchner	1	Q. 420,00	Q. 420,00
Papel filtro pliego	4	Q. 2,00	Q. 8,00
Condensador con reflujo	2	Q. 700,00	Q. 1,400,00
Kitasato 250 mL	2	Q. 350,00	Q. 700,00
Plancha de calentamiento magnetica	1	Q 2,000,00	Q 2,000,00
Cromatografía gaseosa con acoplamiento a espectrometría de masas (CG-EM)	6	Q 718,00	Q 4 308,00

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 5. Presupuesto de finalización de informe final y otros recursos**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>monto unitario</b>	<b>Subtotal</b>
Impresión	5	Q. 100,00	Q. 500,00
Encuadernación	5	Q. 50,00	Q. 250,00
Energía eléctrica	1 500 kW/h	Q. 1.80	Q. 2 700,00
Lentes de protección	1	Q. 25,00	Q. 25,00
Guantes de látex	1 caja	Q. 65,00	Q. 65,00
Mascarilla	1	Q. 40,00	Q. 40,00
Bata de laboratorio	1	Q. 200,00	Q. 200,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Presupuesto total**

Descripción	Subtotal
Materia prima	Q 1 300
Reactivos	Q 2 715
Extracción	Q 28 750
Equipo y cristalería	Q 11 019
Informe final	Q 3 780
Total de presupuesto	Q 47 564

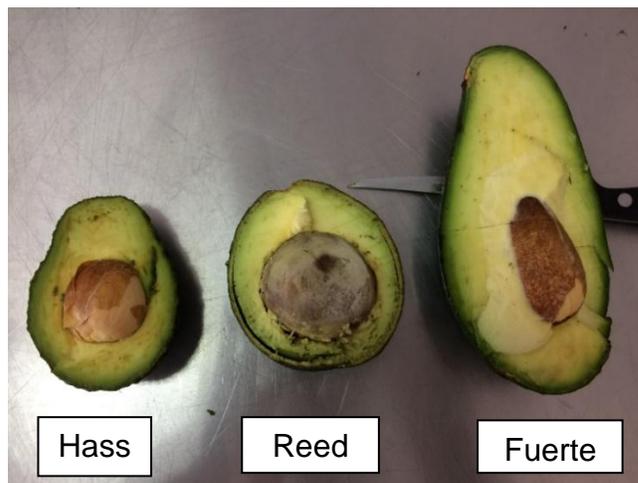
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Cronograma de actividades**

Descripción de actividades	Agosto 2017				Febrero 2018				Marzo 2018				Septiembre 2018			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Obtención de materia prima y equipos	■	■	■	■												
Pruebas preliminares			■	■												
Extracción de fracción lipídica					■	■										
Extracto tánico							■	■								
Análisis cuantitativo									■	■	■	■				
Análisis cualitativo											■	■				
Ordenamiento y tabulación de datos													■			
Análisis de resultados y estadísticos														■	■	
Informe de resultados y redacción de reporte final																■

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Semilla de las 3 especies de aguacate (*Persea americana* Hass, Reed y Fuerte)**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Molienda de las semillas de 3 especies de aguacate con molino manual tipo tornillo sin fin con discos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Determinación de la humedad inicial y final de la semilla de aguacate en balanza de humedad electrónica marca Ohaus**



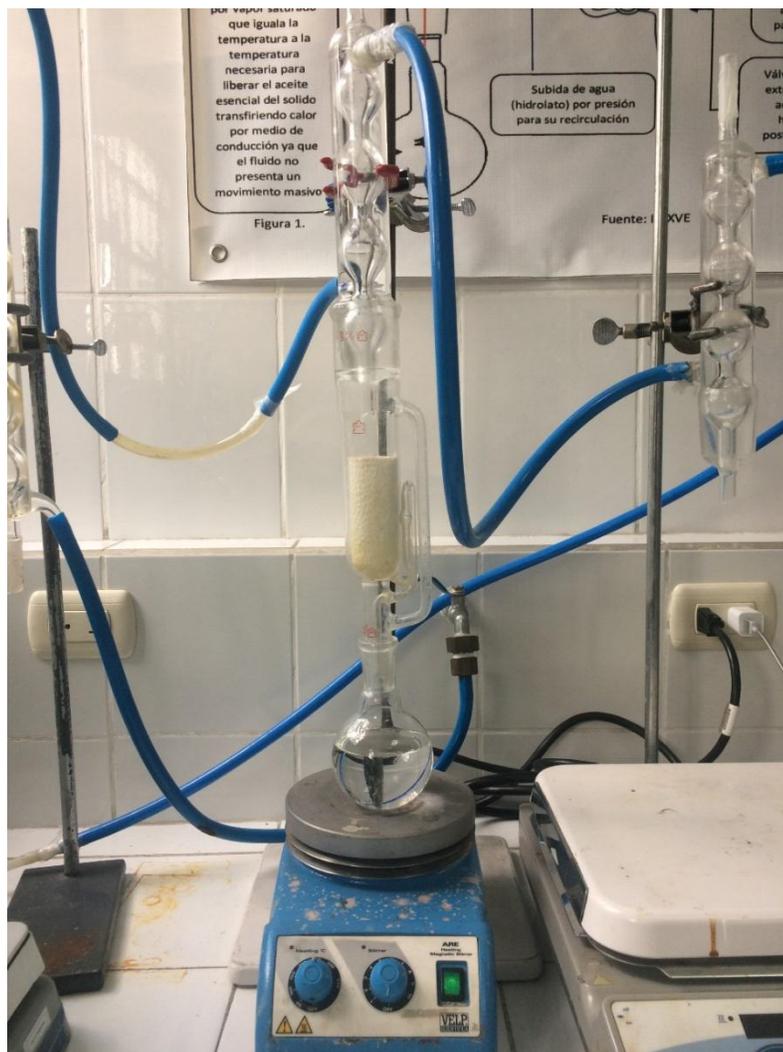
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Arreglo de 7 tamices (malla núm. 40-60) en tamizadora automática marca Wstyler**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Equipo Soxhlet para la determinación del tiempo óptimo de extracción de la fracción lipídica**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Maceración dinámica con reflujo para la extracción de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Equipo de filtración al vacío para extracto tánico y fracción lipídica**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Rotaevaporador utilizado para la concentración de la fracción lipídica de las tres especies de aguacate**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Maceración dinámica para la obtención del extracto tánico de las tres especies de aguacate**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. **Secador eléctrico al vacío para la concentración del extracto tánico**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. **Pruebas colorimétricas del extracto tánico**



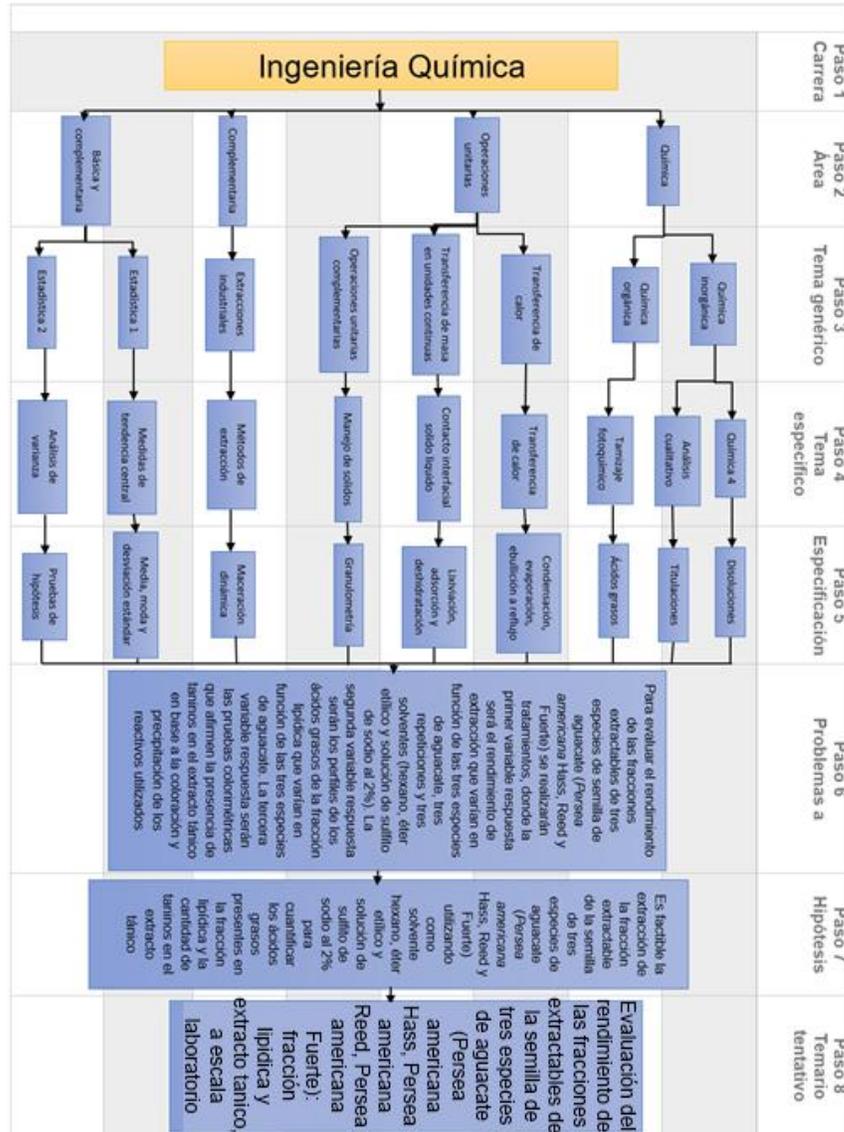
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Titulación del extracto tánico reconstituido para cuantificación de taninos**



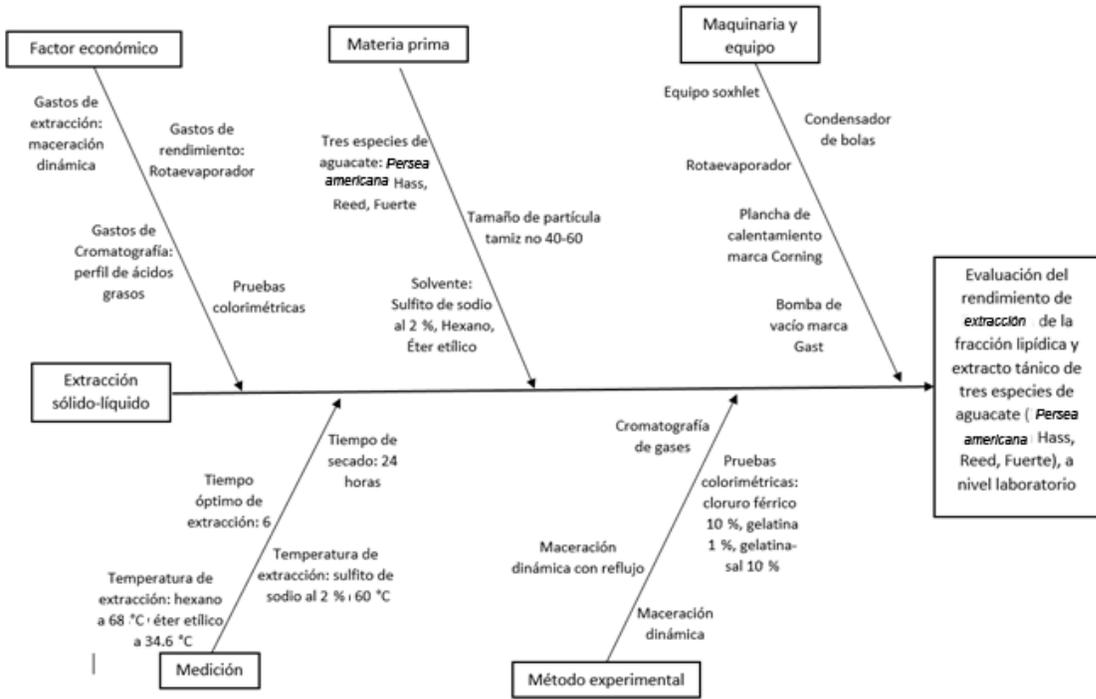
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 20. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

# ANEXOS

## Anexo 1. Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOTECNOLÓGICAS

HC-89-0945-2018

Página 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0945-2018  
ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)

### DATOS GENERALES

#### Datos del Cliente

Nombre: Carlos Enrique Samayoa Mazariegos  
Dirección: 5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2

#### Identificación y Descripción de la Muestra

Semilla de aguacate (persa americana Reed) Solvente de extracción Éter etílico  
Semisólido de color café pardo opáco

Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd) 2018/01/29	Código de muestra del Laboratorio 0165180129Q
Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd) 2018/02/06	No. de Cromatograma asociado 0165180129Q.D

### MÉTODO DE ENSAYO

Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

### RESULTADOS

ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.61	0.1
Caprílico (C8:0)	9.04	0.2
Cáprico (C10:0)	9.83	0.2
Undecanoico (C11:0)	10.43	0.2
Láurico (C12:0)	11.23	1.93
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.3
Mirístico (C14:0)	13.76	0.9
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.69	0.2
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmitico (C16:0)	18.29	7.74
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.41	1.26
Margarico (C17:0)	21.66	0.9
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Esteárico (C18:0)	26.38	0.7
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.53	4.74
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.48	10.354
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.35	37.035
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.19	21.039
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.11	Trazas
Araquídico (C20:0)	40.81	0.6
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	-	No detectado
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.53	3.05
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	45.88	0.3

HC-89/10

Continuación del anexo 1.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0945-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	$t_R$ (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heptacosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.61	8.34
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	-	No detectado
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	-	No detectado
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	-	No detectado
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1:  $t_R$  (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención ( $t_R$ ) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCS Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORIAS	TOTAL (%)
ACIDOS GRASOS SATURADOS	13.814
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	16.618
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	69.568
ACIDOS GRASOS TRANS	41.875*
ACIDOS GRASOS OMEGA 3	3.05
ACIDOS GRASOS OMEGA 6	29.380

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCS, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.53,27.29, 27.47, 28.42, 32.35, 33.78, 34.21 y 34.28 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 13/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Coordinador Servicios Química  
Instituto de Investigaciones Químicas,  
Biológicas, Biomédicas y Biofísicas  
Dra. Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membretado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 , • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iqbbb.umg.edu.gt/> / e-mail: [i2qb3@umg.edu.gt](mailto:i2qb3@umg.edu.gt)

Fuente: Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://i2qb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2018.

Anexo 2. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass utilizando éter etílico como solvente**



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS

HC-89-0946-2018

Página 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0946-2018**  
**ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)**

DATOS GENERALES	
<b>Datos del Cliente</b>	
Nombre:	Carlos Enrique Samayoa Mazariegos
Dirección:	5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2
<b>Identificación y Descripción de la Muestra</b>	
Semilla de aguacate (persa americana Hass) Solvente de extracción Éter etílico Semisólido de color café pardo opaco	
<b>Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>Código de muestra del Laboratorio</b>
2018/01/29	0166180129Q
<b>Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>No. de Cromatograma asociado</b>
2018/02/06	0166180129Q.D

**MÉTODO DE ENSAYO**  
Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.64	0.4
Caprílico (C8:0)	9.06	0.2
Cáprico (C10:0)	9.81	0.2
Undecanoico (C11:0)	10.42	0.3
Láurico (C12:0)	11.23	1.01
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.4
Mirístico (C14:0)	13.76	7.80
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.69	0.2
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmitico (C16:0)	18.29	15.594
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.41	1.81
Margárico (C17:0)	21.66	1.32
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Estearico (C18:0)	26.30	0.4
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.53	5.81
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.48	13.298
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.32	23.760
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.18	14.457
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.11	Trazas
Araquídico (C20:0)	40.82	0.4
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	-	No detectado
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.53	2.87
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	45.98	0.2

HC-89/10

Continuación del anexo 2.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0946-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heneicosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.62	8.66
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	-	No detectado
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	-	No detectado
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	-	No detectado
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1: t<sub>R</sub> (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención (t<sub>R</sub>) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCS Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORÍAS	TOTAL (%)
ÁCIDOS GRASOS SATURADOS	28.084
ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	21.169
ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	50.747
ÁCIDOS GRASOS TRANS	29.574*
ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3	2.87
ÁCIDOS GRASOS OMEGA 6	24.114

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCS, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.53, 27.30, 27.47, 28.43, 32.32, y 34.22 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 13/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Dra. Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membreado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 , • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iiqbbb.umg.edu.gt/> e-mail: [iiqb3@umg.edu.gt](mailto:iiqb3@umg.edu.gt)

Fuente: : Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez.. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://iiqb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2019.

Anexo 3. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte utilizando éter etílico como solvente**



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0947-2018

Página 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0947-2018**  
**ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)**

DATOS GENERALES	
<b>Datos del Cliente</b>	
Nombre:	Carlos Enrique Samayoa Mazariegos
Dirección:	5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2
<b>Identificación y Descripción de la Muestra</b>	
Semilla de aguacate (persa americana Fuerte) Solvente de extracción Éter etílico Semisólido de color café pardo opáco	
<b>Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>Código de muestra del Laboratorio</b>
2018/01/29	0167180129Q
<b>Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>No. de Cromatograma asociado</b>
2018/02/06	0167180129Q.D

**MÉTODO DE ENSAYO**  
Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.61	< 0.1
Caprílico (C8:0)	-	No detectado
Cáprico (C10:0)	-	No detectado
Undecanoico (C11:0)	10.43	0.2
Láurico (C12:0)	11.23	0.2
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.2
Mirístico (C14:0)	13.76	0.4
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.69	0.1
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmitico (C16:0)	18.29	6.56
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.42	1.26
Margárico (C17:0)	21.67	2.14
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Estearico (C18:0)	26.30	0.3
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.54	5.82
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.49	11.144
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.37	35.723
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.22	21.286
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.11	0.3
Araquídico (C20:0)	40.83	0.7
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	41.51	Trazas
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.54	3.67
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	45.98	Trazas

HC-89/10

Continuación del anexo 3.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0947-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heptacosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.65	10.092
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	-	No detectado
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	-	No detectado
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	-	No detectado
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1: t<sub>R</sub> (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención (t<sub>R</sub>) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCS Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORÍAS	TOTAL (%)
ACIDOS GRASOS SATURADOS	10.695
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	18.219
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	71.086
ACIDOS GRASOS TRANS	41.542*
ACIDOS GRASOS OMEGA 3	3.67
ACIDOS GRASOS OMEGA 6	31.698

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos grasos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCS, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.54, 27.30, 27.49, 27.80, 28.44, 32.37, y 41.51 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 14/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Coordinador de Laboratorio Química  
Instituto de Investigaciones Químicas,  
Biológicas, Biomédicas y Biofísicas  
Dra. Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membretado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iiqbbb.umg.edu.gt/> / e-mail: [iiqb3@umg.edu.gt](mailto:iiqb3@umg.edu.gt)

Fuente: : Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez.. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://iiqb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2019.

Anexo 4. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando hexano como solvente**



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0948-2018

Página 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0948-2018**  
**ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)**

DATOS GENERALES	
<b>Datos del Cliente</b>	
Nombre:	Carlos Enrique Samayoa Mazariegos
Dirección:	5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2
<b>Identificación y Descripción de la Muestra</b>	
Semilla de aguacate (persa americana Reed) Solvente de extracción Hexano Semisólido de color naranja claro	
Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd)	Código de muestra del Laboratorio
2018/01/29	0168180129Q
Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd)	No. de Cromatograma asociado
2018/02/06	0168180129Q.D

**MÉTODO DE ENSAYO**  
Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.60	< 0.1
Caprílico (C8:0)	9.03	Trazas
Cáprico (C10:0)	-	No detectado
Undecanoico (C11:0)	10.43	0.2
Láurico (C12:0)	11.23	0.1
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.3
Mirístico (C14:0)	13.76	0.3
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.70	0.1
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmitico (C16:0)	18.29	7.76
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.42	1.17
Margárico (C17:0)	21.67	0.9
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Estéarico (C18:0)	26.30	0.3
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.54	5.02
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.49	10.619
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.39	38.816
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.22	21.550
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.12	0.2
Araquídico (C20:0)	40.84	0.6
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	-	No detectado
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.54	3.10
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	45.98	Trazas

HC-89/10

Continuación del anexo 4.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0948-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heneicosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.65	8.80
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	64.05	Trazas
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	-	No detectado
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	101.58	Trazas
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1: t<sub>R</sub> (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención (t<sub>R</sub>) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCs Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORÍAS	TOTAL (%)
ACIDOS GRASOS SATURADOS	10.676
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	16.810
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	72.515
ACIDOS GRASOS TRANS	43.835*
ACIDOS GRASOS ÓMEGA 3	3.10
ACIDOS GRASOS ÓMEGA 6	30.599

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCs, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.54, 27.31, 27.48, 27.81, 28.43, 28.63, y 32.39 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 14/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Coordinador de Servicios Químicos  
Instituto de Investigaciones Químicas,  
Biológicas, Biomédicas y Biofísicas  
Dr(a) Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membretado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 , • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iiqb3b.umg.edu.gt/> / e-mail.: [i2qb3@umg.edu.gt](mailto:i2qb3@umg.edu.gt)

Fuente: : Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez.. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://i2qb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2019.

Anexo 5. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Hass utilizando hexano como solvente**



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • TROPICALES

HC-89-0949-2018

Página 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0949-2018**  
**ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)**

DATOS GENERALES	
<b>Datos del Cliente</b>	
Nombre:	Carlos Enrique Samayoa Mazariegos
Dirección:	5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2
<b>Identificación y Descripción de la Muestra</b>	
Semilla de aguacate (persa americana Hass) Solvente de extracción Hexano Semisólido de color naranja claro	
<b>Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>Código de muestra del Laboratorio</b>
2018/01/29	0169180129Q
<b>Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd)</b>	<b>No. de Cromatograma asociado</b>
2018/02/06	0169180129Q.D

**MÉTODO DE ENSAYO**  
Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.60	< 0.1
Caprílico (C8:0)	9.04	< 0.1
Cáprico (C10:0)	9.82	Trazas
Undecanoico (C11:0)	10.43	0.2
Láurico (C12:0)	11.23	0.1
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.3
Mirístico (C14:0)	13.76	0.3
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.70	0.1
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmitico (C16:0)	18.29	7.72
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.42	1.17
Margárico (C17:0)	21.67	0.9
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Esteárico (C18:0)	26.30	0.3
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.55	5.05
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.50	10.715
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.39	39.386
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.22	21.526
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.12	Trazas
Araquídico (C20:0)	40.83	0.6
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	41.52	Trazas
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.56	2.86
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	45.98	Trazas

HC-89/10

Continuación del anexo 5.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0949-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	$t_R$ (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heneicosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.65	8.22
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	64.03	0.4
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	85.80	Trazas
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	101.56	Trazas
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1:  $t_R$  (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención ( $t_R$ ) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCS Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORIAS	TOTAL (%)
ACIDOS GRASOS SATURADOS	10.665
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	16.931
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	72.404
ACIDOS GRASOS TRANS	44.434*
ACIDOS GRASOS OMEGA 3	2.86
ACIDOS GRASOS OMEGA 6	30.157

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCS, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.55, 27.31, 27.49, 27.81, 28.44, 32.39 y 41.52 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 14/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Dr.ª Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membretado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 , • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iqbbb.umg.edu.gt> / e-mail.: [i2qb3@umg.edu.gt](mailto:i2qb3@umg.edu.gt)

Fuente: : Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://i2qb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2019.

Anexo 6. **Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Fuerte utilizando hexano como solvente**



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS

HC-89-0950-2018

Página 1 de 2

**50INFORME DE RESULTADOS No. HC-89-0949-2018**  
**ANÁLISIS DE PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, MONOINSATURADOS, POLIINSATURADOS, CIS, TRANS, OMEGA 3 Y OMEGA 6, EN ACEITES Y GRASAS, POR CROMATOGRFÍA GASEOSA Y DETECTOR DE LLAMA DE IONIZACIÓN (FID)**

DATOS GENERALES	
Datos del Cliente	
Nombre:	Carlos Enrique Samayoa Mazariegos
Dirección:	5a calle Casa 27 Res. San ángel IV zona 2
Identificación y Descripción de la Muestra	
Semilla de aguacate (persa americana Fuerte) Solvente de extracción Hexano Semisólido de color naranja claro	
Fecha de Ingreso de la muestra (aaaa/mm/dd)	Código de muestra del Laboratorio
2018/01/29	0170180129Q
Fecha de análisis de la muestra (aaaa/mm/dd)	No. de Cromatograma asociado
2018/02/06	0170180129Q.D

**MÉTODO DE ENSAYO**  
Muestras analizadas según Método Oficial AOAC 969.33, Ed. 18, 2005

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Caproico (C6:0)	8.57	Trazas
Caprílico (C8:0)	-	No detectado
Cáprico (C10:0)	-	No detectado
Undecanoico (C11:0)	10.43	0.2
Láurico (C12:0)	11.23	0.2
Tridecanoico (C13:0)	12.31	0.2
Mirístico (C14:0)	13.76	0.4
Miristoleico (C14:1n9)	-	No detectado
Pentadecanoico (C15)	15.69	0.1
cis-10-Pentadecenoico (C15:1)	-	No detectado
Palmítico (C16:0)	18.29	8.49
Palmitoleico (C16:1, como suma de isómeros)	20.42	1.13
Margárico (C17:0)	21.67	2.35
cis-10-Heptadecenoico (C17:1)	-	No detectado
Esteárico (C18:0)	26.30	0.3
trans-Oleico (trans C18:1, como suma de isómeros)	26.54	5.02
Oleico (cis C18:1, como suma de isómeros)	29.48	12.648
trans-Linoleico (trans C18:2, como suma de isómeros)	32.32	29.225
Linoleico (cis C18:2, como suma de isómeros)	35.19	24.877
gama-Linolénico (C18:3n6)	40.11	Trazas
Araquídico (C20:0)	40.84	0.7
trans-Linolénico (trans C18:3 como suma de isómeros)	-	No detectado
Linolénico (C18:3, como suma de isómeros)	43.54	3.83
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	-	No detectado

HC-89/10

Continuación del anexo 6.



UNIVERSIDAD MARIANO GALVEZ  
DE GUATEMALA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
QUÍMICAS • BIOLÓGICAS • BIOMÉDICAS • BIOFÍSICAS

HC-89-0950-2018

Página 2 de 2

RESULTADOS		
ÁCIDO GRASO	t <sub>R</sub> (min)	PORCENTAJE (área / área)
Heneicosanoico (C21:0)	-	No detectado
cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2n6)	55.63	10.308
cis-8,11,14-Eicosatrienoico	-	No detectado
Behénico (C22:0)	-	No detectado
Araquidónico (cis C20:4n6)	-	No detectado
Erúico (C22:1n9)	-	No detectado
Tricosanoico (C23:0)	-	No detectado
EPA (C20:5n3)	-	No detectado
cis-13,16-Docosadienoico (C22:2)	-	No detectado
Lignocérico (C24:0)	101.59	Trazas
Nervónico (C24:1n9)	-	No detectado
DHA (C22:6n3)	-	No detectado

Nota 1: t<sub>R</sub> (min) = Tiempo de retención en minutos

Nota 2: Los ácidos grasos reportados como suma de isómeros cis o trans (suma de varios picos) tienen asignado el tiempo de retención (t<sub>R</sub>) del isómero mayoritario.

Nota 3: La información de los trans C18:1, C18:2 y C18:3 está basada en la coincidencia contra el material de referencia y en el perfil cromatográfico según AOCS Official Method Ce 1h-05, Pag. 20 de 22.

Nota 4: Los resultados se expresan de manera porcentual cuando la relación señal/ruido del pico es mayor que 10 y se reporta como trazas cuando la relación señal/ruido está entre 5 y 10. Por debajo de 5 se reporta como no detectado.

COMPOSICIÓN POR CATEGORIAS	TOTAL (%)
ACIDOS GRASOS SATURADOS	12.964
ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS	18.792
ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	68.244
ACIDOS GRASOS TRANS	34.243*
ACIDOS GRASOS OMEGA 3	3.83
ACIDOS GRASOS OMEGA 6	35.185

**OBSERVACIONES:** \* A pesar de que no contamos con los estándares individuales de todos los ácidos grasos trans presentes en la muestra, el total de ácidos grasos trans se reporta tomando en cuenta el AOCS, Official Method Ce 1h-05, Pag.20 de 22, los picos con RT 26.54, 27.29, 27.48, 28.44 y 32.32 min corresponden a ácidos trans.

Fecha de emisión de Informe: 14/02/2018

Licda. Tania Monterroso  
Coordinador de Laboratorio Química

Vo.Bo.

Dra. Claudia de León  
Coordinador del Área de Química

Los resultados de este informe corresponden únicamente a la muestra tal y como fue recibida en el laboratorio.  
El informe es válido únicamente en su versión impresa y en papel membretado original del Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez.  
El Instituto de Investigaciones de la Universidad Mariano Galvez no se hace responsable de la transcripción o reproducción parcial de este informe.

HC-89/10

3a. Avenida 9-00, Zona 2, Interior Finca El Zapote, 01002 Guatemala, Apartado Postal 1811  
Tel.: PBX: (502) 2411-1800 Ext. 1310 / 1176 , • Fax: Ext. 1189 • Directo (502) 2288-9372  
Página Web: <http://iiqb3b.umg.edu.gt/> / e-mail.: [iiqb3@umg.edu.gt](mailto:iiqb3@umg.edu.gt)

Fuente: : Instituto de Investigaciones Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas, Universidad Mariano Galvez.. *Perfil de ácidos grasos de la fracción lipídica de la semilla de aguacate Reed utilizando éter etílico como solvente.* <https://iiqb3.umg.edu.gt/>. Consulta: 1 de enero de 2019.