



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

**EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES
DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN
NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU
COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA**

Andrés Emilio Báttén Corea

Asesorado por la Inga. Hilda Piedad Palma de Martini

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES
DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN
NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU
COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANDRÉS EMILIO BÁTTEEN COREA

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PIEDAD PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADORA	Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES
DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN
NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU
COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA**

Tema que me fuera asignado la escuela de Ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con fecha 08 de noviembre de 2012.



Andrés Emilio Batten Corea

Guatemala, 28 de mayo de 2014

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería Química
Director de Escuela
Ingeniero Víctor Manuel Monzón Valdez

Estimado ingeniero,

Por medio de la presente me dirijo a usted deseándole éxitos y bendiciones en sus actividades diarias. Al mismo tiempo, aprovecho la oportunidad para comentarle que he revisado y aprobado el informe final del trabajo de graduación que lleva por título:

“EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA”

Y que fue desarrollado por el estudiante de ingeniería química, Andrés Emilio Báttén Corea, quién se identifica con número de carné 2008-19137. Esperando su pronta respuesta, me dirijo a usted sin otro particular,

Atentamente,



Hilda Piedad Palma de Martini

Catedrática de Facultad de Ingeniería

Asesora

Colegiado No. 453

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453**



Guatemala, 02 de septiembre de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.032.2014

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **054-2013** 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

Solicitado por el estudiante universitario: **Andrés Emilio Báttén Corea**.
Identificado con número de carné: **2008-19137**.
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:

EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martini**.

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.

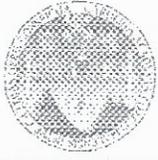
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Jorge Emilio Godínez Lémus
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



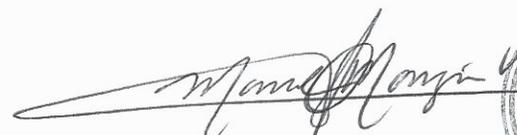
C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.252.2014

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, **ANDRÉS EMILIO BÁTTEEN COREA** titulado: **"EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIEDADES DE MANGO (MANGIFERA INDICA L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA"**.
Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, noviembre 2014

Cc: Archivo
VMMV/ale





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: **EXTRACCIÓN DEL ACEITE FIJO DE LA SEMILLA DE CINCO VARIETADES DE MANGO (Mangifera indica L.) EN GUATEMALA Y CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS SUBPRODUCTOS DEL MANGO PARA SU COMPARACIÓN Y POSIBLE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario: **Andrés Emilio Bätten Corea** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Alfredo Beber Aceruno

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceruno
Decano en funciones



Guatemala, octubre de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el centro, mi fuerza y el aliento en mi caminar. Por sus innumerables bendiciones y por los incontables milagros en mi vida y familia.
- Mi madre** Rosa Corea, por ser mi ejemplo de fuerza, fe y voluntad. Es una mujer incomparable. Gracias por el esfuerzo y dedicación al educarme, por los consejos y valores inculcados.
- Mi padre** Mario Bätten, un hombre noble, dedicado y trabajador. Que con su ejemplo me hizo un hombre de valores e íntegro.
- Mis hermanos** Ana Sofía y Mario Bätten, porque son personas que amo y admiro. Con sus distintas personalidades he aprendido de cada experiencia, cada silencio y cada risa que hemos compartido.
- Mis abuelos** Siempre han sido ejemplo de sabiduría, paciencia y lucha. Aunque dos de ellos hayan partido a un viaje eterno, sus enseñanzas serán honestas y para siempre.

Doña Marta Orellana

Por su alegría e incomparable comprensión.
Una mujer luchadora, paciente y admirable, por su cariño inmenso entregado a mi familia.

Mis tíos y tías

Que siempre encontraron razones para hacerme reír y por apoyarme a seguir adelante.

Primos y primas

Por ser personas muy especiales, por sus sonrisas y amor. Gracias por los momentos inolvidables.

Amigos y amigas

Por apoyarme incondicionalmente para culminar esta etapa importante en mi vida y por compartir llantos, risas, decepciones y triunfos. Son personas incomparables. Especialmente a Rodrigo Trejo, Elisa Morales, Paula Pisquiy, Pamela Rodas, Fernanda Terraza, Rossana López, Mary Corado, Loren Ordóñez y Jorge López.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por las lecciones en tiempo difíciles, las bendiciones en mi trayecto de formación y por su fidelidad incomparable. Por ser mi mejor amigo.
- Mi madre** Rosa Corea, porque nunca dudó en luchar por un mejor futuro para mí y mis hermanos. Por la dedicación al educarme y corregirme.
- Mi padre** Mario Báttén, que con su esfuerzo ha luchado siempre por darme lo mejor y apoyarme a lo largo de mi vida.
- Mis asesores** Inga. Hilda Palma y Dr. Ricardo Bressani, por su apoyo para la culminación de esta etapa académica y por compartir de forma inigualable sus conocimientos y experiencias profesionales.
- Ingeniera Tatiana Vallejo** Gracias por siempre apoyar mis proyectos personales y profesionales, y por poder contar siempre con usted.
- Ingeniero Federico Salazar** Por el apoyo incondicional y desinteresado en los proyectos académicos que emprendí y por las lecciones no solo académicas, sino de vida.

Ana Luisa Mendizábal

Gracias por apoyar mi trabajo de graduación con su ayuda invaluable.

Universidad del Valle de Guatemala

Por acogerme durante la realización de mi proyecto de graduación y por el apoyo incondicional para poder terminarlo.

Amigos

Especialmente a Roberto Ramírez, Sussane Schmoock, María Toledo, Herbert y Juan Manuel Orozco, porque no dudaron en ayudarme y apoyarme a la realización de este proyecto, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible culminar esta etapa sumamente importante en mi vida

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
Hipótesis	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Historia del mango.....	3
2.2. Aspectos generales del mango	4
2.3. Características.....	5
2.4. Morfología del fruto de mango.....	6
2.5. Contenido nutricional del mango	6
2.6. Subproductos del mango.....	8
2.7. Variedades de mango	9
2.7.1. Variedades de mango en Guatemala	9
2.8. Beneficios	10
2.9. Análisis proximal.....	11
2.9.1. Humedad	12
2.9.2. Cenizas.....	13
2.9.3. Lípidos	13
2.9.4. Proteínas	14

2.9.5.	Carbohidratos asimilables	14
2.10.	Transesterificación	15
2.11.	Ácidos grasos.....	15
2.12.	Espectroscopía de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo.....	17
2.13.	Cromatografía de gases.....	18
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
3.1.	Variables	21
3.1.1.	Determinación de humedad	21
3.1.2.	Determinación de cenizas	22
3.1.3.	Determinación de lípidos	23
3.1.4.	Determinación de proteínas	24
3.1.5.	Determinación de carbohidratos asimilables	25
3.1.6.	Determinación de calcio, hierro, cinc, fósforo y potasio.....	25
3.1.7.	Determinación de ácidos grasos	26
3.2.	Delimitación de campo de estudio	27
3.3.	Recursos humanos disponibles	28
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	29
3.4.1.	Materia prima, reactivos y otros	29
3.4.2.	Cristalería e instrumentos.....	30
3.4.3.	Equipo de laboratorio químico.....	31
3.5.	Técnica cuantitativa.....	32
3.5.1.	Diseño general	33
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	36
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	37
3.7.1.	Caracterización porcentual del fruto.....	37

3.7.2.	Secado de subproductos del mango	38
3.7.3.	Molido de subproductos del mango	38
3.7.4.	Tamizado de subproductos del mango	38
3.7.5.	Determinación de humedad.....	39
3.7.6.	Determinación de cenizas	39
3.7.7.	Determinación de Ca, Fe, P , Zn y K de los subproductos del mango	40
3.7.7.1.	Preparación de las muestras	40
3.7.7.2.	Elaboración de curva de calibración	40
3.7.7.3.	Lectura de muestras en equipo ICP ..	41
3.7.8.	Determinación de proteínas.....	41
3.7.8.1.	Digestión.....	42
3.7.8.2.	Destilación	42
3.7.8.3.	Titulación	42
3.7.9.	Determinación de lípidos	42
3.7.9.1.	Extracción de extracto etéreo de la semilla del fruto.....	43
3.7.10.	Determinación de ácidos grasos.....	43
3.7.10.1.	Transesterificación de las muestras	43
3.7.10.2.	Determinación por cromatografía	44
3.7.11.	Tablas de tabulación de datos	44
3.8.	Análisis estadístico	49
3.9.	Plan de análisis de resultados	52
3.9.1.	Presentación técnica	52
3.9.2.	Programas utilizados para análisis de datos.....	52
4.	RESULTADOS	53
4.1.	Cuantificación porcentual del fruto para las 5 variedades de mango analizadas	53

4.2.	Cuantificación de humedad en los subproductos para las 5 variedades analizadas.....	58
4.3.	Cuantificación de cenizas en los subproductos para las 5 variedades analizadas.....	62
4.4.	Cuantificación de lípidos en los subproductos para las 5 variedades analizadas.....	65
4.5.	Cuantificación de proteínas en los subproductos para las 5 variedades analizadas.....	69
4.6.	Cuantificación de carbohidratos asimilables en los subproductos para las 5 variedades analizadas	72
4.7.	Cuantificación de minerales en los subproductos para las 5 variedades analizadas.....	76
4.8.	Determinación del perfil de ácidos grasos de la semilla del mango para las 5 variedades analizadas	85
4.9.	Resultados de análisis estadístico para las cinco variedades analizadas.....	88
4.10.	Propuesta de uso industrial del aceite de la semilla de mango para las cinco variedades analizadas.....	89
4.10.1.	Industria cosmética y de jabones en Guatemala.....	90
4.10.2.	Industria de alimentos en Guatemala.....	93
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	97
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICES.....	113
	ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Producción de mango a nivel mundial (zonas rojas)	4
2.	Morfología del mango.....	6
3.	Cáscara y semilla de mango	8
4.	Cáscara de la semilla y semilla de mango	9
5.	Diagrama de Flujo del proceso	33
6.	Caracterización porcentual para mango variedad Tommy Atkins	54
7.	Caracterización porcentual para mango variedad Irwing	55
8.	Caracterización porcentual para mango variedad Ataulfo.....	56
9.	Caracterización porcentual para variedad mango Coche.....	57
10.	Caracterización porcentual para mango variedad Zill	58
11.	Porcentaje de humedad en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	59
12.	Porcentaje de humedad en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango.....	60
13.	Porcentaje de humedad en la semilla de las 5 variedades de mango	61
14.	Porcentaje de cenizas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	63
15.	Porcentaje de cenizas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango.....	64
16.	Porcentaje de cenizas en la semilla de las 5 variedades de mango	65
17.	Porcentaje de lípidos en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango	66

18.	Porcentaje de lípidos en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	67
19.	Porcentaje de lípidos en la semilla de las 5 variedades de mango.....	68
20.	Porcentaje de proteínas en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango	70
21.	Porcentaje de proteínas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	71
22.	Porcentaje de proteínas en la semilla de las 5 variedades de mango.....	72
23.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	73
24.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	74
25.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la semilla de las 5 variedades de mango	75
26.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	78
27.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	81
28.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla de las 5 variedades de mango	84

TABLAS

I.	Nutrientes en mango (en promedio por 100g)	7
II.	Variedades importantes de mango en Guatemala	10
III.	Variables independientes en determinación de humedad	21
IV.	Variables dependientes en determinación de humedad.....	22
V.	Variables independientes en determinación de cenizas.....	22

VI.	Variables dependientes en determinación de cenizas	23
VII.	Variables independientes en determinación de lípidos	23
VIII.	Variables dependientes en determinación de lípidos.....	24
IX.	Variables independientes en determinación de proteínas	24
X.	Variables dependientes en determinación de proteínas	24
XI.	Variables independientes en determinación de carbohidratos asimilables.....	25
XII.	Variables dependientes en determinación de carbohidratos asimilable.....	25
XIII.	Variables independientes en determinación de minerales.....	26
XIV.	Variables dependientes en determinación de minerales	26
XV.	Variables independientes para determinación de ácidos grasos.....	26
XVI.	Variables dependientes para determinación de ácidos grasos....	27
XVII.	Delimitación de campo de estudio	27
XVIII.	Recursos humanos disponibles	28
XIX.	Elaboración de estándares para determinación de minerales	41
XX.	Determinación porcentual de las 5 variedades de mango	45
XXI.	Cuantificación de humedad en las 5 variedades de mango.....	45
XXII.	Cuantificación de cenizas en las 5 variedades de mango	46
XXIII.	Cuantificación de Ca, Fe, Zn , P y K en las 5 variedades de mango.....	46
XXIV.	Cuantificación de proteínas en las 5 variedades de mango.....	47
XXV.	Cuantificación de lípidos en las 5 variedades de mango	47
XXVI.	Determinación de lípidos en mayor proporción en las 5 variedades de mango	48
XXVII.	Cuantificación de carbohidratos asimilables en las 5 variedades de mango	48

XXVIII.	Datos para el cálculo de varianza para el efecto de cada variedad de mango sobre el rendimiento de aceite fijo extraído ..	49
XXIX.	Datos para el análisis de varianza para el efecto de cada variedad de mango sobre el rendimiento de aceite fijo extraído ..	51
XXX.	Caracterización porcentual para mango variedad Tommy Atkins.....	53
XXXI.	Caracterización porcentual para mango variedad Irwing.....	54
XXXII.	Caracterización porcentual para mango variedad Ataulfo	55
XXXIII.	Caracterización porcentual para mango variedad Coche.....	56
XXXIV.	Caracterización porcentual para mango variedad Zill.....	57
XXXV.	Porcentaje de humedad en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango	59
XXXVI.	Porcentaje de humedad en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	60
XXXVII.	Porcentaje de humedad en la semilla de las 5 variedades de mango.....	61
XXXVIII.	Porcentaje de cenizas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	62
XXXIX.	Porcentaje de cenizas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	63
XL.	Porcentaje de cenizas en la semilla de las 5 variedades de mango.....	64
XLI.	Porcentaje de lípidos en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	66
XLII.	Porcentaje de lípidos en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango.....	67
XLIII.	Porcentaje de lípidos en la semilla de las 5 variedades de mango.....	68

XLIV.	Porcentaje de proteínas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango	69
XLV.	Porcentaje de proteínas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango	70
XLVI.	Porcentaje de proteínas en la semilla de las 5 variedades de mango.....	71
XLVII.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango.....	73
XLVIII.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango.....	74
XLIX.	Porcentaje de carbohidratos asimilables en la semilla de las 5 variedades de mango	75
L.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Tommy Atkins.....	76
LI.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Irwing.....	76
LII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Ataulfo	77
LIII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Coche.....	77
LIV.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Zill.....	78
LV.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Tommy Atkins.....	79
LVI.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Irwing.....	79
LVII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Ataulfo	80

LVIII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Coche	80
LIX.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Zill	81
LX.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Tommy Atkins	82
LXI.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Irwing.....	82
LXII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Ataulfo.....	83
LXIII.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Coche.....	83
LXIV.	Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Zill.....	84
LXV.	Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Tommy Atkins	85
LXVI.	Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Irwing	86
LXVII.	Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Ataulfo.....	86
LXVIII.	Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Coche	87
LXIX.	Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Zill	87
LXX.	Promedio y varianza.....	88
LXXI.	Análisis de Varianza (ANOVA).....	88
LXXII.	Descripción del ácido oleico	89
LXXIII.	Porcentaje de ácido oleico en productos cosméticos.....	91
LXXIV.	Porcentaje de ácido oleico en elaboración de jabón	92

LXXV.	Descripción del ácido esteárico	95
-------	---------------------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cal	Calorías
cm	Centímetros
R²	Coeficiente de correlación
p/p	Concentración peso peso
°C	Grados Celsius
K	Grados Kelvin
g	Gramos
kg	Kilogramos
L	Litros
λ	Longitud de onda
mg	Miligramos
mL	Mililitros
min	Minutos
M	Molaridad
nm	Nanómetros
N	Normalidad
Pa	Pascales
W	Peso
s	Segundos
T	Temperatura
t	Tiempo
UI	Unidad Internacional
V	Volumen

GLOSARIO

Aceite fijo	Se obtiene de ciertas plantas y que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.
Ácidos grasos	Son ácidos orgánicos (ácidos carboxílicos) con una larga cadena alifática, más de 12 carbonos, no ramificadas. Su cadena alquílica puede ser saturada o insaturada.
Análisis proximal	Análisis que permite evaluar las características de alimentos y de sus componentes. Indica el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), carbohidratos, lípidos crudos y cenizas.
Carbohidratos asimilables	Son los carbohidratos que se absorben en el intestino delgado del ser humano, después de haber sufrido una serie de rupturas, por medio de enzimas específicas como la glucosa y el glucógeno.
Cromatografía	Técnica empleada para separar los componentes individuales de una mezcla y, en ciertos casos, para identificar un compuesto comparando su comportamiento cromatográfico con el de sustancias conocidas empleadas como patrón.

Espectrofotometría	Se refiere a los métodos cuantitativos de análisis químico que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas. Según la radiación utilizada existen: espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, infrarroja, entre otras.
Extracción Soxhlet	Utilizada para la extracción de aceites fijos o esenciales con disolventes afines a compuestos específicos, generalmente conocida como extracción sólido-líquido o lixiviación.
Método Kjeldahl	Se utiliza para la determinación del contenido de nitrógeno en muestras orgánicas, se adapta con facilidad a gran número de muestras, y constituye un método de referencia para determinar el nitrógeno total en cereales, carnes y otros materiales biológicos.
Tamiz	Equipo que consta de una malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos espacios cuadrados, utilizado para realizar una granulometría.
Transesterificación	Reacción en la cual se intercambia el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol.

RESUMEN

En el desarrollo de la presente investigación se estableció como objetivo principal, extraer el aceite fijo de la semilla de cinco variedades de mango (Tommy Atkins, Irwin, Ataulfo, Coche y Zill) provenientes de la finca Magdalena, ubicada al suroccidente de Guatemala, en el departamento de Retalhuleu.

Inicialmente se realizó la caracterización porcentual de los subproductos del mango (cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla) y la caracterización nutricional de los mismos. Estos últimos, mediante un análisis proximal, que agrupa la determinación de humedad, cenizas, proteínas, lípidos y carbohidratos asimilables.

La determinación de humedad se realizó mediante la diferencia de pesos entre la materia en base húmeda y materia en base seca, para realizar posteriormente un proceso de incineración para la obtención de cenizas.

El método de Kjeldahl se utilizó para cuantificar las proteínas en forma de amoníaco. La determinación de lípidos se realizó de acuerdo al método Soxhlet con n-hexano como agente extractor. De esta forma se extrajo el aceite de la semilla del mango, midiendo el rendimiento de extracción bajo condiciones fijas de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de agente extractor. Los carbohidratos asimilables fueron medidos de forma indirecta.

Además, se cuantificaron los elementos Ca, Fe, Zn, P y K presentes en los subproductos de cada variedad, mediante espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Para evaluar la posibilidad de

utilizar el aceite obtenido de las semillas de mango, se analizó el aceite en cromatografía líquida de alta eficacia, *High performance liquid chromatography* (HPLC), realizando previamente la transesterificación de las muestras de aceite fijo de las semillas y así, obtener un perfil de ácidos grasos que permitiera conocer qué ácido está en mayor proporción y mediante investigación, proponer una solución alternativa para la utilización de dicho aceite en la industria.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que el máximo rendimiento de extracción de aceite fijo de la semilla se obtuvo con la variedad Tommy Atkins, con un 12,28 por ciento, tomando en cuenta que la semilla corresponde del 5 al 9 por ciento de la cantidad total del fruto de mango. Además, la mayor cantidad de humedad se encuentra en la cáscara del fruto, excepto para la variedad Ataulfo que la presenta en la semilla. De la misma forma, las cenizas se encuentran en mayor proporción en la cáscara. La semilla del fruto presenta los valores más altos de proteínas y la cáscara de la semilla los valores más altos de carbohidratos asimilables. El elemento en mayor cantidad es el potasio (K), y los elementos presentes en menor cantidad son el hierro (Fe) y el cinc (Zn).

Según los resultados en el perfil de ácidos grasos, el que se encuentra en mayor proporción en las cinco variedades de mango analizadas, es el octadecenoico conocido en forma común como ácido oleico. Con este resultado fue posible realizar una propuesta para su uso en la industria guatemalteca.

OBJETIVOS

General

Realizar la extracción de aceite fijo de la semilla de cinco variedades de mango (Tommy Atkins, Irwing, Ataulfo, de Coche y Zill) en Guatemala, y la caracterización porcentual y nutricional de los subproductos (cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla), para su comparación y evaluación de la posible aplicación de dicho aceite en la industria.

Específicos

1. Extraer el aceite fijo de la semilla del mango y determinar el rendimiento de extracción por el método Soxhlet, bajo las mismas condiciones de cantidad de solvente, tiempo de extracción y temperatura, para las cinco variedades.
2. Llevar a cabo la caracterización porcentual de los subproductos (cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla) de las cinco variedades de mango.
3. Realizar el análisis proximal de la cáscara del fruto, la cáscara de la semilla y la semilla, cuantificando humedad, cenizas, lípidos, proteínas y carbohidratos asimilables.

4. Mediante espectroscopía de masas con fuente de plasma (ICP) determinar la cantidad de calcio (Ca), hierro (Fe), cinc (Zn), fósforo (P) y potasio (K) de los subproductos del mango.
5. Determinar el perfil de ácidos grasos de la semilla del mango para las 5 variedades, por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).
6. Proponer una posible aplicación del aceite de la semilla del mango en la industria, con base en los resultados obtenidos.

Hipótesis

Hipótesis nula (H₀):

No existe diferencia significativa entre la cantidad de aceite fijo extraído de la semilla de mango entre las variedades Tommy Atkins, Irwing, Ataulfo, Coche y Zill, utilizando el método de Soxhlet bajo las mismas condiciones de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de solvente.

Hipótesis alternativa (H_a):

Existen diferencias significativas entre la cantidad de aceite fijo extraído de la semilla de mango entre las variedades Tommy Atkins, Irwing, Ataulfo, Coche y Zill, utilizando el método de Soxhlet bajo las mismas condiciones de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de solvente.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Guatemala existen diez departamentos de la República que se dedican a la producción y comercialización del mango, siendo el de mayor producción el departamento de Retalhuleu. Se reportan alrededor de 230 fincas que direccionan su producto para la exportación hacia Estados Unidos y otras para Europa. La época de producción de mango en Guatemala es de febrero a junio, y el 80 por ciento se destina hacia Estados Unidos y el 20 por ciento restante se comercializa en el mercado de Centroamérica y Europa.

Además, existen empresas en Guatemala que utilizan el mango como materia prima para elaboración de productos como: helados, jugos, mermeladas, néctares, entre otros. Dichas empresas utilizan únicamente la pulpa del fruto y desechan la cáscara del fruto, la cáscara de la semilla y la semilla. Se han realizado pocas investigaciones sobre lo que se puede realizar con los subproductos del mango alrededor del mundo y es por ello, que se disponen de forma incorrecta y ocasionan daños al ambiente, pues son medios de proliferación de vectores y pérdidas para las industrias procesadoras de mango. Estas son, solamente tres de las muchas las razones por las cuales los subproductos siguen siendo desechos y no materia útil como parte de un producto o bien, uno nuevo.

La propuesta que se presenta a continuación, parte del interés de conocer los componentes nutricionales de los subproductos del mango y de los inconvenientes al desechar cantidades significativas de esos subproductos. El objetivo principal de la investigación comprende la extracción del aceite fijo de la semilla de cinco variedades de mango que se cultivan en Guatemala y la

caracterización porcentual y nutricional de cada subproducto del fruto; cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla. Todo ello, con el fin de encontrar una aplicación útil del aceite fijo de la semilla en la industria.

Para cumplir con los objetivos establecidos se realizó un análisis proximal, cuantificando la cantidad de humedad, cenizas, lípidos, proteínas y carbohidratos asimilables y así, poder realizar gráficos que permitieran comparar los resultados entre cada variedad de mango analizada. Se utilizó el método Soxhlet para la extracción del aceite fijo de la semilla del mango, bajo las mismas condiciones de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de agente extractor n-hexano. A partir del aceite fijo se procedió a realizar un perfil de ácidos grasos, utilizando cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC, por sus siglas en inglés).

Los resultados obtenidos permitieron concluir que el máximo rendimiento de aceite fijo, extraído de la semilla del mango es para la variedad Tommy Atkins con un 12,28 por ciento. De acuerdo al perfil de ácidos grasos, el ácido en mayor proporción es el oleico. Con ello se realiza una propuesta para su posible uso en la industria y se hacen recomendaciones para futuros estudios de dicho aceite.

1. ANTECEDENTES

En distintas universidades de Guatemala se han desarrollado investigaciones sobre mango, pero específicamente sobre los subproductos del fruto son pocos los estudios registrados hasta ahora. En 1997 se determinó el valor calórico de los subproductos industriales (cáscara del fruto, cáscara de la semilla y la semilla) del mango, por el tesista Absalom Hernández Fabián, de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los resultados obtenidos permitieron proponer que, con base en su valor calórico y difícil metabolización de polisacáridos poliestructurados (presentes en la pared celular) por el ser humano, se pueden utilizar los desechos para nutrición de rumiantes.

En la misma universidad, pero en 1999, se desarrolló la tesis titulada: *Determinación del conjunto de parámetros adecuados a la extracción del aceite de semilla del mango a partir de datos experimentales a nivel de laboratorio*, por el tesista Jaime Roberto Corea Ochoa. El estudio demostró que es posible la extracción del aceite de la almendra del mango por presión y con hexano como solvente, con un rendimiento de 13,73 por ciento en masa.

Fuera de las fronteras de Guatemala se registran también, estudios relacionados con los subproductos del mango. En 2009 se realizó un trabajo de investigación basado en el aprovechamiento de los residuos (cáscara del fruto y semilla) obtenidos del proceso de despulpado de mango para la obtención de pectinas en Venezuela. En dicha investigación se evaluó la factibilidad de obtener pectinas y su interés como aditivo en la industria agroalimentaria por su capacidad gelificante y espesante. De enero a junio de 2012 se realizó un

estudio titulado *Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales*, en la ciudad de México, como necesidad del desarrollo de una red de valor en la cadena agroindustrial de ese país.

Se han desarrollado proyectos que pretenden extraer el aceite fijo de la semilla del mango y la búsqueda de aplicaciones del aceite. Por ejemplo, en México la *Obtención de aceite de semilla de mango y aplicación como sustituto de manteca de cacao en rellenos y coberturas de chocolate*. Asimismo un proyecto denominado *Elaboración de un producto a base de aceite extraído de la semilla de mango*. Se obtuvieron resultados positivos con la alternativa de poder elaborar productos como manteca o gomas para aditivos.

Se observa, por tanto, con base en estudios realizados sobre los subproductos del mango que, a pesar de ser un fruto muy importante y común, sobre todo en Latinoamérica y países asiáticos (como se detalla en la sección de marco teórico), son pocas las investigaciones que han enfocado sus esfuerzos en los subproductos que se generan a partir de este fruto.

2. MARCO TEÓRICO

El mango es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a nivel mundial, inmediatamente situado tras el plátano y la piña tropical, y el quinto de todos los frutos (superado en volumen, también por la manzana y la uva). El mango se cultiva en numerosos países, tanto en los trópicos como en los subtrópicos.

2.1. Historia del mango

Según Kosterman y Bompard, el mango puede haberse originado en la zona comprendida entre Assam (India) y la Antigua Birmania (hoy Myanmar) donde aún existen poblaciones silvestres, pero también puede ser nativo de las laderas bajas del Himalaya, incluso de zonas cercanas a Nepal o Bután.

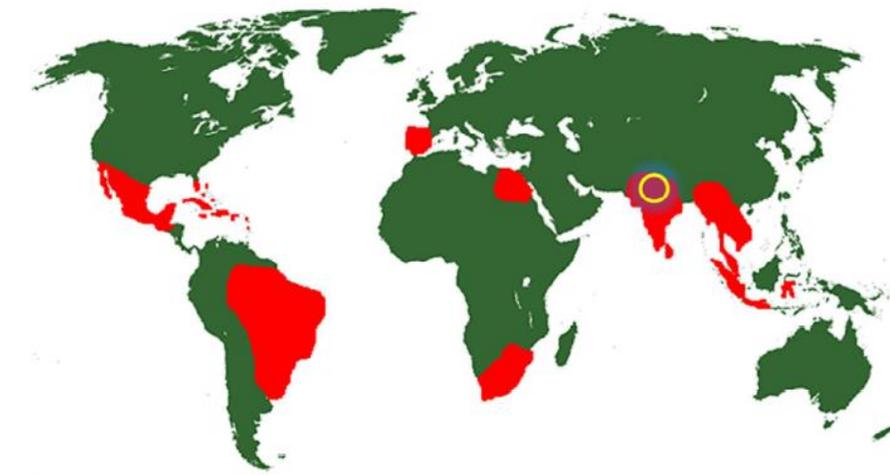
Los españoles introdujeron los mangos desde Filipinas, a través del océano Pacífico a los puertos comerciales del continente americano, probablemente en el siglo XVI o XVII. Pese a lo tardío de su introducción, el mango es actualmente el fruto más apreciado en los países tropicales del continente americano, donde se ha convertido, al igual que en su área de origen, en parte importante de la cultura de los distintos países.

Los nombres tamiles *man-kay*, *man-gay*, *mangaha*, *mangass*, del que deriva el nombre malayo *mangga* han dado lugar a la actual denominación de la fruta: mango en español (y también en inglés) y *manga* en portugués.

Es preciso resaltar que en algunos lugares de Centroamérica y también Canarias coexisten ambos términos, llamándose mangos a los frutos de abundante fibra y mangas a los de escasa fibra.

Actualmente es cultivado en muchos países alrededor del mundo, constituye una de las frutas de mayor importancia por su gran aceptación en la dieta de los seres humanos (véase la figura 1).

Figura 1. **Producción de mango a nivel mundial (zonas rojas)**



Fuente: AGREDA RODRÍGUEZ, Mario Alberto. *Propagación de mango*. p.7.

2.2. Aspectos generales del mango

El mango (*Mangifera indica L.*) pertenece a la familia Anarcadiaceae, que incluye alrededor de 600 miembros. Es una fruta popular y conocida como el rey de las frutas. La mayoría de todas las especies de la familia Anarcadiaceae se caracterizan por los canales de resina y muchos son

famosos por su savia irritante y venenosa, que puede ocasionar dermatitis severa.

El género *Mangifera* comprende más o menos 50 especies nativas del sureste de Asia o las islas circundantes, excepto una, *Mangifera africana* Oliver que se encuentra en África. Solo 3 o 4 especies del grupo producen frutas comestibles; sin embargo, muchas de las otras especies pueden ser de un valor potencial para fines de mejoramiento, puesto que ellas poseen flores con 5 estambres fértiles.

2.3. Características

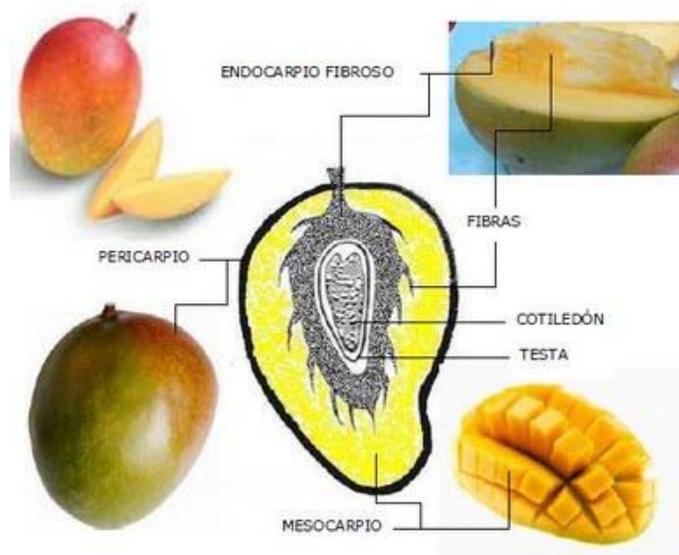
El fruto es una gran drupa carnosa que puede contener uno o más embriones. Los mangos de tipo indio son mono-embriónicos y de ellos derivan la mayoría de los cultivares comerciales. Generalmente, los mangos poliembriónicos se utilizan como patrones.

El peso del fruto varía desde 150 gramos hasta 2 kilogramos. Su forma también es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, u obtusa a ambos extremos, de 4 a 25 centímetros de largo y 1,5 a 10 centímetros de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La parte comestible del fruto total corresponde entre el 60 y el 75 por ciento y de color amarillo o anaranjado, jugoso y sabroso. La cáscara es gruesa y la semilla del mango abarca del 9 al 27 por ciento aproximadamente del peso total de la fruta.

2.4. Morfología del fruto de mango

El mango (*Mangifera indica L.*) es una drupa con una piel coriácea exterior (epicarpio), un mesocarpo carnoso y duro, pedregoso endocarpo (hueso) que rodea a la semilla grande (véase figura 2).

Figura 2. Morfología del mango



Fuente: <http://www.periodicodecrecimiento personal.com/mango-un-exotico-pero-milenario-fruto/>
Consulta: marzo de 2012.

2.5. Contenido nutricional del mango

El mango es consumido en estado fresco, ya que es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas. Desde el punto de vista nutritivo, los frutos de mango forman un valioso suplemento dietético en muchos países tropicales. Durante la temporada que se les puede obtener constituyen una de las fuentes más importantes de vitamina A, conteniendo casi tanta de ella como la mantequilla. El contenido de

vitamina C (ácido ascórbico) cambia grandemente de variedad a variedad, pero generalmente es bajo.

El componente mayoritario es el agua en un 84 por ciento. El contenido de azúcar varía de 10 a 20 por ciento y de las proteínas en un 0,5 por ciento. Como ya se mencionó, el mango representa una importante fuente nutritiva por su contenido en vitaminas y minerales. El ácido predominante es el cítrico, aunque también se encuentran el ácido málico, succínico, galacturónico, tartárico y oxálico en cantidades menores. La siguiente tabla muestra un resumen del contenido de nutrientes en promedio por 100 gramos (véase tabla I).

Tabla I. **Nutrientes en mango (en promedio por 100g)**

Materia	Cantidad
Agua	81,7 %
Calorías	66 cal
Proteína	0,7 g
Grasas	0,4 g
Carbohidratos totales	16,8 g
Fibra	0,9 g
Ceniza	0,4 g
Calcio	10 mg
Fósforo	13 mg
Hierro	0,4 mg
Sodio	7 mg
Potasio	189 mg
Vitamina A	4,800 UI
Tiamina	0,05 mg
Riboflavina	0,05 mg
Niacina	1,1 mg
Ácido ascórbico	35 mg

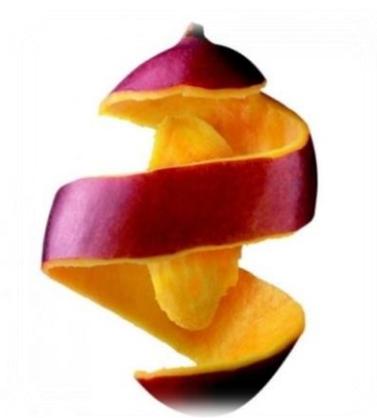
Fuente: <http://alimentos.org.es/mango> . Consulta: febrero de 2013.

2.6. Subproductos del mango

Los residuos de mango están compuestos, en su mayoría, por material lignocelulósico (celulosa, hemicelulosa y lignina), que es el principal y más abundante componente de la biomasa producida por la fotosíntesis, el cual puede ser aprovechado para la obtención de metabolitos fermentables y productos de la fermentación.

La celulosa es un polímero de D-glucosa unida por enlaces glucosídicos β -1,4 que se estructuran en largas cadenas lineales (microfibrillas) unidas por puentes de hidrógeno y fuerzas de van der Waals intramoleculares, formando una estructura cristalina resistente a la hidrólisis y regiones amorfas susceptibles a la degradación enzimática.

Figura 3. **Cáscara y semilla de mango**



Fuente: *después de los mangos de Caín*. www.cabaiguan.net. Consulta: 07 de junio de 2013.

Figura 4. **Cáscara de la semilla y semilla de mango**



Fuente: *cómo sembrar mangos*. <http://www.agronomiaparatodos.org/2011/10/como-sembrar-mangos.html>. Consulta: 06 de noviembre de 2012.

2.7. Variedades de mango

El mango presenta grandes variedades de tamaño y caracteres. El color depende de la región donde esté cultivado. Se estima que existen cerca de 1 500 variedades cultivadas de mango. Algunas variedades de mayor importancia son:

- Rojas: Edward, Haden, Kent, Tommy Atkins, Zill, Keitt.
- Verdes: Alphonse, Julie y Amelie.
- Amarillas: Ataulfo y Manila.

2.7.1. Variedades de mango en Guatemala

Algunas de las variedades que son aceptables en el mercado internacional y, que es factible su explotación comercial en Guatemala se presentan en la tabla II:

Tabla II. **Variedades importantes de mango en Guatemala**

Variedad	Peso del fruto [g]	Tamaño	Color	Pulpa
Tommy Atkins	450-710	Mediano a grande	Amarillo, anaranjado con manchas, rojo claro	Amarilla, fibra fina y abundante
Haden	680	Mediano a grande	Amarillo-anaranjado	Gruesa
Irwin	225-340	Pequeño a mediano	Rojo claro	Poca fibra
Kent	750-800	Voluminoso	Rojizo oscuro	Poca fibra
Keitt	450-680	Mediano a grande	Amarillo con rojo	Sin fibras

Fuente: Ref. ANACAFÉ. *Cultivo de mango*.

<http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/14/Cultivo%20de%20Mango.pdf>. Consulta: 02 de enero de 2013.

2.8. Beneficios

El mango es rico en aminoácidos, vitaminas C y E, flavonoides, beta-caroteno, niacina, calcio, hierro, magnesio y el potasio. Los fenoles en los mangos, como la quercetina, isoquercitrina, astragalina, fisetina, ácido gálico y las enzimas tienen abundantes capacidades de prevención del cáncer.

Los mangos son también ricos en fibra dietética soluble conocida como pectina. Aproximadamente 165 gramos de mango, contiene 76 por ciento del valor diario necesario de vitamina C, un poderoso antioxidante que ayuda a proteger las células contra el daño de los radicales libres y reduce el riesgo de

cáncer. Además, tiene el 25 por ciento del valor diario de vitamina A necesaria que promueve la buena visión.

Los mangos contienen enzimas digestivas que ayudan a descomponer las proteínas, ayudando a la digestión y son útiles para los niños que tienen falta de concentración en los estudios, ya que contiene ácido glutámico, que es bueno para estimular la memoria y mantener las células activas.

Los mangos pueden ser beneficiosos para las personas que quieren aumentar de peso. Cada 100 gramos de mango contiene aproximadamente 75 calorías. Además, los mangos crudos contienen almidón, que se convierte en azúcar como la fruta madura. Por lo tanto, comer mangos maduros con leche (rica en proteínas), puede ser muy útil en el aumento de peso.

2.9. Análisis proximal

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de alimentos y de sus componentes. Esta información es crítica para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la habilidad para producir alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor o elaborar productos útiles para el hombre.

Existe un número considerable de técnicas analíticas para determinar una propiedad particular del alimento. De ahí que es necesario seleccionar la más apropiada para la aplicación específica. La técnica seleccionada dependerá de

la propiedad que sea medida, del tipo de alimento a analizar y la razón de llevar a cabo el análisis.

Las determinaciones que se realizan más con más frecuencia para conocer la composición de los alimentos, incluyen la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteína total, fibra y carbohidratos asimilables. Asimismo, dependiendo del objetivo del análisis, resultan importantes las determinaciones relacionadas con la caracterización de algún grupo de nutrientes en particular, tal es el caso del análisis de carbohidratos en el que se podría considerar la diferenciación de los que presentan poder reductor del contenido total. En el mismo sentido se podrían analizar las proteínas solubles o considerar la caracterización de los lípidos extraídos de un alimento.

2.9.1. Humedad

Se refiere al agua que impregna un cuerpo. Los datos obtenidos en un análisis proximal son, por lo general con base seca (con 0 por ciento de humedad), aunque también se puede trabajar con base húmeda.

Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95 por ciento en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: agua libre y agua ligada.

El agua libre, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales.

2.9.2. Cenizas

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos.

En los vegetales predominan los derivados de potasio y en las cenizas animales los del sodio. El carbonato potásico se volatiliza apreciablemente a 700 grados Celsius y se pierde casi por completo a 900 grados Celsius. El carbonato sódico permanece inalterado a 700 grados Celsius, pero sufre pérdidas considerables a 900 grados Celsius. Los fosfatos y carbonatos reaccionan además, entre sí.

2.9.3. Lípidos

Los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos. Se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos tales como: éter, cloroformo, benceno o acetona. Todos los lípidos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno.

Los lípidos comprenden un grupo de sustancias que tienen propiedades comunes y similitudes en la composición, sin embargo, algunos tales como los triacilgliceroles son muy hidrofóbicos. Otros como los di y monoacilgliceroles tienen movilidad hidrofóbica e hidrofílica en su molécula, por lo que pueden ser solubles en disolventes relativamente polares.

2.9.4. Proteínas

Junto con los hidratos de carbono y las grasas son los macronutrientes del organismo, macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Muchas de ellas contienen también, azufre y fósforo. Están formadas por aminoácidos que se unen mediante los enlaces peptídicos.

Los prótidos son biopolímeros, están formadas por un gran número de unidades estructurales simples repetitivas (monómeros). Debido a su gran tamaño, cuando estas moléculas se dispersan en un disolvente adecuado, forman siempre dispersiones coloidales, con características que las diferencian de las disoluciones de moléculas más pequeñas.

2.9.5. Carbohidratos asimilables

Los carbohidratos asimilables son los que se pueden incorporar al organismo a través de las paredes del intestino delgado después de haber sufrido una serie de rupturas, por medio de enzimas específicas, que los reducen a unidades simples de glucosa o fructosa. Este tipo de carbohidratos se definen como compuestos de almidón y azúcares solubles. Los no asimilables, por el contrario, son los que contienen hemicelulosa y fibra, principalmente.

El término adecuado para referirse a los carbohidratos asimilables es como glicémicos, es decir, que proporcionan carbohidratos al metabolismo. Cabe hacer notar que los carbohidratos no asimilables, llegan hasta el intestino grueso y allí se fermentan y proveen energía al cuerpo, a través de este proceso.

2.10. Transesterificación

La escisión mediante un alcohol de un éster se denomina transesterificación. Es un proceso químico a través del cual los aceites se combinan con alcohol (etanol o metanol, por ejemplo), para generar una reacción que produce ésteres grasos como el etil o metil éster. Esta es catalizada por ácidos (sulfúrico o clorhídrico, por ejemplo), o bases (generalmente un ion alcóxido).

La transesterificación es una reacción de equilibrio. Para desplazarlo hacia la derecha es necesario utilizar un gran exceso de alcohol, cuyo éster se desea, o bien eliminar uno de los productos de la mezcla reaccionante.

2.11. Ácidos grasos

Son ácidos alifáticos de cadena larga, que se obtienen por hidrólisis de las grasas y aceites. Los ácidos grasos de los triglicéridos comunes son ácidos carboxílicos lineales y largos, entre 12 y 20 átomos de carbono. La mayoría de los ácidos grasos contienen números pares de átomos de carbono, porque estos se biosintetizan a partir de subunidades de acetilo. Algunos de los ácidos grasos comunes tienen cadenas de carbonos saturadas, mientras que otros tienen uno o más enlaces dobles carbono-carbono.

La mayoría de las grasas y aceites naturales son mezclas de triglicéridos que contienen varios tipos de ácidos grasos saturados e insaturados. En general, los aceites de las plantas y de los animales de sangre fría contienen más insaturaciones que las grasas de los animales de sangre caliente.

Existen 4 familias de ácidos grasos:

- Saturados.
- Mono-insaturados (ácido oleico).
- Poli-insaturados (ácidos $\omega 6$ y $\omega 3$).
- Trans: que provienen de productos de fabricación industrial y se consideran perjudiciales para el organismo.

Se requiere un equilibrio entre el consumo de los diferentes tipos de ácidos grasos. En general, se recomienda una ingesta baja en ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans y un mayor consumo de ácidos mono-insaturados y poli-insaturados.

En general, para la población adulta se recomienda que el consumo de grasa represente entre un 30 y un 35 por ciento del aporte total de energía. Si se desglosa en las diferentes clases de ácidos grasos existentes, la recomendación de consumo sería:

- Las grasas saturadas no deben aportar más del 10 por ciento del total de energía.
- El ácido graso mayoritario debe ser el oleico (aceite de oliva) que debe suponer entre un 15 y un 20 por ciento del total de energía.
- El 5 por ciento restante debe proceder de los ácidos grasos poliinsaturados (4 por ciento los $\omega 6$ y un 1 por ciento los $\omega 3$).

2.12. Espectroscopía de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo

La espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) se basa en la vaporización, disociación, ionización y excitación de los diferentes elementos químicos de una muestra en el interior de un plasma.

Durante el proceso de desexcitación de los átomos neutros e iones en el interior de un plasma (cuantificación en estado basal), se producen las emisiones de radiación electromagnética en la zona del UV-visible. Estas radiaciones, características de cada elemento, se separan en función de su longitud de onda y finalmente se mide su intensidad. La selección de la longitud de onda permite determinar el metal cualitativamente, mientras que la intensidad de la radiación emitida proporcionará la información para poder cuantificarlo.

Un plasma es un gas ionizado, eléctricamente neutro y confinado en un tubo de descarga. Es un estado de equilibrio entre partículas cargadas y neutras de un gas ionizado. Las temperaturas alcanzadas son notablemente superiores a la de la absorción atómica. Un sistema típico de análisis elemental por espectroscopía con un plasma con fuente de excitación y atomización está constituido por:

- El plasma: deberá reunir ciertas condiciones de temperatura, confinamiento, etc.
- El generador eléctrico: aportará la energía externa al plasma que la disipará en forma térmica y radiante.
- El sistema de introducción de la muestra (automuestreador): deberá permitir un eficaz aporte de la muestra al conjunto.

- El sistema de alimentación de gas (nebulizador): que asegura el funcionamiento del plasma, el transporte de la muestra, la formación del aerosol con la muestra, la purga del sistema óptico y la refrigeración de la antorcha.
- El sistema óptico: permitirá analizar el espectro emitido por el plasma.
- El sistema de tratamiento de la señal: permitirá el análisis cualitativo y cuantitativo a partir de las radiaciones emitidas.

2.13. Cromatografía de gases

Es la cromatografía gas-líquido, con base en las dos fases:

- Móvil: gas
- Estacionaria: líquido

Se trata de un gas que atraviesa una columna rellena de líquido. A la entrada de la columna se colocan tres compuestos (en estado gaseoso), estos serán arrastrados por el gas, dependiendo de su coeficiente de reparto irán quedando más o menos tiempo en el líquido, lo que provoca la separación de los tres compuestos, saliendo antes aquel que haya permanecido más tiempo en la fase móvil. A la salida se coloca un aparato que detecta la salida de los compuestos.

La velocidad de los componentes de la muestra dependerá, entonces de la velocidad que se le dé al gas (gas portador) y de su naturaleza, así como la de la fase estacionaria. El detector colocado al final de la columna envía una señal que se refleja en forma de picos, cada uno correspondiente a un componente de la muestra. El primer pico que aparece se denomina pico del aire y corresponde a la detección de una cantidad muy pequeña de aire que

entra a la columna cuando se introduce la muestra en el cromatógrafo. En muchas ocasiones se toma como punto de referencia. La línea base es la parte del registro que corresponde al gas portador puro, sin compuesto. Como en el resto de cromatografías, hay que identificar al compuesto, puede ser:

- Cuantitativo: para averiguar la cantidad de muestra hay un método eficaz, consiste en averiguar la relación entre el área del pico y la masa del compuesto.
- Cualitativo: el tiempo que tarda en salir.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Este diseño describe las variables tanto dependientes como independientes que se utilizan en los cálculos de los análisis proximales realizados, la delimitación del campo de estudio y se enlistan los materiales y el recurso humano que se tuvo disponible para el desarrollo de la investigación. Además, se muestra el Diagrama de Flujo de la técnica cuantitativa utilizada y la recolección, ordenamiento y tabulación de información. Asimismo, se plantea el procedimiento a seguir para el análisis estadístico necesario para la comprobación de la hipótesis planteada en el proyecto.

3.1. Variables

Para obtener resultados cuantitativos que permitieran el análisis de cada variedad de mango y sus repeticiones correspondientes, se utilizaron las variables que a continuación se describen.

3.1.1. Determinación de humedad

Las variables independientes y dependientes necesarias son para determinar la humedad y estas se muestran en la tabla III.

Tabla III. **Variables independientes en determinación de humedad**

Variable	Símbolo	Dimensional
Peso de muestra original	W	G
Tara de crisol	W	G

Continuación de la tabla III.

Variable	Símbolo	Dimensional
Temperatura	T	K
Tiempo	t	s

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables dependientes en determinación de humedad**

Variable	Símbolo	Dimensional
Porcentaje de humedad	%	adimensional
Peso después de procedimiento	w	g

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. **Determinación de cenizas**

Para cuantificar las cenizas en los subproductos las variables utilizadas se muestran en la tabla V.

Tabla V. **Variables independientes en determinación de cenizas**

Variable	Símbolo	Dimensional
Peso de muestra original	w	g
Tara de crisol	w	g
Temperatura	T	K
Tiempo	t	s

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Variables dependientes en determinación de cenizas**

Variable	Símbolo	Dimensional
Porcentaje de cenizas	%	adimensional
Peso después de procedimiento	w	g

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. **Determinación de lípidos**

Los lípidos pueden determinarse con las siguientes variables independientes y dependientes, respectivamente, estas se describen en las tablas VII y VIII.

Tabla VII. **Variables independientes en determinación de lípidos**

Variable	Símbolo	Dimensional
Peso de grasa en muestra	W	g
Peso de muestra seca	W	g
Tara vaso	W	G
Temperatura	T	K
Tiempo	T	s
Presión	P	Pa
Volumen	V	mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Variables dependientes en determinación de lípidos**

Variable	Símbolo	Dimensional
Porcentaje de grasa	%	adimensional

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. **Determinación de proteínas**

Las proteínas se determinan con las variables independientes y dependientes descritas a continuación en las tablas IX y X.

Tabla IX. **Variables independientes en determinación de proteínas**

Variable	Símbolo	Dimensional
Peso de la muestra	W	g
Volumen de titulante	V	mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Variables dependientes en determinación de proteínas**

Variable	Símbolo	Dimensional
Porcentaje de proteína	%	adimensional

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Determinación de carbohidratos asimilables

Los carbohidratos asimilables se determinan, en este caso, de forma indirecta, utilizando los datos de humedad, cenizas, grasas y proteínas que corresponden a las variables independientes.

Tabla XI. **Variables independientes en determinación de carbohidratos asimilables**

Variable	Símbolo	Dimensional
Humedad	%	adimensional
Cenizas	%	adimensional
Grasas	%	adimensional
Proteínas	%	adimensional

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Variables dependientes en determinación de carbohidratos asimilables**

Variable	Símbolo	Dimensional
Porcentaje de carbohidratos	%	adimensional

Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Determinación de calcio, hierro, cinc, fósforo y potasio

Las variables dependientes e independientes para la determinación de estos elementos se detallan en las tablas XIII y XIV.

Tabla XIII. **Variables independientes en determinación de minerales**

Variable	Símbolo	Dimensional
Longitud de onda	λ	Nm

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Variables dependientes en determinación de minerales**

Variable	Símbolo	Dimensional
Concentración	[]	ppm

Fuente: elaboración propia.

3.1.7. **Determinación de ácidos grasos**

Para cuantificación de los ácidos grasos las variables necesarias se muestran en las tablas XV y XVI.

Tabla XV. **Variables independientes para determinación de ácidos grasos**

Variable	Símbolo	Dimensional
Peso de muestras	W	g
Temperatura	T	K
Volumen	V	mL
Tiempo	t	s

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Variables dependientes para determinación de ácidos grasos**

Variable	Símbolo	Dimensional
Ácidos grasos	%	Adimensional

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

En la tabla XVII se muestra la forma en que se delimitó el campo de estudio enfocándose en el área, proceso, ubicación y clima donde se desarrolló el proyecto.

Tabla XVII. **Delimitación de campo de estudio**

Área	Alimentos
Proceso	Extracción del aceite fijo de la semilla del mango y caracterización nutricional de los subproductos del fruto, para su evaluación y posible aplicación en la industria.
Ubicación	<p>La materia prima se obtuvo de la finca Magdalena en Retalhuleu, ubicada al sur occidente de Guatemala (aproximadamente a 190 kilómetros de la capital del país).</p> <p>Los análisis se realizaron en el Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, en el campus central de la Universidad del Valle de Guatemala, en la ciudad de Guatemala.</p>

Continuación de la tabla XVII.

Clima	Las temperaturas del departamento de Retalhuleu fluctúan entre 22 y 34 grados Celsius.
	En el lugar donde se realizaron los análisis correspondientes, las temperaturas varían entre 20 y 25 grados Celsius en la ciudad de Guatemala.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Recursos humanos disponibles

La tabla que se muestra a continuación, resume el recurso humano involucrado en el proyecto de investigación.

Tabla XVIII. **Recursos humanos disponibles**

Investigador	Andrés Emilio Báttén Corea Estudiante de Ingeniería Química
Asesor	Hilda Piedad Palma de Martini Ingeniera química Universidad de San Carlos de Guatemala Colegiado No.453

Continuación de la tabla XVIII.

Coasesor	Ricardo Bressani Doctor en bioquímica Universidad del Valle de Guatemala
-----------------	--

Fuente: elaboración propia.

3.4. Recursos materiales disponibles

Para poder realizar la caracterización nutricional de los subproductos del mango y la extracción del aceite de la semilla del mismo, se utilizaron las siguientes materias primas, reactivos, cristalería y equipos.

3.4.1. Materia prima, reactivos y otros

Se enlistan a continuación los reactivos, materia prima y otros recursos materiales que fueron necesarios para llevar a cabo el proyecto:

- 1 caja de papel filtro Whatman #2
- 5 variedades de mango
- 6 dedales para extracción de aceite fijo
- Ácido bórico al 4 % p/p
- Ácido clorhídrico grado analítico 0.1 N
- Ácido clorhídrico grado analítico 6 N
- Ácido clorhídrico 37 %
- Ácido nítrico grado analítico al 65 %

- Ácido sulfúrico grado analítico 95-97 %
- Agua de grifo
- Agua destilada
- Cloruro de sodio
- Fluoruro de boro al 20 % en metanol
- Gas helio grado cromatografía
- Heptano
- Hexano grado analítico 96 %
- Hidróxido de sodio 0.5 N
- Hidróxido de sodio grado analítico al 40 % p/p
- Metanol
- Pastillas Kjeldahl (sulfato de sodio, sulfato de potasio, óxido de titanio IV y sulfato de cobre II)
- Rojo de metilo al 0,1 % en alcohol
- Solución trazable a Nist (Ca, Fe, Zn, P y K) de 1000 ppm cada una.
- Sulfato de sodio anhidro

3.4.2. Cristalería e instrumentos

La cristalería e instrumentos utilizados para los análisis son los siguientes:

- 2 bandejas de plástico
- 20 balones de aforo de 25 mL
- 1 balón de aforo de 250 mL
- 15 balones de aforo de 50 mL
- 4 beakers de 50 mL
- 5 beakers de 500 mL
- 2 beakers de 1 L

- 1 bureta de 50 mL
- 20 crisoles de porcelana
- 2 cuchillos
- 40 earlenmeyers de 250 mL
- 4 embudos de vidrio
- 2 espátulas
- 1 gradilla para 40 tubos de ensayo
- 1 mortero
- 2 picetas
- 2 pinzas
- 5 pipetas de 5 mL
- 1 probeta de 50 mL
- 1 probeta de 100 mL
- 1 soporte universal
- 1 tamiz mesh No.35
- 40 tubos de ensayo de 15 mL
- 40 tubos de ensayo de 10 mL
- 40 tubos de digestión de 300 mL
- 3 varillas de agitación
- 6 vasos para extracción de aceite fijo
- 15 viales de 4 mL
- 1 ampolla de decantación

3.4.3. Equipo de laboratorio químico

El proyecto se llevó a nivel laboratorio, utilizando los siguientes equipos:

- Balanza analítica marca Ohaus Adventurer (capacidad máxima 250 g) (0,0001 g).
- Ciclón marca UDY Corporation.
- Cromatógrafo marca Agilent, modelo 6850.
- Destilador marca VELP, modelo UDK132, Automatic distillation unit.
- Detector de masas marca Agilent 5975C VL MSD.
- Digestor marca VELP, modelo DK20.
- Equipo ICP (inductively coupled plasma) marca Perkin Elmer modelo Óptima 7300 DV.
- Estufa marca Corning.
- Extractor por solvente marca VELP, modelo SER148.
- Horno marca Fisher Scientific.
- Licuadora de 3 velocidades marca Oster, modelo Superdeluxe.
- Mufla marca Thermolyne, modelo 62700.
- Secador marca VWR de bandejas, modelo 1370GM-2.

3.5. Técnica cuantitativa

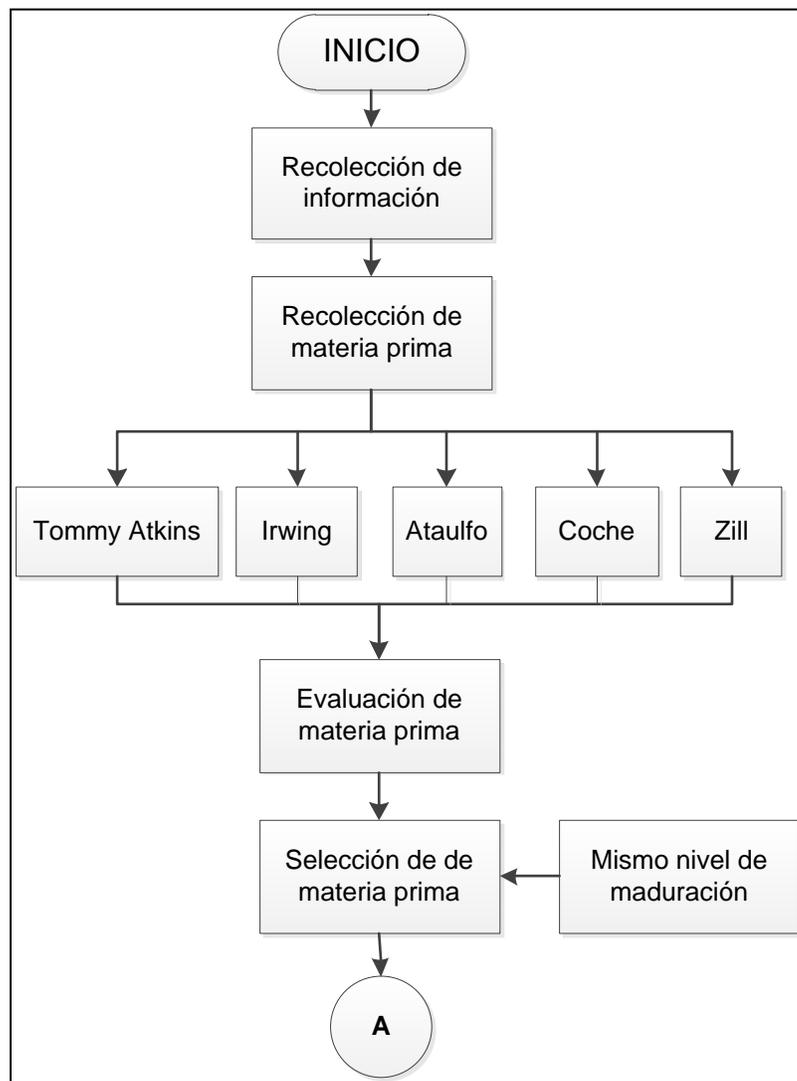
Se utilizaron los métodos publicados por la Association of Official Agricultural Chemists, por sus siglas en inglés (AOAC), para la determinación de los análisis proximales, es decir cuantificación nutricional de los subproductos.

En cuanto a los parámetros cualitativos, estos sirvieron como referencia y apoyo para interpretación y conclusiones correspondientes, así como, para la propuesta que se plantea como alternativa de uso del aceite fijo extraído de la semilla del mango.

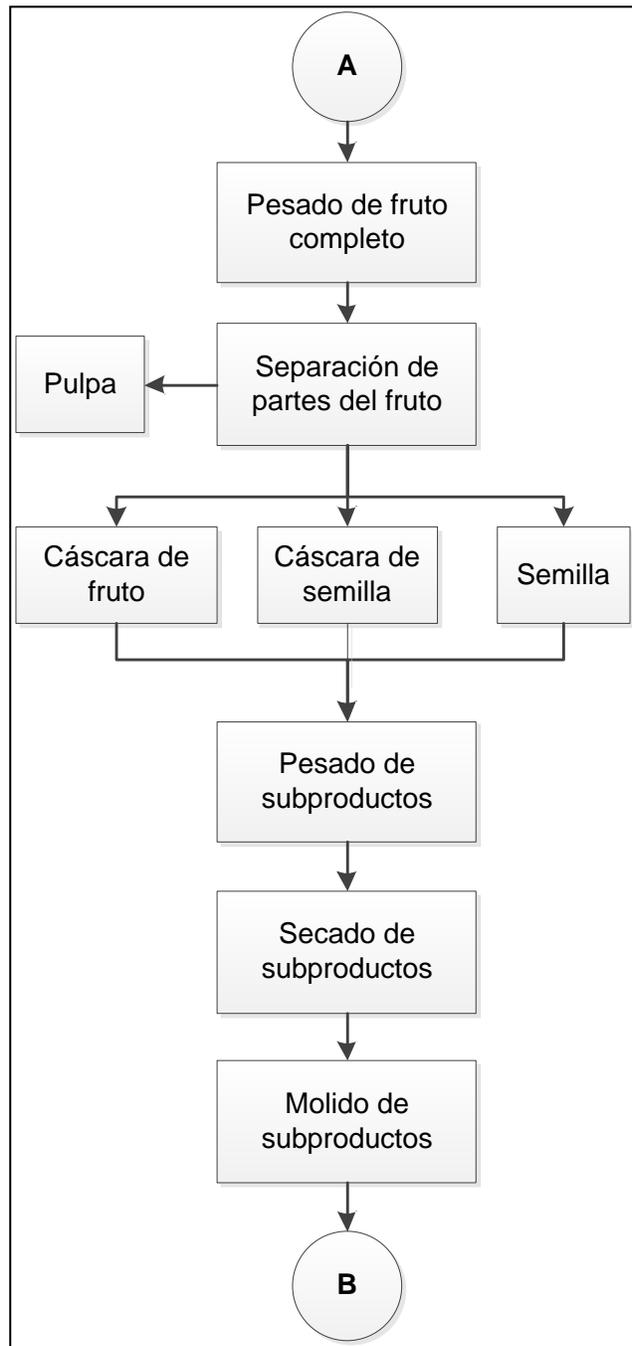
3.5.1. Diseño general

El Diagrama de Flujo que se presenta a continuación detalla de forma ordenada los pasos que se siguieron para cumplir los objetivos establecidos en este proyecto de investigación.

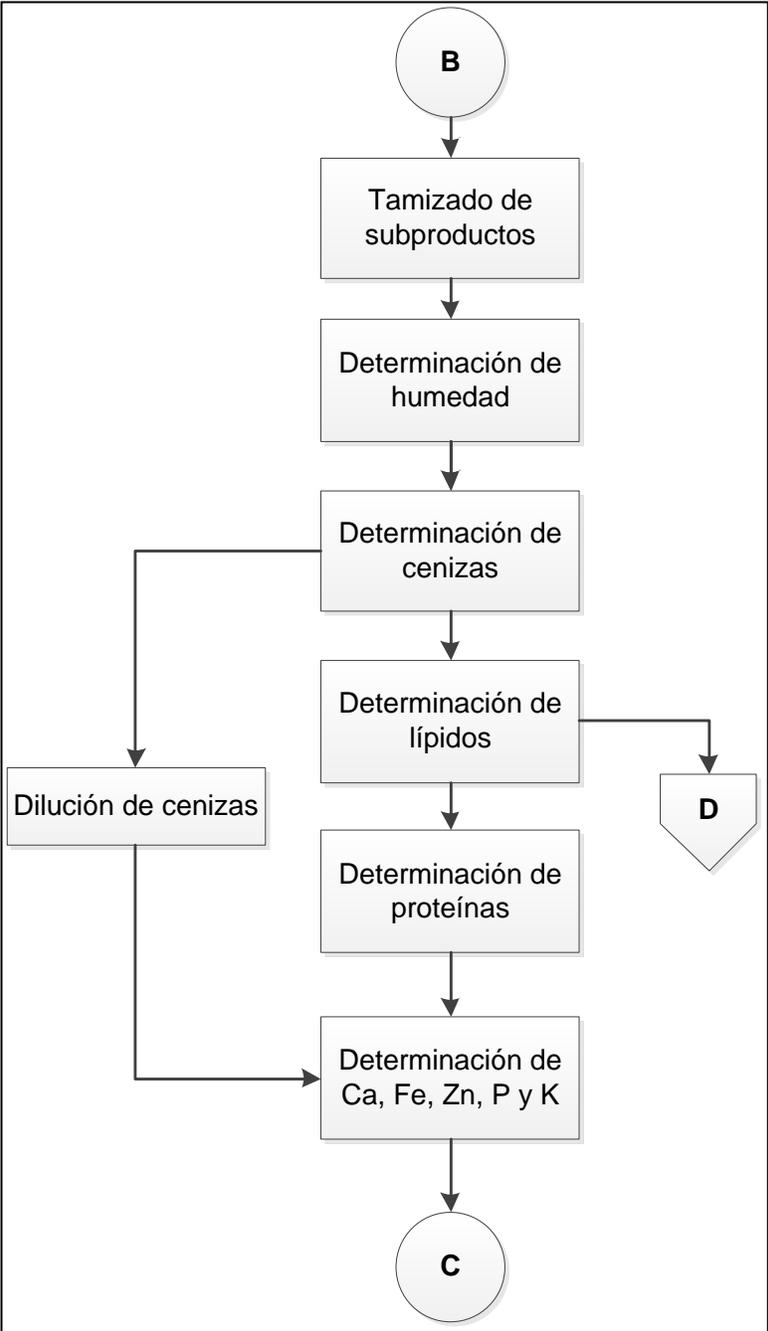
Figura 5. Diagrama de Flujo del proceso



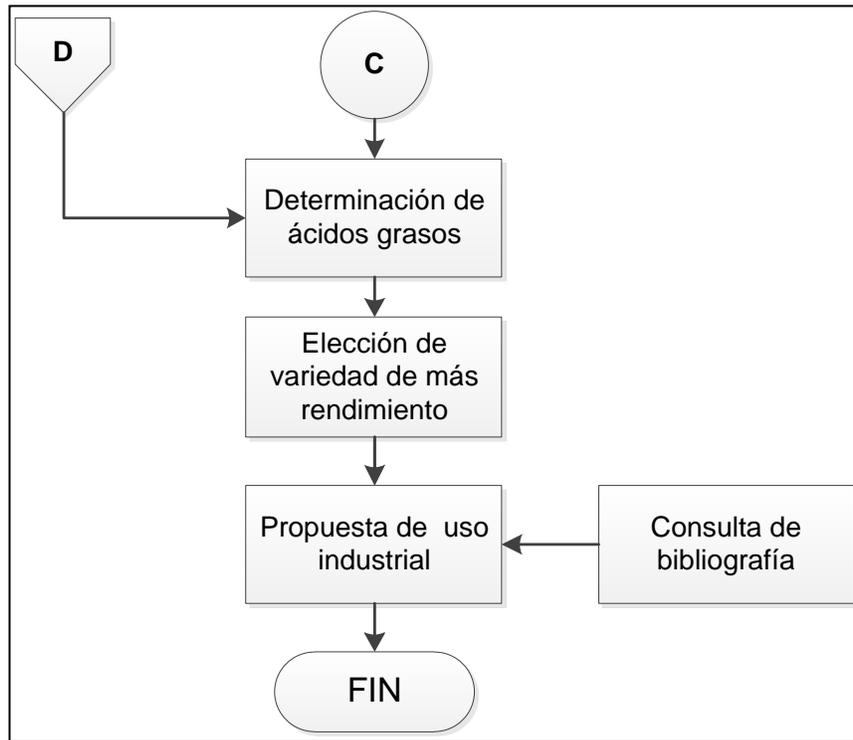
Continuación de la figura 5.



Continuación de la figura 5.



Continuación de la figura 5.



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Para cumplir con los objetivos establecidos de este estudio de investigación, se recolectaron y ordenaron los datos para la caracterización porcentual y nutricional de los subproductos del mango y para la extracción del aceite fijo de la semilla del fruto. Primero se realizó la caracterización porcentual, obteniendo datos de tara de cristalería utilizada y peso para cada subproducto del mango, ordenándolos de acuerdo a cada variedad. Seguidamente se realizó la caracterización nutricional mediante análisis

proximales para la cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla, ordenando los datos de acuerdo al análisis y variedad analizada.

Los datos de los minerales Ca, Fe, Zn, P y K se obtuvieron a partir de análisis óptico con ICP y se ordenaron de acuerdo a cada subproducto y variedad del mango, recolectando valores de concentración. Los valores obtenidos en la extracción del aceite fijo de la semilla se tabularon según la variedad, mostrando así el rendimiento y variedad analizada. Por último, se ordenaron los datos obtenidos a partir del perfil de ácidos grasos realizado para cada variedad de la semilla del mango, tomando en cuenta los cinco compuestos en mayor proporción y mejor calidad.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La fase experimental del proyecto inicia con la recolección de la materia prima en la finca Magdalena en Retalhuleu. Al tener la materia prima disponible se procedió a evaluarla con el fin de escoger los frutos de mango que estuvieran en mejores condiciones y mismo nivel de maduración. A continuación se lavó la materia prima con agua procurando eliminar las impurezas del fruto y así realizar la caracterización porcentual del mismo.

3.7.1. Caracterización porcentual del fruto

La caracterización porcentual se realizó mediante los siguientes pasos:

- Pesar el fruto completo.
- Separar la pulpa del mango de la cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla, procurando que queden únicamente los subproductos de las cinco variedades de mango a evaluar.

- Diseccionar la cáscara de la semilla de mango por la mitad para retirar la semilla.
- Pesarse por aparte, pulpa, cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla del mango.

3.7.2. Secado de subproductos del mango

- Cortar capas finas de la cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla del mango, de aproximadamente 0,5 cm de grosor.
- Colocar en un secador de bandejas por 48 horas.

3.7.3. Molido de subproductos del mango

- En un mortero moler a mano la semilla del mango hasta que las partículas sean lo más pequeñas posibles.
- Colocar en una licuadora de 3 velocidades la materia a moler (cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla por aparte) y licuar hasta obtener partículas lo más uniformes posibles.

3.7.4. Tamizado de subproductos del mango

- Con un tamiz mesh No.20 tamizar la materia molida.
- Utilizando un ciclón con mesh No.35 tamizar la materia tamizada en el paso anterior.
- Colocar los subproductos tamizados en bolsas de plástico impermeables y con identificación adecuada.

3.7.5. Determinación de humedad

Según el método general de determinación de humedad (publicado por la AOAC, Kirk et al, 1996), el procedimiento general incluye los siguientes pasos:

- Pesar 2 g de la muestra en un crisol tarado previamente.
- Poner a secar por 48 horas en un secador de bandejas.
- Sacar el crisol y dejar que se enfríe a temperatura ambiente.
- Pesar los crisoles, anotar el peso después de secado.

3.7.6. Determinación de cenizas

Según el método general de determinación de cenizas (publicado por la AOAC, Kirk et al, 1996) en seco. El procedimiento general incluye los siguientes pasos:

- Pesar de 5 a 10 g de la muestra en un crisol tarado previamente.
- Colocar los crisoles en la mufla. Utilizar guantes y lentes de seguridad si la mufla está caliente.
- Dejar en la mufla 18 horas a 550 °C.
- Apagar la mufla y esperar a abrirla hasta que la temperatura haya disminuido, por lo menos hasta 250 °C o preferentemente menor.
- Abrir la puerta cuidadosamente para evitar perder cenizas que pueden volar.
- Dejar que se enfríen los crisoles antes del pesaje.

3.7.7. Determinación de Ca, Fe, P , Zn y K de los subproductos del mango

Para cuantificar minerales en las muestras de mango se siguió el procedimiento que describe la AOAC (publicado por Kirk et al, 1996). Los pasos a seguir son los siguientes:

3.7.7.1. Preparación de las muestras

- Diluir las cenizas con 5 mL de ácido clorhídrico 6 N.
- Filtrar con papel filtro No.2 Whatman por aproximadamente 10 minutos y disponer el filtrado en tubos de ensayo de 20 mL, rotulados de forma adecuada.
- Si las cenizas no se disuelven completamente con ácido clorhídrico, se debe agregar ácido nítrico y calentar para evaporar todo el ácido nítrico.
- Colocar en mufla a 550 °C durante 24 horas.
- Diluir en ácido clorhídrico y disponer en tubo de ensayo de 20 mL.

3.7.7.2. Elaboración de curva de calibración

- Preparar los estándares para cada elemento como lo muestra la tabla XIX:

Tabla XIX. **Elaboración de estándares para determinación de minerales**

	mL	Ca	Fe	Zn	P	K
Estándar 0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estándar 1	5	2,5	5,0	2,0	1,3	5,0
Estándar 2	15	7,5	15,0	6,0	3,8	15,0
Estándar 3	30	15,0	30,0	12,0	7,5	30,0
Estándar 4	40	20,0	40,0	16,0	10,0	40,0
Estándar 5	50	25,0	50,0	20,0	12,5	50,0
Estándar 6	85	42,5	85,0	34,0	21,3	85,0
Estándar 7	90	45,0	90,0	36,0	22,5	90,0

Fuente: elaboración propia.

- Colocar los estándares en el automuestreador.
- Generar curvas de calibración en el programa del equipo.

3.7.7.3. Lectura de muestras en equipo ICP

- Colocar los tubos de ensayo con muestras en el automuestreador.
- Generar resultados en programa de ICP.

3.7.8. Determinación de proteínas

Para la determinación de proteínas se utilizó el método Kjeldahl publicado por AOAC. Se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, por lo que compromete los siguientes pasos:

3.7.8.1. Digestión

- Pesar 0,25 gramos de la muestra y colocar en tubos para digestión.
- Agregar una pastilla de Kjeldahl.
- Agregar 6 mL de ácido sulfúrico.
- Poner a digerir en un rango de temperatura de 370-410 °C durante 30 minutos aproximadamente.

3.7.8.2. Destilación

- Agregar 10 mL de hidróxido de sodio a la muestra digerida.
- Poner a destilar por 5 minutos y recibir el destilado en un earlenmeyer debidamente rotulado.

3.7.8.3. Titulación

- Agregar 10 mL de ácido bórico al 4 %.
- Titular con ácido clorhídrico 0,10 N.
- Agregar volumen de ácido clorhídrico hasta el punto final.

3.7.9. Determinación de lípidos

Para la determinación de lípidos se utilizó el método semicontinuo de extracción con solvente: Método Soxhlet (publicado por AOAC). Se describe a continuación el procedimiento a seguir:

- Pesar 3 gramos de muestra previamente seca y colocar dentro de un dedal previamente seco con porosidad.
- Tarar el matraz para extracción de grasa.

- Colocar el agente extractor (hexano para este caso específico) dentro del matraz.
- Montar el sistema: matraz, recipiente Soxhlet y condensador.
- Extraer en el sistema Soxhlet a una razón de 5 o 6 gotas por segundo, por condensación en aproximadamente 16 horas a una razón de dos o tres gotas por segundo por calentamiento del solvente en un matraz.
- Una vez terminada la extracción, eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o baño María, hasta que no se detecte olor a hexano.
- Secar el matraz con la grasa extraída en un horno a 100 °C por 30 minutos, enfriar en un desecador y pesar.

3.7.9.1. Extracción de extracto etéreo de la semilla del fruto

- Para la extracción de extracto etéreo de la semilla del fruto, se realizaron los últimos tres pasos descritos, pero se pesó la cantidad total de la semilla del fruto para evaluar el rendimiento de la extracción.

3.7.10. Determinación de ácidos grasos

Para determinar ácidos grasos es preciso realizar una transesterificación de los mismos, intercambiando el grupo alcoxi del alcohol utilizado con una base o un ácido.

3.7.10.1. Transesterificación de las muestras

- Colocar 20 gotas del aceite en un balón de 25 mL.
- Agregar 5 mL de NaOH 0.5 N, aforado con metanol.

- Colocar en una estufa y calentar a 70 °C por 10 minutos hasta que se saponifique totalmente.
- Agregar 3 mL de BF₃ en metanol al 20 %.
- Agregar 5mL de heptano.
- Agregar solución saturada de NaCl hasta el aforo.
- Trasvasar la capa superior (heptano + ácidos grasos) a un vial de 4 mL que contenga 0,5 g de sulfato de sodio anhidro.

3.7.10.2. Determinación por cromatografía

Se trabajó con temperatura programada y se utilizó una columna semicapilar. Se ajustó el equipo a las siguientes condiciones:

- Columna SPB-5 (30 m x 0.53 mm di X 1 microm).
- Nitrógeno (43 psi) con split 94:1 ; acarreador 2.4 mL/min, 2 psi in col
- Inyector 245 °C, Detector FID, ionización de llama 260 °C (H₂ 13 psi, aire 36 psi).
- Horno 100 °C, 10 °C/min hasta 250 °C, 10 minutos.
- Sistema cromatográfico HP 5890 II/ ChemStation.
- Inyectar 0,4 microlitros de las muestras a analizar.

3.7.11. Tablas de tabulación de datos

Las tablas siguientes muestran los datos que se deben obtener a partir de resultados experimentales y variables a considerar, durante el desarrollo del experimento.

Tabla XX. **Determinación porcentual de las 5 variedades de mango**

Parte del fruto	Variedad de mango				
	A	B	C	D	E
Pulpa [%]	% P _A	% P _B	% P _C	% P _D	% P _E
Cáscara del fruto [%]	% Cf _A	% Cf _B	% Cf _C	% Cf _D	% Cf _E
Cáscara de la semilla [%]	% Cs _A	% Cs _B	% Cs _C	% Cs _D	% Cs _E
Semilla [%]	% S _A	% S _B	% S _C	% S _D	% S _E

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXI. **Cuantificación de humedad en las 5 variedades de mango**

No. Corrida	Variedad de mango				
	Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla				
	A	B	C	D	E
1	% H _{A,1}	% H _{B,1}	% H _{C,1}	% H _{D,1}	% H _{E,1}
2	% H _{A,2}	% H _{B,2}	% H _{C,2}	% H _{D,2}	% H _{E,2}
3	% H _{A,3}	% H _{B,3}	% H _{C,3}	% H _{D,3}	% H _{E,3}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXII. **Cuantificación de cenizas en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
No. Corrida	A	B	C	D	E
1	% C _{A,1}	% C _{B,1}	% C _{C,1}	% C _{D,1}	% C _{E,1}
2	% C _{A,2}	% C _{B,2}	% C _{C,2}	% C _{D,2}	% C _{E,2}
3	% C _{A,3}	% C _{B,3}	% C _{C,3}	% C _{D,3}	% C _{E,3}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXIII. **Cuantificación de Ca, Fe, Zn , P y K en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
Mineral	A	B	C	D	E
Ca	% M _{A,Ca}	% M _{B,Ca}	% M _{C,Ca}	% M _{D,Ca}	% M _{E,Ca}
Fe	% M _{A,Fe}	% M _{B,Fe}	% M _{C,Fe}	% M _{D,Fe}	% M _{E,Fe}
P	% M _{A,P}	% M _{B,P}	% M _{C,P}	% M _{D,P}	% M _{E,P}
Zn	% M _{A,Zn}	% M _{B,Zn}	% M _{C,Zn}	% M _{D,Zn}	% M _{E,Zn}
K	% M _{A,K}	% M _{B,K}	% M _{C,K}	% M _{D,K}	% M _{E,K}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXIV. **Cuantificación de proteínas en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
No. Corrida	A	B	C	D	E
1	% P _{A,1}	% P _{B,1}	% P _{C,1}	% P _{D,1}	% P _{E,1}
2	% P _{A,2}	% P _{B,2}	% P _{C,2}	% P _{D,2}	% P _{E,2}
3	% P _{A,3}	% P _{B,3}	% P _{C,3}	% P _{D,3}	% P _{E,3}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXV. **Cuantificación de lípidos en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
No. Corrida	A	B	C	D	E
1	% L _{A,1}	% L _{B,1}	% L _{C,1}	% L _{D,1}	% L _{E,1}
2	% L _{A,2}	% L _{B,2}	% L _{C,2}	% L _{D,2}	% L _{E,2}
3	% L _{A,3}	% L _{B,3}	% L _{C,3}	% L _{D,3}	% L _{E,3}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXVI. **Determinación de lípidos en mayor proporción en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
Nombre Lípido	A	B	C	D	E
Lípido 1	Lípido _{1A}	Lípido _{1B}	Lípido _{1C}	Lípido _{1D}	Lípido _{1E}
Lípido 2	Lípido _{2A}	Lípido _{2B}	Lípido _{2C}	Lípido _{2D}	Lípido _{2E}
Lípido 3	Lípido _{3A}	Lípido _{3B}	Lípido _{3C}	Lípido _{3D}	Lípido _{3E}
Lípido 4	Lípido _{4A}	Lípido _{4B}	Lípido _{4C}	Lípido _{4D}	Lípido _{4E}
Lípido 5	Lípido _{5A}	Lípido _{5B}	Lípido _{5C}	Lípido _{5D}	Lípido _{5E}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXVII. **Cuantificación de carbohidratos asimilables en las 5 variedades de mango**

Variedad de mango					
Cáscara del fruto, cáscara de la semilla y semilla					
No. Corrida	A	B	C	D	E
1	% CA _{A,1}	% CA _{B,1}	% CA _{C,1}	% CA _{D,1}	% CA _{E,1}
2	% CA _{A,2}	% CA _{B,2}	% CA _{C,2}	% CA _{D,2}	% CA _{E,2}
3	% CA _{A,3}	% CA _{B,3}	% CA _{C,3}	% CA _{D,3}	% CA _{E,3}

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

3.8. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento ANOVA (según su significado en inglés, ANalysis Of VAriance) de un factor que permite comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Para ello se necesitan de dos variables: una categórica que define los grupos a comparar, llamada independiente o factor y otra dependiente, que es la variable cuantitativa en la que se pueden comparar dichos grupos. Las variables dependiente e independiente son el rendimiento de aceite fijo de la semilla del mango extraído por método Soxhlet y la variedad de mango, respectivamente para este caso de estudio. En primer lugar, se calculó la varianza ordenando los datos de la siguiente forma:

Tabla XXVIII. **Datos para el cálculo de varianza para el efecto de cada variedad de mango sobre el rendimiento de aceite fijo extraído**

m	n					
Variedad	1	2	3	Suma	Media	Varianza
A	% A ₁	% A ₂	% A ₃	$\sum \% A$	$\overline{X_{\%A}}$	$\sigma_{\%A}^2$
B	% B ₁	% B ₂	% B ₃	$\sum \% B$	$\overline{X_{\%B}}$	$\sigma_{\%B}^2$
C	% C ₁	% C ₂	% C ₃	$\sum \% C$	$\overline{X_{\%C}}$	$\sigma_{\%C}^2$
D	% D ₁	% D ₂	% D ₃	$\sum \% D$	$\overline{X_{\%D}}$	$\sigma_{\%D}^2$
E	% E ₁	% E ₂	% E ₃	$\sum \% E$	$\overline{X_{\%E}}$	$\sigma_{\%E}^2$

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Donde:

m = variable independiente, la variedad del mango.

n = variable dependiente, el rendimiento de extracción de aceite fijo de la semilla del mango.

Una varianza grande indica que hay mucha variación entre los sujetos, mayores diferencias individuales con respecto a la media; una varianza pequeña indica poca variabilidad entre los sujetos, diferencias menores entre los sujetos. La varianza cuantifica todo lo que hay de diferente entre los sujetos u observaciones.

Se desea conocer el efecto de la variedad sobre el rendimiento del aceite fijo extraído a las mismas condiciones de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de solvente, es por ello, que la hipótesis que se pone a prueba es que las medias de la variable dependiente (rendimiento de aceite fijo extraído) por cada grupo son iguales. Si dichas medias son iguales, significa que los grupos no difieren y que en consecuencia, el rendimiento del aceite será independiente de la variedad.

A continuación se detallan los datos necesarios para el análisis de varianza:

Tabla XXIX. **Datos para el análisis de varianza para el efecto de cada variedad de mango sobre el rendimiento de aceite fijo extraído**

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F_{calc}	P	F_{cri}
Entre grupos	$SS_{Factores}$	t-1	$T = \frac{SS_{Factores}}{t - 1}$	$F = \frac{T}{E}$	P	F_{cri}
Dentro de los grupos	SS_{ERROR}	N-t	$E = \frac{SS_{ERROR}}{N - 1}$			
Total	SS_{TOTAL}	N-1				

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Según los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA), se seguirá una distribución de Fisher con un nivel de confianza del 95 por ciento para encontrar el valor de la F crítica, y compararla con la F calculada, siguiendo el criterio:

- Si la F calculada es mayor a la F crítica, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Si la F calculada es menor que la F crítica, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

3.9. Plan de análisis de resultados

La transferencia de resultados y cálculos se realizó con ayuda de programas.

3.9.1. Presentación técnica

Es la presentación de los datos obtenidos de los análisis realizados a nivel laboratorio y los gráficos que modelan los resultados para la interpretación de los mismos.

3.9.2. Programas utilizados para análisis de datos

Para el registro de los datos obtenidos durante el desarrollo experimental se utilizaron herramientas de los programas de Microsoft Office 2010:

- Microsoft Excel: hojas electrónicas que se utilizaron para analizar y administrar los resultados. Además se utilizaron herramientas útiles para estadística descriptiva, representaciones gráficas y análisis de variables.
- Microsoft Word: software útil para el procesamiento de texto.
- Microsoft Visio: software que se utilizó para plasmar los procedimientos llevados a cabo en forma de diagramas de flujo.

El programa utilizado para análisis de minerales en el equipo ICP es:

- Programa WinLab ICP.

4. RESULTADOS

4.1. Cuantificación porcentual del fruto para las 5 variedades de mango analizadas

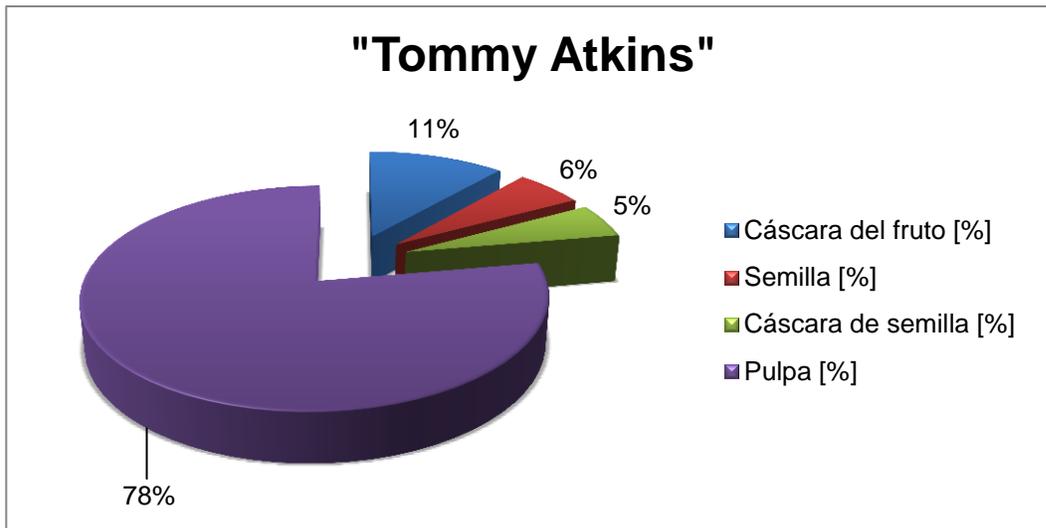
Los porcentajes de cada parte del mango y su representación gráfica se muestran en las siguientes tablas y figuras, respectivamente. Se muestran resultados para las cinco repeticiones establecidas y para cada variedad de mango analizada.

Tabla XXX. **Caracterización porcentual para mango variedad Tommy Atkins**

	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	Promedio
Fruto completo [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cáscara del fruto [%]	15,06	7,51	11,29	10,61	6,36	10,17
Semilla [%]	5,87	5,81	4,03	6,59	5,24	5,51
Cáscara de semilla [%]	5,07	5,15	5,26	4,98	5,01	5,09
Pulpa [%]	72,84	79,77	77,43	76,08	81,35	77,49
Total [%]	98,84	98,23	98,01	98,26	97,96	98,26

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 6. **Caracterización porcentual para mango variedad Tommy Atkins**



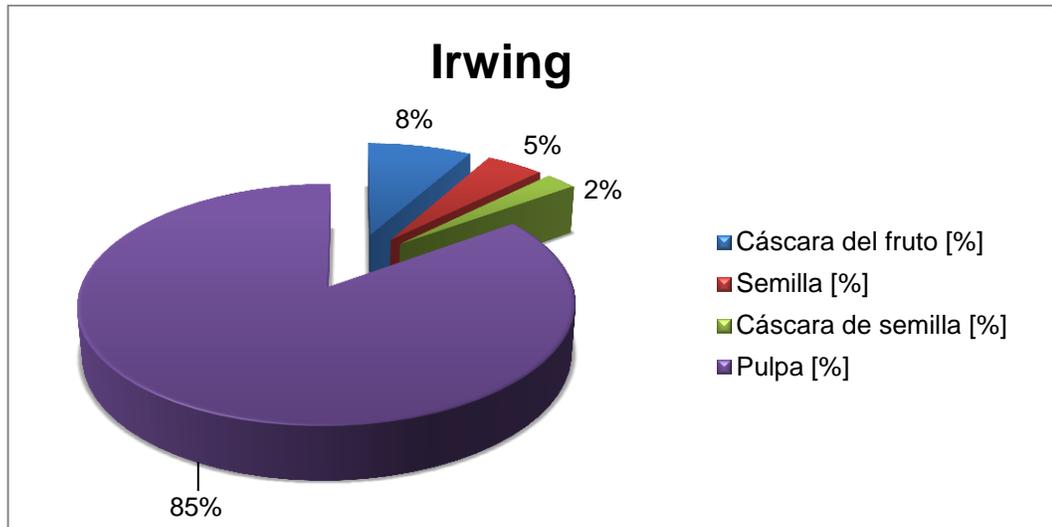
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXI. **Caracterización porcentual para mango variedad Irwing**

	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	Promedio
Fruto completo [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cáscara [%]	7,88	7,24	7,87	7,98	8,10	7,81
Semilla [%]	4,79	5,11	4,71	4,94	3,76	4,66
Cáscara de semilla [%]	2,50	2,10	2,80	2,40	2,20	2,40
Pulpa [%]	82,38	84,03	82,98	83,35	83,80	83,31
Total [%]	97,55	98,48	98,36	98,68	97,86	98,18

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 7. **Caracterización porcentual para mango variedad Irwing**



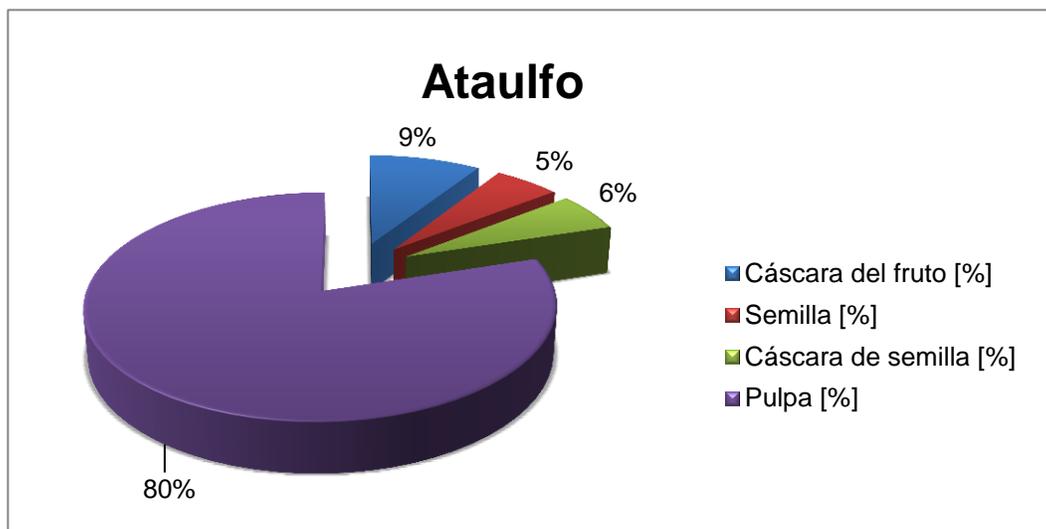
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXII. **Caracterización porcentual para mango variedad Ataulfo**

	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	Promedio
Fruto completo [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cáscara [%]	7,69	8,10	6,90	7,43	14,35	8,89
Semilla [%]	6,26	5,89	4,77	4,60	5,23	5,35
Cáscara de semilla [%]	5,89	5,66	5,43	5,43	5,71	5,62
Pulpa [%]	78,96	78,94	81,50	82,19	74,16	79,15
Total [%]	98,80	98,60	98,61	99,66	99,44	99,02

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 8. **Caracterización porcentual para mango variedad Ataulfo**



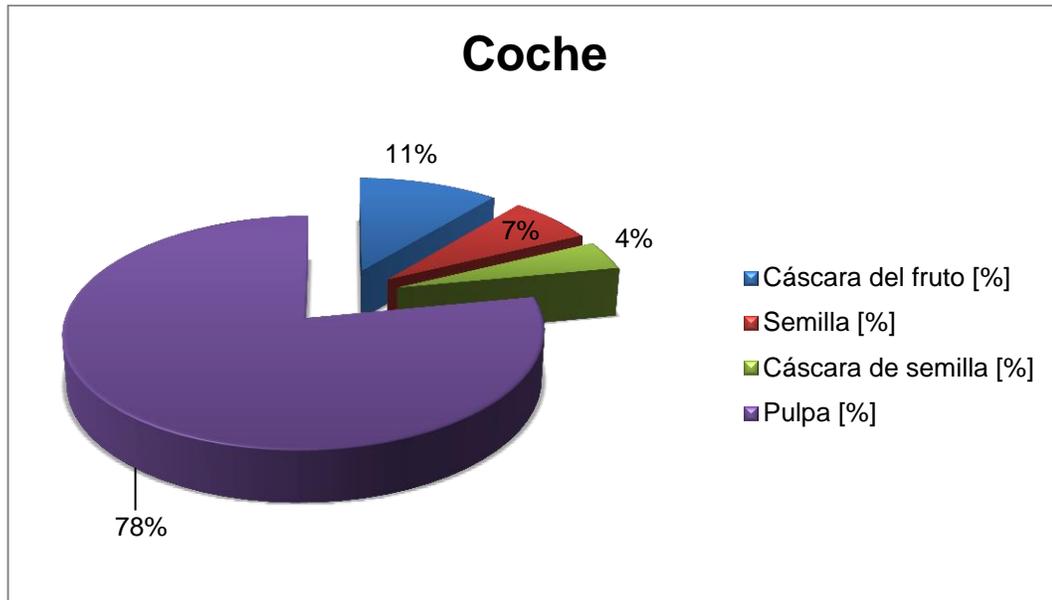
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXIII. **Caracterización porcentual para mango variedad Coche**

	D.1	D.2	D.3	D.4	D.5	Promedio
Fruto completo [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cáscara [%]	10,09	8,88	10,47	17,87	8,84	11,23
Semilla [%]	8,86	8,09	7,48	4,36	4,95	6,75
Cáscara de semilla [g]	4,11	4,09	4,10	4,11	4,13	4,11
Pulpa [%]	74,77	77,11	76,70	72,27	80,02	76,17
Total [%]	97,83	98,17	98,74	98,60	97,94	98,26

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 9. **Caracterización porcentual para variedad mango Coche**



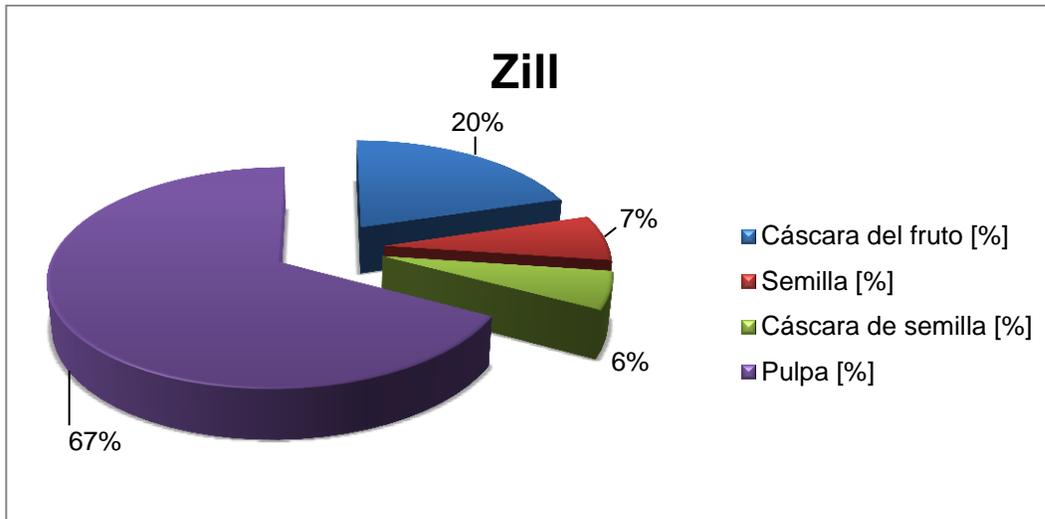
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXIV. **Caracterización porcentual para mango variedad Zill**

	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	Promedio
Fruto completo [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Cáscara [%]	17,45	22,89	19,95	24,22	14,43	19,79
Semilla [%]	8,19	7,52	6,74	7,58	3,78	6,76
Cáscara de semilla [g]	5,73	5,59	5,08	5,73	5,75	5,58
Pulpa [%]	66,87	63,35	68,18	60,49	74,04	66,59
Total [%]	98,24	99,35	99,95	98,02	98,00	98,71

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 10. **Caracterización porcentual para mango variedad Zill**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.2. Cuantificación de humedad en los subproductos para las 5 variedades analizadas

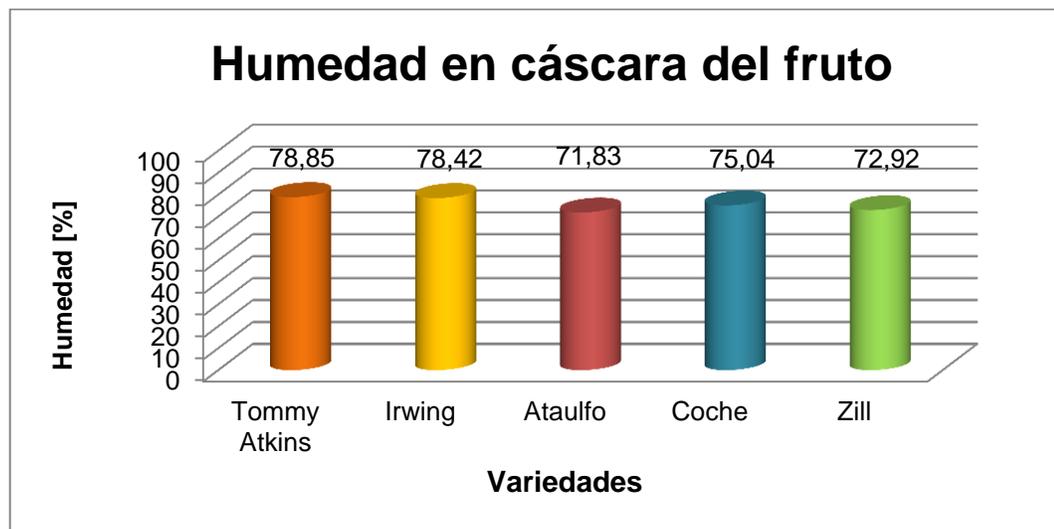
En las tablas XXXV, XXXVI y XXXVII, como también en las figuras 11, 12 y 13 se detallan los resultados de los análisis de humedad realizados a cada variedad de mango, se realizaron 3 repeticiones para cada una de ellas. Se realizó un promedio aritmético y se plasmó cada resultado en un gráfico de barras que permite comparar la propiedad física analizada.

Tabla XXXV. **Porcentaje de humedad en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	79,29	76,29	72,86	73,13	72,51
2	80,28	76,51	71,05	75,26	74,43
3	76,98	82,46	71,57	76,73	71,82
Promedio [%]	78,85	78,42	71,83	75,04	72,92

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 11. **Porcentaje de humedad en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**



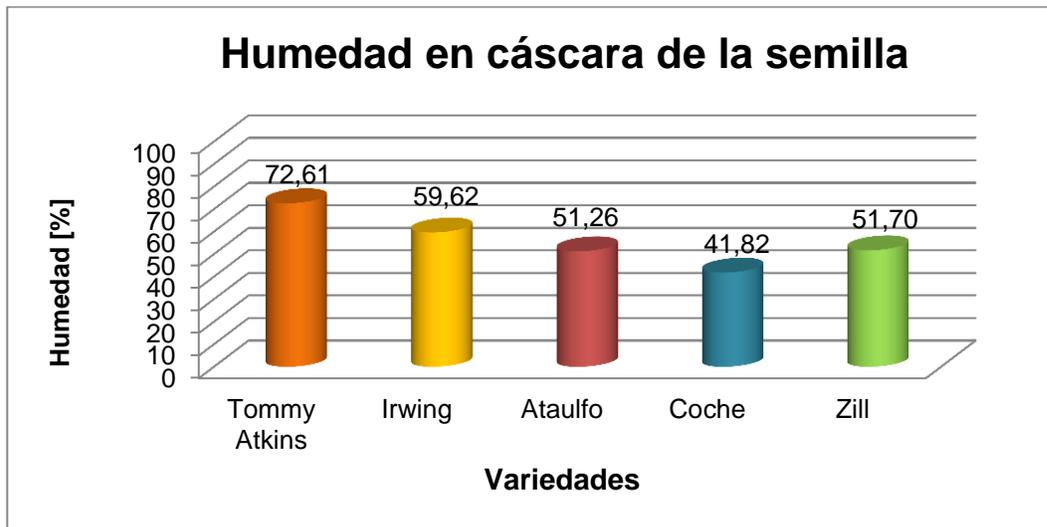
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXVI. **Porcentaje de humedad en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	71,13	57,36	49,83	41,61	50,50
2	74,85	61,82	51,72	40,70	52,95
3	71,86	59,69	52,25	43,16	51,67
Promedio [%]	72,61	59,62	51,26	41,82	51,70

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 12. **Porcentaje de humedad en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



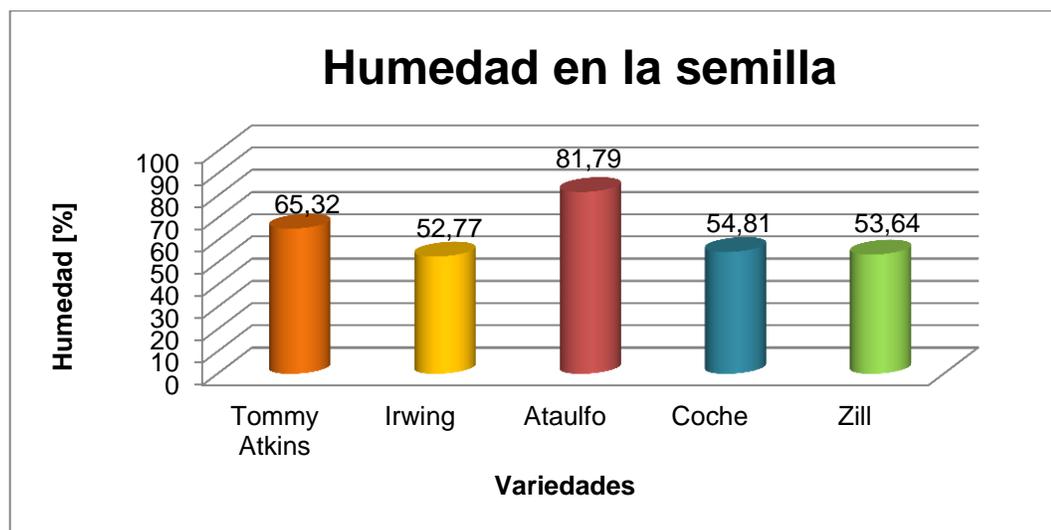
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXVII. **Porcentaje de humedad en la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	66,43	53,62	81,46	54,92	53,17
2	64,88	51,78	82,48	55,81	53,44
3	64,65	52,91	81,43	53,69	54,30
Promedio [%]	65,32	52,77	81,79	54,81	53,64

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 13. **Porcentaje de humedad en la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.3. Cuantificación de cenizas en los subproductos para las 5 variedades analizadas

Las tablas y figuras que se presentan a continuación muestran los resultados del análisis de cenizas. El promedio de las repeticiones se graficaron. De esta forma fue posible interpretar la diferencia de cenizas presentes en el mango de acuerdo a su variedad.

Tabla XXXVIII. **Porcentaje de cenizas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	5,60	5,05	5,59	5,31	3,71
2	5,46	5,02	5,61	5,36	4,00
3	5,80	5,14	5,66	5,13	4,00
Promedio [%]	5,62	5,07	5,62	5,27	3,90

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 14. **Porcentaje de cenizas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**



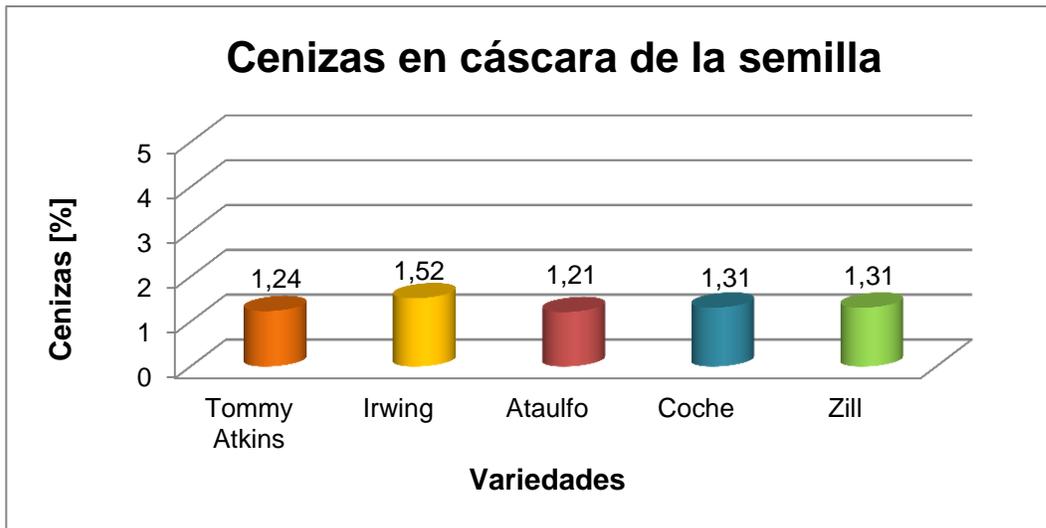
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XXXIX. **Porcentaje de cenizas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	1,28	1,51	1,22	1,30	1,30
2	1,24	1,52	1,17	1,30	1,30
3	1,18	1,53	1,26	1,33	1,33
Promedio [%]	1,24	1,52	1,21	1,31	1,31

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 15. **Porcentaje de cenizas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



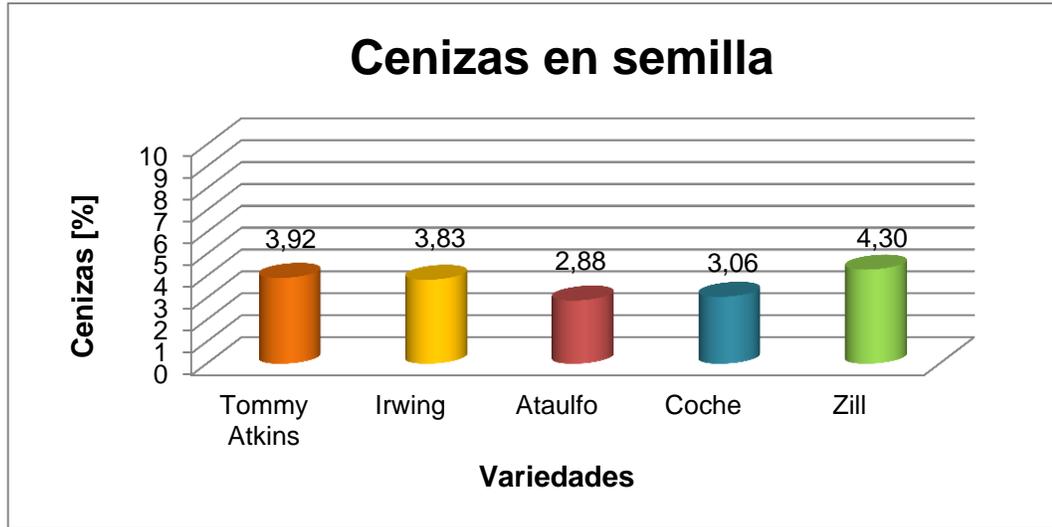
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XL. **Porcentaje de cenizas en la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	3,90	4,00	2,98	3,06	4,69
2	3,92	3,88	2,85	3,07	3,40
3	3,93	3,62	2,83	3,04	4,79
Promedio [%]	3,92	3,83	2,88	3,06	4,30

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 16. **Porcentaje de cenizas en la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.4. **Cuantificación de lípidos en los subproductos para las 5 variedades analizadas**

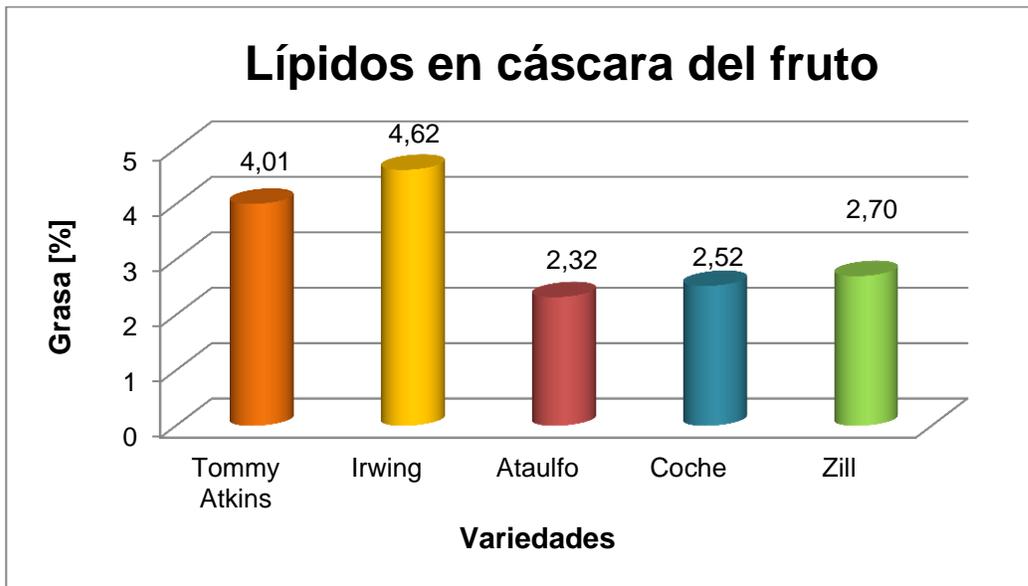
Los lípidos se determinaron por el método Soxhlet. Se muestran en las tablas XLI, XLII y XLIII con 3 repeticiones para cada variedad de mango y se ilustran en las figuras 17, 18 y 19 con gráficos en forma de barras.

Tabla XLI. **Porcentaje de lípidos en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	3,64	4,90	2,89	2,41	2,81
2	3,63	4,91	2,01	2,54	2,67
3	4,75	4,05	2,06	2,63	2,63
Promedio [%]	4,01	4,62	2,32	2,52	2,70

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 17. **Porcentaje de lípidos en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango**



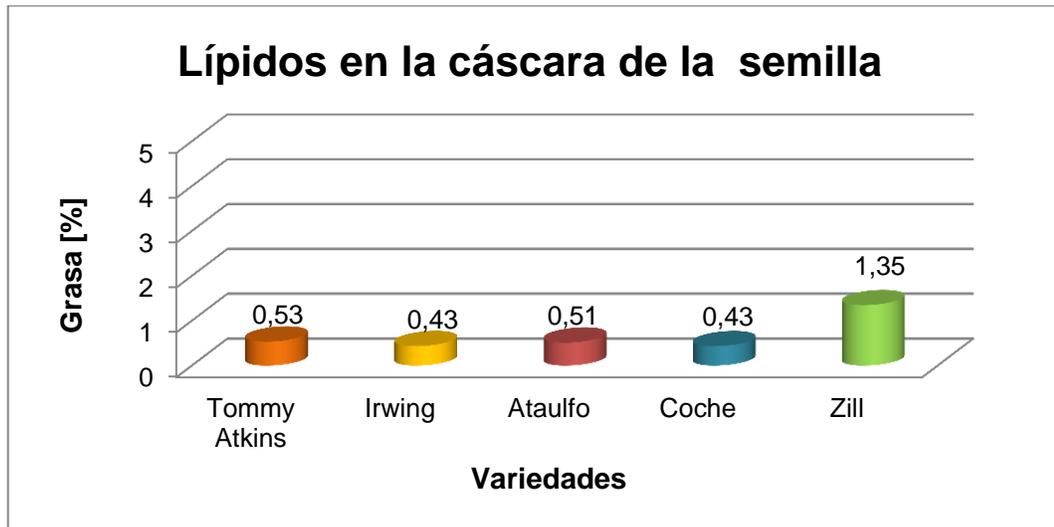
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLII. **Porcentaje de lípidos en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	0,46	0,40	0,43	0,41	1,39
2	0,60	0,41	0,53	0,44	1,32
3	0,55	0,49	0,57	0,44	1,33
Promedio [%]	0,53	0,43	0,51	0,43	1,35

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 18. **Porcentaje de lípidos en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



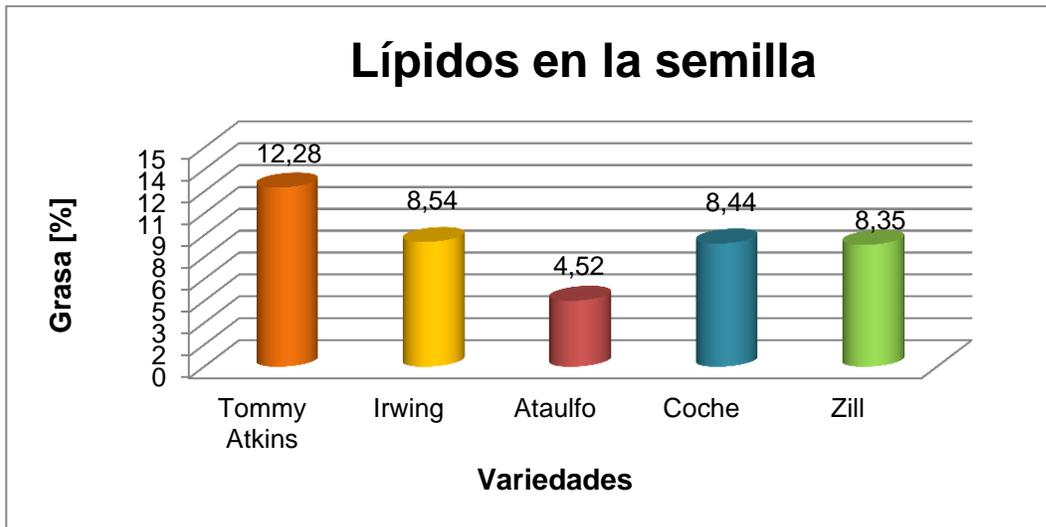
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLIII. **Porcentaje de lípidos en la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	12,07	8,61	4,19	8,80	8,55
2	12,10	8,12	4,37	8,14	8,34
3	12,66	8,91	4,98	8,36	8,16
Promedio [%]	12,28	8,54	4,52	8,44	8,35

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 19. **Porcentaje de lípidos en la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.5. Cuantificación de proteínas en los subproductos para las 5 variedades analizadas

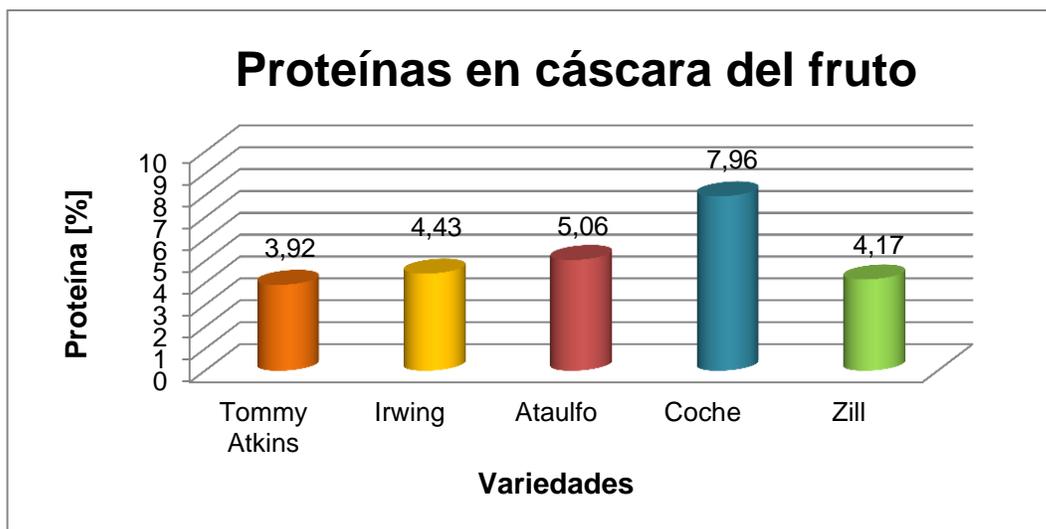
Los resultados de la determinación de proteínas en las cinco variedades de mango se muestran en las tablas XLIV y XLVI y en las figuras 21 y 22. Se realizaron tres repeticiones por variedad y las representaciones gráficas son barras que permiten mostrar la diferencia entre una variedad de mango y otra.

Tabla XLIV. **Porcentaje de proteínas en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	4,18	3,78	5,29	7,96	3,05
2	3,78	4,56	4,92	8,33	5,27
3	3,80	4,96	4,96	7,59	4,18
Promedio [%]	3,92	4,43	5,06	7,96	4,17

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 20. **Porcentaje de proteínas en la cáscara del fruto para las 5 variedades de mango**



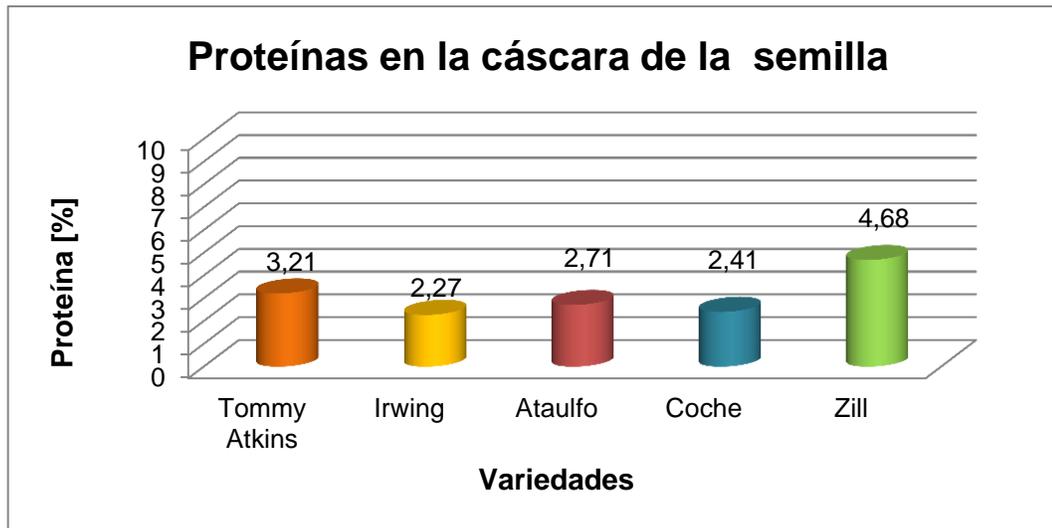
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLV. **Porcentaje de proteínas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	2,25	2,28	2,46	2,65	3,79
2	4,43	2,25	3,80	2,29	5,69
3	2,96	2,28	1,87	2,29	4,58
Promedio [%]	3,21	2,27	2,71	2,41	4,68

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 21. **Porcentaje de proteínas en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



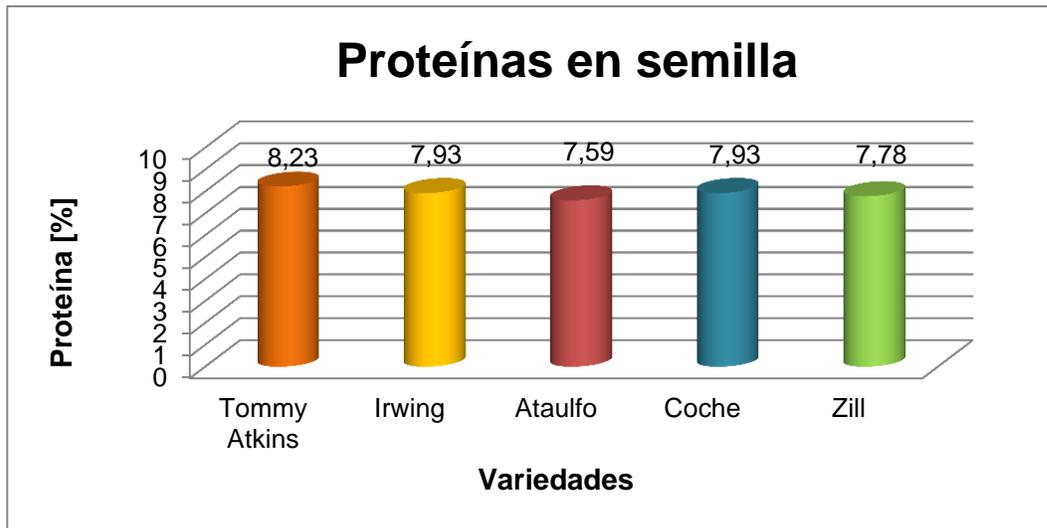
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLVI. **Porcentaje de proteínas en la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	8,36	8,30	7,59	8,30	8,71
2	8,35	7,96	7,20	7,58	6,73
3	7,96	7,53	7,98	7,91	7,91
Promedio [%]	8,23	7,93	7,59	7,93	7,78

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 22. **Porcentaje de proteínas en la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.6. **Cuantificación de carbohidratos asimilables en los subproductos para las 5 variedades analizadas**

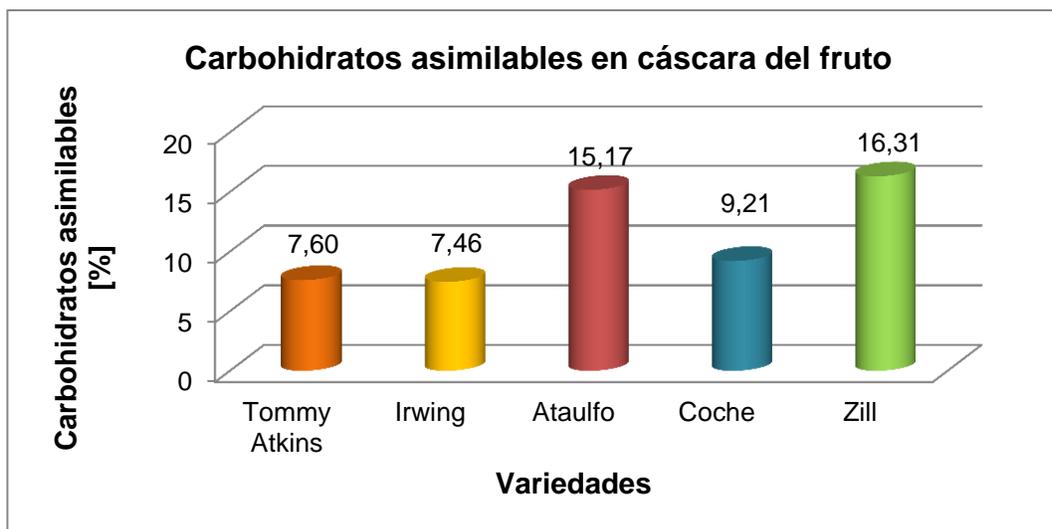
Los carbohidratos asimilables se cuantificaron de forma indirecta, con una resta aritmética entre los análisis proximales antes descritos y 100 por ciento. Los resultados se detallan en las tablas XLVII, XLVIII y XLIX y las figuras 23, 24 y 25.

Tabla XLVII. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	7,30	9,98	13,37	11,19	17,93
2	6,85	9,00	16,41	8,52	13,63
3	8,67	3,39	15,75	7,92	17,38
Promedio [%]	7,60	7,46	15,17	9,21	16,31

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 23. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango**



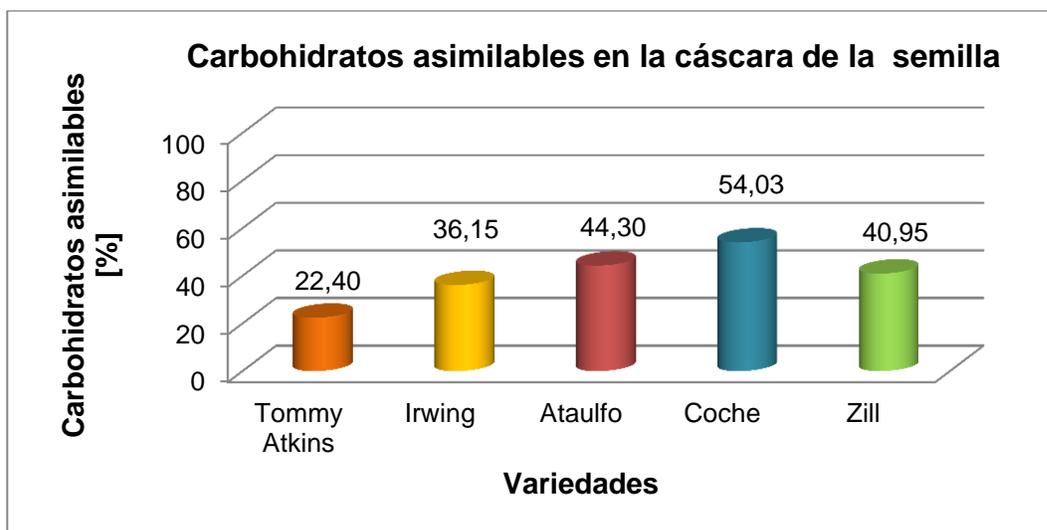
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLVIII. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	24,88	38,44	46,06	54,03	43,02
2	18,89	34,00	42,79	55,27	38,74
3	23,44	36,01	44,05	52,78	41,09
Promedio [%]	22,40	36,15	44,30	54,03	40,95

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 24. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



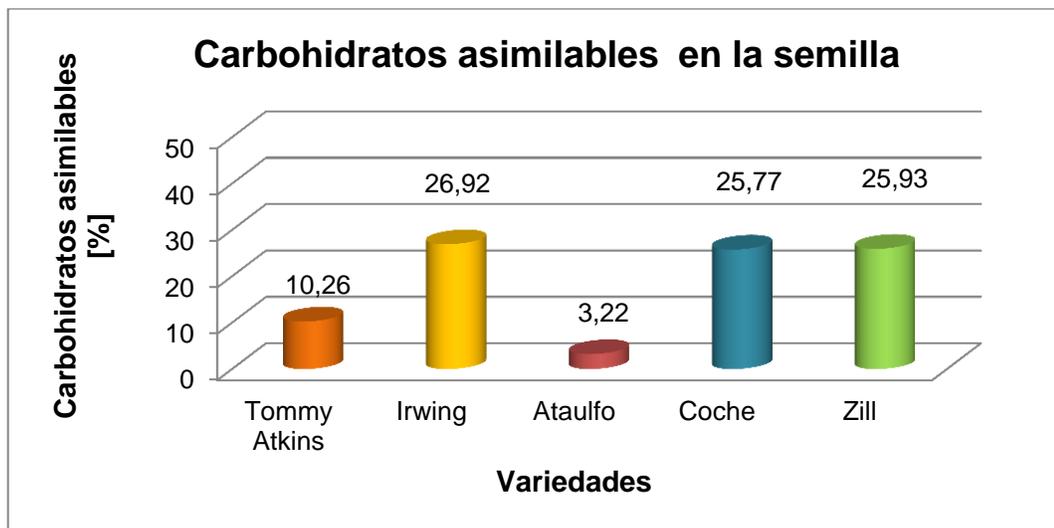
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla XLIX. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la semilla de las 5 variedades de mango**

No. Corrida	VARIEDAD				
	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	E [%]
1	9,24	25,48	3,79	24,92	24,88
2	10,74	28,25	3,09	25,39	28,09
3	10,80	27,03	2,79	27,00	24,83
Promedio [%]	10,26	26,92	3,22	25,77	25,93

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 25. **Porcentaje de carbohidratos asimilables en la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.7. Cuantificación de minerales en los subproductos para las 5 variedades analizadas

Se determinaron los minerales: calcio, hierro, zinc, fósforo, y potasio. Los resultados para cada variedad se muestran en tablas independientes y se comparan gráficamente en conjunto en las figuras siguientes.

Tabla L. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Tommy Atkins**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
A.1	2 840,00	15,38	9,69	1 500,00	11 473,75
A.2	2 223,75	11,49	6,81	1 138,63	8 650,00
A.3	2 602,44	13,43	7,78	1 355,11	10 043,66
Promedio	2 555,40	13,43	8,09	1 331,25	10 055,80

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LI. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Irwing**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
B.1	4 542,50	22,63	7,99	1 671,25	10 768,75
B.2	3 801,25	18,00	6,48	1 338,75	8 468,75
B.3	4 076,50	19,22	7,40	1 420,88	9 567,45
Promedio	4 140,08	19,95	7,29	1 476,96	9 601,65

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Ataulfo**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
C.1	2 403,75	15,13	7,73	1 215,50	10 413,75
C.2	2 185,00	14,13	7,84	1 222,00	10 372,50
C.3	2 234,43	13,77	7,02	1 204,54	10 297,90
Promedio	2 274,39	14,34	7,53	1 214,01	10 361,38

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LIII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Coche**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
D.1	2042,50	17,13	5,80	1008,38	7066,25
D.2	1880,00	15,25	5,35	853,50	6017,50
D.3	1993,33	16,98	5,12	997,20	6576,67
Promedio	1971,94	16,45	5,42	953,03	6553,47

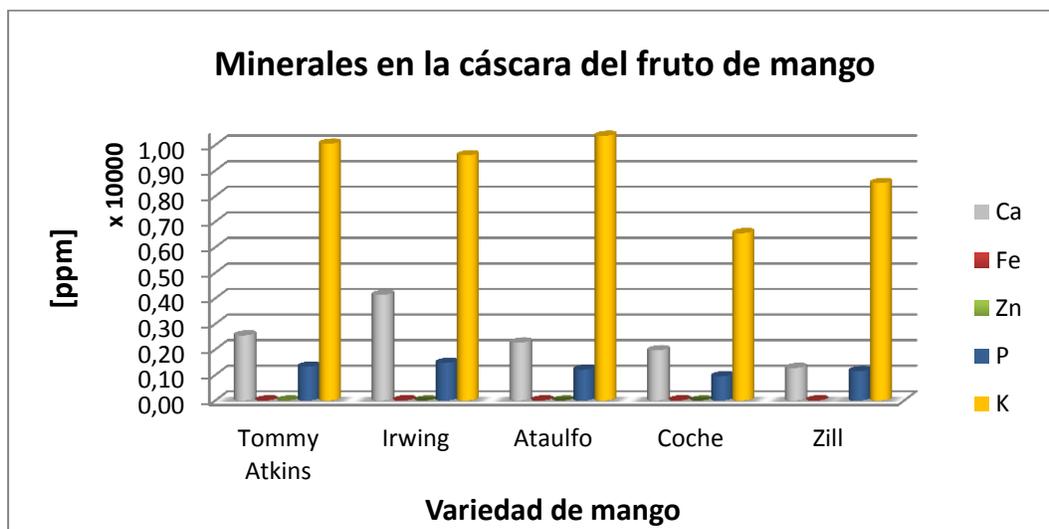
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LIV. Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto del mango tipo Zill

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
E.1	1 286,25	15,38	6,19	1 063,38	8 241,25
E.2	1 350,00	16,75	7,44	1 240,88	9 203,75
E.3	1 204,08	15,22	7,21	1 166,23	8 096,11
Promedio	1 280,11	15,78	6,95	1 156,83	8 513,70

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 26. Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara del fruto de las 5 variedades de mango



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LV. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Tommy Atkins**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
A.1	1 020,00	13,88	6,61	497,38	3930,00
A.2	939,63	12,88	5,01	337,00	3192,50
A.3	956,78	12,63	5,11	401,01	3465,12
Promedio	972,14	13,13	5,58	411,80	3529,21

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LVI. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Irwing**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
B.1	1 406,25	18,63	4,05	224,25	2 093,75
B.2	1 851,25	21,63	5,46	314,38	2 911,25
B.3	1 672,32	19,29	5,53	301,34	2 491,10
Promedio	1 643,27	19,85	5,01	279,99	2 498,70

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LVII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Ataulfo**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
C.1	1 619,63	12,10	7,38	236,00	2 235,00
C.2	1 706,38	17,13	9,18	297,38	2 926,25
C.3	1 643,66	14,84	8,22	276,12	2 786,94
Promedio	1 656,56	14,69	8,26	269,83	2 649,40

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LVIII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Coche**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
D.1	813,00	14,75	3,23	184,00	2 038,75
D.2	1 203,75	17,38	4,79	305,88	2 627,50
D.3	955,53	15,61	3,87	250,82	2 235,01
Promedio	990,76	15,91	3,96	246,90	2 300,42

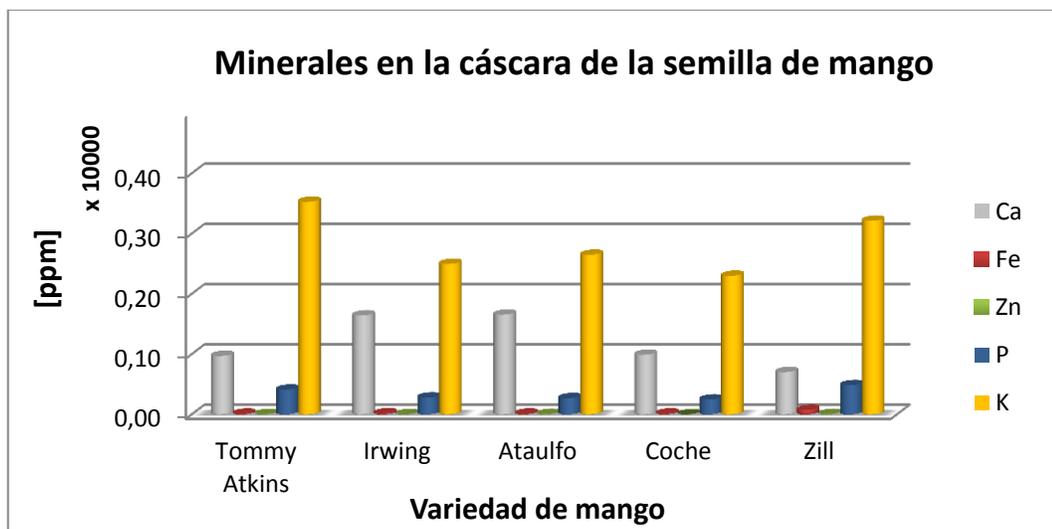
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LIX. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla del mango tipo Zill**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
E.1	737,25	74,88	7,14	505,13	3316,25
E.2	667,50	75,88	6,93	454,88	3203,75
E.3	704,44	73,11	7,02	497,55	3121,82
Promedio	703,06	74,62	7,03	485,85	3213,94

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 27. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la cáscara de la semilla de las 5 variedades de mango**



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LX. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Tommy Atkins**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
A.1	288,88	14,38	13,66	3 682,50	6 436,35
A.2	429,25	21,88	21,50	5 733,75	9 751,25
A.3	345,67	16,92	15,22	4 572,41	7 028,45
Promedio	354,60	17,73	16,79	4 662,89	7 738,68

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXI. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Irwing**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
B.1	520.00	11.58	12.28	2880.00	8956.25
B.2	676.88	14.63	15.75	3706.25	11732.50
B.3	598.23	12.33	13.44	3129.82	9982.51
Promedio	598.37	12.85	13.82	3238.69	10223.75

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Ataulfo**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
C.1	1111,25	14,00	9,30	1 257,50	3 535,00
C.2	678,88	12,26	5,49	660,38	1 963,75
C.3	877,12	13,11	6,01	739,33	2 021,45
Promedio	889,08	13,12	6,93	885,74	2 506,73

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXIII. **Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Coche**

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
D.1	931,63	10,44	10,55	2 611,25	7 653,75
D.2	956,25	10,13	10,54	2 588,75	7 681,25
D.3	914,56	10,32	10,51	2 498,11	7 634,88
Promedio	934,15	10,30	10,53	2 566,04	7 656,63

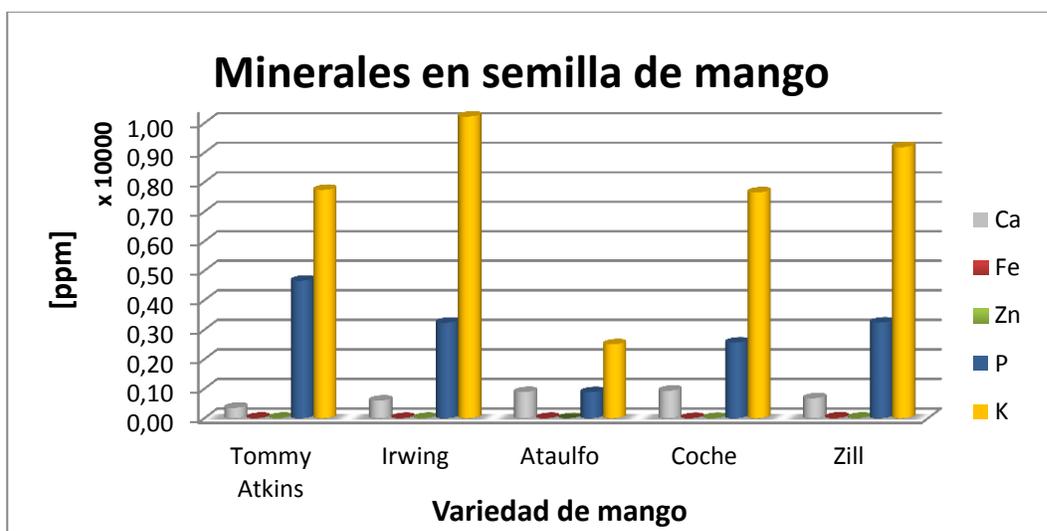
Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXIV. Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla del mango tipo Zill

	Ca [ppm]	Fe [ppm]	Zn [ppm]	P [ppm]	K [ppm]
E.1	698,63	35,25	19,00	3 261,25	9 535,00
E.2	663,50	19,50	17,75	3 213,75	8 976,25
E.3	673,29	24,32	18,01	3 256,77	9 054,25
Promedio	678,47	26,36	18,25	3 243,92	9 188,50

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 28. Partes por millón de Ca, Fe, Zn, P y K en la semilla de las 5 variedades de mango



Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.8. Determinación del perfil de ácidos grasos de la semilla del mango para las 5 variedades analizadas

En el anexo 2 de esta investigación se muestran los cromatogramas de las cinco variedades de mango, de acuerdo al tiempo de retención de la muestra en el equipo. El anexo 3 está comprendido por una biblioteca que el equipo tiene como base de datos para hacer la comparación entre las repeticiones realizadas para las muestras y los compuestos registrados. A continuación se muestran tablas que detallan los cinco compuestos con mayor calidad detectados por el equipo y su tiempo de retención en el mismo identificado por el nombre del compuesto.

Tabla LXV. **Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Tommy Atkins**

No.	t de retención [min]	ID / Librería	Calidad [%]
1	2,007	Hexano	87
2	2,580	Heptano	59
3	30,827	Ácido hexadecanoico / Metil éster	98
		Ácido pentadecanoico / Metil éster	96
4	34,220	Ácido 9-octadecenoico /Metil éster	99
5	34,957	Ácido octadecanoico / Metil éster	98

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXVI. **Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Irwing**

No.	t de retención [min]	ID / Librería	Calidad [%]
1	2,007	Hexano	68
2	2,584	Heptano	59
3	2,707	Heptano	90
4	34,143	Ácido 9-octadecenoico / Metil éster	99
5	34,711	Ácido octadecanoico / Metil éster	98

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXVII. **Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Ataulfo**

No.	t de retención [min]	ID / Librería	Calidad [%]
1	2,007	Hexano	87
2	2,58	Heptano	90
3	2,721	Heptano	90
4	2,853	Ciclopentano / trans-1,3-dimetil	91
5	34,143	(Z) Ácido 9-octadecenoico / Metil éster	99
		Ácido 7-octadecenoico /Metil éster	

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXVIII. **Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Coche**

No.	t de retención [min]	ID / Librería	Calidad [%]
1	2,580	Heptano	64
2	2,694	Heptano	90
3	30,722	Ácido hexadecanoico / Metil éster	97
		Ácido pentadecanoico / Metil éster	96
4	34,143	Ácido 9-octadecenoico / Metil éster	99
		Ácido 8-octadecenoico / Metil éster	99
5	34,712	Ácido octadecanoico / Metil éster	98

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Tabla LXIX. **Los cinco componentes en mayor proporción para la semilla de mango tipo Zill**

No.	t de retención [min]	ID / Librería	Calidad [%]
1	2,585	Heptano	59
2	2,694	Heptano	72
3	30,724	Ácido hexadecanoico / Metil éster	96
		Ácido pentadecanoico / Metil éster	95
4	34,143	Ácido 9-octadecenoico / Metil éster	99
		Ácido 12-octadecenoico Metil éster	99
		Ácido 8-octadecenoico / Metil éster	99
5	34,712	Ácido octadecanoico / Metil éster	99

Fuente: elaboración propia, con el apoyo del Laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

4.9. Resultados de análisis estadístico para las cinco variedades analizadas

Se presentan a continuación los resultados del análisis estadístico. En la tabla LXX se detalla el promedio y varianza para cada variedad y en la tabla LXXI el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla LXX. Promedio y varianza

Grupos	Conteo	Suma	Promedio	Varianza
Tommy Atkins	3	36,83	12,28	0,11
Irwing	3	25,63	8,54	0,16
Ataulfo	3	13,55	4,52	0,17
Coche	3	25,31	8,44	0,11
Zill	3	25,05	8,35	0,04

Fuente: elaboración propia, con los resultados de la tabla XLIV.

Tabla LXXI. Análisis de Varianza (ANOVA)

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Valor P	F crítica
Entre grupos	90,38	4	22,60	192,37	2,06E-09	3,48
Dentro de los grupos	1,17	10	0,12			
Total	91,56	14				

Fuente: elaboración propia, con los resultados de la tabla XLIV.

4.10. Propuesta de uso industrial del aceite de la semilla de mango para las cinco variedades analizadas

De acuerdo a las tablas presentadas en la sección anterior, el ácido graso que se presenta en mayor proporción y en todos los tipos de mango es el ácido 9-octadecenoico con calidad de hasta 99 por ciento, cuyo nombre industrial es ácido oleico.

Tabla LXXII. Descripción del ácido oleico

Ácido oleico	
Nombre sistemático	Ácido cis-9-octadecenoico
Otro nombre	Aceite rojo
Descripción	Ácido graso monosaturado. Componente ordinario de la casi totalidad de grasas naturales.
Propiedades	Líquido aceitoso de color amarillo a rojo. Olor que recuerda al de la manteca de cerdo y se ennegrece al exponerlo al aire.
Usos	Bases para jabones, fabricación de oleatos, ungüentos, cosméticos, compuestos para pulimentar, lubricantes, flotación de minerales e intermedio para síntesis orgánicas y para revestimientos superficiales y aditivos para alimentos.

Fuente: LEWIS, Richard J. *Diccionario de química y de productos químicos*. p. 739.

De acuerdo a la información que proporciona el diccionario de química y de productos químicos (que se describe en la tabla LXXII), el ácido oleico se utiliza, actualmente en diversas ramas de la industria alrededor del mundo. Para la industria guatemalteca y esta investigación en específico, la atención se centra en la industria cosmética, de jabones y alimentos.

4.10.1. Industria cosmética y de jabones en Guatemala

En Guatemala, la industria cosmética, probablemente no sea el sector industrial con más fortaleza, pero sí representa un continuo crecimiento. Aceites esenciales, cosméticos, perfumes, jabones y productos de belleza en general, diseñados y producidos por la industria guatemalteca de cosméticos, exportaron US\$290 millones al cierre del 2012 (según reporte publicado en la página web del CACIF). Este crecimiento sostenido, convierte a Guatemala en líder de la exportación de productos de belleza en Centroamérica y, recientemente, incursionando en nuevos mercados, como República Dominicana. La región central representa el 86 por ciento del destino de las exportaciones del sector cosmético guatemalteco. De esta forma se justifica centrar la atención en el sector cosmético del país, como propuesta para utilizar el aceite extraído de la semilla del mango.

Al consultar referencias bibliográficas, se encuentra que desde hace tiempo, el aceite de oliva se ha utilizado para cuidar, proteger y embellecer la piel. El secreto de sus beneficios está en su composición, que contiene como compuesto predominante el ácido oleico (llegando hasta casi un 75 por ciento). De hecho, la función del ácido oleico es clave en la reconstrucción de las membranas celulares de la piel aportando a la dermis mayor tersura.

En compañías de belleza en Guatemala se utiliza el ácido oleico, principalmente en cremas humectantes y cosméticas. Las materias primas para la elaboración de cremas es diverso y amplio, por lo que enumerarlas es difícil. Sin embargo, al formular una crema, se debe tomar en cuenta que está comprendida por 4 fases:

- Oleosa
- Emulgente
- Acuosa
- Conservantes.

El ácido oleico, obtenido de la semilla del mango, correspondería en este caso, a la fase oleosa de la crema. Usualmente, es la fase oleosa la que se mantiene fija, y se varía la fase acuosa, pues los aditivos u otros componentes se encuentran en esta fase.

Para ejemplificar la proporción en que se utiliza el ácido oleico en Guatemala, se citan a continuación, dos productos elaborados en el país y el porcentaje en que dicho ácido graso se utiliza en cremas humectantes y cosméticas, respectivamente:

Tabla LXXIII. **Porcentaje de ácido oleico en productos cosméticos**

Producto	Ácido oleico (%)
Crema humectante	22
Crema cosmética	35

Fuente: compañía cosmética en Guatemala. Por confidencialidad, no es posible nombrar la empresa.

Por otro lado, la industria de jabón en Guatemala, crece rápidamente en su producción para consumo local así como para el mercado de exportación. Desde el punto de vista de producción, en teoría, es posible saponificar cualquier tipo de materia grasa, sin embargo, la elección de los aceites influirá en el aspecto y las propiedades finales del jabón; dureza, cantidad de espuma, suavidad en la piel, etc. En este caso específico, el ácido oleico (monoinsaturado) se ha caracterizado por proporcionar suavidad y nutrición a la piel, al saponificarse y producir jabón.

El jabón se obtiene a partir de la saponificación, que consiste en la reacción de un álcali y una grasa, ya sea vegetal o animal. Se pueden utilizar álcalis como el hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, y cualquier ácido graso, dependiendo de las propiedades y aspecto que se le desea dar al jabón, como se explica en el párrafo anterior. En Guatemala, el ácido oleico es utilizado en porcentajes significativos para la elaboración de jabones, tal y como lo muestra la tabla LXXIV, donde además se compara frente a otros ácidos grasos:

Tabla LXXIV. **Porcentaje de ácido oleico en elaboración de jabón**

Producto	Ácido oleico (%)	Ácido linoléico (%)	Ácido palmítico (%)	Ácido esteárico (%)
Barra de jabón 1	77,7	8,6	10,0	3,3
Barra de jabón 2	60,3	8,6	10,0	3,3

Fuente: compañía cosmética en Guatemala. Por confidencialidad, no es posible nombrar la empresa.

Así, tomando en cuenta los beneficios del ácido oleico tanto en la industria cosmética como de jabones, el aceite de la semilla de mango sería un aporte importante para dichos productos y una disminución de contaminación a causa de la mala disposición de los subproductos del fruto. Deben tomarse en cuenta, el rendimiento de aceite extraído en cada tipo de mango para poder evaluar la factibilidad económica de utilizar dicho ácido graso en productos de la industria.

4.10.2. Industria de alimentos en Guatemala

La industria de Alimentos y Bebidas de Guatemala es uno de los sectores con mayor crecimiento exportador y de producción. La Comisión de Alimentos y Bebidas de AGEXPORT está conformada por 60 empresas entre las cuales el 25 por ciento son empresas grandes, un 50 por ciento medianas con potencial de crecimiento y un 25 por ciento empresas pequeñas. El 90 por ciento de estas empresas están ubicadas en el departamento de Guatemala y el resto se ubica en el área de la región occidente del país. Dichas empresas están divididas en cuatro subsectores organizados en:

- Bebidas: líquidas, concentradas, en polvo, gaseadas, cervezas, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, etc.
- Confitería: gomas de mascar, dulces, chocolates, etc.
- Conservas: enlatadas, en vidrio, en medios almibarados o avinagrados, etc.
- Otros alimentos procesados: sopas, condimentos, salsas, panadería, embutidos, lácteos, productos enlatados y congelados, etc.

Es evidente, que la industria de alimentos en Guatemala está en constante crecimiento y la conforman diversas empresas que fortalecen esta rama de la

industria en el país. En Guatemala se elabora aceite de oliva como producto alimenticio, y presenta valores de hasta 17 por ciento de ácido oleico (valor presentado por empresa de alimentos guatemalteca).

De este modo, al consultar referencias sobre los beneficios del ácido oleico en la nutrición se ha descubierto que los aceites comestibles ricos en ácidos grasos monoinsaturados mejoran la estabilidad del aceite; su sabor y propiedades ofrecen importantes beneficios nutricionales en el hombre y los animales. El ácido oleico (18:1), un monoinsaturado, ofrece más estabilidad que los poliinsaturados, linoelico (18:2) y linolénico (18:3). Desde un punto de vista sanitario, también se prefieren los monoinsaturados.

Además, como se mencionó en la sección anterior, el aceite de oliva es rico en ácido oleico y benéfico para la salud humana. El alto ácido oleico baja las tasas de LDL o colesterol malo y aumenta las de HDL o colesterol bueno, en el cuerpo humano. Además, es el principal ácido graso monoinsaturado en la dieta humana (92 %) y es de vital importancia en la estructura lipídica de las membranas, particularmente en la mielina del sistema nervioso.

El ácido octadecanoico, también se registró en el aceite de la semilla de mango para todas las variedades, excepto para el mango tipo Ataulfo. Es por ello que se toma en cuenta dicho ácido para la propuesta siguiente, conocido como esteárico a nivel industrial.

Tabla LXXV. **Descripción del ácido esteárico**

Ácido esteárico	
Nombre sistemático	Ácido n-octadecanoico
Descripción	Es el ácido graso más común que se encuentra en grasas vegetales y animales. La mayoría de ácido esteárico comercial tiene 45 % de ácido palmítico, 50 % de ácido esteárico y 5 % de ácido oleico, aunque se utilizan calidades más puras.
Propiedades	<p>Sólido, incoloro, céreo. Olor y sabor ligeros, que recuerdan al sebo.</p> <p>Es soluble en alcohol, éter cloroformo, disulfuro de carbono, tetracloruro de carbono e insoluble en agua.</p> <p>Densidad 0,8390 g/mL (80 °C), punto de inflamación a 196 °C y temperatura de autoignición 395 °C.</p>
Usos	Productos químicos como lubricantes, revestimientos. Envases y aditivos para alimentos. Formulaciones de caucho; productos farmacéuticos y cosméticos; estereatos y secantes de estereato. Jabones, betunes para el calzado; pulimentos para metales.

Fuente: Fuente: LEWIS, Richard J. Diccionario de Química y de productos químicos. p 413.

Al centrarse en la industria alimenticia y en los beneficios que tiene en la salud humana, el ácido esteárico es el único ácido graso que ha demostrado no tener influencia sobre el nivel de colesterol sérico. Una explicación es que tras su absorción, el ácido esteárico se convierte rápidamente en ácido oleico, un ácido graso monosaturado, según bibliografía consultada. Se ha utilizado además, el ácido esteárico en las cremas de afeitar, que le proporciona un lustre característico, que además contribuye en gran medida a la blandura del producto.

La tabla LXXIV muestra que en Guatemala se utiliza dicho ácido graso para elaboración de jabones y cremas. En las barras de jabón para afeitar es esencial que no contengan álcali libre, ya sea en estado de hidróxido o de carbonato, esto se garantiza superengrasando el jabón con 0,5 a 1 por ciento de ácido esteárico. Además, este ácido graso se utiliza de 3 a 5 por ciento, en elaboración de cremas, en producciones pequeñas, de aproximadamente 50 galones, según una pequeña empresa que elabora cosméticos en el país.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para cumplir con el objetivo general establecido para este proyecto de investigación, se requirió, en primera instancia, realizar la caracterización porcentual de las cinco variedades de mango seleccionadas (Tommy Atkins, Irwing, Ataulfo, Coche y Zill), pues dicha composición porcentual permitía explicar por qué el objeto de estudio se enfocaba en los subproductos del mango y especialmente en la semilla del fruto. La materia prima fue seleccionada bajo el mismo estado de maduración para cada muestra y se obtuvo de la finca Magdalena, ubicada al suroccidente de Guatemala en el departamento de Retalhuleu.

Se separó cada subproducto del fruto y se pesó, para cada una de las variedades. De acuerdo a los resultados mostrados en las figuras de la 6 a la 10, la cáscara del fruto para estas cinco variedades representa del 8 al 20 % del peso total del mango, teniendo mayor porcentaje de cáscara la variedad Zill y menor, la variedad Irwing. La cáscara de la semilla varía entre el 2 y el 6 % y la semilla del 5 al 7 %, con mayor porcentaje para las variedades Coche y Zill y con menor porcentaje las variedades Irwing y Ataulfo. Por tanto, es evidente, que la semilla representa un porcentaje significativo y mayor, que la cáscara de la semilla en el fruto del mango. Se presentan también, los porcentajes de la pulpa para cada variedad pero, por ser una investigación enfocada en los subproductos no se hace énfasis en estos resultados.

Para la realización de los análisis proximales, fueron necesarios tratamientos previos para adecuar la materia prima; secado, molido y tamizado, con el fin de obtener partículas homogéneas. Los análisis proximales se

realizaron para cada subproducto del fruto y están representados como gráficos de barras de la figura 11 a la 25.

Para el análisis de humedad, la materia prima únicamente se secó, no se molió ni tamizó, debido a que para realizar las dos operaciones anteriores se necesita remover la humedad, cuya propiedad se deseaba cuantificar. Para la cáscara del fruto los porcentajes de humedad son mayores que para la cáscara de la semilla y la semilla, con un valor máximo de 78,85 % para el caso de Tommy Atkins. Asimismo, esta variedad contiene el mayor porcentaje de humedad en la cáscara de la semilla con un valor de 72,61 %. Con respecto a la humedad en la semilla del fruto, la variedad Ataulfo presenta el mayor porcentaje que el resto de variedades.

La materia inorgánica se ve representada en gráficos de barras en las figuras 14, 15 y 16. La cáscara del fruto tiene porcentajes de cenizas mayores al 5 %, excepto para la variedad Zill, con un valor de 3,90 %. En cuanto a la cáscara de la semilla, las cenizas no superan el 1,52 %. Al cuantificar las cenizas en la semilla del mango, se obtuvieron datos de hasta el 4,30 % (para la variedad Zill) y no menores a 2,88 % (para la variedad Ataulfo), lo que representa un valor significativo y mayor que para la cáscara de la semilla. A pesar de, que la semilla del mango no se encuentra en contacto directo con la pulpa, presenta valores mayores de cenizas que la cáscara de la semilla que sí se encuentra junto a la pulpa.

Esto explica, desde un punto de vista agronómico, el hecho de que al sembrar mango se debe retirar la cáscara de la semilla. Al centrarse en este estudio de investigación, esto también permite conocer que los subproductos de mayor interés son la semilla y la cáscara del mango.

Los lípidos se determinaron utilizando el método de extracción Soxhlet con n-hexano como solvente. Se aprecia en la figura 17 que la mayor cantidad de lípidos para la cáscara del fruto lo presenta la variedad Irwing con un 4,62 %. Por otro lado, la figura 18 muestra que el porcentaje de lípidos en las cáscara de la semilla no supera el 0,53 % para todas las variedades, excepto para el mango tipo Zill, con un 1,35 %.

El rendimiento de aceite fijo extraído a las mismas condiciones de temperatura, tiempo de extracción y cantidad de solvente, para las cinco variedades de mango se observa en la figura 19. La variedad Ataulfo presenta el menor rendimiento de extracción con un valor de 4,52 %. Rendimientos de 8,54, 8,44 y 8,35 %, se obtuvieron a partir de los mangos, tipo Irwing, Coche y Zill respectivamente. El mayor rendimiento se alcanzó utilizando la variedad Tommy Atkins, con un valor de 12,28 %, que representa 12,28 mililitros de aceite fijo extraído por gramo de semilla. Esto demuestra que siendo la variedad de mango la variable independiente, el máximo rendimiento se obtiene para el mango Tommy Atkins, manteniendo constantes las condiciones de temperatura (84 °C), tiempo de extracción (3 horas) y cantidad de solvente (100 mL).

El contenido proteínico en los subproductos se cuantificó con el método Kjeldhal, y los resultados se muestran en las figuras 20, 21 y 22. El mango tipo Coche muestra la mayor cantidad de proteínas en la cáscara del fruto con un 7,96 %, mientras que el tipo Tommy Atkins muestra el menor porcentaje con 3,92 %. La cantidad de proteínas en la cáscara de la semilla no supera el 4,68 %, teniendo el mayor valor proteínico la variedad Zill y el menor porcentaje la variedad Irwing. La semilla del fruto muestra valores más altos de proteína que en la cáscara del fruto y cáscara de la semilla, con valores entre 7,59 y 8,23 %. De esta forma, una vez más se puede justificar la importancia del estudio de la

semilla del mango pues, contiene los niveles más altos de proteínas que el resto de subproductos del fruto.

La cantidad de carbohidratos asimilables en los subproductos del mango se obtuvieron de forma indirecta; la diferencia entre cien y la suma total de porcentaje de humedad, cenizas, lípidos y proteínas. La cáscara del fruto presentó un valor máximo de 16,31 % de carbohidratos asimilables, para la variedad Zill y un valor mínimo de 7,46 % para la variedad Irwing. En comparación con la cáscara del fruto, los valores de carbohidratos asimilables para la cáscara de la semilla son mayores y por arriba del 22 % para todas las variedades. Para el caso de la semilla del mango, los carbohidratos asimilables muestran valores de 26,92, 25,77 y 25,93 %, para las variedades de Irwing Coche y Zill, respectivamente. La variedad Tommy Atkins y Ataulfo tienen valores significativamente más bajos en relación a las otras variedades, con valores de 10,26 y 3,22 %.

Los elementos: Ca, Fe, Zn, P y K, se cuantificaron utilizando espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES, por sus siglas en inglés). El metal presente en mayor proporción en la cáscara del fruto es el potasio con valores de hasta diez mil partes por millón, tal y como lo muestra la figura 26. Los elementos en menor proporción son el hierro y el cinc. De la misma forma, en la cáscara de la semilla del mango hay más potasio que cualquiera de los otros elementos analizados, aunque en mucha menor cantidad comparado con la cáscara del fruto, como puede observarse en la figura 27. Para la semilla del mango, el potasio se encuentra hasta en diez mil partes por millón y el fósforo con cantidades de cuatro mil partes con millón (para la variedad Tommy Atkins) como lo muestra claramente la figura 28. La semilla de Ataulfo presenta la menor cantidad de los elementos analizados y el resto de variedades tienen en promedio la misma cantidad de

calcio, hierro, cinc, fósforo y potasio en sus subproductos, presentando en mucha menor cantidad hierro y cinc.

Con los resultados de los análisis proximales y caracterización nutricional de los subproductos, se enfocó el estudio en el subproducto con mayores propiedades nutricionales, en este caso la semilla, para elaborar un perfil de ácidos grasos de las 5 distintas variedades de mango. Los resultados se presentan en las tablas LXV a la LXIX indicando los 5 compuestos en mayor proporción y el tiempo de retención de la muestra en el equipo. Además, se indica la calidad y el nombre del compuesto. Para el mango tipo Tommy Atkins, los compuestos en mayor proporción y mayor calidad son los ácidos hexadecanoico, pentadecanoico, 9-octadecenoico y octadecanoico. También están presentes los compuestos, metil éster, hexano y heptano. Tomando en cuenta que para la transesterificación de las muestras se utilizó heptano como reactivo, la presencia de heptano y hexano se descarta como un compuesto del perfil de ácidos grasos. Así también, el compuesto metil éster pues, no es un ácido graso.

Para la variedad tipo Irwing, los ácidos grasos en mayor proporción son el ácido 9-octadecenoico y octadecanoico. De forma similar, la semilla de mango tipo Ataulfo, Coche y Zill presentan los ácidos octadecenoico y octadecanoico, además de otros compuestos que no son de interés para este estudio. De esta forma, la propuesta que se presenta se centra en el ácido octadecenoico, que según la bibliografía corresponde al ácido oleico.

Teniendo en cuenta la información porcentual y nutricional sobre los subproductos del mango y además la información bibliográfica, sobre el ácido oleico que se obtuvo a partir de la semilla, se propone que se utilice en la industria como componente importante de cremas humectantes y jabones, pues

proporciona suavidad y nutrición al emplear los productos que contienen dicho ácido graso. Es posible utilizarlo también en la industria alimenticia, ya que mejora la estabilidad de los aceites y baja las tasas de colesterol malo (LDL) y aumenta el colesterol bueno (HDL) en el cuerpo humano, según el diccionario de Química y de Productos Químicos.

Al evaluar los datos de forma estadística, la media calculada para las variedades de mango analizadas, muestra que sí existe diferencia significativa (variedad Tommy Atkins con mayor rendimiento, 12,28 %) entre el rendimiento de aceite fijo extraído de las semillas, por lo tanto, el rendimiento depende de la variedad de mango que se analice. La tabla LXXII muestra que la F calculada es mayor que la F crítica, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, planteada para este estudio de investigación.

En la sección de antecedentes, de esta investigación, se mencionan estudios que se han realizado sobre los subproductos del mango tanto en Guatemala, como en otros países, pero únicamente en el estudio realizado por el investigador Jaime Roberto Corea Ochoa sobre la determinación del conjunto de parámetros adecuados para la extracción del aceite de la semilla del mango, se evalúa la extracción del aceite de la semilla del mango. En dicha investigación se varía el agente extractor y se obtiene aceite virgen prensando la semilla del fruto.

Tomando en cuenta que en este proyecto únicamente se utilizó hexano como solvente y cinco variedades de mango, al comparar el estudio antes descrito con el que se desarrolla en esta investigación, se centra la comparación de los proyectos, en la forma de extraer aceite de la semilla del mango con hexano, seca y sin utilizar métodos físicos. En este estudio, como ya se mencionó, el máximo rendimiento se obtuvo a partir del mango tipo

Tommy Atkins, con un 12,28 %, mayor que 12,11 % (0,17 % mayor) obtenido por extracción con hexano en el estudio realizado por el investigador Jaime Ochoa. Cabe mencionar que al utilizar el prensado de la semilla para obtener aceite virgen, el investigador aumentó el rendimiento de extracción hasta un 13,73 %, sin especificar la variedad de mango utilizada para el estudio.

CONCLUSIONES

1. El máximo rendimiento de extracción de aceite fijo de la semilla se obtuvo de la variedad Tommy Atkins, con un 12,28 por ciento, utilizando 100 mililitros de n-hexano como solvente, a una temperatura no mayor de 84 grados Celcius y por 3 horas de extracción.
2. El rendimiento de aceite fijo que se puede extraer de la semilla de mango, a las mismas condiciones de cantidad de solvente, temperatura y tiempo de extracción, sí depende de la variedad que se analice.
3. La cáscara del fruto es el subproducto en mayor porcentaje, de todas las variedades de mango analizadas.
4. La semilla corresponde del 5 al 7 por ciento de la cantidad total del mango, para las cinco variedades, por lo que representa un valor mayor que la cáscara de la semilla y significativo para ser objeto de estudio.
5. El potasio (K) es el elemento en mayor proporción, y el hierro (Fe) y el cinc (Zn) se presentan en menor cantidad en los subproductos de las cinco variedades de mango.
6. El ácido graso presente en las cinco variedades de la semilla del mango, en mayor proporción, es el ácido octadecenoico, conocido como ácido oleico.

7. Considerando las propiedades del ácido oleico y la industria en Guatemala, el aceite puede utilizarse en elaboración de jabones o cosméticos como uno de los principales componentes.
8. El segundo compuesto con mayor calidad, después del ácido oleico, identificado por cromatografía líquida, es el ácido esteárico con calidad de hasta el 98%.
9. El ácido esteárico se puede considerar para uso en la industria alimenticia en Guatemala, por ser el único ácido graso que no tiene influencia sobre el colesterol sérico en la salud humana.

RECOMENDACIONES

1. Para ampliar el estudio de investigación, se puede evaluar el rendimiento de extracción del aceite fijo de la semilla del mango, variando el tipo de solvente utilizado o bien el tiempo y temperatura de extracción.
2. Utilizar más de un tipo de tamiz para reducir el tamaño de partícula para la evaluación de análisis proximal en los tres subproductos del mango.
3. Para estudios a futuro, elegir una sola variedad de mango para la extracción del aceite fijo, eligiendo frutos de distintas regiones de Guatemala.
4. Evaluar las propiedades nutricionales y el rendimiento de extracción de aceite fijo de la semilla de mango Tommy Atkins, de distintas regiones de Guatemala.
5. Realizar un estudio sobre la formulación de jabones, cremas o alimentos utilizando el aceite extraído en ésta investigación.
6. Evaluar la factibilidad económica de extraer aceite de la semilla de mango.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGREDA RODRÍGUEZ, Mario Alberto. *Propagación de mango*. Trabajo de graduación de Ing. Agronomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2009. 45 p.
2. *Análisis de alimentos: fundamentos y técnicas*. [en línea] México 2012 [ref. 08 de diciembre de 2012]. Disponible en Web: <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf>
3. BAILEY, Alton. *Aceites y grasas industriales*. Luis Mora Cartaya, Antonio García Padrón (TRAD.) Barcelona, España: Reverté, 1984. 740 p. ISBN 84-291-7901-1.
4. COREA OCHOA, Jaime Roberto. *Determinación del conjunto de parámetros adecuados a la extracción del aceite de la semilla de mango a partir de datos experimentales a nivel de laboratorio*. Trabajo de graduación de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 33 p.
5. *Cromatografía de gases*. [en línea] Guatemala 2005. <<http://www.elergonomista.com/tecnicas/cg.htm>> [Consulta: 06 de marzo de 2013].

6. CUERVO, Laura. *Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol*. [en línea] México: Instituto de biotecnología, UNAM. <http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2009_3/Lignocelulosa.pdf> [Consulta: 27 de febrero de 2013].
7. *Estudio de nuevas tecnologías en la conservación de alimentos*. [en línea] México 2010. <<http://www.actiweb.es/postcosecha/proyectos.html>> [Consulta: 20 de noviembre de 2012].
8. FAO. *Agricultura y comercio*. [en línea] México 2013. <http://www.fao.org/index_es.htm> [Consulta: 10 de febrero de 2013].
9. GALÁN SAÚCO, Víctor. *El cultivo del mango*. 2ª. Edición España, Mundiprensa, 2009. 340 p. ISBN: 978-84-8476-367-3.
10. HERNÁNDEZ FABIÁN, Absalom. *Determinación del valor calórico de subproductos industriales del mango (Mangifera indica)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 1997. 126 p.
11. LEWIS, Richard J. *Diccionario de Química y de productos químicos*. Luis García Ramos, Rosana Tulla (TRAD.) 3a ed. Barcelona, España. Ediciones Omega, 1999. 1420 páginas. ISBN 9788428208918.
12. L.G., Wade Jr. *Química orgánica*. Angel-Manuel Montaña Pedrero (TRAD.) Quinta Edición. Madrid, España. Pearson, Educación S. A., 2004. 1 296 p. ISBN 978-84.205-4102-0.

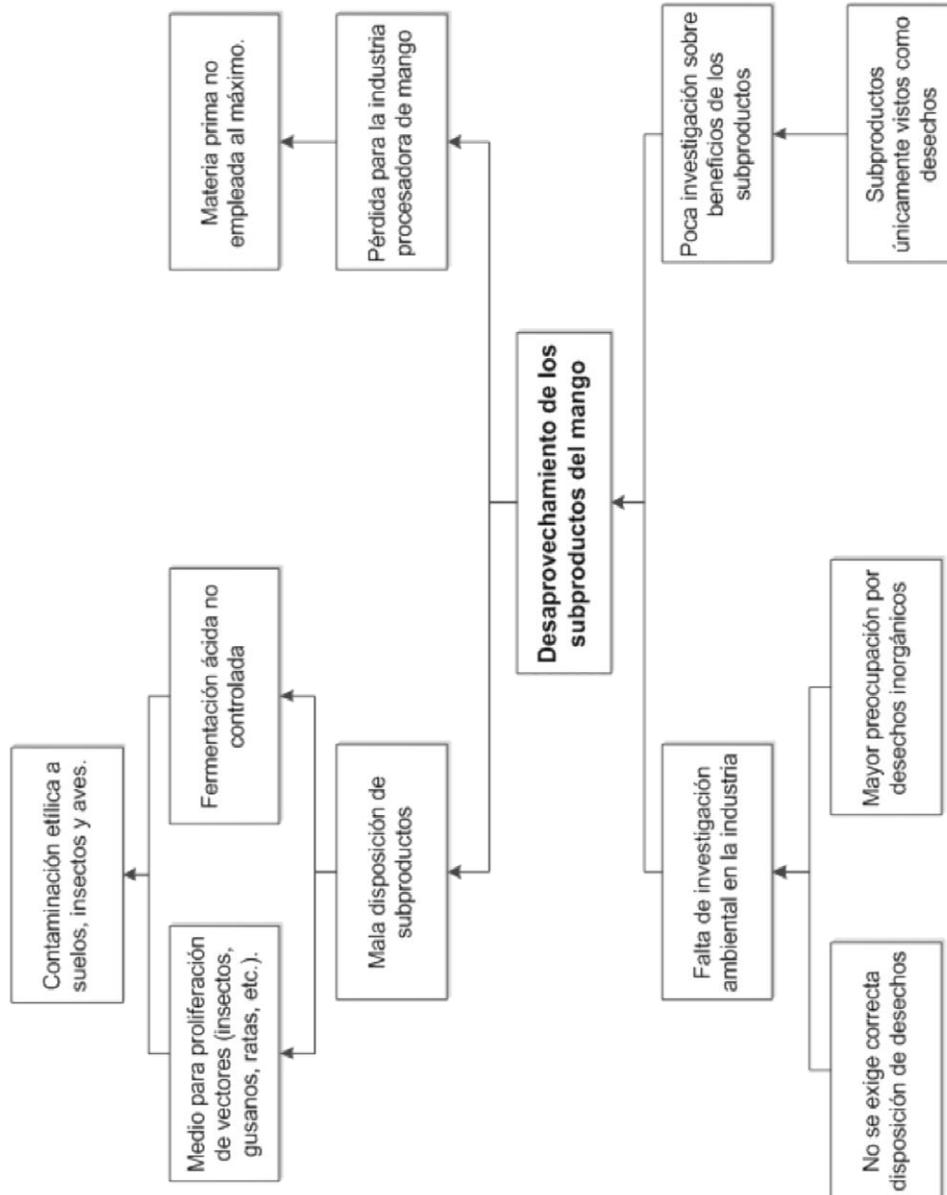
13. LÓPEZ, Hugo. *El cultivo del mango*. [en línea] Guatemala 2012. <<http://guateinfoagro.blogspot.com/2012/06/el-cultivo-del-mango.html>> [Consulta: 27 de febrero de 2013].
14. *Mango* [en línea] Guatemala 2004: Anacafé, julio 2004. Disponible en web: <<http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/200412/33/14/Cultivo%20de%20Mango.pdf>> [Consulta: 14 de noviembre de 2012].
15. MANRIQUE HORTA, Diana. *Mangos: más que fruta*. [en línea] Colombia 2006: Universidad Nacional de Colombia. <<http://historico.unperiodico.unal.edu.co/Ediciones/73/19.htm>> [Consulta: 06 de diciembre de 2012].
16. OSPINA HENAO, Sandra Milena. *Estudio experimental del proceso de fermentación de residuos agroindustriales del mango (Mangifera indica) usando saccharomyces cerevisiae*. [en línea]. <http://www.repositorio.ucm.edu.co> [Consulta: 09 de enero de 2013].
17. PARKIN, Kirk L. *Química de los alimentos*. Srinivasan Damodaran, Owen R. Fennema (TRAD.) 3ª ed. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 2010. 1 154 p .ISBN 9788420011424.
18. *Sector de cosméticos de exportación consolida liderazgo en la región* [en línea] Guatemala: CACIF Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras, enero de 2013. <http://cacif.org.gt/index.php?option=com_

content&view=article&id= 804&Itemid=464&lang=es> [Consulta:
03 de febrero de 2014].

19. S.S, Nielsen. *Food Analysis, Food Science*. 4a ed. Nueva York 2010.
587 p. ISBN 978-1-4419-1477-4
20. Universidad de Buenos Aires. *Química de alimentos*. [en línea]
Argentina 2009. [http://www. qo.fcen.uba. ar/Cursos/QuimAlim
/guiatp.pdf](http://www.qo.fcen.uba.ar/Cursos/QuimAlim/guiatp.pdf) [Consulta: 02 de diciembre de 2012].

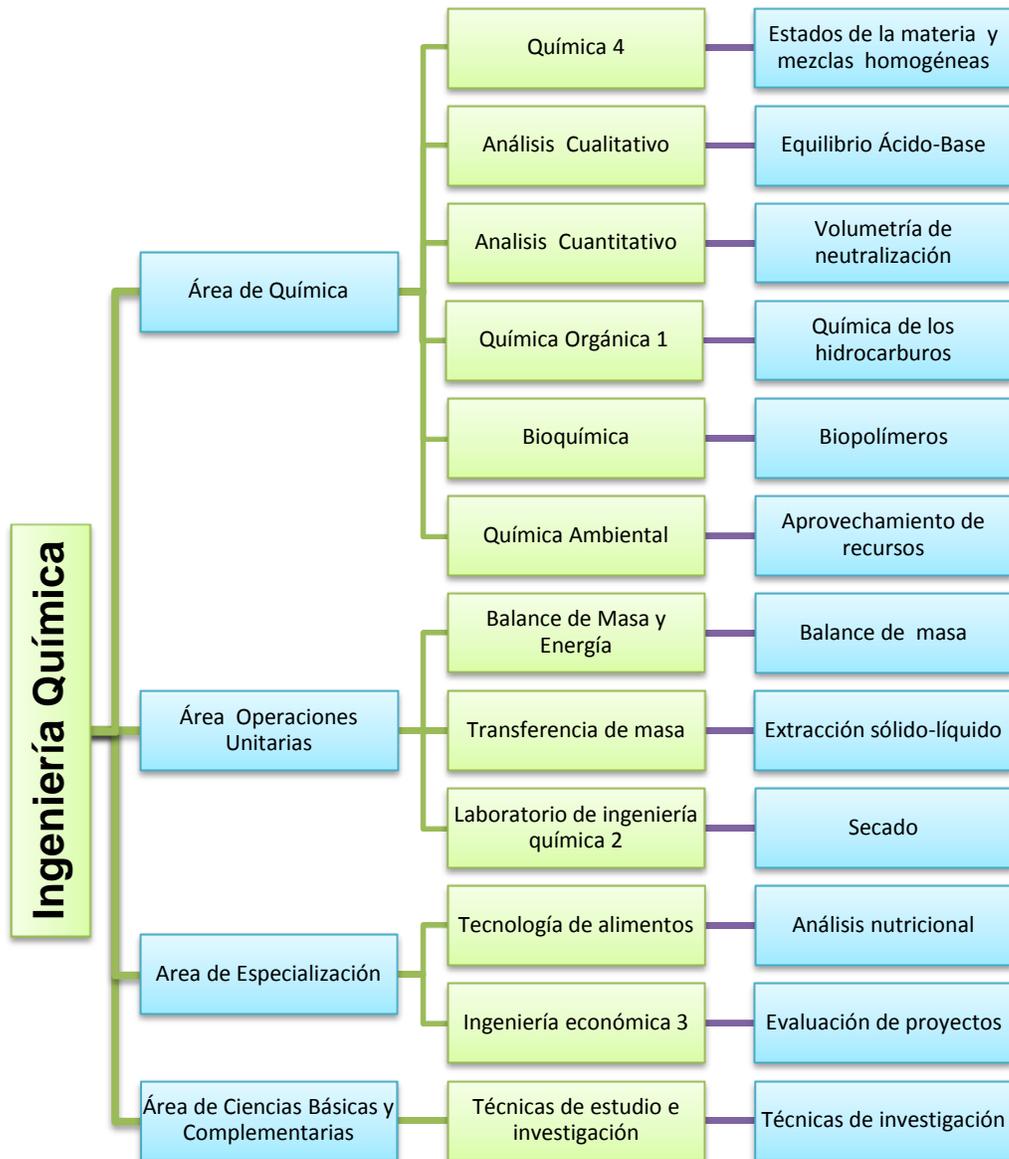
APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol de problema**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Tabla de requisitos académicos**

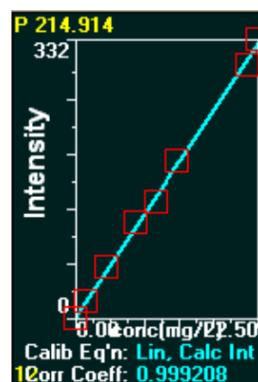
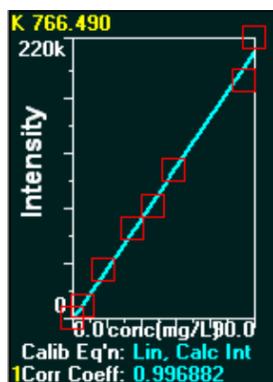
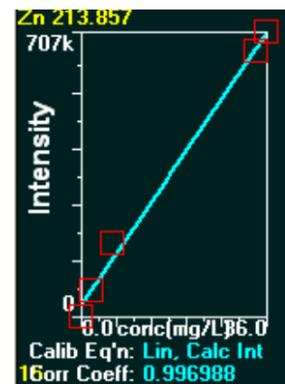
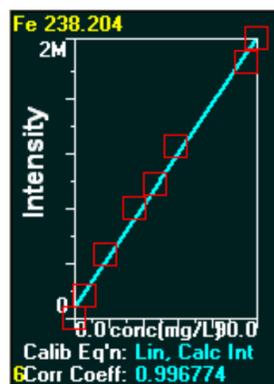
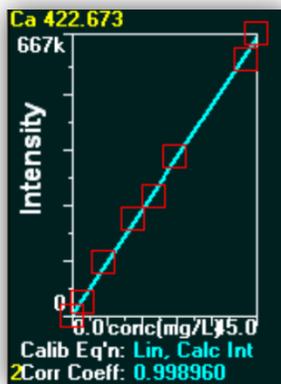


Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Curvas de calibración para determinación de minerales

Las curvas de calibración que se presentan a continuación se elaboraron a partir de la tabla XIX en la sección de diseño metodológico. Se muestra la calibración de los elementos calcio, hierro, cinc, fósforo y potasio, respectivamente.

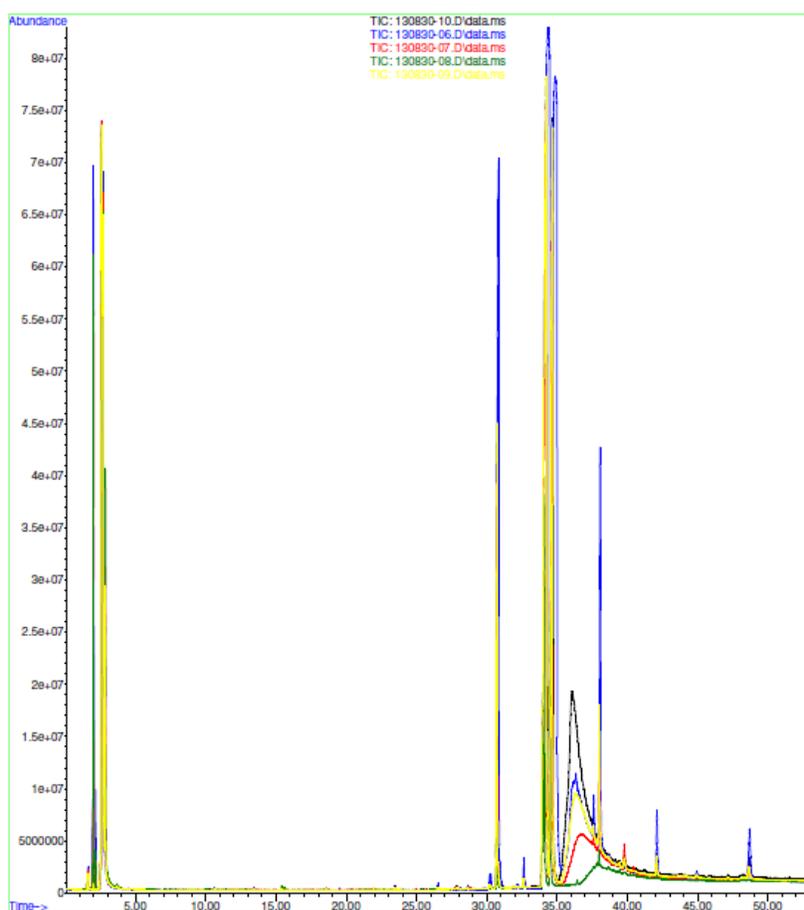


Fuente: programa ICP.

Anexo 2. Cromatogramas para análisis del aceite de la semilla de las 5 variedades de mango

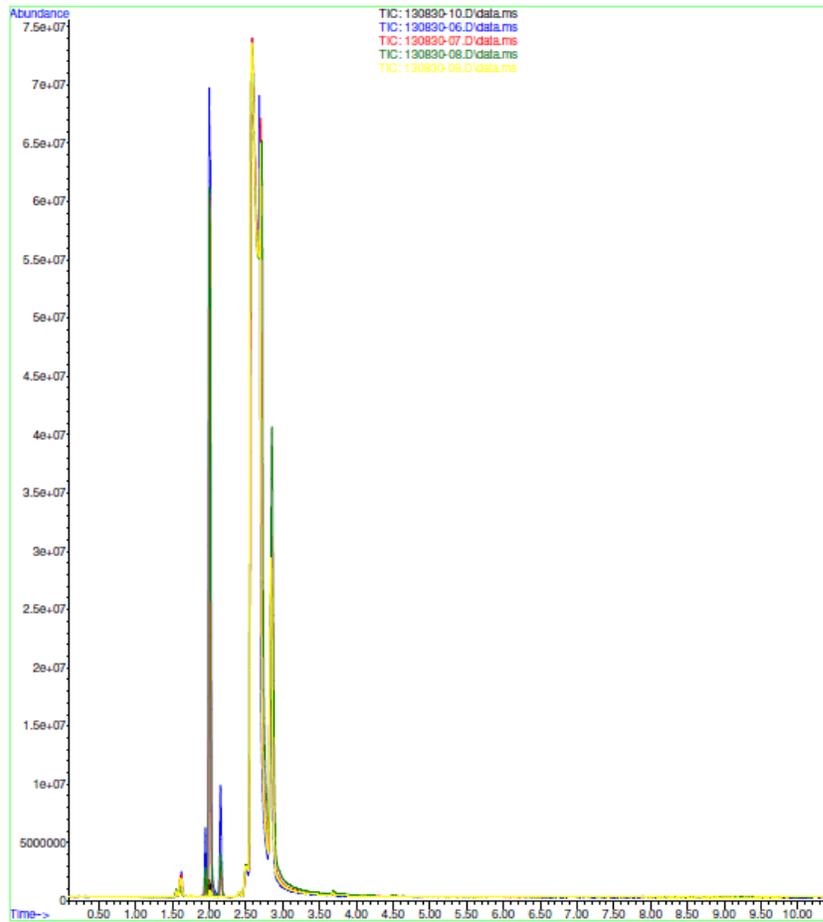
Los cromatogramas utilizados para la identificación de los cinco compuestos con mayor calidad en las variedades analizadas se presentan a continuación:

Cromatogramas sobrepuestos de las cinco variedades



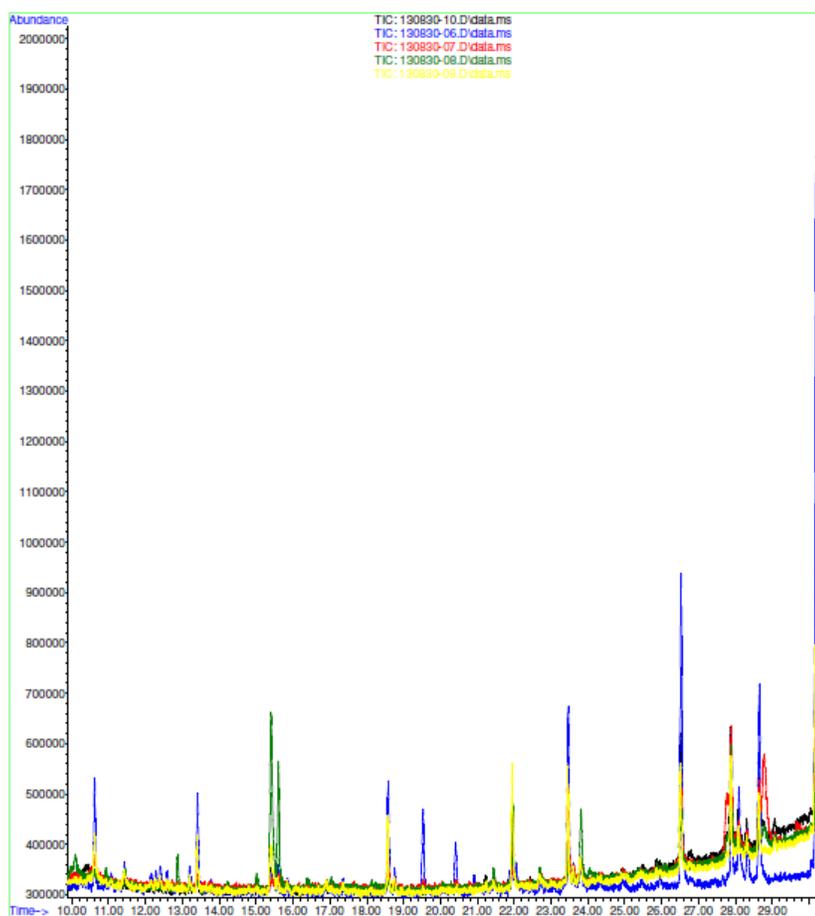
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatogramas sobrepuestos de las cinco variedades de 0 a 10 minutos



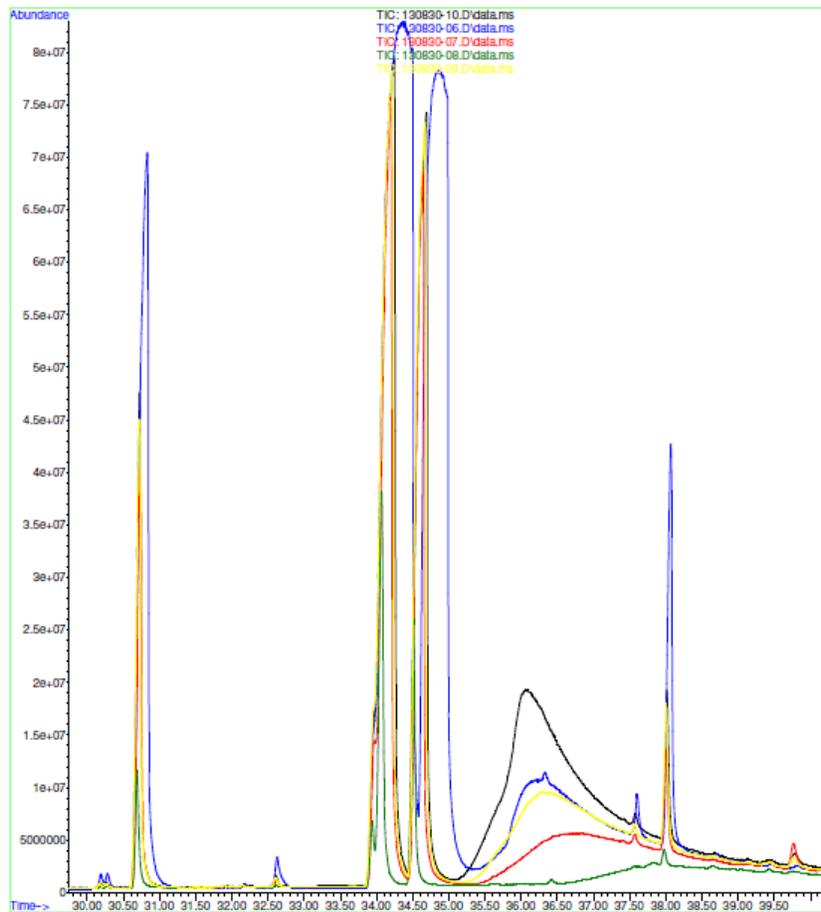
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatogramas sobrepuestos de las cinco variedades de 10 a 30 minutos



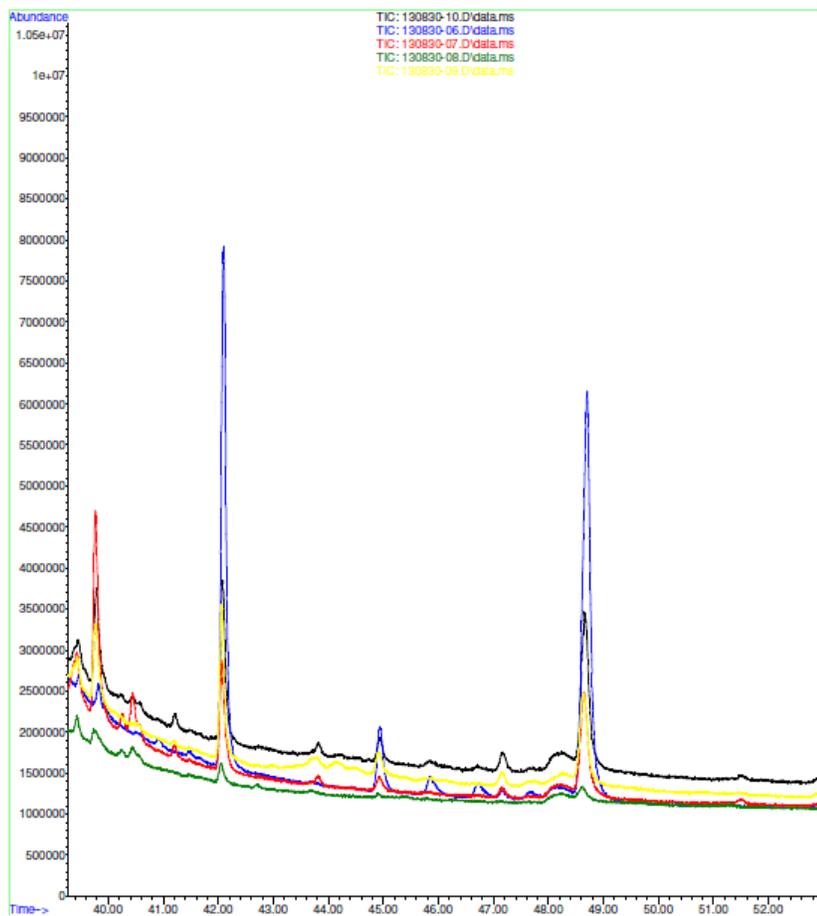
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatogramas sobrepuestos de las cinco variedades de 30 a 40 minutos



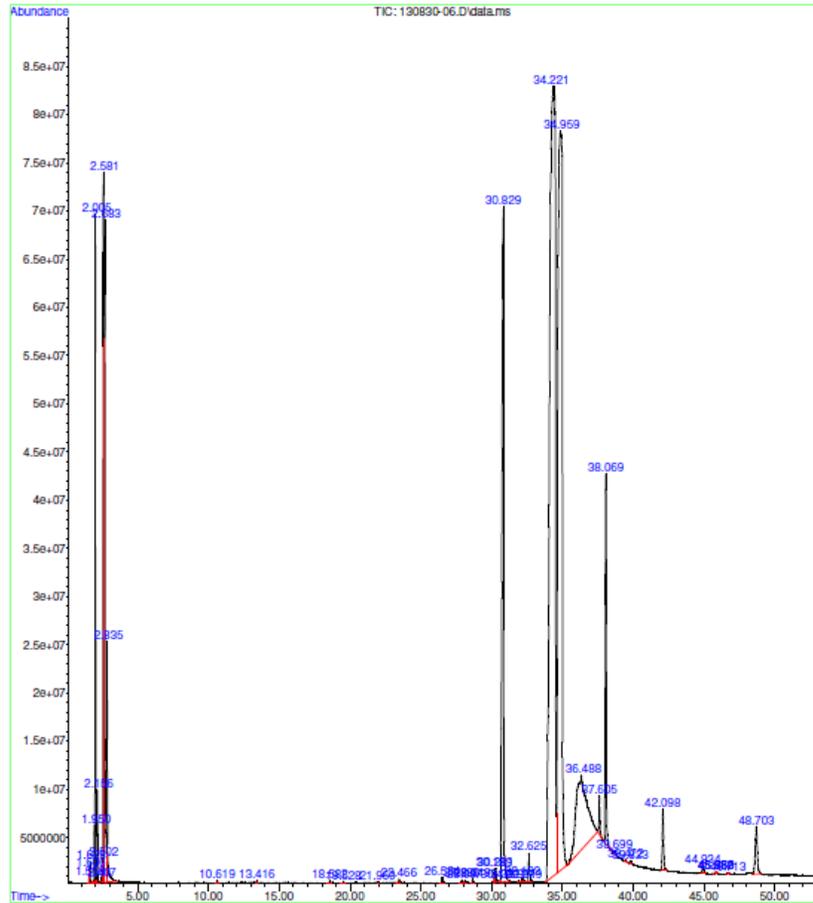
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatogramas sobrepuestos de las cinco variedades de 40 a 53 minutos



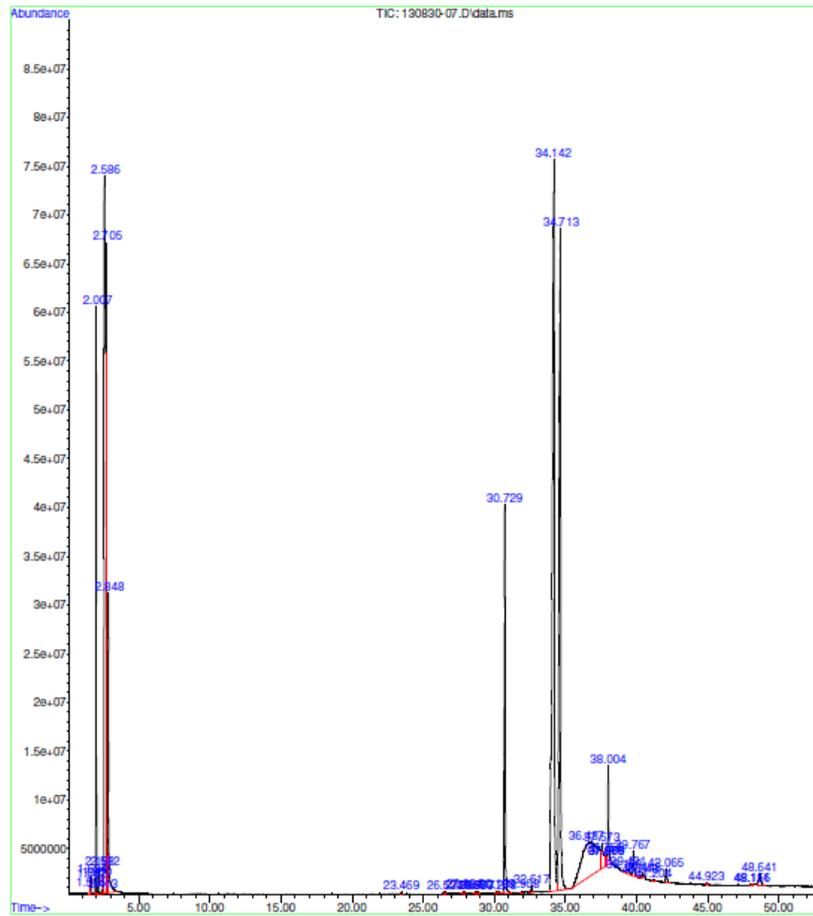
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatograma para variedad tipo Tommy Atkins



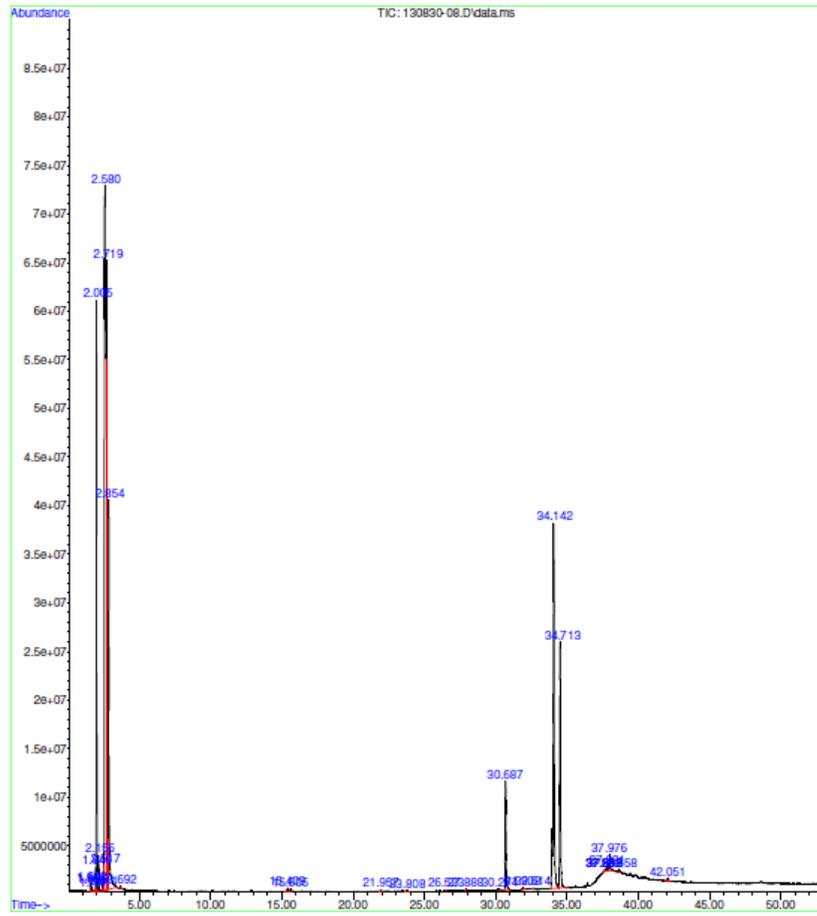
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatograma para variedad tipo Irwing



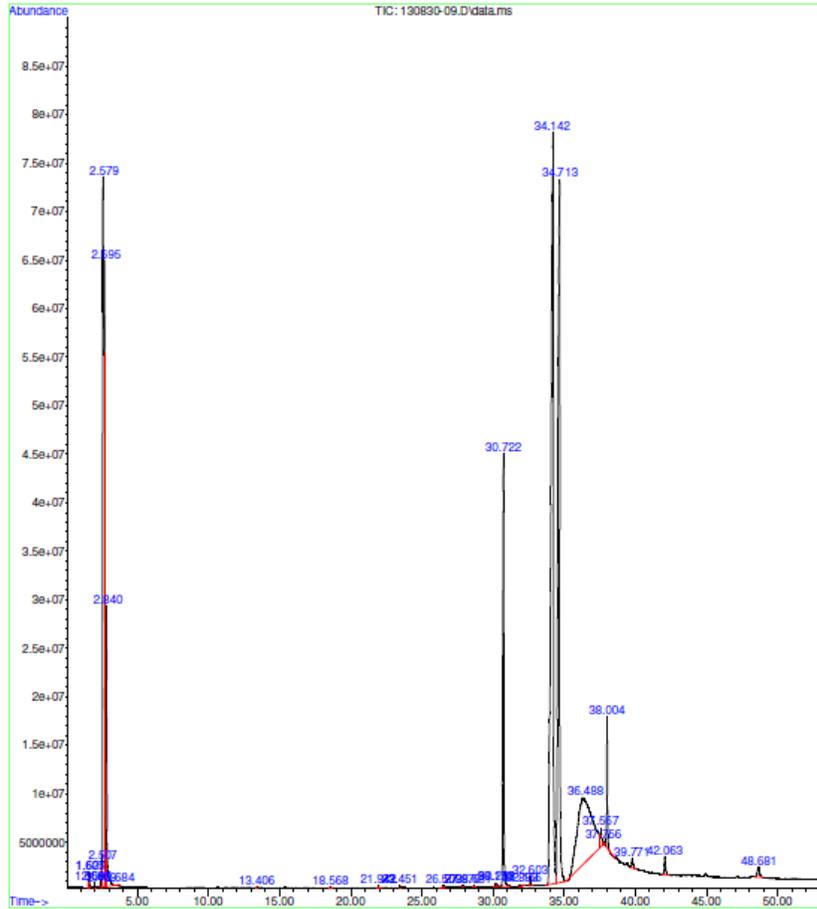
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatograma para variedad tipo Ataulfo



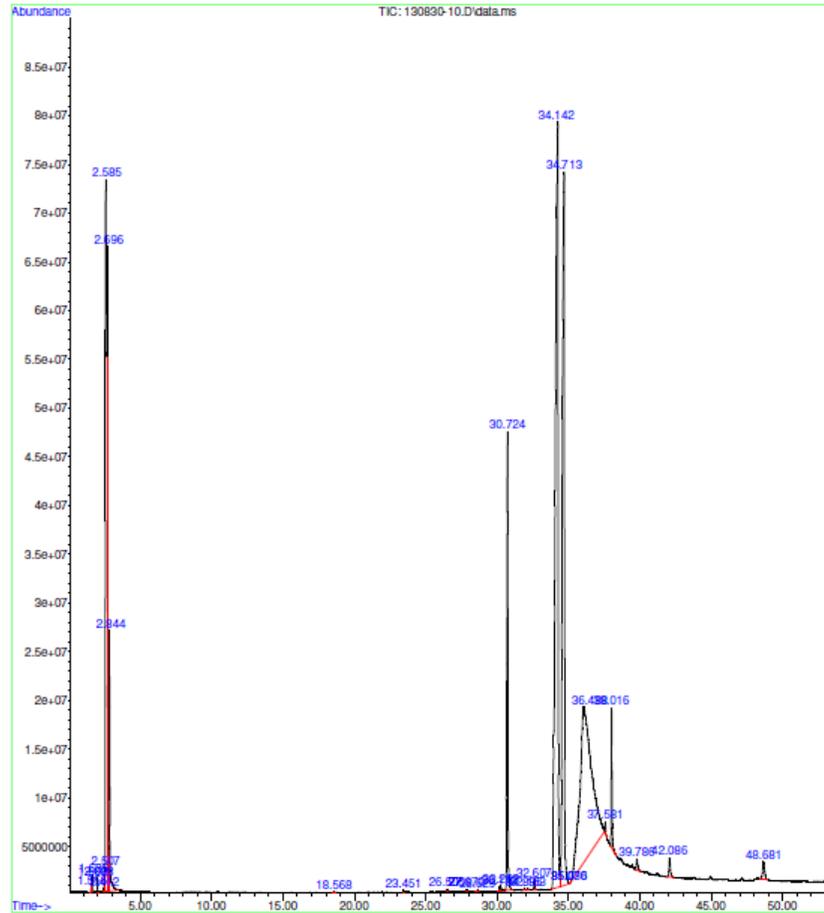
Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatograma para variedad tipo Coche



Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Cromatograma para variedad tipo Zill



Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Anexo 3. **Biblioteca de compuestos detectados en HPLC del aceite de la semilla del mango**

Biblioteca para mango tipo Tommy Atkins

Pk#	RT	Area#	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	30.827	12.15	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105642	000112-39-0	98
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	96
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105639	000112-39-0	96
2	34.384	47.82	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	99
			8-Octadecenoic acid, methyl ester	122297	002345-29-1	99
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122328	001937-62-8	99
3	34.862	34.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	97
4	37.605	0.35	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Octadecenoic acid, (Z)-	113359	000593-39-5	95
			9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122323	000112-62-9	86
			E-11-Hexadecenoic acid, ethyl ester	113379	1000245-71-9	86
5	38.069	3.74	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosanoic acid, methyl ester	140312	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140314	001120-28-1	98
			Eicosanoic acid, methyl ester	140313	001120-28-1	98
6	42.099	0.84	C:\Database\NIST05a.L			
			Docosanoic acid, methyl ester	154653	000929-77-1	99
			Docosanoic acid, methyl ester	154650	000929-77-1	99
			Docosanoic acid, methyl ester	154652	000929-77-1	99
7	48.703	1.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165888	002442-49-1	99
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165887	002442-49-1	98
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165889	002442-49-1	97

Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Biblioteca para mango tipo Irwing

Pk#	RT	Area#	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	30.731	11.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	97
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105646	000112-39-0	95
2	34.197	49.91	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	99
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122328	001937-62-8	99
			8-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122325	026528-50-7	99
3	34.643	34.23	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	98
4	38.005	2.43	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosanoic acid, methyl ester	140313	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140312	001120-28-1	98
			Eicosanoic acid, methyl ester	140310	001120-28-1	97
5	39.765	1.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Oxirane, 2-decyl-3-(5-methylhexyl)-, cis-(./-.)-	113475	057457-72-4	30
			6-Tridecanol, 3,9-diethyl-	96339	000123-24-0	27
			Squalene	173554	007683-64-9	22
6	42.067	0.57	C:\Database\NIST05a.L			
			Docosanoic acid, methyl ester	154653	000929-77-1	97
			Docosanoic acid, methyl ester	154654	000929-77-1	96
			Docosanoic acid, methyl ester	154652	000929-77-1	95
7	48.639	0.77	C:\Database\NIST05a.L			
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165890	002442-49-1	98
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165887	002442-49-1	98
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165888	002442-49-1	95

Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Biblioteca para mango tipo Ataulfo

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	30.686	11.91	C:\Database\NIST05a.L Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	97
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105646	000112-39-0	95
2	33.943	6.71	C:\Database\NIST05a.L 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	121093	002462-85-3	99
			11,14-Octadecadienoic acid, methyl ester	121099	056554-61-1	99
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	121107	000112-63-0	99
3	34.070	50.00	C:\Database\NIST05a.L 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	122323	000112-62-9	99
			8-Octadecenoic acid, methyl ester	122297	002345-29-1	99
			9-Octadecenoic acid, methyl ester	122299	002462-84-2	99
4	34.512	29.45	C:\Database\NIST05a.L Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	99
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	98
5	37.978	1.93	C:\Database\NIST05a.L Eicosanoic acid, methyl ester	140313	001120-28-1	96
			Nonadecanoic acid, 11-methyl-, methyl ester	140336	055334-33-3	76
			Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	114864	002490-49-5	76

Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Biblioteca para mango tipo Coche

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	30.722	10.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	97
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	105662	005129-60-2	96
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105645	000112-39-0	93
2	34.216	49.67	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	99
			8-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122325	026528-50-7	99
			10-Octadecenoic acid, methyl ester	122312	013481-95-3	99
3	34.671	35.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	99
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	97
4	38.005	2.71	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosanoic acid, methyl ester	140313	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140312	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140310	001120-28-1	97
5	39.770	0.34	C:\Database\NIST05a.L			
			Oleic Acid	113355	000112-80-1	56
			Cyclopropane, nonyl-	34976	074663-85-7	50
			Heptafluorobutyric acid, n-tridecyl ester	170021	1000216-78-9	49
6	42.062	0.58	C:\Database\NIST05a.L			
			Docosanoic acid, methyl ester	154653	000929-77-1	98
			Docosanoic acid, methyl ester	154654	000929-77-1	96
			Docosanoic acid, methyl ester	154647	000929-77-1	96
7	48.640	0.54	C:\Database\NIST05a.L			
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165887	002442-49-1	96
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165888	002442-49-1	95
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165889	002442-49-1	94

Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Biblioteca para mango tipo Zill

Pk#	RT	Area#	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	30.722	9.83	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105639	000112-39-0	96
			Hexadecanoic acid, methyl ester	105644	000112-39-0	95
			Pentadecanoic acid, 14-methyl-, me thyl ester	105662	005129-60-2	95
2	34.243	50.58	C:\Database\NIST05a.L			
			9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122326	001937-62-8	99
			8-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	122325	026528-50-7	99
			10-Octadecenoic acid, methyl ester	122312	013481-95-3	99
3	34.693	34.99	C:\Database\NIST05a.L			
			Octadecanoic acid, methyl ester	123709	000112-61-8	99
			Octadecanoic acid, methyl ester	123700	000112-61-8	98
			Octadecanoic acid, methyl ester	123708	000112-61-8	97
4	37.582	0.23	C:\Database\NIST05a.L			
			Oleic Acid	113353	000112-80-1	90
			6-Octadecenoic acid, (Z)-	113359	000593-39-5	90
			Octadecanoic acid	114821	000057-11-4	64
5	38.018	2.55	C:\Database\NIST05a.L			
			Eicosanoic acid, methyl ester	140313	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140312	001120-28-1	99
			Eicosanoic acid, methyl ester	140314	001120-28-1	97
6	39.788	0.37	C:\Database\NIST05a.L			
			6-Octadecenoic acid, (Z)-	113359	000593-39-5	62
			Cyclopropane, nonyl-	34976	074663-85-7	50
			Oleic Acid	113353	000112-80-1	49
7	42.085	0.59	C:\Database\NIST05a.L			
			Docosanoic acid, methyl ester	154653	000929-77-1	98
			Docosanoic acid, methyl ester	154647	000929-77-1	97
			Docosanoic acid, methyl ester	154652	000929-77-1	97
8	48.653	0.85	C:\Database\NIST05a.L			
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165887	002442-49-1	97
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165890	002442-49-1	97
			Tetracosanoic acid, methyl ester	165888	002442-49-1	95

Fuente: equipo para HPLC en el laboratorio del Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.