

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN DEL ACEITE DE AGUACATE (*persea americana*) PROVENIENTE DE MAGDALENA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ, Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA"

TESIS DE GRADO

GABRIELA MARÍA RUÍZ MARTÍNEZ
CARNET 10133-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL

"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN DEL ACEITE DE AGUACATE (*persea americana*) PROVENIENTE DE MAGDALENA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ, Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA"

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA

POR
GABRIELA MARÍA RUÍZ MARTÍNEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA INDUSTRIAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

DECANA: MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA DE ZUNIGA
VICEDECANO: MGTR. OSMAN CARRILLO SOTO
SECRETARIA: MGTR. MARYA ALEJANDRA ORTIZ PATZAN
DIRECTOR DE CARRERA: DR. MARIO RENE SANTIZO CALDERON

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. ISIS ARACELY LÓPEZ CIFUENTES DE GALVEZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JOSE ANTONIO ROSAL CHICAS
ING. JOSÉ ANGEL LOPEZ RUANO
ING. JUAN CARLOS GARCÍA CERÓN

Guatemala, 28 de mayo 2018

Mgtr. Marya Alejandra Ortiz
Secretaria de Facultad
Facultad de Ingeniería

Estimada Mgtr. Ortiz:

Por este medio me es grato saludarle y desearle toda clase de éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para informarle que he revisado el informe final del trabajo de graduación titulado: **"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN DEL ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*) PROVENIENTE DE MAGDALENA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ, Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA"** De la estudiante Gabriela María Ruiz Martínez, quien se identifica con número de carnet 10133-13.

Después de haber revisado el informe final y de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar doy como aprobado dicho trabajo de graduación.

Sin otro particular, me suscribo de Ud.

Atentamente,



Ing. Isis López de Gálvez
Asesor de Tesis



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA
No. 0291-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante GABRIELA MARÍA RUÍZ MARTÍNEZ, Carnet 10133-13 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 02102-2018 de fecha 28 de junio de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LAS OPERACIONES DE SEPARACIÓN DEL ACEITE DE AGUACATE (*persea americana*) PROVENIENTE DE MAGDALENA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ, Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA"

Previo a conferírsele el título de INGENIERA QUÍMICA INDUSTRIAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de julio del año 2018.



MGTR. MARYA ALEJANDRA ORTIZ PATZAN, SECRETARIA
INGENIERÍA
Universidad Rafael Landívar

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y permitirme llegar hasta aquí. Gracias por no dejarme sola en ningún momento y darme las fuerzas para enfrentar cada dificultad que se ha presentado.

A la Fundación Juan Bautista Gutiérrez, y en especial a doña Isabelita Gutiérrez de Bosch, por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios en la Universidad Rafael Landívar, por confiar en mí y por acompañarme durante este camino. Gracias a doña Isabelita por tener ese gran corazón que ha impactado tantas vidas, incluyendo la mía.

A la Universidad Rafael Landívar y a todos mis catedráticos, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para alcanzar esta meta con éxito. Especialmente a mi asesora de tesis Ing. Isis López, por todo su conocimiento, acompañamiento, asesoría y cariño.

Al Laboratorio CONCALIDAD, por permitirme realizar este proyecto en sus instalaciones.

A mi mamá, Lucrecia Martínez, por tener siempre una palabra de ánimo, por todo su amor y por enseñarme que sin Dios no somos nada.

A mi papá, Max Ruiz, por enseñarme que todo esfuerzo tiene su recompensa y que, con voluntad todo sale mejor.

A mis hermanos y demás familia, por acompañarme y brindarme su cariño y apoyo.

A mis amigos, por brindarme su amistad y cariño, y por todos los momentos que pasamos juntos.

Dedicatoria

A Dios, porque cada acción realizada con amor y esfuerzo sirve para darle mayor gloria. A la Virgen María por interceder por mí y por toda mi familia.

A mis padres, Max y Lucrecia, por brindarme la mejor educación, apoyarme en todas mis decisiones, ser un ejemplo para mí y amarme tal y como soy.

A mis hermanos, Ceily y José Pablo por los momentos alegres que hemos pasado. A mi abuela Hilda y a Gaby, por apoyarme y estar siempre para mí. A mis tíos y primos, por sus muestras de cariño y por preocuparse por mi bienestar.

A todos mis amigos del colegio, la universidad y la fundación, porque con cada uno tengo un buen recuerdo y por brindarme su amistad todo este tiempo.

A mis amigas de mi primer trabajo, por todas las tardes de risas y por las enseñanzas de vida y consejos.

A Fernando Mérida (QEPD), porque cada vez que uno de tus amigos alcanzamos esta meta tú también la alcanzas.

A Rodolfo Andrés, por estar siempre conmigo, apoyarme y hacerme creer que soy capaz de cualquier cosa. Gracias por cada momento vivido, por brindarme tanto amor y por ser, además de mi novio, mi mejor amigo.

Resumen ejecutivo

El presente estudio se realizó con el objetivo de obtener aceite de aguacate a partir de pulpa del fruto de aguacate proveniente de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez. Para después realizar una caracterización fisicoquímica del aceite obtenido y determinar su perfil de ácidos grasos.

Para ello se preparó la pulpa de aguacate con proceso de molienda y secado, y se sometió a dos operaciones de separación: lixiviación y evaporación. La lixiviación se realizó por medio del método soxhlet evaluando dos solventes distintos, hexano y éter de petróleo. El rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base húmeda fue de 22.59% cuando se utilizó hexano en la lixiviación y 22.89% cuando se utilizó éter de petróleo.

Por medio del análisis del perfil de ácidos grasos se determinó que los principales ácidos grasos que componen el aceite de aguacate son: palmítico, palmitoleico y oleico.

Además, se realizó una caracterización fisicoquímica del aceite por medio de análisis de humedad e índices de peróxido, yodo, saponificación y refracción. A excepción de la humedad, los resultados obtenidos son aceptables según normas del Codex Alimentarius, y solamente en el índice de peróxidos se observa una diferencia significativa en los resultados en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Por último, se determinaron los costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate a nivel laboratorio, obteniendo valores de Q2.88 por gramo de aceite para el proceso con hexano y Q3.41 por gramo de aceite para el proceso con éter de petróleo.

Descriptor: Aceite de aguacate, lixiviación, soxhlet, evaporación, operaciones de separación, rendimiento,

Índice general

I.	Introducción	1
1.1	Lo escrito sobre el tema	2
1.2	Marco teórico	4
1.2.1	Aguacate	4
1.2.2	Aceite de aguacate	9
1.2.3	Propiedades y características del aceite de aguacate	9
1.2.4	Usos del aceite de aguacate	10
1.2.5	Operaciones de separación	11
1.2.6	Lixiviación	11
1.2.7	Evaporación.....	15
1.2.8	Análisis de aceites vegetales.....	15
b.	Cromatografía	16
II.	Planteamiento del Problema.....	20
2.1	Objetivos	21
2.1.1	Objetivo general.....	21
2.1.2	Objetivos específicos.....	21
2.2	Hipótesis	21
2.2.1	Hipótesis nula	21
2.2.2	Hipótesis alterna	22
2.3	Variables	22
2.3.1	Variables independientes	22
2.3.2	Variables dependientes	23
2.4	Definición de las variables.....	23
2.4.1	Definición conceptual.....	23
2.4.2	Definición operacional	24
2.5	Alcances y límites.....	25
2.5.1	Alcances	25
2.5.2	Límites	25
2.6	Aporte.....	26
III.	Método	27
3.1	Sujetos y unidades de análisis	27
3.1.1	Sujetos.....	27
3.1.2	Unidades de análisis.....	27

3.2	Instrumentos	28
3.3	Procedimiento	33
3.3.1	Preparación de la materia prima vegetal, proceso de molienda y secado. 33	
3.3.2	Lixiviación de aceite de aguacate por método soxhlet.....	34
3.3.3	Evaporación del solvente.....	35
3.3.4	Preparación de la muestra para determinación del perfil de ácidos grasos. 36	
3.3.5	Determinación de la humedad del aceite de aguacate.....	37
3.3.6	Determinación del índice de peróxidos.....	38
3.3.7	Determinación del índice de yodo.....	39
3.3.8	Determinación del índice de saponificación.....	40
3.4	Diseño y metodología estadística	41
3.4.1	Diseño experimental	41
3.4.2	Descripción de las unidades experimentales.....	42
3.4.3	Variables respuesta	42
3.4.4	Metodología de análisis	42
IV.	Presentación y Análisis de Resultados.....	48
4.1	Humedad de la pulpa de aguacate	48
4.2	Rendimiento de las operaciones de separación.....	48
4.3	Perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate	49
4.4	Humedad del aceite de aguacate.....	52
4.5	Índice de peróxido del aceite de aguacate	53
4.6	Índice de yodo del aceite de aguacate	54
4.7	Índice de saponificación del aceite de aguacate	55
4.8	Índice de refracción del aceite de aguacate	56
4.9	Costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate.....	57
V.	Discusión de Resultados	59
VI.	Conclusiones	66
VII.	Recomendaciones.....	67
VIII.	Referencias	68
IX.	Anexos	71
9.1	Glosario.....	71
9.2	Anexo A. Datos recolectados y clasificados.....	73
9.3	Anexo B. Resultados de todas las corridas realizadas.....	76
9.3.1	Rendimiento de las operaciones de separación	76

9.3.2	Perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate	77
9.3.3	Humedad del aceite de aguacate	79
9.3.4	Índice de peróxido del aceite de aguacate	80
9.3.5	Índice de yodo del aceite de aguacate	81
9.3.6	Índice de saponificación del aceite de aguacate.....	81
9.3.7	Índice de refracción del aceite de aguacate	82
9.4	Anexo C. Cromatogramas de análisis de perfil de ácidos grasos.	83
9.5	Anexo D. Informe de resultados de análisis de índice de refracción.	107
9.6	Anexo E. Normas del Codex Alimentarius.	108
9.6.1	CODEX STAN 19 – 1981	108
9.6.2	CODEX STAN 33 – 1981	109
9.7	Anexo F. Norma Mexicana para aceite de aguacate. NMX-F-052-SCFI-2008	110
9.8	Anexo G. Ficha técnica de un aceite de aguacate comercial.....	111
9.9	Anexo H. Cálculo de costos directos e indirectos del proceso.	113
9.9.1	Costos directos del proceso.	113
9.9.2	Costos indirectos del proceso.....	113
9.10	Anexo I. Cotización de solventes para cálculo de costos directos.	115

Índice de tablas

Tabla 1.	Composición nutricional del Aguacate (Persea americana) por 100 g.	8
Tabla 2.	Características fisicoquímicas del aceite de aguacate.	10
Tabla 3.	Composición de ácidos grasos del aceite de aguacate.....	16
Tabla 4.	Equipos utilizados en la metodología.	28
Tabla 5.	Instrumentos de laboratorio utilizados en la metodología.....	29
Tabla 6.	Utensilios utilizados en la metodología.....	31
Tabla 7.	Reactivos utilizados en la metodología.	32
Tabla 8.	Experimentos realizados.	41
Tabla 9.	Experimentos realizados y su variable respuesta.	42
Tabla 10.	Humedad de la pulpa de aguacate previo y posterior al proceso de secado.....	48
Tabla 11.	Rendimiento de las operaciones de separación respecto a la materia prima, en base húmeda.....	48

Tabla 12. Análisis ANOVA para el rendimiento del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación	48
Tabla 13. Perfil de ácidos grasos de aceite de aguacate obtenido con hexano (promedio).....	49
Tabla 14. Perfil de ácidos grasos de aceite de aguacate obtenido con éter de petróleo (promedio).	49
Tabla 15. Contenido de ácido palmitoleico del aceite de aguacate.....	50
Tabla 16. Análisis ANOVA para el contenido de ácido palmitoleico en función del solvente utilizado en la lixiviación.....	50
Tabla 17. Contenido de ácido palmítico del aceite de aguacate.	51
Tabla 18. Análisis ANOVA para el contenido de ácido palmítico en función del solvente utilizado en la lixiviación.....	51
Tabla 19. Contenido de ácido oleico del aceite de aguacate.	52
Tabla 20. Análisis ANOVA para el contenido de ácido oleico en función del solvente utilizado en la lixiviación.....	52
Tabla 21. Humedad del aceite de aguacate.....	52
Tabla 22. Análisis ANOVA para la humedad del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.	53
Tabla 23. Índice de peróxido del aceite de aguacate.	53
Tabla 24. Análisis ANOVA para el índice de peróxido del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.....	54
Tabla 25. Índice de yodo del aceite de aguacate.	54
Tabla 26. Análisis ANOVA para el índice de yodo del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.	55
Tabla 27. Índice de saponificación del aceite de aguacate.	55
Tabla 28. Análisis ANOVA para el índice de saponificación del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.....	56
Tabla 29. Índice de refracción del aceite de aguacate.	56
Tabla 30. Análisis ANOVA para el índice de refracción del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.....	57
Tabla 31. Costo por obtención de aceite de aguacate utilizando hexano en la lixiviación, para una corrida.....	57
Tabla 32. Costo por gramo de aceite de aguacate utilizando hexano en la lixiviación.....	57
Tabla 33. Costo por obtención de aceite de aguacate utilizando éter de petróleo en la lixiviación, para una corrida.	58
Tabla 34. Costo por gramo de aceite de aguacate utilizando éter de petróleo en la lixiviación.....	58
Tabla 35. Humedad inicial de la pulpa molida.....	73

Tabla 36. Humedad final de la pulpa.....	73
Tabla 37. Operaciones de separación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.....	73
Tabla 38. Operaciones de separación del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.....	74
Tabla 39. Datos para determinar el índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	74
Tabla 40. Datos para determinar el índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	74
Tabla 41. Datos para determinar el índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	75
Tabla 42. Datos para determinar el índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	75
Tabla 43. Datos para determinar el índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	75
Tabla 44. Datos para determinar el índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	76
Tabla 45. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base seca, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	76
Tabla 46. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base seca, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	76
Tabla 47. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base húmeda, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	77
Tabla 48. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base húmeda, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	77
Tabla 49. Perfil de ácidos grasos para la corrida 1 con hexano.	77
Tabla 50. Perfil de ácidos grasos para la corrida 2 con hexano.	78
Tabla 51. Perfil de ácidos grasos para la corrida 3 con hexano.	78
Tabla 52. Perfil de ácidos grasos para la corrida 1 con éter de petróleo.	78
Tabla 53. Perfil de ácidos grasos para la corrida 2 con éter de petróleo.	78
Tabla 54. Perfil de ácidos grasos para la corrida 3 con éter de petróleo.	79
Tabla 55. Humedad del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	79
Tabla 56. Humedad del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	80
Tabla 57. Índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	80

Tabla 58. Índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.....	80
Tabla 59. Índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.....	81
Tabla 60. Índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	81
Tabla 61. Índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	81
Tabla 62. Índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.	82
Tabla 63. Índice de refracción del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.	82
Tabla 64. Índice de refracción del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.....	82
Tabla 65. Costos directos del proceso con hexano.....	113
Tabla 66. Costos directos del proceso con éter de petróleo.	113
Tabla 67. Costo del agua utilizada en el proceso.....	113
Tabla 68. Costo de energía eléctrica utilizada en el proceso.	113

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Aguacate.....	4
Ilustración 2. Árbol de aguacate.....	7
Ilustración 3. Estructura del fitosterol.....	9
Ilustración 4. Equipo Soxhlet.....	14
Ilustración 5. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 1 con hexano. .	83
Ilustración 6. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 2 con hexano. .	88
Ilustración 7. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 3 con hexano. .	91
Ilustración 8. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 1 con éter de petróleo.	95
Ilustración 9. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 2 con éter de petróleo.	99
Ilustración 10. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 3 con éter de petróleo.	102

Índice de diagramas

Diagrama 1. Proceso de preparación de la materia prima.	33
Diagrama 2. Proceso de lixiviación del aceite de aguacate	34
Diagrama 3. Proceso de evaporación del solvente	35
Diagrama 4. Proceso de preparación de muestra para determinación del perfil de ácidos grasos	36
Diagrama 5. Proceso de determinación de humedad del aceite.	37
Diagrama 6. Proceso de determinación de índice de peróxidos del aceite	38
Diagrama 7. Proceso de determinación de índice de yodo del aceite.....	39
Diagrama 8. Procedimiento de determinación del índice de saponificación del aceite.....	40
Diagrama 9. Comparación de perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate.	50

I. Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es una planta perenne perteneciente a la familia de las Lauráceas, originaria de América tropical, el principal uso del fruto de aguacate es su consumo fresco o preparación de la pulpa, siendo muy recomendado debido al alto valor nutricional que aporta para la dieta humana. Sin embargo, se destacan otras aplicaciones como los usos medicinales de las hojas, cáscara y semillas y la extracción de aceite. (Anacafé, s.f.)

Según datos de DEFRUTA (2014) la producción de aguacate en Guatemala creció en promedio 30% por año desde 1996 hasta el 2005 debido a la alta demanda del fruto. El cultivo se da principalmente en seis departamentos que cuentan con las condiciones climáticas que favorecen su siembra, uno de ellos es el departamento de Sacatepéquez al cual pertenece el municipio de Magdalena Milpas Altas, de donde se extrajo la materia prima para realizar esta investigación.

El fruto de aguacate es de alto consumo a nivel nacional por su sabor, pero destaca también su aporte de nutrientes esenciales para la dieta como vitaminas, minerales y ácidos grasos. Del fruto de aguacate puede extraerse el aceite de aguacate, el cual es de alto valor por los múltiples beneficios que aporta para la salud, tanto al ser consumido como al ser utilizado como materia prima en productos de la rama cosmética y terapéutica. La producción de aceite de aguacate surgió como una alternativa debido a la alta oferta de aguacates que no siempre son aprovechados, generando un nuevo producto con valor en el mercado y distintos usos.

Por ello, en el estudio se presenta un método de obtención del aceite de aguacate por medio de dos operaciones de separación: la lixiviación y la evaporación. Comparando los rendimientos obtenidos en función del solvente utilizado en la lixiviación. Además, se realiza una determinación del perfil de ácidos grasos y una caracterización fisicoquímica del producto obtenido, por medio de análisis de humedad e índices de peróxidos, yodo, saponificación y refracción. Para finalizar con la determinación de los costos directos e indirectos del proceso.

El estudio aporta información para considerar la obtención de aceite de aguacate por medio de operaciones de separación a nivel industrial, con el fin de aprovechar las propiedades y beneficios que este presenta. Además, se aporta a la industria cosmética, la presentación de una alternativa de materia prima de calidad que podría generar más valor a sus productos, y de un uso alterno para aprovechar los frutos de aguacate que no son consumidos, y de los cuales se puede extraer el aceite de aguacate.

1.1 Lo escrito sobre el tema

Condori (2016) en su tesis de pregrado planteó como principales objetivos la determinación de algunas propiedades físicas de los frutos de palta Fuerte, evaluar el rendimiento de la pulpa, la cinética de evaporación rápida del agua de la pulpa, y el rendimiento del aceite mediante evaporación rápida. Una de las principales conclusiones del trabajo de investigación es que el proceso de extracción por evaporación rápida de agua es viable y rápido; se obtuvo un rendimiento de 29.1% con una humedad de 15.40%. Además, se evaluó la calidad del aceite mediante análisis de peso específico, viscosidad, índices de refracción, yodo, acidez, peróxidos y saponificación; para los cuales se obtuvieron valores similares a los valores obtenidos con aceites de palta extraídos por otros métodos.

En el 2014, la Universidad Pontificia Bolivariana, publicó una investigación en la cual se evalúa la extracción de aceite de aguacate por prensado en frío a dos presiones de trabajo distintas, 2000 psi y 2500 psi. Se utilizó previamente un proceso de liofilización de la pulpa con el fin de evaluar la influencia del tiempo de congelación sobre cuatro propiedades del aceite obtenido: densidad, índices de saponificación, refracción, y acidez. Se varió el tiempo de congelación, siendo estos: 6, 12 y 18 horas. En la investigación se concluyó que el mayor rendimiento de extracción fue para el prensado de la pulpa que se congeló durante 6 horas y fue prensada a 2500 psi. Además, las cuatro propiedades analizadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al tiempo de congelación de la pulpa.

Doradea (2013), en su trabajo de graduación, comparó el rendimiento de extracción y calidad del aceite de aguacate tipo Hass, mediante secado de la pulpa, utilizando sulfito de sodio y ácido fosfórico como inhibidores de la polifenol oxidasa y peroxidasa. La extracción se realizó por un proceso de prensado en frío, es cual fue precedido por un proceso de secado de la pulpa con un secador de flujo transversal. Entre las conclusiones destacan los rendimientos máximos para la extracción siendo del 17% para el ácido fosfórico y 16% para el sulfito de sodio. Además, las propiedades químicas analizadas: índices de yodo, acidez, peróxidos, saponificación, valor p – anisidina, totox, DOBI, humedad, fósforo, fosfátidos, ceras, jabón y gomas; están dentro de los rangos aceptables según el Codex Alimentarius. Por último, mediante un análisis de laboratorio se encontraron cinco ácidos grasos, siendo un 81.57% ácidos grasos saturados, 7.71% insaturados y 10.27% poliinsaturados.

Acosta (2011), en su tesis de investigación planteó una alternativa de industrialización del aguacate fresco, mediante el establecimiento de un proceso de extracción de aceite de aguacate en frío, utilizando distintos preparados enzimáticos comerciales, compuestos principalmente por celulasas, hemicelulasas y pectinasas. Para ellos, se evaluaron cinco variedades de aguacate, con el fin de jerarquizarlos según su contenido de grasa, disponibilidad en el mercado, entre otros. Posteriormente se evaluaron los tres preparados enzimáticos para extraer el aceite de aguacate, obteniendo como máximo rendimiento 96%, a escala laboratorio, y 84.57% en planta piloto.

En 1991, el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Granada, presentó una investigación en la cual se analizan los resultados de un experimento de obtención de aceite de aguacate por un proceso continuo similar al utilizado para la obtención de aceite de oliva. El experimento surge como una alternativa viable para el uso de los frutos producidos que exceden la demanda del mercado, aunados a los frutos rechazados en los canales de exportación y aquellos de floración inmadura, caídos del árbol, etc. A los cuales se les debe buscar una aplicación que maximice su valor. El experimento se realizó a escala industrial con mezcla de aguacates de distintas variedades y tamaños, y por medio de un proceso continuo por centrifugación. Se concluyó que, al modificar puntualmente el proceso de obtención del aceite de oliva en la fase de molienda y decantación, se puede obtener un buen rendimiento para el aceite de aguacate, y sus parámetros de calidad son buenos, para el aceite virgen y el decolorado.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Aguacate

El aguacate (*Persea americana*) es una planta perenne perteneciente a la familia de las Lauráceas, originaria de América tropical (Guatemala, parte de Centroamérica y México). Su árbol suele alcanzar entre seis y veinte metros de altura. Existen más de 500 variedades de aguacate, las más comerciales por su productividad y preferencia de los consumidores son: Hass, Bacon, Booth, Fuerte, Cocktail, Peterson y Choquette, entre otras.

El futo del aguacate, con el mismo nombre, por lo general supera los 10 cm de longitud, tiene forma ovoide, globular o elíptica alargada; está conformado por una semilla de color café, la carnaza o pulpa y la piel o cáscara. La forma y color del futo depende en gran medida de la variedad del aguacate. (MAGA, 2014)

La textura de la cáscara del aguacate puede variar desde muy rugosa hasta lisa, y su color puede ser de una amplia gama de verdes, hasta morado oscuro o negro. La pulpa es amarilla a verde y contiene muchas propiedades alimenticias.

Ilustración 1. Aguacate



Fuente: elaboración propia (2018)

- Taxonomía del árbol de aguacate
 - Reino: Plantae
 - División: Magnoliophyta.
 - Clase: Magnoliopsida.
 - Orden: Ranales

- Suborden: Magnolíneas.
- Familia: Lauraceae.
- Género: Persea
- Especie: Persea americana.

- Usos del aguacate

El principal uso del futo de aguacate es su consumo fresco o preparación de la pulpa, considerando el alto valor nutricional que este aporta para la dieta humana. Sin embargo, se destacan otras aplicaciones como los usos medicinales de las hojas, cáscara y semillas y la extracción de aceite que se utiliza como materia prima en la industria cosmética para la producción de cremas y shampoos, entre otros. (Anacafé, s.f.)

- Ecología del árbol de aguacate

- Altitud: de 400 a 1,800 msnm, temperaturas de 17 a 30°C.
- Precipitación pluvial: 1,200 a 2,000 mm anuales.
- pH: entre 5.5 y 6.5.
- Humedad relativa: 60%, no tolera vientos fuertes ni encharcamientos.
- Suelos: textura media, suelos francos arcillo arenosos. De profundidad entre 0.80 y 1.50 m. con buen drenaje interno y superficial, de 3 a 5% de materia orgánica.

- Siembra

Cuando el cultivo no cuenta con un sistema de riego, la mejor época para la siembra es al inicio de la época lluviosa, misma época en la que se debe abonar. Los árboles se siembran a distancias de 5 a 7 metros entre ellos. Y durante los primeros años de crecimiento se debe cortar el tronco en varios fragmentos de manera que el árbol crezca de forma radial. (Anacafé, s.f.)

- Cosecha

La primera cosecha se da de 4 a 5 años después de la siembra. El árbol produce frutos una vez al año y estos se cosechan en los meses de octubre a diciembre. Los frutos por cosechar deben estar en un estado conocido como sazón, en este estado de la cáscara del fruto es opaca y de color oscuro, para la variedad de aguacate Hass. El corte del fruto se realiza con unos 5 cm de tallo para retardar la maduración del mismo, y evitar el crecimiento de hongos. (Anacafé, s.f.)

- Producción de aguacate en Guatemala

En Guatemala se producen distintos tipos de aguacate, siendo la variedad Hass la más común y abundante. Para el 2013, se totalizaron 13,260 Ha de cultivo de aguacate, según el Ministerio de Economía (2014), considerando que se estima que hubo un crecimiento anual del 30% en los años de 1997 a 2005.

La producción nacional de aguacate se distribuye de la siguiente forma: el 70% se concentra en 8 departamentos, San Marcos (15%), Chimaltenango (12%), Quiché (10%), Huehuetenango (7%), Sololá (7%), Sacatepéquez (7%), Alta Verapaz (6%) y Petén (6%); los demás departamentos suman el restante 30%.

Entre los principales departamentos mencionados, los que poseen las condiciones edafoclimáticas ideales para el cultivo de aguacate son Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá. (Ministerio de Economía, 2014)

La variedad Hass se ha preferido frente a otras variedades de aguacate debido a que presenta condiciones que le brindan un mayor valor agregado a la fruta, con lo cual aumenta su valor en el mercado, entre ellas se puede mencionar que la fruta tolera mayormente su manejo y que el exocarpio presenta dureza.

- Magdalena Milpas Altas

Magdalena Milpas Altas es un municipio del sudeste de Sacatepéquez, situado a 12 kilómetros de la cabecera departamental. Se encuentra a una altura de 2,045 metros sobre el nivel del mar, por lo cual su clima es frío, generalmente. Su precipitación pluvial oscila entre los 1,000 y 1,200 mm.

La economía de Magdalena Milpas Altas se basa en la producción agrícola, sus principales productos son el maíz, frijol, diversas frutas y flores, y verduras como la zanahoria, remolacha, repollo y brócoli. (SEGEPLAN, 2010)

Ilustración 2. Árbol de aguacate



Fuente: elaboración propia (2018)

- Información nutricional del aguacate

Aproximadamente el 70% del fruto de aguacate es comestible, y está conformado por la pulpa, en ella se concentra una gran cantidad de sustancias nutritivas. El aguacate es fuente de ácidos grasos monoinsaturados, magnesio, cobre, hierro, fósforo, potasio y vitaminas A, B, C, E y K. Además, es una fuente importante fuente de fibra y proteína. (Anacafé, s.f.)

El contenido de agua en el aguacate es menor en comparación de la mayoría de frutas, mientras que el aporte de lípidos es muy superior, lo que aumenta su valor calórico. Diversos estudios indican que el consumo de aguacate reduce los niveles de colesterol total, además de los triglicéridos en sangre, lo cual puede deberse a su alto contenido en fibra. También se indica que ciertos compuestos del aguacate, denominados persenonas A y B, pueden actuar como antioxidantes, inhibiendo la producción de radicales libres.

Tabla 1. Composición nutricional del Aguacate (*Persea americana*) por 100 g.

Nutriente	Contenido
Agua (%)	73.23
Energía (kcal)	160
Proteína (g)	2.00
Lípidos totales (g)	14.66
Carbohidratos (g)	8.53
Fibra dietética (g)	6.70
Calcio (mg)	12.0
Hierro (mg)	0.55
Magnesio (mg)	29.0
Zinc (mg)	0.64
Sodio (mg)	7.00
Potasio (mg)	485
Fósforo (mg)	52.0
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.13
Equivalentes niacina (mg)	1.74
Vitamina B6 (mg)	0.26
Folatos (µg)	81.0
Vitamina B12 (µg)	0
Vitamina C (mg)	10.0
Vitamina A (µg)	7.0

Fuente: INCAP (2012).

- Variedad de aguacate Hass

El aguacate variedad Hass es originario de las zonas montañosas del occidente de Guatemala y México, es una de las más cultivadas a nivel mundial y es resultado de una triple hibridación natural entre las razas de aguacate Antillana, Mexicana y Guatemalteca.

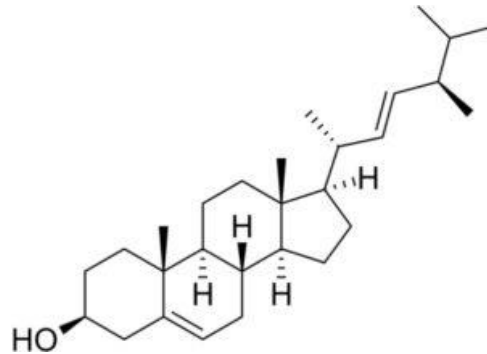
El fruto variedad Hass se caracteriza por tener un contenido de aceite de 18 a 22% y no contener fibra, la pulpa es de color amarilla y la cáscara de color púrpura, y textura rugosa. El peso promedio de los aguacates Hass es de 125 a 450 gramos, de forma no muy alargada. Además, presenta la característica que el fruto puede permanecer en el árbol varios meses sin que se pierda su calidad.

El árbol variedad Hass, es sensible al frío, por lo que se deben evitar lugares donde ocurran heladas, también deben evitarse regiones con vientos calurosos, puesto que estos deshidratan las flores y los brotes jóvenes. Su época de floración normal es de diciembre a marzo, y la cosecha de noviembre a abril. (Anacafé,s.f.)

1.2.2 Aceite de aguacate

El aguacate, por lo general, alcanza niveles de aceite máximos de 25% en su pulpa, valor que depende de la variedad y madurez del fruto. El aceite de aguacate es un líquido claro de color verde, contiene un alto nivel de ácidos grasos insaturados, baja proporción de ácidos grasos saturados y nada de colesterol. Se utiliza principalmente en la industria cosmética puesto que contiene un esteroil llamado fitosterol, que lo hace muy adecuado para su uso en productos para la piel. (Olaeta, 2003)

Ilustración 3. Estructura del fitosterol



Fuente: Botanical Connection, 2018.

1.2.3 Propiedades y características del aceite de aguacate

El aceite de aguacate resalta por las propiedades que le permiten ser utilizado para la elaboración de productos cosméticos y terapéuticos. De estas, las principales son: propiedades antioxidantes, las cuales retrasan los efectos dañinos provocados por los radicales libres en la piel; las propiedades nutritivas que se deben principalmente al contenido de ácidos grasos y vitaminas en el aceite de aguacate; y las propiedades hidratantes.

Las propiedades antioxidantes se deben al contenido de vitamina E y vitamina C en el aceite de aguacate, esto permite que, al ser consumido, pueda ser utilizado para prevenir enfermedades como el cáncer, las cataratas y la presión arterial alta. Por otro lado, el aceite contiene un alto nivel de ácido oleico, el cual protege el sistema cardiovascular y ayuda a gestionar el proceso de absorción del colesterol y triglicéridos. (Pérez, et. al., 2005)

A continuación, se presentan las principales características fisicoquímicas del aceite de aguacate.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite de aguacate.

Característica	Valor
Color (Gardner)	<5
Densidad relativa a 20°C	0.910 – 0.925
Índice de acidez	< 1.0 mg KOH/g
Índice de refracción	1.460 – 1.480
Índice de yodo	75 – 100 eq yodo/g
Índice de peróxido	≤ 5 meq peróxido/kg
Índice de saponificación	180 – 200 mg KOH/g
Insaponificables	<3%

*Características de un aceite de aguacate comercial.

Fuente: Laboratorio Guinama (2016)

1.2.4 Usos del aceite de aguacate

Como se había mencionado, el aceite de aguacate es muy valorado por sus propiedades nutricionales y benéficas para la salud. Sus principales aplicaciones son en la elaboración de productos cosméticos, aunque también se utiliza en la industria alimenticia y en cocina. Entre las aplicaciones más comunes del aceite de aguacate se encuentran las siguientes:

- Hidratantes para la piel: el aceite de aguacate se utiliza solo, combinado con otros aceites naturales o en cremas para la piel, por sus propiedades hidratantes y su fácil absorción.
- Removedor de maquillaje: el aceite de aguacate puede utilizarse como loción desmaquillante al mezclarse con una fase acuosa adecuada, principalmente por personas con piel sensible.
- Cremas exfoliantes: generalmente se elaboran productos exfoliantes mezclando el aceite de aguacate con sales especiales.
- Mascarillas: el aceite de aguacate se mezcla con otros productos que contengan propiedades nutritivas y se utiliza como mascarilla para la piel y el cabello, generalmente como hidratantes, rejuvenecedoras, regeneradoras de células y para eliminar cicatrices en la piel.
- Jabones: el aceite de aguacate se utiliza en la elaboración de jabones y champú, por sus propiedades hidratantes y nutritivas para la piel y el cabello.
- Productos medicinales: la acción medicinal del aceite de aguacate consiste en la prevención de problemas cardiovasculares y disminución del nivel de colesterol. Además, previene la osteoporosis y equilibra la tensión arterial.
- Productos culinarios: el aceite de aguacate posee un alto punto de humo y excelente sabor, por lo que en la aplicación culinaria lo comparan con el aceite de oliva. (Olaeta, 2003)

1.2.5 Operaciones de separación

Las operaciones de separación, que forman parte de las operaciones unitarias, son todas aquellas utilizadas para separar componentes presentes en una mezcla. Estas tratan principalmente de la transferencia de energía y de materia que se realiza.

Las separaciones de mezclas pueden ser totalmente mecánicas, como es el caso de la filtración de un sólido que se encuentra suspendido en un líquido y la clasificación de un sólido por tamaño de partícula o densidad, entre otras. Si las operaciones utilizadas cambian la composición de soluciones o fases presentes en una mezcla, se conocen como operaciones de transferencia de masa. (Treybal, 1988)

Entre las operaciones de separación que involucran una transferencia de masa se pueden mencionar: evaporación, secado, destilación, absorción, lixiviación, separación con membrana, intercambio iónico, extracción líquido – líquido, adsorción y cristalización. En algunas ocasiones se utiliza más de una operación de separación para obtener un producto que se encuentra inicialmente en una mezcla.

1.2.6 Lixiviación

La lixiviación, denominada también extracción sólido – líquido, es en general una operación de separación por transferencia de materia que consiste en poner en contacto dos fases inmiscibles, con el objetivo de transferir un componente o mezcla de componentes de una fase a otra. La lixiviación específicamente se da en una mezcla en fase sólida, de la cual se separará un componente (solute) al ponerlo en contacto con una fase líquida (disolvente) en la cual se solubiliza selectivamente. (McCabe, 2007)

Cuando se finaliza la operación de transferencia de masa en una lixiviación, se obtienen dos productos: extracto, compuesto por una mezcla líquida de disolvente y soluto; y refinado, formado por la fase sólida inerte con una parte de disolución retenida. La velocidad de difusión del soluto a través del sólido y del disolvente hasta la superficie del sólido, suelen controlar el proceso global de lixiviación, y depende de diversas variables. Algunos factores importantes que influyen sobre la velocidad de extracción son:

- Tamaño de las partículas sólidas: mientras más pequeñas sean, mayor será el área de contacto entre la superficie sólida y el disolvente, por lo que será mayor la velocidad de transferencia.
- Tipo de disolvente: este debe ser afín al soluto de forma selectiva, y debe tener un punto de ebullición bajo para que se facilite la separación posterior de las dos fases líquidas.
- Temperatura: una temperatura alta aumenta la solubilidad y aumenta los coeficientes de transferencia de masa, por lo tanto, aumenta la velocidad. (Treybal, 1988)

a. Aplicación de la lixiviación

La lixiviación sólido líquido tiene importantes aplicaciones en la industria alimenticia y de procesos biológicos, para separar productos de su estructura natural, y utilizarlos como materia prima en otros productos. Un ejemplo de ello es la obtención de aceites vegetales, para lo cual se utilizan disolventes orgánicos como hexano, acetona y éter; y la extracción del azúcar de la remolacha con agua caliente. En la industria farmacéutica y de cosméticos, se realizan procesos de lixiviación para obtener aceites esenciales y otros componentes importantes de materia vegetal. También se utiliza en la extracción de colorantes, utilizando alcohol o soda como disolvente. En la industria metalúrgica, los metales se extraen en forma de sales solubles de las mezclas en las que se encuentran con componentes no deseados, para ellos se utilizan disolventes inorgánicos, como ácido sulfúrico y el amoníaco, entre otros. (Treybal, 1988)

b. Selección del disolvente para la lixiviación

El disolvente a elegir debe ser selectivo con el soluto a extraer, ambos deben ser totalmente miscibles. De preferencia el disolvente debe tener un punto de ebullición bajo, y distinto al del soluto, con el fin de favorecer la operación de separación de los componentes de la mezcla líquida que se utilice posterior a la lixiviación. Además, debe tener una viscosidad baja para que pueda fluir con facilidad, tomando en cuenta que a medida que el solvente se concentre con soluto, la velocidad de extracción será menor. (Pavia, 2011)

- Hexano

El hexano es un líquido orgánico incoloro y de olor parecido al petróleo. Es menos denso que el agua e insoluble en ella. El hexano es un alcano de 6 carbonos, utilizado como disolvente en extracciones debido a su baja viscosidad, su punto de ebullición está entre 60 – 70°C. (Merck, 2016)

- Éter de petróleo

El éter de petróleo es un líquido incoloro conformado por una mezcla de hidrocarburos. Es volátil y altamente inflamable. El éter de petróleo es de baja densidad e insoluble en el agua. industrialmente se utiliza como solvente, y su punto de ebullición se sitúa entre 35 – 60°C. (Merck, 2016)

c. Preparación de los sólidos para la lixiviación

Como se mencionaba con anterioridad, la velocidad de transferencia de masa en una lixiviación depende del tamaño de las partículas sólidas, por ello es necesario realizar algunas operaciones de la materia prima original que tengan como fin favorecer el contacto del sólido con el disolvente para mejorar su eficiencia y rendimiento. Cuando la materia prima es vegetal es necesario secar el material antes de la lixiviación para romper las paredes celulares, además de una trituración o molienda, con el fin de dejar el aceite vegetal más accesible al disolvente. Según Treybal (1988), el éxito de la extracción sólido

líquido dependerá en gran medida de las operaciones previas a las que se somete la materia prima.

- Molienda

La molienda es una operación utilizada con el fin de reducir el volumen promedio de las partículas de un sólido. Esta reducción se lleva a cabo por medios mecánicos, los principales métodos utilizados en los equipos de molienda son compresión, impacto, cortado y rotamiento de cizalla.

Para las materias primas vegetales, la molienda al reducir el tamaño de las partículas, aumenta la superficie que estará en contacto con el disolvente en la extracción y disminuye la distancia que debe atravesar el mismo en el interior del sólido. Además, al moler el sólido se rompen las paredes celulares con lo cual el disolvente puede penetrar de mejor manera la materia prima. Sin embargo, si los sólidos son demasiado pequeños, se forman conglomerados que dificultan el paso del disolvente y disminuyen el rendimiento de la operación de extracción. (Treybal, 1988)

- Secado

El secado es una operación unitaria que se utiliza para eliminar humedad de una sustancia, por medio de un tratamiento térmico. Durante un secado, la muestra húmeda se somete a la acción de una corriente de aire caliente y seco; la humedad presente en la muestra se evapora al calentarse, con lo cual se aumenta la humedad del aire. Cuando las ambas humedades, la de la muestra y la del aire, alcanzan el equilibrio, el proceso de secado llega a su fin, dejando como producto una muestra libre de humedad. (Treybal, 1988)

Durante un proceso de secado solamente se elimina el agua libre, es decir, aquella que está ligada físicamente al producto. En el secado de un material ocurren simultáneamente dos procesos: transferencia de energía, en forma de calor de los alrededores a la superficie de la muestra; y transferencia de masa, en la humedad interna que se transporta a la superficie para después evaporarse. La transferencia de calor puede darse por convección, radiación, conducción o una combinación entre ellos. (McCabe, 2007)

Las muestras sometidas a un proceso de secado sufren cambios químicos y físicos por las altas temperaturas a las que son sometidas. Entre los cambios químicos se incluyen la degradación de nutrientes y la modificación en las reacciones enzimáticas, oxidativas, entre otras. Los cambios físicos incluyen el cambio de color, cambio en la textura, estructura y viscosidad, entre otros. En las frutas y verduras el cambio en la estructura se debe al rompimiento de las paredes celulares, lo cual se evidencia en encogimiento, deformaciones y fracturación. Este rompimiento de las paredes celulares, permite una mayor penetración del solvente en la estructura interna del sólido, lo cual a su vez favorece el contacto entre el solvente y la materia orgánica. (Ceballos, et. al., 2012)

d. Método soxhlet

El método soxhlet es uno de los más utilizados para la lixiviación, en él se utiliza un disolvente y se aplica calor para realizar la extracción, y por lo general, se utiliza como el primer paso de una separación.

En la extracción por soxhlet, la muestra previamente preparada se coloca en un cartucho (dedal) de material poroso, generalmente papel filtro, y se sitúa en la cámara del extractor. El disolvente se coloca en un matraz, y se aplica calor por medio de una plancha de calentamiento o una manta calefactora. El funcionamiento del método consiste en que el disolvente que sube en forma de vapor al calentarse, luego se condensa en un condensador y cae gota a gota sobre el dedal que contiene la muestra, extrayendo el soluto de la misma. Cuando el nivel de la solución en la cámara alcanza la parte superior del sifón lateral, asciende por el sifón y retorna al matraz de ebullición. El proceso se repite en seguidas ocasiones, concentrando la solución del disolvente con el soluto extraído en el matraz. (Pavia, 2011)

Ilustración 4. Equipo Soxhlet



Fuente: elaboración propia (2018)

La extracción por el método soxhlet presenta las siguientes ventajas:

- La muestra se pone en contacto con porciones de disolvente fresco en varias ocasiones.
- La solubilidad del soluto aumenta al utilizar el disolvente en caliente.

- No es necesario realiza una filtración después de la extracción puesto que la muestra se mantiene en el dedal.
- La metodología es sencilla y se puede utilizar con distintas matrices. (Núñez, 2007)

1.2.7 Evaporación

Operación de separación de fases cuyo objetivo es concentrar una solución que contiene un soluto no volátil y un solvente volátil. La evaporación difiere del proceso de secado en que el residuo es un líquido, generalmente de viscosidad alta, y no un sólido. Este líquido concentrado suele ser el producto valioso de una evaporación, mientras que el vapor se condensa y se desecha. (McCabe, 2007)

La evaporación es un método de separación de mezclas líquido – líquido eficaz cuando uno de los componentes es volátil. Por ello se utiliza en disoluciones en las que el solvente es hexano, acetona o éter de petróleo, entre otras, que presenten puntos de ebullición bajos (34 – 70°C). Cuando el disolvente tiene un alto punto de ebullición, o cuando los puntos de ebullición entre el soluto y el disolvente son cercanos, es necesario utilizar otros métodos como la destilación o la extracción líquido – líquido.

Según Geankopolis (2006), las propiedades físicas y químicas de la solución a tratar, es decir del soluto que se quiere concentrar y del vapor que se quiere separar, tienen un efecto importante sobre el tipo de evaporador que debe usarse, además de las condiciones de presión y temperatura del proceso. Algunas de estas propiedades son:

- Concentración del líquido: al iniciar una evaporación la alimentación es, por lo general, bastante diluida y de baja viscosidad, y se opera con coeficientes de transferencia de calor altos. Durante el proceso de evaporación la solución se concentra aumentando su viscosidad y ocasionando una disminución del coeficiente de transferencia de calor, por lo cual es necesaria una circulación o turbulencia.
- Solubilidad: al aumentar la concentración del soluto, puede alcanzarse el límite de solubilidad, sobresaturando la solución. Esta propiedad tiene un importante efecto cuando la solución se trata de una sal, puesto que por lo general se da una cristalización.
- Sensibilidad térmica del soluto: la alta temperatura puede ocasionar degradación de los materiales, lo cual está en función de la temperatura y el tiempo.

1.2.8 Análisis de aceites vegetales

Las propiedades de los aceites están determinadas por sus características físicas y químicas, es por ello que, al caracterizar un aceite, es importante realizar una serie de análisis de laboratorio que permitan conocer las propiedades que este presenta. Las determinaciones de los índices de yodo, saponificación, acidez, peróxido y materia insaponificable, aunadas a las pruebas cualitativas para adulteraciones, suelen ser suficientes para confirmar la identidad de la mayoría de aceites. E incluso para establecer si un aceite es comestible, y su calidad en términos generales. (FAO, 1994)

a. Ácidos grasos

Se denominan ácidos grasos a los lípidos más simples, están formados por un grupo carboxilo unido a una cadena de hidrocarburo, que puede contener de 4 a 36 carbonos, por lo general en un número par. Su fórmula general es $R - COOH$, en la cual R represente la cadena de hidrocarburo. Los ácidos grasos son los constituyentes de lípidos más complejos como los triglicéridos. Existen cuatro tipos principales de ácidos grasos: saturados (que no contienen dobles enlaces carbono – carbono), insaturados (contienen al menos un doble enlace), monoinsaturados (insaturados que contienen solamente un doble enlace), y poliinsaturados (contiene dos o más dobles enlaces). Además, los ácidos grasos difieren entre sí en la longitud de las cadenas de hidrocarburo, cantidad de dobles enlaces, posiciones de los dobles enlaces y cantidad y tipo de ramificaciones. Cada aceite y grasa tiene su perfil de ácidos grasos, que es la composición en ácidos grasos, y que puede servir para identificación de la misma. (Horton, et. al., 2008)

Tabla 3. Composición de ácidos grasos del aceite de aguacate.

Ácido graso	Porcentaje (%)
Ácido palmítico (C16)	5 – 25
Ácido palmitoleico (C16:1)	< 10
Ácido esteárico (C18)	< 3
Ácido oleico (C18:1)	50 – 75
Ácido linoleico (C18:2)	5 – 20
Ácido linolénico (C18:3)	< 3

*Datos de un aceite de aguacate comercial.

Fuente: Laboratorio Guinama (2016)

b. Cromatografía

Técnica que tiene como función separar los componentes de una mezcla para después analizarlos e identificarlos de forma cuantitativa o cualitativa. La separación se da por medio de la distribución de los componentes en dos fases inmiscibles. Una de estas dos fases se mantiene inmóvil y la otra en movimiento. Esta técnica física de separación se basa en las propiedades de adsorción que tienen los distintos componentes, esta es la capacidad que tengan para adherirse a una superficie porosa. Las sustancias que tengan fuerzas de adhesión débiles se moverán con mayor rapidez pues no tienden a adherirse a la superficie. Este principio está aunado a la naturaleza y solubilidad de las sustancias. Las sustancias que no sean miscibles se van a desplazar más rápido una de otra, y las que se empiecen a disolverse se quedarán inmóviles. Por lo tanto, se da un equilibrio dinámico entre las fases y el solvente.

Existen cuatro tipos principales de cromatografía: gas-sólido, gas-líquido, líquido-sólido y líquido-líquido. (Pavia, 2011)

c. Cromatografía de gases

En la cromatografía de gases la fase móvil es un gas y la fase estacionaria puede ser un líquido o un sólido. Generalmente se utiliza un solvente líquido contenido en una columna. La muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de la columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de un gas inerte, la cual no interactúa con las moléculas del analito; solo transporta el analito a través de la columna. La cromatografía de gases se emplea generalmente cuando los componentes de la mezcla a analizar son algo volátiles y térmicamente estables a temperaturas cercanas a los 400°C. (Pavia, 2011)

- Fase estacionaria

El líquido que cumpla con la función de fase estacionaria debe cumplir con las siguientes características: baja volatilidad (punto de ebullición arriba de 100°C mínimo), estabilidad térmica, ser químicamente inerte, poseer las características de solubilidad necesarias. Este debe además originar diferentes coeficientes de distribución para los distintos solutos, puesto que el tiempo de retención de un soluto en la columna depende de su coeficiente de distribución, el cual está ligado a la naturaleza de la fase estacionaria. La buena elección del disolvente para fase estacionaria es la clave de una buena separación cromatográfica. (Pavia, 2011)

- Fase móvil

La fase móvil es un gas inerte que no interactúa de ninguna manera con el analito o cualquier otro componente de la muestra, solamente se encarga de acarrear los componentes que se mueven según su interacción con la fase estacionaria. Los gases más utilizados con nitrógeno y helio. (Pavia, 2011)

- Detectores

Existen varios tipos de detectores en la cromatografía de gases, estos cumplen con algunas características básicas: tienen adecuada sensibilidad, buena estabilidad y reproductibilidad, respuesta lineal para los analitos que se extiendan a varios órdenes de magnitud, soportan temperaturas hasta al menos 400°C, tiempo de respuesta corto, respuesta selectiva, y no ser destructivo de la muestra. Algunos de los detectores más utilizados (aunque no cumplan todas las características) son: Detector de ionización de llama (FID), detector de conductividad térmica (TCD), Detector termiónico de llama (FTD), Detector de captura de electrones (ECD) y detector de emisión atómica (AED). (Pavia, 2011)

- Tiempo de retención

Tiempo que tarda cada componente de una muestra en abandonar el sistema cromatográfico. Esta retención se ejerce en función de las características moleculares de cada sustancia. El tiempo de retención tiene relación con la interacción del analito con la fase estacionaria, aquellos componentes que interactúen de forma mínima, no serán retenidos y abandonarán más rápidamente la columna. (Pavia, 2011)

- Temperatura

En la cromatografía de gases es importante analizar tres temperaturas. La primera de ellas es temperatura de inyección, esta debe ser lo suficientemente elevada para volatilizar todos los componentes de la muestra, pero sin alcanzar su descomposición térmica. Por otro lado, la temperatura del detector debe ser más elevada que la máxima temperatura de trabajo, para evitar que los compuestos de baja volatilidad se condensen en el mismo. Por último, la temperatura de la columna, cuando se trabaja en condiciones isoterma, al aumentar el tiempo de retención de los componentes se incrementa el ancho de sus picos y se disminuye su altura, por lo cual se hace más difícil la determinación de los mismos. Pero, cuando se aumenta la temperatura de la columna, se disminuye la solubilidad de los componentes gaseosos en el líquido, con lo cual se disminuye también el tiempo de retención y la determinación de los picos se facilita. Es por ello que la temperatura de la columna se suele trabajar con rampas de temperatura, programando aumentos de temperatura en función del tiempo. (Pavia, 2011)

d. Humedad

Medida de la cantidad de agua enlazada físicamente a un material (agua libre o ligada). Se expresa como porcentaje, y la forma más sencilla de medirla es por medio de un proceso de evaporación de la misma. En los aceites, la humedad es una de las impurezas más comunes, junto con otros componentes volátiles. La presencia de humedad en los aceites puede producir hidrólisis de los mismo, dando lugar a ácidos grasos libres. En algunas ocasiones esta reacción produce monoglicéridos y diglicéridos, mientras que en otras la hidrólisis es total generando glicerol y ácidos grasos libres. Según el Codex Alimentarius, el porcentaje máximo de humedad para los aceites y grasas comestibles es del 0.2% en masa. (Medina, s.f.)

e. Índice de peróxidos

El índice de peróxidos es la cantidad de miliequivalentes (meq) de peróxidos por kilogramo de muestra, lo cual expresa el grado de rancidez oxidativa de las grasas o aceites. La determinación del índice de peróxidos es volumétrica y es una medida del oxígeno activo unido a las grasas en forma de peróxidos.

Por lo general, el oxígeno se encuentra como hidroperóxidos, lo cuales son productos de oxidaciones primarias, pero pueden presentarse menores cantidades de otros tipos de peróxidos producidos también por procesos oxidativos. El contenido máximo de índice de peróxido según el Codex Alimentarius para aceites y grasas comestibles es de 10 miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de aceite. (Medina, s.f.)

f. Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del grado de insaturación, o número de dobles enlaces, de las grasas. Se expresa como los gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de muestra. Mientras mayor sea el grado de insaturación más elevado es el índice de yodo.

Para el aceite de oliva, según el Codex Alimentarius, el índice de yodo debe ser entre 75 – 94 g de yodo/100 gramos de muestra.

El índice de yodo sirve para evaluar la identidad y la pureza de las grasas, identifica la presencia de ácidos grasos insaturados y las sustancias acompañantes insaturadas. El yodo no reacciona con dobles enlaces, pero se pueden utilizar compuestos halógenos mixtos en su lugar, cuando se conoce la configuración de los compuestos insaturados presentes en la muestra a analizar. (Medina, s.f.)

g. Índice de saponificación

El índice de saponificación es una medida de los ácidos grasos libres y combinados presentes en las grasas, y es directamente proporcional a la masa molecular media. Este índice se expresa como miligramos KOH necesarios para saponificar 1 g de muestra.

El índice de saponificación no indica la calidad ni identidad de la grasa o aceite y no se afecta con la polimerización de la misma, pero si se incrementa con la oxidación, por lo cual puede considerarse como una medida de pureza. Para el aceite de oliva, según el Codex Alimentarius, el índice de saponificación se encuentra entre 184 – 196 mg KOH/g de aceite. (Medina, s.f.)

h. Índice de refracción

Se define como la razón de la velocidad de la luz en el vacío respecto a la velocidad de la luz al atravesar la muestra. Este es característico dentro de ciertos valores para cada aceite, por lo cual es un indicador de la pureza del mismo. (Medina, s.f.)

El valor del índice de refracción se relaciona con el grado de saturación, la configuración cis/trans de los dobles enlaces, y puede verse afectado por el daño del aceite tras procesos oxidativos. Para el aceite de oliva según el Codex Alimentarius, el índice de refracción se encuentra entre 1.4677 – 1.4605.

II. Planteamiento del Problema

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto de alto consumo a nivel nacional por su sabor, y es muy recomendado en dietas debido a los múltiples beneficios que presenta para la salud, aportando nutrientes esenciales como vitaminas, minerales y ácidos grasos. Además, según el Ministerio de Economía (2014) el aguacate se ha convertido en un rubro de gran importancia económica y social, puesto que genera divisas y empleo de mano de obra directa e indirecta. En Guatemala el cultivo de aguacate se ve favorecido principalmente por las condiciones climáticas de varios departamentos del país.

El incremento en la demanda mundial de aguacate ha conducido al aumento considerable en la producción nacional del mismo, lo cual, a su vez, facilita el campo para las industrias transformadoras y productoras de subproductos del fruto que puedan aprovechar otros componentes de alto valor, e incluso se podrían considerar como métodos para aprovechar los frutos que no cumplen con los requisitos para su exportación.

Por tal razón se planteó la obtención del aceite de aguacate por medio de operaciones de separación, utilizando como primer paso una lixiviación con dos solventes distintos, además de su caracterización fisicoquímica y la determinación de los costos de la operación. El aceite de aguacate presenta múltiples aplicaciones, principalmente en la industria cosmética, presentando propiedades hidratantes, antioxidantes y de ayuda para regenerar las células de la piel, entre otras.

La investigación será de beneficio para Guatemala debido a que se presentará información para considerar la extracción del aceite de aguacate a nivel industrial, con el fin de aprovechar las propiedades que este fruto presenta al utilizarlo como materia prima en la industria cosmética y terapéutica.

Es por ello que se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿es posible determinar el rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate (*Persea americana*) proveniente de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez y caracterizarlo fisicoquímicamente?

Con el fin de responder la pregunta de investigación, se plantean además las siguientes interrogantes:

¿Es posible comparar el porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base a la pulpa de aguacate, utilizando dos solventes distintos?

¿Es posible determinar el perfil de ácidos grasos del producto obtenido por medio de cromatografía de gases?

¿Es posible caracterizar el producto obtenido por medio de análisis de humedad e índices de peróxidos, yodo, saponificación y refracción?

¿Es posible determinar los costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate?

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Determinar el rendimiento de las operaciones de separación y caracterizar fisicoquímicamente el aceite de aguacate (*Persea americana*) proveniente de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez.

2.1.2 Objetivos específicos

- Comparar el porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate (*Persea americana*) en base a la pulpa de aguacate, utilizando dos solventes distintos.
- Determinar el perfil de ácidos grasos del producto obtenido por medio de cromatografía de gases.
- Caracterizar el producto obtenido por medio de análisis de humedad e índices de peróxidos, yodo, saponificación y refracción.
- Determinar los costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate (*Persea americana*) a nivel laboratorio.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis nula

- a. No existe diferencia significativa en el rendimiento de las operaciones de separación para la obtención del aceite de aguacate, en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- b. No existe diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate obtenido en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- c. No existe diferencia significativa en la humedad del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- d. No existe diferencia significativa en el índice de peróxido del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- e. No existe diferencia significativa en el índice de yodo del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- f. No existe diferencia significativa en el índice de saponificación del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.

- g. No existe diferencia significativa en el índice de refracción del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.

2.2.2 Hipótesis alterna

- a. Existe diferencia significativa en el rendimiento de las operaciones de separación para la obtención del aceite de aguacate, en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- b. Existe diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate obtenido en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- c. Existe diferencia significativa en la humedad del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- d. Existe diferencia significativa en el índice de peróxido del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- e. Existe diferencia significativa en el índice de yodo del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- f. Existe diferencia significativa en el índice de saponificación del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- g. Existe diferencia significativa en el índice de refracción del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.

2.3 Variables

2.3.1 Variables independientes

- Solvente utilizado para la lixiviación.

2.3.2 Variables dependientes

- Porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate.
- Composición del perfil de ácidos grasos del aceite.
- Características del aceite:
 - Humedad
 - Índice de saponificación.
 - Índice de peróxidos.
 - Índice de yodo.
 - Índice de refracción.
- Costo de las operaciones de separación.

2.4 Definición de las variables

2.4.1 Definición conceptual

Variables independientes

- Solvente utilizado para la lixiviación: solvente es una sustancia que puede disolver y producir con otra una mezcla homogénea. Lixiviar es tratar una sustancia compleja con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles. (RAE, 2018).

Variables dependientes

- Porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate: rendimiento es la proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados. (RAE, 2018)
- Composición de perfil de ácidos grasos del aceite: los ácidos grasos son la base estructural de los lípidos. (Cantor, 2009).
- Características del aceite: característica es una cualidad que da carácter o sirve para distinguir a alguien o algo de sus semejantes (RAE, 2018).
 - Humedad: agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire. (RAE, 2018). Se expresa en porcentaje masa/masa (%m/m).
 - Índice de saponificación: se define como el número de mg de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa. (unidades mg KOH/g) (www.ciens.ucv.ve)

- Índice de peróxidos: indica en que extensión se experimentado el aceite la rancidez oxidativa. Se expresa en meq de peróxido/kg de grasa. (www.ciens.ucv.ve)
 - Índice de yodo: medida del grado de insaturación (números de dobles enlaces) de las grasas. Se expresa en eq de yodo/g grasa. (www.ciens.ucv.ve)
 - Índice de refracción: indica el contenido de ácidos grasos no saturados. Esta es una magnitud adimensional (www.ciens.ucv.ve).
- Costo de las operaciones de separación: cantidad que se da o se paga por algo. (RAE, 2018). Expresada en Quetzales.

2.4.2 Definición operacional

Variables independientes

- Solvente para la lixiviación: son los dos solventes utilizados para el proceso de lixiviación (hexano y éter de petróleo), lo cual se realizó como primera operación de separación para la obtención del aceite de la pulpa de aguacate.

Variables dependientes

- Porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate: medido por medio de la relación entre el peso del aceite de aguacate obtenido después de las operaciones de lixiviación y evaporación, y el peso de la pulpa de aguacate.
- Composición de ácidos grasos del aceite: identificación y cuantificación porcentual de los ácidos grasos presentes en el aceite de aguacate por medio de una cromatografía gaseosa.
- Características del aceite: características propias del aceite medidas por medio de análisis de laboratorio.
 - Humedad: medida expresada en porcentaje del agua presente en el aceite de aguacate (%m/m) obtenido por lixiviación y posterior evaporación del solvente.
 - Índice de saponificación: medida expresada en mg de KOH por g de muestra.
 - Índice de peróxidos: medida expresada en mEq de peróxidos por kilogramo de muestra.
 - Índice de yodo: se expresa como los gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de muestra.

- Índice de refracción: análisis que se realiza por medio de un refractómetro y es indicador de la velocidad de la luz al atravesar el aceite.
- Costo de las operaciones de separación: cálculo de los costos directos e indirectos de las operaciones de separación del aceite de aguacate a nivel laboratorio, expresada en Quetzales.

2.5 Alcances y límites

2.5.1 Alcances

El estudio de investigación se centró en la determinación del rendimiento porcentual de la obtención del aceite de aguacate a nivel laboratorio por medio de las operaciones de separación requeridas, las cuales fueron lixiviación por método soxhlet y evaporación del solvente.

Para la lixiviación se utilizaron dos solventes distintos: hexano y éter de petróleo. Con el objetivo de comparar el rendimiento final de la obtención del aceite de aguacate con base en la materia prima vegetal, en función del solvente utilizado.

Del aceite de aguacate obtenido se determinó el perfil de ácidos grasos por medio de una cromatografía de gases. Y se caracterizó por medio de análisis de humedad, índices de peróxido, yodo, saponificación y refracción. Siempre comparando los resultados obtenidos con cada solvente de lixiviación.

Por último, se determinaron los costos a nivel laboratorio de las operaciones de separación realizadas para obtener el aceite de aguacate.

2.5.2 Límites

El fruto de aguacate utilizado como materia prima para la obtención de aceite de aguacate se obtuvo solamente del municipio de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez, por tener alta disponibilidad del mismo; y solamente se evaluó la variedad de aguacate Hass, por ser el más accesible en tal región. Los aguacates utilizados estaban en estado maduro apto para el consumo.

Para la preparación de la materia prima se utilizó solamente la molienda y el secado en horno de convección natural, por la sencillez y rapidez del método. Por otro lado, para la lixiviación se utilizó únicamente el método soxhlet puesto que el mismo es de instrumentación sencilla, y se evaluaron solamente dos solventes distintos por su alta disponibilidad y bajo costo. Cabe mencionar que la experimentación se realizó en un laboratorio privado, teniendo que utilizar los recursos de forma limitada y metodologías que se tenían al alcance en el mismo. El método de lixiviación por soxhlet era el utilizado en tal laboratorio y solamente se contaba con los equipos disponibles en el mismo, y no con otros más especializados para la investigación.

En cuanto al análisis del aceite de aguacate obtenido, no se evaluaron todas sus características, solamente las que se consideran más importantes en el análisis de aceites y grasas, como los índices de peróxidos, yodo, saponificación y refracción. Esto debido a que se contaba con accesibilidad a los reactivos necesarios y a las metodologías para estos análisis.

Los análisis de índice de refracción y perfil de ácidos grasos se refirieron a laboratorios privados, lo cual limitó la accesibilidad a los datos y metodologías utilizadas para la realización de los mismos, además de la asesoría técnica respecto a los resultados obtenidos.

Las operaciones de separación y los análisis posteriores del producto obtenido se trabajaron en triplicado para cada solvente utilizado en la lixiviación, debido a que se realizaron basados en metodologías de un laboratorio acreditado ISO 17025. El laboratorio mencionado permitió realizar los experimentos en sus instalaciones, sin embargo, por razones de costos no se trabajó con muestras grandes de materia prima vegetal.

Por último, se determinaron solo los costos directos e indirectos de las operaciones de separación del aceite de aguacate a nivel laboratorio, más no se realiza un estudio de mercado ni financiero del mismo para evaluar la posibilidad de comercializar el producto obtenido debido a que ya no forman parte de los objetivos de esta investigación.

2.6 Aporte

A la población guatemalteca y personas dedicadas al cultivo de aguacate, la presentación de una alternativa para el uso de los aguacates que no son aprovechados para exportación o en el mercado nacional, y de los cuales se puede obtener un producto de alto valor y con múltiples aplicaciones.

A la industria de cosméticos, aportando información sobre una alternativa de materia prima de calidad, como lo es el aceite de aguacate, y un método que se puede utilizar para su obtención, además de considerar el desarrollo de nuevos productos en los que se aproveche los beneficios del mismo.

A la Universidad Rafael Landívar, aporte de información sobre la obtención de aceites vegetales, comparación de solventes utilizados en lixiviación y caracterización de aceites.

A los estudiantes o personas interesados en ampliar la investigación, se presenta un aporte de conocimientos e información sobre la obtención del aceite de aguacate por medio de dos operaciones de separación, y su caracterización.

III. Método

3.1 Sujetos y unidades de análisis

3.1.1 Sujetos

Personas con experiencia en el campo de estudio

- Señor Mario Roberto de León, propietario de finca de aguacate variedad Hass en Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez.
- Ingeniera Luisa Arias, graduada de ingeniería química industrial de la Universidad Rafael Landívar, gerente del laboratorio CONCALIDAD, de la misma universidad.
- Licenciada Ana Luisa Mendizábal, investigadora del Laboratorio de Instrumentación Química Analítica del Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.




3.1.2 Unidades de análisis





- Aguacates variedad Hass provenientes de una finca en Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez, los cuales fueron la principal materia prima para las operaciones de separación de aceite de aguacate.
- Aceite de aguacate, el cual es el producto final obtenido por medio de las operaciones de separación, y el utilizado para los análisis fisicoquímicos.
- Investigaciones y otras fuentes de información tanto electrónicas y físicas, utilizadas como referencia para diseñar los procedimientos de las operaciones de separación del aceite de aguacate, y comparar los resultados obtenidos de la caracterización del producto obtenido.
- Reporte de resultados de análisis de perfil de ácidos grasos realizado en el laboratorio de Instrumentación de Química Avanzada, Instituto de Investigaciones de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Reporte de resultados de índice de refracción del laboratorio INLASA.
- Metodologías internacionales y normalizadas utilizadas como referencia para análisis fisicoquímicos de aceites y grasas, del DR. Hurwitz (2000) "Official Methods of Analysis of AOAC INTERNACIONAL.

- Normas del Codex Alimentarius para aceites y grasas vegetales que contienen especificaciones a cumplir. Norma del RTCA para grasas y aceites RTCA 67.04.40:07. Y norma NMX-F-052-SCFI-2008, para aceite de aguacate.

3.2 Instrumentos

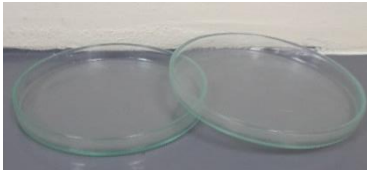

Tabla 4. Equipos utilizados en la metodología.




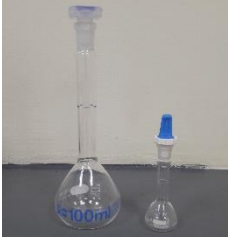


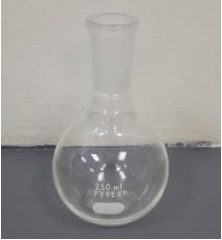
Equipo	Descripción	Uso	Imagen
Balanza analítica	Marca Mettler Toledo. Modelo AB2014. Capacidad máx. 210 g, min. 10 mg. Incertidumbre \pm 0.00005 g.	Pesaje de muestras a analizar.	
Analizador de humedad	Marca Sartorius. Modelo MA37-1. Capacidad máx. 70 g. incertidumbre de medición de humedad \pm 0.005%	Determinación de humedad de la materia prima vegetal y del aceite obtenido.	
Estufa agitadora	Marca VELP SCIENTIFICA. Modelo HSC. Regulación electrónica de velocidad hasta 1200 rpm. Temperatura hasta 400 °C.	Utilizada como medio de calefacción en el método soxhlet. Y en los procedimientos de los análisis realizados.	





Equipo	Descripción	Uso	Imagen
Horno	Marca VWR. Modelo No. 1305U.	Utilizado para el proceso de secado de materia prima vegetal.	
Desecador	Marca Kimble-Chase.	Utilizada para contener muestras desecadas.	
Baño María	Diámetro 20 cm.	Utilizado para el proceso de evaporación de solvente.	
Centrífuga	Eppendorf. Modelo 5702. Capacidad máx. 4 unidades de 400 g. Velocidad hasta 4,400 rpm.	Utilizado en el procedimiento de análisis de perfil de ácidos grasos	

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 5. Instrumentos de laboratorio utilizados en la metodología.


Instrumento	Descripción	Imagen
Caja Petri	De vidrio Pyrex, para el proceso de secado de materia prima y análisis de humedad del producto obtenido.	
Mortero y pistilo	De cerámica, utilizados para la molienda de la materia prima.	



Instrumento	Descripción	Imagen
Espátula	Utilizada para manipular las muestras.	
Probeta	De 10 ± 0.1 , 50 ± 0.5 y 100 ± 0.5 mL. Se utilizaron en las metodologías de análisis.	
Pipeta	De 1 ± 0.05 , 5 ± 0.05 y 10 ± 0.05 mL. Utilizadas en las metodologías de análisis.	
Balón aforado	De 5 y 100 mL. Utilizados en la preparación de reactivos para las metodologías de análisis.	
Erlenmeyer	De 125 y 250 mL. Utilizados en las metodologías de análisis de índices de peróxidos y yodo.	
Bureta	De 25 ± 0.05 mL. Utilizada en las metodologías de análisis de índices de yodo, saponificación y peróxidos.	
Balón de fondo plano	De 250 mL. Utilizado para el método soxhlet y en las metodologías de análisis de índice de saponificación.	

Instrumento	Descripción	Imagen
Vial Pyrex.	Con rosca de teflón, utilizado en el análisis de perfil de ácidos grasos.	
Vial ámbar	Utilizados para contener las muestras.	
Tubo de ensayo.	Utilizado para el análisis de perfil de ácidos grasos.	
Pipeta Pasteur	Utilizado para el análisis de perfil de ácidos grasos.	

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 6. Utensilios utilizados en la metodología.

Utensilio	Imagen
Pipeteador	

Utensilio	Imagen
Soporte universal y pinzas universales	
Pinzas para crisol	

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 7. Reactivos utilizados en la metodología.

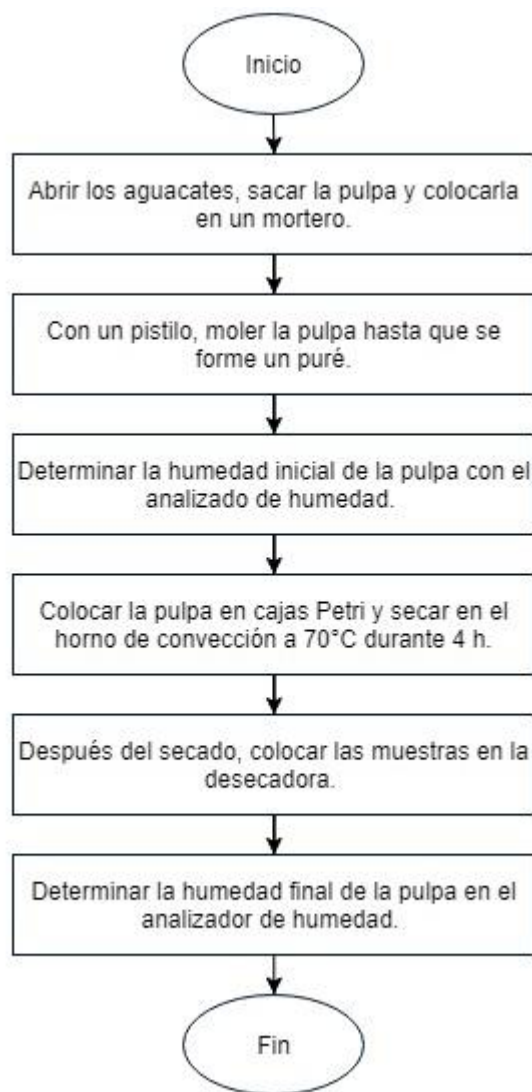
Reactivo	Descripción
n – Hexano	Grado analítico.
Éter de petróleo	Grado analítico.
Agua desmineralizada	Grado analítico.
Etanol absoluto	Al 95% y al 99%. Grado analítico.
Hidróxido de Potasio	0.5 N. Grado analítico.
Ácido Clorhídrico	0.5 N. Grado analítico.
Solución de Fenolftaleína	Al 1%. Grado analítico.
Ácido acético glacial	Grado analítico.
Cloroformo	Grado analítico.
Yoduro de potasio	Solución saturada y al 15%. Grado analítico.
Solución de almidón	Al 1%. Grado analítico.
Tiosulfato de sodio	0.1 N y 0.005 N. Grado analítico.
Yodo monobromuro	Al 2%. Grado analítico.
Solución trifloruro de boro	Al 7%. Grado analítico.
Tolueno	Grado HPLC.
Metanol	Grado HPLC
Sulfato de sodio	Grado analítico.

Fuente: elaboración propia (2018)

3.3 Procedimiento

3.3.1 Preparación de la materia prima vegetal, proceso de molienda y secado.

Diagrama 1. Proceso de preparación de la materia prima.



Fuente: elaboración propia (2018)

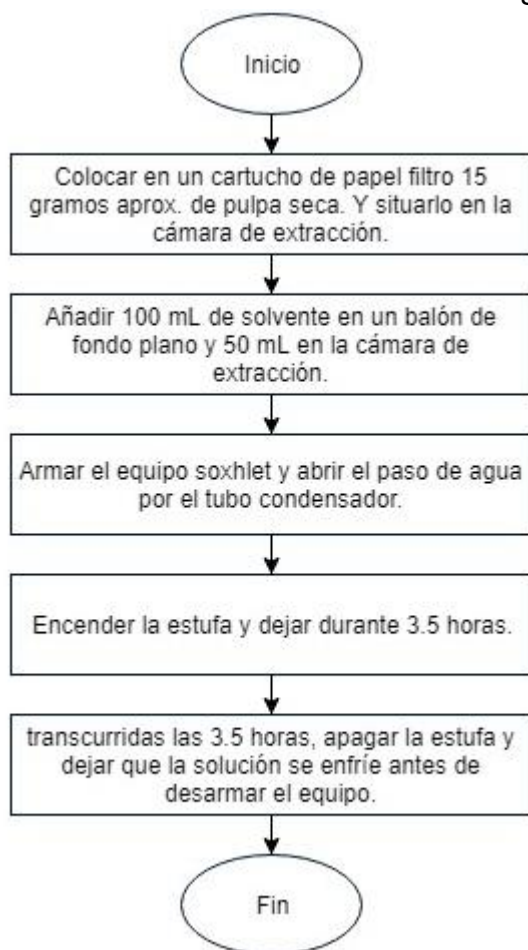
Descripción del procedimiento:

- Abrir los aguacates cortando la cáscara por la mitad.
- Sacar la pulpa del fruto con ayuda de una espátula y colocar en un mortero.
- Con la ayuda del pistilo, moler la pulpa hasta que se forme un puré.

- d) Determinar la humedad inicial de la pulpa, colocando una muestra de aproximadamente 1 gramo en el analizador de humedad. Realizar este procedimiento en triplicado para obtener la humedad inicial promedio de la pulpa.
- e) Esparcir la pulpa en cajas Petri cuidando que la capa no sea mayor a 2 mm.
- f) Secar la pulpa en el horno de convección a 70 °C durante 4 horas.
- g) Transcurridas las 4 horas, dejar las muestras en la desecadora para evitar que absorban humedad del ambiente.
- h) Determinar la humedad final de la muestra, colocando aproximadamente 1 gramo de pulpa seca en el analizar de humedad. Obtener el promedio de tres corridas.

3.3.2 Lixiviación de aceite de aguacate por método soxhlet.

Diagrama 2. Proceso de lixiviación del aceite de aguacate



Fuente: elaboración propia (2018)

Descripción del procedimiento:

- a) Pesar en un cartucho de papel filtro de poro ancho, 15 gramos aprox. de la pulpa seca.
- b) Colocar el cartucho con la muestra en la cámara de extracción del equipo.

- c) Añadir 100 mL de solvente (hexano o éter de petróleo) en el balón de fondo plano previamente tarado, y 50 mL en la cámara de extracción.
- d) Armar el equipo para soxhlet y abrir el paso de agua fría por el tubo condensador.
- e) Encender la estufa y dejar el equipo encendido a temperatura constante de 70 °C durante 3.5 horas.
- f) Al terminar, desconectar la estufa y dejar que la solución llegue a temperatura ambiente antes de desarmar el equipo.

3.3.3 Evaporación del solvente.

Diagrama 3. Proceso de evaporación del solvente



Fuente: elaboración propia (2018)

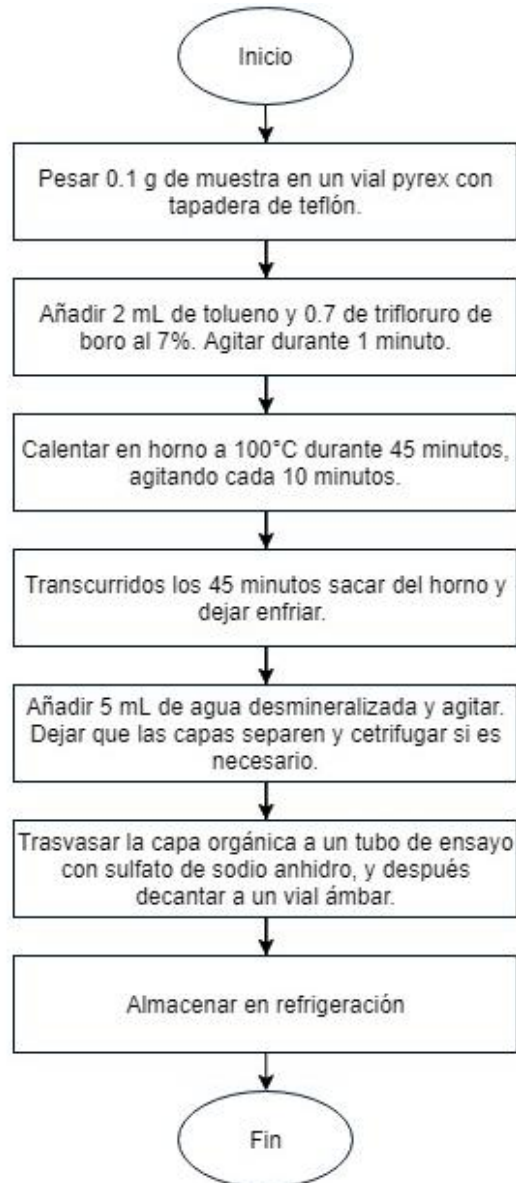
Descripción del procedimiento:

- a) Añadir agua desmineralizada en el baño maría y calentar sobre la estufa, dentro de la campana de extracción de gases.
- b) Colocar el balón, con el extracto del soxhlet, dentro del baño y esperar hasta la evaporación total del solvente (aprox. 30 minutos).

- c) Sacar el balón del baño y secar en el horno a 105 °C durante 2 horas.
- d) Transcurridas las 2 horas, sacar el balón y dejar que se enfríe en la desecadora.
- e) Pesarse el balón con el aceite y determinar el porcentaje de rendimiento del mismo respecto a la materia prima inicial.
- f) Trasvasar el aceite de aguacate a un frasco ámbar con tapadera.

3.3.4 Preparación de la muestra para determinación del perfil de ácidos grasos.

Diagrama 4. Proceso de preparación de muestra para determinación del perfil de ácidos grasos



Fuente: elaboración propia (2018)

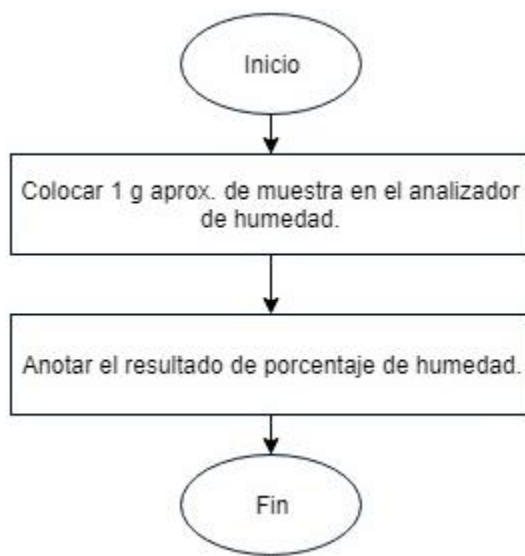
Descripción del procedimiento:

- a) Pesarse 0.1 g de muestra en un vial pyrex con tapadera de teflón.

- b) Añadir 2 mL de tolueno y 0.7 mL de solución de trifloruro de boro al 7%.
- c) Agitar la mezcla durante 1 minuto.
- d) Calentar en el horno a 100°C durante 45 minutos, agitando suavemente cada 10 minutos.
- e) Transcurridos los 45 minutos, sacar el vial del horno y dejar enfriar.
- f) Añadir 5 mL de agua desmineralizada y agitar la mezcla.
- g) Dejar en reposo para que las capas se separen. Centrifugar si es necesario.
- h) Trasvasar la capa orgánica a un tubo de ensayo conteniendo sulfato de sodio anhidro para secarla.
- i) Decantar la capa orgánica seca en un vial ámbar. Y almacenar en refrigeración.

3.3.5 Determinación de la humedad del aceite de aguacate.

Diagrama 5. Proceso de determinación de humedad del aceite.



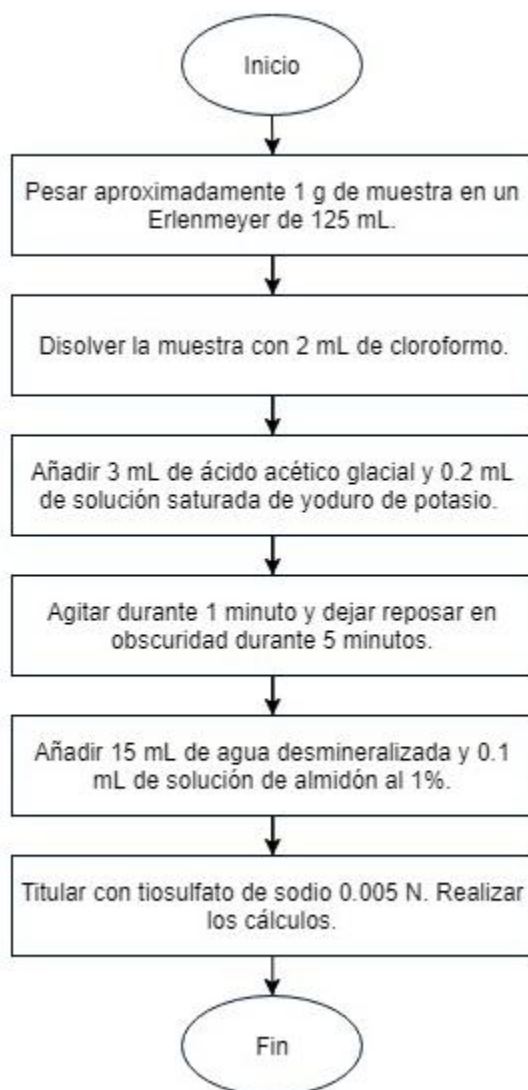
Fuente: elaboración propia (2018)

Descripción del procedimiento:

- a) Colocar aproximadamente 1 g de muestra de aceite de aguacate en el analizador de humedad.
- b) Anotar el resultado del porcentaje de humedad.

3.3.6 Determinación del índice de peróxidos

Diagrama 6. Proceso de determinación de índice de peróxidos del aceite



Fuente: elaboración propia (2018)

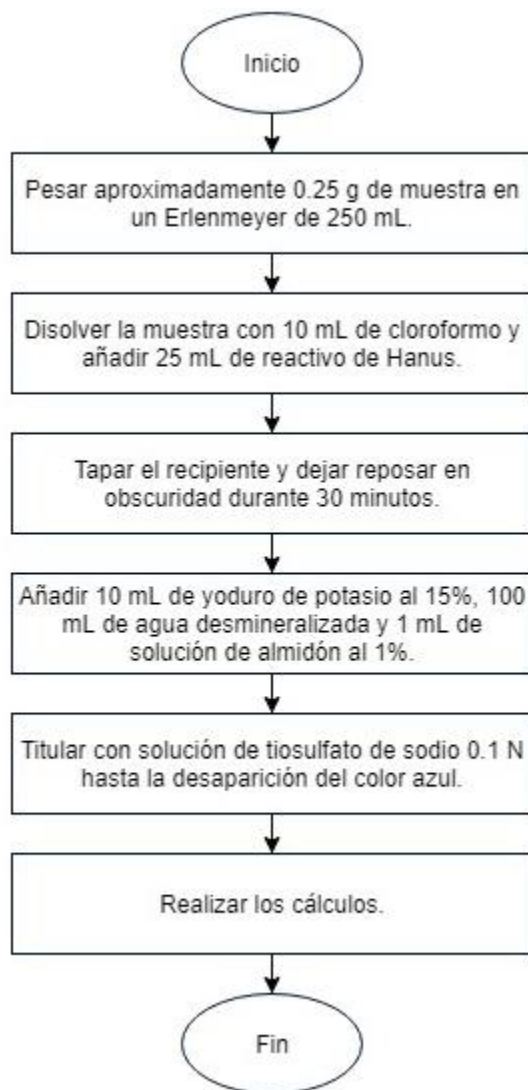
Descripción del procedimiento:

- a) Colocar aprox. 1 g de muestra en un Erlenmeyer de 125 mL. Registrar el peso.
- b) Disolver la muestra con 2 mL de cloroformo.
- c) Añadir 3 mL de ácido acético glacial y 0.2 mL de solución saturada de yoduro de potasio.
- d) Agitar en forma circular durante 1 minuto y dejar reposar en obscuridad durante 5 minutos.
- e) Añadir 15 mL de agua desmineralizada y 0.1 mL de solución de almidón al 1%.

- f) Titular con solución de tiosulfato de sodio al 0.005 N, hasta la desaparición del color oscuro.
- g) Realizar el cálculo y expresarlo como miliequivalentes de peróxido por kg de muestra.

3.3.7 Determinación del índice de yodo

Diagrama 7. Proceso de determinación de índice de yodo del aceite.



Fuente: elaboración propia (2018)

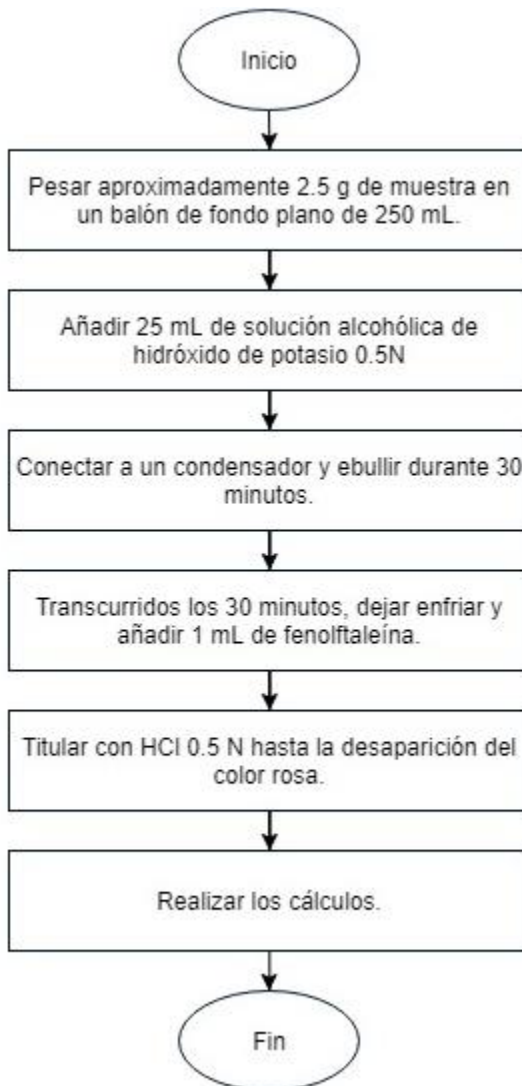
Descripción del procedimiento:

- a) Pesar alrededor de 0.25 g de aceite en un Erlenmeyer de 250 mL.
- b) Disolver la muestra con 10 mL de cloroformo y añadir 25 mL de reactivo de Hanus.
- c) Tapar el recipiente y dejar reposar en oscuridad durante 30 minutos.

- d) Añadir 10 mL de solución de yoduro de potasio al 15%, 100 mL de agua desmineralizada y 1 mL de solución de almidón al 1%.
- e) Titular con solución de tiosulfato de sodio 0.1 N hasta que la completa desaparición del color azul.
- f) Realizar los cálculos.

3.3.8 Determinación del índice de saponificación

Diagrama 8. Procedimiento de determinación del índice de saponificación del aceite.



Fuente: elaboración propia (2018)

Descripción del procedimiento:

- a) Pesar alrededor de 2.5 g de aceite en un balón de fondo plano de 250 mL.
- b) Agregar 25 mL de solución alcohólica de hidróxido de potasio 0.5 N.

- c) Conectar a un condensador y ebullición hasta que la grasa esté saponificada por completo (aproximadamente 30 minutos).
- d) Transcurridos los 30 minutos, dejar enfriar y añadir 1 mL de fenolftaleína.
- e) Titular con HCl 0.5N hasta la desaparición del color rosa.
- f) Realizar los cálculos.

3.4 Diseño y metodología estadística

3.4.1 Diseño experimental

Tabla 8. Experimentos realizados.

No. Experimento	Descripción	Tratamiento	Repeticiones
Experimento # 1 Humedad final de la pulpa	Determinación de la humedad final de la pulpa molida después del procedimiento de secado de la misma, como tratamiento previo a la lixiviación.	Secado durante 4 horas a 70°C. Determinación de humedad final.	Determinación de humedad en triplicado.
Experimento #2 Operaciones de separación.	Lixiviación del aceite de aguacate contenido en la pulpa seca. Y evaporación para concentrar el extracto de la lixiviación.	Lixiviación por el método soxhlet utilizando dos solventes distintos: éter de petróleo y hexano. Evaporación en baño María para eliminar el solvente.	3 corridas por cada solvente.
Experimento #3 Análisis fisicoquímicos	Se caracteriza el aceite de aguacate obtenido por medio de análisis fisicoquímicos	Análisis de perfil de ácidos grasos, humedad e índices de peróxido, yodo, saponificación y refracción.	3 corridas de cada análisis por cada solvente.

Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.2 Descripción de las unidades experimentales

- Experimento #1: pulpa de aguacate variedad Hass, proveniente de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez, previamente molida.
- Experimento #2: para las operaciones de separación se utiliza pulpa de aguacate previamente molida y seca.
- Experimento #3: aceite de aguacate obtenido de las operaciones de separación, utilizando dos solventes en el proceso de lixiviación.

3.4.3 Variables respuesta

Tabla 9. Experimentos realizados y su variable respuesta.

Experimento	Variables respuesta
Experimento #1 Humedad final de la pulpa	Porcentaje de humedad
Experimento #2 Operaciones de separación	Porcentaje de rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate
Experimento #3 Análisis fisicoquímicos	Tiempos de retención y área de los picos de los ácidos grasos en el aceite de aguacate, obtenidos por cromatograma.
	Porcentaje de humedad, índices de peróxido, yodo, saponificación y refracción.

Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.4 Metodología de análisis

- Experimento #1. Humedad final de la pulpa

Se utiliza la media aritmética para determinar el valor promedio de la humedad final de la pulpa después del procedimiento de secado. Además, para determinar el promedio del

rendimiento de las operaciones de separación en el Experimento #2 y para calcular el promedio de los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos en el Experimento #3.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

\bar{X} = media.aritmética

X_i = valores

n = número.de.datos

Se calculó la desviación estándar para determinar la medida de dispersión de los resultados obtenidos.

La fórmula es la siguiente:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

s = desviación.estándar

\bar{X} = media.aritmética

X_i = valores

n = número.de.datos

- Experimento #2. Operaciones de separación

Se utilizó el porcentaje para determinar el rendimiento de las operaciones de separación del aceite respecto a la masa de materia prima utilizada.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\%R = \frac{m}{M} \times 100$$

Donde:

%R = Porcentaje.de.rendimiento

m = masa.de.aceite.obtenido

M = masa.de.materia.prima

Si el cálculo de rendimiento se realizó en base seca, se realiza la corrección para obtener el valor en base húmeda, es decir, con base la materia prima vegetal.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%BS = \%R \times \frac{100 - H}{100}$$

Donde:

%BS = Porcentaje.rendimientibase.seca

%R = Porcentaje.de.rendimiento

H = humedad.inicial.de.la.pulpa

- Experimento # 3. Análisis fisicoquímicos.

Después de obtener el aceite de aguacate con las operaciones de separación, se realizaron análisis fisicoquímicos con el fin de caracterizarlo.

Para el índice de peróxido se utilizó un método de titulación, la fórmula para calcular el valor de peróxido es la siguiente.

$$IP = \frac{(V_B - V_M) \times N \times 1000}{m}$$

(AOAC, 2000)

Donde:

IP = Índice.de.peróxido

V_B = Volumen.de.tiosulfato.de.sodio.utilizado.con.el.blanco

V_M = Volumen.de.tiosulfato.de.sodio.utilizado.con.la.muestra

N = normalidad.del.tiosulfato.de.sodio

m = masa.de.la.muestra

Para el índice de yodo se utilizó el método de Hanus, el cual es un método titrimétrico. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$IY = \frac{(V_B - V_M) \times N \times 12.69}{m}$$

(AOAC, 2000)

Donde:

IY = Índice.de.yodo

V_B = Volumen.de.tiosulfato.de.sodio.utilizado.para.el.blanco

V_M = Volumen.de.tiosulfato.de.sodio.utilizado.para.la.muestra

N = normalidad.del.tiosulfato.de.sodio

m = masa.de.la.muestra

El índice de saponificación o Índice de Koettstorfer se determinó por un método tritimétrico. Utilizando la siguiente fórmula para el cálculo.

$$IS = \frac{(V_B - V_M) \times 28.05}{m}$$

(AOAC, 2000)

Donde:

IS = Índice.de.saponificación

V_B = Volumen.de.ácido.clorhídrico.0.5N.utilizado.para.el.blanco

V_M = Volumen.de.ácido.clorhídrico.0.5N.utilizado.para.la.muestra

m = masa.de.la.muestra

Con el fin de determinar si existe una diferencia significativa en los resultados de los Experimentos #2 y #3 (porcentaje de rendimiento y características fisicoquímicas), respecto al solvente utilizado en el proceso de lixiviación, se utilizó el análisis de varianza de un factor (ANOVA). Este análisis se realiza con dos variables y se calcula un estadístico llamado F y su significación, este estadístico se obtiene al calcular la variación de las medias entre los grupos y dividirla entre la variación de las medias dentro de los grupos. Si la media entre los grupos tiene mucha variación y la media dentro de un grupo

varía poco, el valor de F será mayor que el valor de F crítica y por lo tanto, hay diferencias significativas entre los grupos.

(Bakieva, et. al.,s.f.)

Las fórmulas utilizadas para el análisis ANOVA son:

- Grados de libertad

Indica el número de elementos que son independientes en la suma de cuadrados.

$$(\text{Factor})GL = r - 1$$

$$\text{Error.GL} = n_T - r$$

$$\text{Total} = n_T - 1$$

Donde:

n_T = Número.total.de.observaciones

r = Número.de.niveles.de.factor

- Suma de los cuadrados (SC)

La SC total indica la variación total en los datos, la SC Factor es la desviación de la media del nivel de factor alrededor de la media general, y el error SC es la desviación de una observación desde su media del nivel de factor correspondiente.

$$(\text{Factor}).SC = \sum n_i (\bar{y}_i - \bar{y} \dots)^2$$

$$\text{Error.SC} = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$\text{SC.Total} = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y} \dots)^2$$

Donde:

\bar{y}_i = Media.de.observaciones.en.el.i^{ésimo}.nivel.del.factor

$\bar{y} \dots$ = Media.de.todas.las.observaciones

y_i = Valor.de.la.j^{ésima}.observación.al.i^{ésimo}.nivel.del.factor

- Cuadrados medios (CM)

$$\text{Factor.CM} = \frac{\text{Factor.SC}}{\text{Factor.GL}}$$

$$\text{Error.CM} = \frac{\text{Error.SC}}{\text{Error.GL}}$$

Donde:

CM = Cuadrado.medio

SC = Suma.de.los.cuadrados

GL = Grados.de.libertad

- Valor F

$$F = \frac{\text{CM.(Factor)}}{\text{CM.(Error)}}$$

Donde:

CM = Cuadrado.medio

IV. Presentación y Análisis de Resultados

4.1 Humedad de la pulpa de aguacate

Tabla 10. Humedad de la pulpa de aguacate previo y posterior al proceso de secado.

Humedad	Valor (%)	Desviación estándar
Inicial	67.66	1.76
Final (posterior al secado)	2.63	0.055

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 35 y 36 (2018)

4.2 Rendimiento de las operaciones de separación

Tabla 11. Rendimiento de las operaciones de separación respecto a la materia prima, en base húmeda.

Solvente	Rendimiento Promedio $\pm 2.9 \times 10^{-4}$ (%)	Desviación estándar (%)
Hexano	22.59	0.21
Éter de petróleo	22.89	0.17

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 45 y 46 (2018)

Tabla 12. Análisis ANOVA para el rendimiento del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.1320	1	0.1320	3.552	0.1326	7.709
Dentro de los grupos	0.1486	4	0.0372			
Total	0.2807	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 45 y 46 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($3.552 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el rendimiento de las operaciones de separación en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.3 Perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate

Tabla 13. Perfil de ácidos grasos de aceite de aguacate obtenido con hexano (promedio).

Ácido graso	Área (%)
Ácido cáprico (C10:0)	0.357
Ácido laúrico (C12:0)	0.074
Ácido caproico (C6:0)	0.427
Ácido palmitoleico (C16:1)	7.070
Ácido palmítico (C16)	18.40
Ácido oleico (C18:1)	73.05
Ácido linoleico (C18:2)	0.622

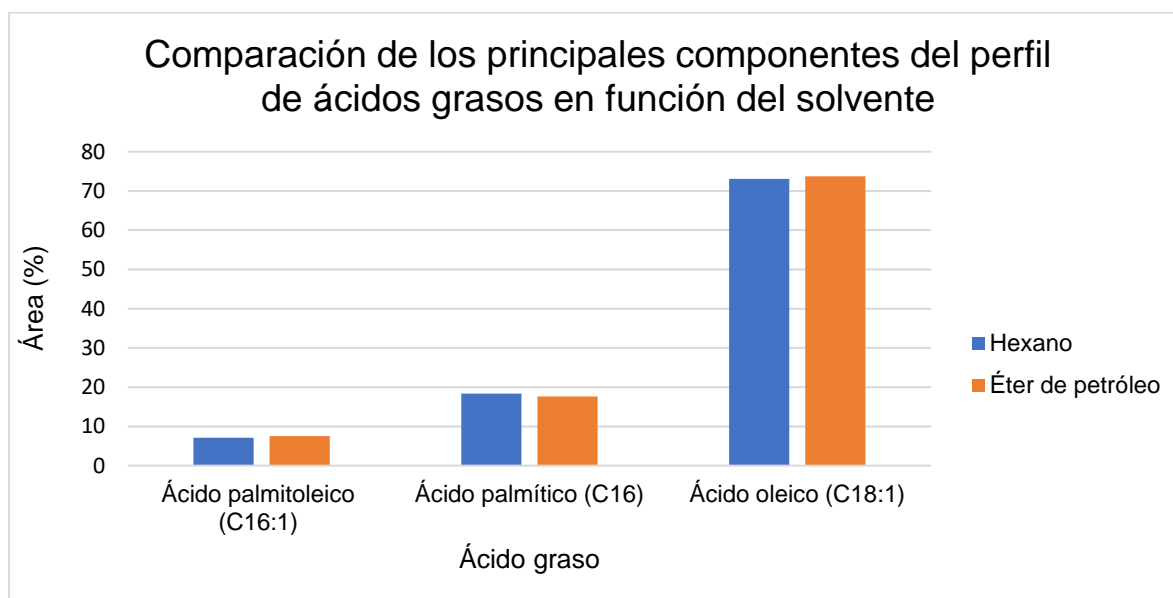
Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49, 50 y 51 (2018)

Tabla 14. Perfil de ácidos grasos de aceite de aguacate obtenido con éter de petróleo (promedio).

Ácido graso	Área (%)
Ácido cáprico (C10:0)	0.585
Ácido laúrico (C12:0)	0.124
Ácido caproico (C6:0)	0.223
Ácido palmitoleico (C16:1)	7.480
Ácido palmítico (C16)	17.67
Ácido oleico (C18:1)	73.77
Ácido linoleico (C18:2)	0.148

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 52, 53 y 54 (2018)

Diagrama 9. Comparación de perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate.



Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 15. Contenido de ácido palmitoleico del aceite de aguacate.

Solvente	Área palmitoleico (%)	Desviación estándar (%)	Contenido aceptable* (%)
Hexano	7.07	0.340	3 – 9
Éter de petróleo	7.48	0.710	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Tabla 16. Análisis ANOVA para el contenido de ácido palmitoleico en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.259	1	0.259	0.834	0.413	7.709
Dentro de los grupos	1.24	4	0.310			
Total	1.499	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($0.834 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el contenido de ácido palmítico en el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

Tabla 17. Contenido de ácido palmítico del aceite de aguacate.

Solvente	Área Ácido Palmítico (%)	Desviación estándar (%)	Contenido aceptable* (%)
Hexano	18.40	0.544	9 – 18
Éter de petróleo	17.67	0.849	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Tabla 18. Análisis ANOVA para el contenido de ácido palmítico en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.796	1	0.796	1.566	0.280	7.709
Dentro de los grupos	2.034	4	0.509			
Total	2.831	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($1.566 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el contenido de ácido palmítico en el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

Tabla 19. Contenido de ácido oleico del aceite de aguacate.

Solvente	Área Ácido Oleico (%)	Desviación estándar (%)	Contenido aceptable* (%)
Hexano	73.06	1.05	56 – 74
Éter de petróleo	73.77	1.24	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Tabla 20. Análisis ANOVA para el contenido de ácido oleico en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.763	1	0.7633	0.581	0.489	7.709
Dentro de los grupos	5.259	4	1.315			
Total	6.023	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 49 - 54 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($0.581 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el contenido de ácido oleico en el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.4 Humedad del aceite de aguacate

Tabla 21. Humedad del aceite de aguacate.

Solvente	Humedad Promedio (%)	Desviación estándar (%)	Humedad máx. aceptable* (%)
Hexano	0.79	0.03	0.5
Éter de petróleo	0.82	0.03	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 55 y 56 (2018)

Tabla 22. Análisis ANOVA para la humedad del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0017	1	0.0017	1.818	0.2488	7.709
Dentro de los grupos	0.0037	4	0.0009			
Total	0.00533	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 55 y 56 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($1.818 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en la humedad del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.5 Índice de peróxido del aceite de aguacate

Tabla 23. Índice de peróxido del aceite de aguacate.

Solvente	Índice de peróxido promedio ± 0.20 (meq peróxido/kg)	Desviación estándar (meq peróxido/kg)	Índice de peróxido máx. aceptable* (meq/kg)
Hexano	9.53	0.53	10.0
Éter de petróleo	25.36	0.33	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 57 y 58 (2018)

Tabla 24. Análisis ANOVA para el índice de peróxido del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	376.0	1	376.0	1927.8	1.609x10 ⁻⁶	7.709
Dentro de los grupos	0.7802	4	0.1951			
Total	376.8	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 57 y 58 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es mayor que el valor de F crítica (1927.8 > 7.709), por lo cual existe diferencia significativa en el índice de peróxido del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se rechaza la hipótesis nula.

4.6 Índice de yodo del aceite de aguacate

Tabla 25. Índice de yodo del aceite de aguacate.

Solvente	Índice de yodo Promedio \pm 0.20 (eq yodo/g)	Desviación estándar (eq yodo/g)	Índice de yodo aceptable* (eq yodo/g)
Hexano	78.26	1.19	85 – 90
Éter de petróleo	76.54	0.719	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 59 y 60 (2018)

Tabla 26. Análisis ANOVA para el índice de yodo del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4.403	1	4.403	4.575	0.0992	7.709
Dentro de los grupos	3.850	4	0.9624			
Total	8.253	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 59 y 60 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($4.575 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el índice de yodo del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.7 Índice de saponificación del aceite de aguacate

Tabla 27. Índice de saponificación del aceite de aguacate.

Solvente	Índice de saponificación Promedio ± 0.76 (mg KOH/g)	Desviación estándar (mg KOH/g)	Índice de saponificación aceptable* (mg KOH/g)
Hexano	197.87	0.840	177 – 198
Éter de petróleo	197.15	0.860	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 61 y 62 (2018)

Tabla 28. Análisis ANOVA para el índice de saponificación del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.7848	1	0.7848	1.085	0.3563	7.709
Dentro de los grupos	2.892	4	0.7231			
Total	3.677	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 61 y 62 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($1.085 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el índice de saponificación del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.8 Índice de refracción del aceite de aguacate

Tabla 29. Índice de refracción del aceite de aguacate.

Solvente	Índice de refracción Promedio	Desviación estándar	Índice de refracción aceptable*
Hexano	1.466	0.0002	1.458 – 1.465
Éter de petróleo	1.465	0.0002	

*Según Norma NMX-F-052-SCFI-2008

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 63 y 64 (2018)

Tabla 30. Análisis ANOVA para el índice de refracción del aceite de aguacate en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.67 x10 ⁻⁷	1	1.67 x10 ⁻⁷	3.571	0.1317	7.709
Dentro de los grupos	1.87 x10 ⁻⁷	4	4.67 x10 ⁻⁷			
Total	3.53 x10 ⁻⁷	5				

Fuente: elaboración propia en base a las tablas 63 y 64 (2018)

Para el análisis ANOVA de un factor se utilizó un nivel de significancia α de 0.05. se puede observar que el valor de F obtenido es menor que el valor de F crítica ($3.571 < 7.709$), por lo cual no existe diferencia significativa en el índice de refracción del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Se acepta la hipótesis nula.

4.9 Costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate

Tabla 31. Costo por obtención de aceite de aguacate utilizando hexano en la lixiviación, para una corrida.

Descripción costos	Costo (Q/corrida)
Directos	15.41
Indirectos	15.44
TOTAL	30.85

Fuente: elaboración propia, basado en el Anexo H (2018)

Tabla 32. Costo por gramo de aceite de aguacate utilizando hexano en la lixiviación.

Aceite obtenido por corrida (g)	10.71
Costo por gramo (Q/g)	2.88

*El aceite obtenido es un promedio de las 3 corridas realizadas.

Fuente: elaboración propia basado en el Anexo H (2018)

Tabla 33. Costo por obtención de aceite de aguacate utilizando éter de petróleo en la lixiviación, para una corrida.

Descripción costos	Costo (Q)/corrida
Directos	21.23
Indirectos	15.44
TOTAL	36.67

Fuente: elaboración propia basado en el Anexo H (2018)

Tabla 34. Costo por gramo de aceite de aguacate utilizando éter de petróleo en la lixiviación.

Aceite obtenido por corrida (g)	10.74
Costo por gramo (Q/g)	3.41

*El aceite obtenido es un promedio de las 3 corridas realizadas.

Fuente: elaboración propia basado en el Anexo H (2018)

V. Discusión de Resultados

El estudio se basó en la obtención del aceite de aguacate (*Persea americana*) por medio de dos operaciones de separación, lixiviación y evaporación, utilizando como materia prima aguacates provenientes del municipio de Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez. Como principal objetivo se tenía la determinación del rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base a la pulpa del aguacate, y comparación del mismo en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Además de la determinación del perfil de ácidos grasos del aceite obtenido, su caracterización fisicoquímica y el cálculo de los costos del proceso.

Para el estudio se obtuvieron los frutos de aguacate variedad Hass directamente de una finca de aguacate ubicada en Magdalena Milpas Altas, se realizó una inspección visual para seleccionar aquellos que no presentaran daños físicos o alguna enfermedad propia de la planta. Además, se prefirieron frutos maduros, puesto que según Olaeta (2003), el contenido de aceite es mayor en frutos maduros. Para verificar el grado de madurez de los aguacates se observó que el color de la cáscara fuera oscuro (morado o café), y que presentara una textura lisa y opaca.

Antes de realizar el proceso de las operaciones de separación del aceite de aguacate, fue necesario realizar la preparación de las muestras. Primero se procedió a extraer la pulpa de los frutos y a molerla hasta formar un puré con trozos no mayores a 5 mm. Se determinó la humedad inicial de la pulpa por medio de un analizador de humedad, obteniendo un valor promedio de 67.66%. El proceso de molienda es necesario puesto que al disminuir el tamaño de las partículas se aumenta la superficie de contacto y se disminuyen las distancias entre las partículas, con lo cual se facilita el contacto del solvente en la materia vegetal durante el proceso de lixiviación. La segunda operación realizada para preparar las muestras fue el secado de la pulpa. Para ello se colocó pulpa molida en cajas Petri, cuidando que la capa fuera delgada puesto que, de lo contrario, la superficie iba a formar una costra al secarse, impidiendo que la materia de abajo se secase. Posterior al secado, la pulpa estaba de color verde oscuro/café y de textura dura. El proceso de secado es importante puesto que favorece el rompimiento de las paredes celulares de la materia vegetal, con lo cual se facilita la penetración del solvente en el proceso de lixiviación. Además, la eliminación del agua del alimento permite un contacto más directo entre la materia orgánica y el solvente, con lo cual se aumenta el rendimiento de la extracción. Después del proceso de secado, la humedad final promedio de la pulpa fue de 2.63%.

La primera operación de separación del aceite de aguacate fue una extracción sólido – líquido, o lixiviación. Esta se realizó por medio del método soxhlet en el cual se realizan varios ciclos de reflujo del solvente en caliente. Se evaluaron dos solventes distintos: hexano y éter de petróleo, ambos de bajo punto de ebullición (69°C y entre 35 - 60°C, respectivamente) y grado analítico. Para el proceso no se utilizaron partículas de pulpa muy finas, debido a que estas tienden a formar un aglomerado que dificultan el proceso

de extracción. A medida que ocurría la extracción, se observaba que el aceite se disolvía en el solvente ubicado en el balón puesto que este se tornaba de color amarillo. El procedimiento se realizó en triplicado con cada solvente, completando un total de 6 lixiviaciones. La única variable del proceso evaluada fue el solvente utilizado. Para la elección de los solventes para la lixiviación se tomaron en cuenta varios aspectos, el primero de ellos fue el punto de ebullición, este debe ser bajo para favorecer la separación del solvente por evaporación de la mezcla aceite de aguacate – solvente obtenida en la lixiviación. Además, el solvente debe ser selectivo con el analito a extraer y de preferencia ser de baja viscosidad. Tanto el hexano como el éter de petróleo son de naturaleza apolar, por lo cual solubilizan materia orgánica apolar, en especial grasas y aceites, lo cual los hace selectivos en la extracción de aceite de aguacate. En cuanto a la viscosidad, mientras más baja sea más fácil será para el solvente fluir y penetrar en la materia vegetal para extraer el aceite, el hexano presenta una viscosidad de 0.30 cP, mientras que el éter de petróleo de 1.95 cP, ambos a 20°C. Ambos solventes se consideran de baja viscosidad (< 2cP), por lo cual son aptos para utilizarse en lixiviación, sin considerar que su viscosidad disminuye al aumentar la temperatura, favoreciendo aún más su flujo.

La segunda operación de separación utilizada fue la evaporación, este es un método de separación líquido – líquido funcional cuando la mezcla está formada por un componente volátil (el solvente) y uno no volátil (el aceite de aguacate), y se utilizó con el fin de concentrar el aceite obtenido. Para la evaporación se utilizó una temperatura de 70°C con el objetivo de alcanzar el punto de ebullición de ambos solventes, puesto que el del hexano es 69°C y el del éter de petróleo se encuentra entre 35 – 60 °C. Por otro lado, a esta temperatura no existía posibilidad de evaporar el aceite de aguacate, debido a que su punto de humeo, es decir, la temperatura a la cual un aceite empieza a humear se encuentra entre 190 – 204°C. Al finalizar el proceso de evaporación el aceite obtenido era de color amarillo verdoso opaco y de olor característico de aguacate.

Para determinar el rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate fue necesario secar el aceite en el balón, con el fin de eliminar cualquier residuo de humedad, tanto del aceite como la que el balón pudo haber obtenido del baño María, puesto que este había sido tarado previo al proceso de lixiviación.

El rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate respecto a la masa de pulpa de aguacate se determinó tanto en base húmeda como en base seca. El rendimiento promedio en base húmeda, al utilizar hexano fue de 22.59, y cuando se utilizó éter de petróleo el rendimiento promedio fue de 22.89. Por medio del análisis de la varianza se puede concluir que el rendimiento de las operaciones de separación no presenta una diferencia significativa, en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Según Anacafé (s.f.), el contenido de aceite en aguacates variedad Hass está entre 18 y 22%, y Olaeta (2003), menciona que un aguacate puede tener hasta un 25% de aceite, según su grado de madurez. Se puede observar entonces, que el rendimiento obtenido es aceptable según el parámetro teórico, y que las operaciones de preparación

fueron adecuadas para favorecer la obtención del aceite. Además, se puede concluir que ambos solventes, hexano y éter de petróleo, son óptimos para la lixiviación del aceite de aguacate por el método soxhlet, en función que ambos obtuvieron un rendimiento similar, sin tomar en cuenta la calidad del aceite obtenido.

Posteriormente se realizó la determinación del perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate por medio de una cromatografía de gases, el análisis se realizó en el Laboratorio de Química Avanzada de la Universidad del Valle de Guatemala, los resultados se muestran en el Anexo C. A partir de los datos obtenidos, se pudieron determinar los principales ácidos grasos que componen el perfil de ácidos grasos del aceite obtenido. Para el aceite de aguacate en el cual se utilizó hexano como solvente de lixiviación, se tiene una composición promedio de ácidos grasos de 7.07%, 18.40% y 73.05% de los ácidos palmitoleico, palmítico y oleico, respectivamente. Para el aceite de aguacate obtenido utilizando éter de petróleo se obtuvo, como se puede observar en la Tabla 14, un perfil de ácidos grasos compuesto de 7.48%, 17.67% y 73.77% de los ácidos palmitoleico, palmítico y oleico, respectivamente.

Además, en ambos aceites se evidenció la presencia de otros ácidos grasos como lo son el cáprico, caproico, laúrico y linoleico, sin embargo, estos se encuentran en mínimas cantidades sumando menos del 2% de la composición total del perfil de ácidos grasos. Según el análisis de la varianza realizado para los 3 componentes principales del perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate identificados, se puede observar que no existe diferencia significativa en el porcentaje de ácidos palmitoleico, palmítico y oleico, en función del solvente utilizado en la lixiviación.

Según la norma mexicana para el aceite de aguacate (NMX-F-052-SCFI-2008), el perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate se compone de los ácidos palmítico (9 – 18%), palmitoleico (3 – 9%), oleico (56 – 74%), linoleico (10 – 17%) y linolénico (0 – 2%). En ninguno de los aceites de aguacate obtenidos se identificaron los 5 ácidos grasos referidos por la norma, se puede observar que tanto el aceite de aguacate obtenido utilizando hexano en la lixiviación, como el obtenido al utilizar éter de petróleo, contiene un porcentaje aceptable de ácidos palmítico, palmitoleico y oleico los cuales, en este caso, componen más del 98% del perfil de ácidos grasos de tal aceite. Sin embargo, en ninguno de ellos se identificó un contenido significativo de ácido linoleico, y en todos hubo ausencia de ácido linolénico. Esto puede deberse a que los ácidos grasos sufren degradación por medio de reacciones de hidrólisis y oxidación, con las cuales se producen otros compuestos. La presencia de humedad, oxígeno y la acción del aire, la luz y otras impurezas en el aceite de aguacate promueven reacciones que afectan en la composición del perfil de ácidos grasos. Cabe mencionar también que la madurez del fruto de aguacate afecta a los ácidos grasos que componen el aceite del mismo.

Posteriormente se realizó una caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate obtenido por medio de los análisis de humedad e índices de peróxidos, yodo, saponificación y refracción. Para ello se utilizaron metodologías normalizadas de la

AOAC, los valores obtenidos se compararon con la Norma del Codex para aceites y grasas no regulados por normas individuales (CODEX STAN 19 – 1981), con la Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva (CODEX STAN 33 – 1981) y con la norma mexicana para aceite de aguacate (NMX-F-052-SCFI-2008).

El primer parámetro evaluado fue la humedad, para lo cual se utilizó un analizador de humedad. Para el aceite de aguacate en el cual se utilizó hexano como solvente en la lixiviación, se obtuvo una humedad promedio de 0.79% m/m, y para el aceite en el que se utilizó éter de petróleo fue de 0.82% m/m. Según el análisis de la varianza, no existe diferencia significativa en la humedad en función del solvente utilizado en la lixiviación. Sin embargo, según la norma CODEX STAN 19 – 1981, para los aceites vegetales el contenido máximo de material volátil a 105°C (humedad y otros componentes volátiles), es de 0.2% m/m, y según la norma mexicana NMX-F-052-SCFI-2008 el valor máximo es de 0.5% m/m. Por lo cual se observa que la humedad de los aceites de aguacate obtenidos no se encuentra dentro del rango aceptable. Esto pudo deberse a que el análisis de humedad no se realizó inmediatamente después de haber secado el aceite, por lo que este pudo haber absorbido humedad del ambiente al momento de trasvasar el aceite a los viales en lo que se almacenó previo a su caracterización. Por último, el aceite no se sometió a ningún proceso de refinación, como filtración, por lo cual pudo haber contenido residuos de materia extraña o impurezas que aumentarían la humedad del producto o que se volatilizarían por arriba de los 105°C a los que se realizó el proceso de secado. El valor de humedad de aceite de aguacate obtenido indica que este no cumple con los parámetros de las normas mencionadas, y la presencia de humedad en aceite puede producir ácidos grasos libres. Esto se debe a que cuando una grasa contiene humedad se produce una reacción de hidrólisis, en la cual se liberan los ácidos grasos de su enlace éster con la molécula de glicérido original, generando así ácidos grasos libres que se consideran como impurezas y expresan la acidez de un aceite o grasa. El contenido de ácidos grasos puede favorecer las reacciones de autooxidación en las cuales se producen peróxidos.

El siguiente análisis realizado fue el índice de peróxido, este índice expresa el grado de rancidez oxidativa por medio de la medida del oxígeno activo unido a las grasas en forma de peróxidos, por lo cual es un índice que indica la calidad de una grasa o aceite, según su estado oxidativo. Para el aceite de aguacate obtenido por el proceso con hexano, se obtuvo un índice de peróxidos promedio de 9.53 meq peróxido/kg, mientras que para el aceite obtenido por el proceso con éter de petróleo se obtuvo un valor de 25.36 meq peróxido/kg. Se observa una diferencia amplia entre ambos resultados, con un valor de 15.83 ± 0.28 meq peróxido/kg. Y con el análisis de la varianza se puede observar que sí existe una diferencia significativa en el índice de peróxidos del aceite obtenido en función del solvente utilizado en la lixiviación. Esta diferencia entre los solventes utilizados en la lixiviación puede deberse a que el proceso de evaporación se realizó a 70°C, esta es la temperatura suficiente para evaporar el hexano, pero mayor a la necesaria para evaporar el éter de petróleo, debido a que su punto de ebullición es entre 35 y 60°C. Por lo cual, la evaporación de éter de petróleo pudo haber terminado

antes de los 30 minutos exponiendo al aceite de aguacate por más tiempo al calor, favoreciendo así las reacciones oxidativas. La producción de peróxidos se debe a que, factores como la humedad, luz directa y alta temperatura favorecen un proceso en el cual un hidrógeno alílico es extraído de la cadena lipídica de un ácido graso, produciendo un radical libre que actúan como un iniciador de una cadena de reacciones que generan más radicales libres. Estos al entrar en contacto con el oxígeno del ambiente producen una reacción de autooxidación o rancidez oxidativa, en la cual un oxígeno se adiciona a la cadena de ácido graso y produce un peróxido.

Por otro lado, según la norma CODEX STAN 19 – 1981, valor máximo del índice de peróxidos para aceites vegetales es de 10 meq peróxido/kg. Por lo que se puede observar que el aceite de aguacate obtenido por medio del proceso de lixiviación con éter de petróleo no cumple con la norma. Y el aceite obtenido por medio del proceso con hexano, a pesar de cumplir con la norma, se encuentra muy cercano al valor máximo, por lo cual estaba próximo a ranciarse (su vida útil no sería prolongada). El valor alto de peróxidos para ambos solventes pudo deberse, como ya se mencionaba, a que el aceite estuvo expuesto a una temperatura elevada en tres procesos: la lixiviación, la evaporación y el secado. Además, se expuso a la luz y al oxígeno, durante el proceso de evaporación, lo cual también favorece las reacciones oxidativas. Estos y otros factores como la presencia de impurezas, humedad o microorganismos conllevan a una oxidación espontánea de las grasas y aceites.

Se realizó también el análisis de índice de yodo, el cual es una medida del grado de insaturación de las grasas y aceites. Para el proceso en el que se utilizó hexano se obtuvo un valor de índice de yodo promedio de 78.26 eq yodo/g, mientras que para el proceso en el que se utilizó éter de petróleo, se obtuvo un valor promedio de 76.54 eq yodo/g. Se realizó el análisis de la varianza, con lo que se concluye que no existe diferencia significativa en el índice de yodo del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en la lixiviación. Además, según la norma CODEX STAN 33 – 1981, el índice de yodo para el aceite de oliva está entre 75 – 94 eq yodo/g. Y para un aceite de aguacate comercial (Tabla 3), el aceite de aguacate debería contener un índice de yodo entre 75 – 100 eq yodo/g. por lo cual se concluye que se obtuvo un valor dentro de los rangos aceptables.

Seguidamente, se realizó el análisis de índice de saponificación del aceite de aguacate, el cual es una medida de los ácidos grasos libres y combinados presentes en el mismo. Para el aceite de aguacate obtenido por medio del proceso con hexano se obtuvo un valor de índice de saponificación promedio de 197.87mg KOH/g, mientras que para el aceite del proceso con éter de petróleo se obtuvo un valor de 197.15 mg KOH/g. El análisis de la varianza indica que no existe diferencia significativa en el índice de saponificación del aceite de aguacate, en función del solvente utilizado en la lixiviación. Por otro lado, para el aceite de oliva, según la norma CODEX STAN 33 – 1981, el índice de saponificación se encuentra entre 184 – 196 mg KOH/g. Según la norma mexicana NMX-F-052-SCFI-2008 el índice de saponificación para el aceite de aguacate está entre

177 – 198 mg KOH/g. Y para un aceite de aguacate comercial, como se observa en la Tabla 3, se tiene un índice de saponificación entre 180 – 200 mg KOH/g. Los valores obtenidos no cumplen con la norma del Codex Alimentarius, a pesar de que son cercanos, pero si cumplen con los parámetros establecidos en la norma mexicana que es específica para aceite de aguacate, y se encuentran en el rango especificado para un aceite de aguacate comercial, por lo cual se consideran aceptables.

El último análisis realizado fue el índice de refracción, este puede ser un indicativo de pureza, puesto que es característico para cada aceite. El análisis de índice de refracción se realizó en el laboratorio INLASA, y el reporte de resultados se muestra en el anexo D. Se puede observar que el índice de refracción promedio para el aceite de aguacate obtenido utilizando hexano en la lixiviación fue de 1.466. Mientras que para el proceso en el que se utilizó éter de petróleo fue de 1.465. Según el análisis de varianza no existe diferencia significativa en el índice de refracción del aceite de aguacate obtenido, en función del solvente utilizado en el proceso de lixiviación. Por otro lado, según la norma mexicana para aceite de aguacate el índice de refracción está entre 1.458 – 1.465, y para un aceite comercial (Tabla 3), se tiene un valor de índice de refracción entre 1.46 – 1.48. El valor obtenido en el aceite del proceso con hexano no cumple con los parámetros establecidos por la norma mexicana, a pesar de encontrarse muy cercano al límite superior aceptable; mientras que el índice de refracción del aceite obtenido por el proceso con éter de petróleo se encuentra justo en el límite. Los valores obtenidos cumplen con los parámetros de un aceite de aguacate comercial, por lo cual se consideran aceptables. Un índice de refracción alto (respecto al límite superior aceptable) pudo deberse a que el aceite de aguacate obtenido era opaco y no fue sometido a ningún proceso de limpieza, como filtración, por medio del cual se eliminan impurezas para obtener un aceite claro. El aceite de aguacate sin ningún proceso de refinación contiene sólidos disueltos y otros compuestos como gomas y mucílagos, que influyen en el índice de refracción puesto que modifican la velocidad a la cual un haz de luz atraviesa el mismo. Además, el índice de refracción se ve afectado por el estado oxidativo del aceite puesto que este índice está relacionado con la densidad, masa molecular y constitución del mismo. Durante las reacciones de oxidación se producen distintos compuestos que modifican estas características y tienden a aumentar el índice de refracción.

Por último, se realizó la determinación de los costos de las operaciones de separación del aceite de aguacate a nivel laboratorio. Para ello se realizó la estimación de los costos directos e indirectos de una corrida para cada solvente utilizado en la lixiviación. Para el aceite de aguacate obtenido en el proceso con hexano, el costo total por corrida es de Q30.85, mientras que para el proceso en el que se utilizó éter de petróleo, se obtuvo un costo total por corrida de Q36.67. Posteriormente se determinó el costo por gramo de aceite obtenido, para el proceso con hexano en la lixiviación, se obtuvo un costo de Q2.88 por gramo de aceite, y para el proceso con éter de petróleo, el costo es de Q3.41 por gramo de aceite.

A pesar de que el rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate obtenido con los dos solventes utilizados en la lixiviación es aceptable según los valores teóricos y muy similar entre ambos, por medio de la caracterización de los aceites se puede determinar que el aceite de aguacate obtenido por el proceso en el que se utilizó hexano cumple de mejor manera con los parámetros establecidos en las normas, que el aceite de aguacate obtenido por el proceso con éter de petróleo, principalmente tomando en cuenta que se obtuvo un valor menor de humedad e índice de peróxidos. Y considerando que el costo del aceite de aguacate por gramo también es menor para proceso utilizando hexano en la lixiviación, se puede concluir que este es un mejor solvente a utilizar que el éter de petróleo en la obtención de dicho aceite, siempre y cuando las operaciones de separación a utilizar sean la lixiviación por el método soxhlet y la evaporación.

VI. Conclusiones

- Se obtuvo un rendimiento promedio de las operaciones de separación en base a la pulpa de aguacate es de 22.59% al utilizar hexano en el proceso de lixiviación, y de 22.89% al utilizar éter de petróleo. No existe diferencia significativa en el rendimiento en función del solvente de la lixiviación.
- El perfil de ácidos grasos del aceite obtenido con hexano está compuesto principalmente por 7.07% de ácido palmitoleico, 18.40% de ácido palmítico y 73.05% de ácido oleico. Mientras que el del aceite obtenido con éter de petróleo está compuesto de 7.48% de ácido palmitoleico, 17.67% de ácido palmítico y 73.77% de ácido oleico. Los valores de estos tres ácidos grasos para ambos aceites son aceptables según la norma NMX-F-052-SCFI-2008.
- Por medio de la caracterización fisicoquímica del aceite se determinó que todos los parámetros, a excepción de la humedad y del índice de peróxidos del aceite en el proceso con éter de petróleo, son aceptables según la norma mexicana para aceite de aguacate y no presentan una diferencia significativa en función del solvente utilizado en la lixiviación.
- El costo del producto obtenido por el proceso con hexano es de Q2.88 por gramo de aceite de aguacate, y para el proceso con éter de petróleo el costo es de Q3.41 por gramo de aceite.

VII. Recomendaciones

- Evaluar el rendimiento de la obtención del aceite de aguacate y su calidad a nivel planta piloto, para su posterior desarrollo a nivel industrial. Incluyendo un proceso de refinación del aceite, con operaciones de lavado, desodorización y filtración, entre otras.
- Aplicar el aceite de aguacate en productos cosméticos tales como cremas hidratantes, o lociones desmaquillantes, con el fin de evaluar sus propiedades y beneficios.
- Evaluar la posibilidad de añadir un aditivo antioxidante tal como BHA o BHT al aceite de aguacate obtenido, con el fin de preservar sus características iniciales y evitar su deterioro.
- Realizar un estudio de mercado y factibilidad técnica y financiera del aceite de aguacate en Guatemala, para considerar su comercialización e industrialización.

VIII. Referencias

Aceites Vegetales (s.f.). *Aceite de aguacate propiedades y uso*. Consultado en Internet el 11 de febrero de 2018 a las 16:00 horas en: <https://aceitesvegetales.net/aceite-de-aguacate-propiedades-y-usos/>

Asociación Nacional del Café (Anacafé). (s.f.). *Cultivo de aguacate*. Consultado en Internet el 11 de febrero de 2018 a las 12:00 horas. en: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_aguacate

Bakieva, M., González, J. y Jornet, J. (s.f.). *SPSS: ANOVA de un factor*. Valencia, España: Grupo de Innovación Educativa (innovaMIDE) de la Universidad de Valencia.

Ceballos, E. y Jiménez, M. (2012). *Cambios en las propiedades de futas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano*. Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.

Codex Alimentarius (1999). *Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. CODEX STAN 19 – 1981*. Normas Internacionales de los Alimentos, Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Codex Alimentarius (2017). *Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva. CODEX STAN 33 – 1981*. Normas Internacionales de los Alimentos, Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Esquivel, A., Castañeda, A. y Ramírez, J. (2014). *Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. Riesgos en la salud*. Boletín Científico PÄDI del ICBI. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Vol. 2. No. 3.

FAO (1994). *Alimentación, nutrición y agricultura – Aceites y grasas comestibles*. Consultado en Internet el 18 de febrero de 2018 a las 12:00 horas en: <http://www.fao.org/docrep/T4660T/t4660t0g.htm#normas> para garantizar la autenticidad de los aceites y grasas comestibles

Fundación Española de la Nutrición – FEN – (s.f.). *Aguacate*. Consultado en Internet el 11 de febrero de 2018 a las 18:00 horas en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/aguacate.pdf>

GUINAMA (2016). *Ficha técnica, Aceite de Aguacate*. Consultado en Internet el 14 de marzo de 2018 a las 11:00 horas en: https://www.guinama.com/media/tecnico/94511_FT%20Aceite%20aguacate%20v08.pdf

Horton, H., Moran, L., Scrimgeour, K., Perry, M. y Rawn, J. (2008). *Principios de Bioquímica*, (4ª. Ed). (Trad. González, V.). México: Pearson Educación. (Original publicado en 2006).

McCabe, W., Smith, J. y Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, (7ª. ed.). (Trad. Piombo, A.). México: McGraw – Hill.

Medina, G. (s.f.). *Aceites y grasas comestibles*. Antioquia, Colombia: Departamento de Farmacia Bromatología de la Universidad de Antioquia.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2014). *Perfil Comercial Aguacate*. Consultado en Internet el 06 de febrero de 2018 a las 18:00 horas en: <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20aguacate.pdf>

Ministerio de Economía (2014). *Proyecto Fortalecimiento de la Productividad de la Micro, Pequeña y mediana Empresa. Evaluación cualitativa de la cadena de valor de aguacate en Guatemala*. Consultado en internet el 18 de febrero de 2018 a las 17:00 horas en: https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca_1._aguacate.pdf

Núñez, C. (2007). *Extracciones con equipo soxhlet*. Consultado en Internet el 10 de febrero de 2018 a las 13:00 horas. en: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequipo Soxhlet.pdf>

Olaeta, J. (2003). *Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras*. Valparaíso, Chile: Universidad Católica de Valparaíso.

Pavia, D., Lampman, G., Kriz, G. y Engel, R. (2011). *A small scale approach to Organic Laboratory Techniques* [Un enfoque a pequeña escala de técnicas de laboratorio de orgánica], (3ª. Ed.). Estados Unidos: Cengage Learning.

Pérez, R., Villanueva, S. y Cosío, R. (2005). *El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales*. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Autónoma del Estado de México. Vol. 3. Art. 10.

SEGEPLAN (2010). *Perfil socioeconómico Magdalena Milpas Altas, Sacatepéquez*. Consultado en internet el 11 de febrero de 2018 a las 11:00 horas. en: [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?plD=ECONOMICA_PDF_310](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?plD=ECONOMICA_PDF_310)

Treybal, R. (1988). *Operaciones de transferencia de Masa*, (2ª. ed.). (Trad. García, A.). México: McGraw – Hill.

IX. Anexos

9.1 Glosario

- **Ácido graso:** ácido orgánico que se combina con la glicerina para formar las grasas, y que cumple funciones fisiológicas importantes. (RAE, 2018).
- **Calidad:** propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. (RAE, 2018).
- **Caracterizar:** determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás. (RAE, 2018).
- **Cromatografía:** método de análisis químico para la separación de los componentes de una mezcla por distribución entre dos fases, una estacionaria y otra móvil. (RAE, 2018).
- **Extracto:** mezcla generada en una extracción que contiene el producto valioso. (Teybal, 1988).
- **Hidrólisis:** desdoblamiento de una partícula por la acción del agua. (RAE, 2018)
- **Insaturado:** Dicho de un compuesto químico especialmente de uno orgánico: que contiene uno o más enlaces dobles o triples y, por tanto, es capaz de tener reacciones de adición. (RAE, 2018).
- **Lixiviación:** acción de tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles. (RAE, 2018).
- **Organoléptico:** que puede ser percibido por los órganos de los sentidos. (RAE, 2018).
- **Oxidación:** acción del oxígeno o de otro agente oxidante de producir óxido al reaccionar con una sustancia. (RAE, 2018).
- **Peróxido:** óxido que tiene la mayor cantidad posible de oxígeno. (RAE, 2018).
- **Rancidez:** dicho de rancio, el cual es un alimento graso ligeramente corrompido por el paso del tiempo, y con sabor y olor fuertes y desagradables. (RAE, 2018).

- Refracción: hacer que cambie de dirección un rayo de luz u otra radiación electromagnética al pasar oblicuamente de un medio a otro de diferente velocidad de propagación. (RAE, 2018).
- Saponificar: transformar en jabón una sustancia grasa combinándola con sosa. (RAE, 2018).
- Solvente: dicho de una sustancia que puede disolver y producir con otra una mezcla homogénea. (RAE, 2018).

9.2 Anexo A. Datos recolectados y clasificados

A continuación, se presentan los datos obtenidos de los experimentos realizados: determinación de humedad final de la pulpa, operaciones de separación lixiviación y evaporación y análisis fisicoquímicos del producto obtenido.

Tabla 35. Humedad inicial de la pulpa molida.

No. Corrida	Masa de muestra (g)	Humedad (%)
1	1.505	69.28
2	1.498	67.90
3	1.474	65.79

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 36. Humedad final de la pulpa.

No. Corrida	Masa de muestra (g)	Humedad (%)
1	1.015	2.58
2	1.026	2.69
3	1.040	2.63

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 37. Operaciones de separación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de pulpa seca $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Masa balón $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Mas balón + aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Masa Aceite de aguacate $\pm 7.07 \times 10^{-5}$ (g)
1	15.4951	110.5689	121.2936	10.7247
2	15.3190	110.5683	121.2613	10.6930
3	15.1780	110.5656	121.2679	10.7023

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 38. Operaciones de separación del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de pulpa seca $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Masa balón $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Mas balón + aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Masa Aceite de aguacate $\pm 7.07 \times 10^{-5}$ (g)
1	15.1396	110.5665	121.2642	10.6977
2	15.1254	110.5689	121.2035	10.6346
3	15.2607	110.5694	121.4594	10.8900

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 39. Datos para determinar el índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	1.0478	0.13	2.0
2	1.0002	0.13	2.1
3	1.0033	0.13	2.1

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 40. Datos para determinar el índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	1.0186	0.15	5.3
2	1.0007	0.15	5.3
3	0.9272	0.15	4.8

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 41. Datos para determinar el índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	0.2668	49.4	33.0
2	0.2712	49.4	32.4
3	0.2613	49.4	33.5

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 42. Datos para determinar el índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	0.2605	45.15	29.3
2	0.2376	45.15	30.8
3	0.2403	45.15	30.8

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 43. Datos para determinar el índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de HCl 0.5N utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de HCl 0.5N utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	2.5154	22.3	4.6
2	2.5251	22.3	4.4
3	2.5437	22.3	4.4

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 44. Datos para determinar el índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Éter de petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Masa de aceite de aguacate $\pm 5 \times 10^{-5}$ (g)	Volumen de HCl 0.5N utilizado con el blanco ± 0.05 (mL)	Volumen de HCl 0.5N utilizado con la muestra ± 0.05 (mL)
1	2.4935	22.3	4.7
2	2.4753	22.3	4.9
3	2.4439	22.3	5.2

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3 Anexo B. Resultados de todas las corridas realizadas.

9.3.1 Rendimiento de las operaciones de separación

Tabla 45. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base seca, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Rendimiento $\pm 5 \times 10^{-4}$ (%)
1	69.21
2	69.80
3	70.51

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 46. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base seca, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Rendimiento $\pm 5 \times 10^{-4}$ (%)
1	70.66
2	70.31
3	71.36

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 47. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base húmeda, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Rendimiento $\pm 5 \times 10^{-4}$ (%)
1	22.39
2	22.58
3	22.81

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 48. Rendimiento de las operaciones de separación del aceite de aguacate en base húmeda, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Rendimiento $\pm 5 \times 10^{-4}$ (%)
1	22.85
2	22.74
3	23.08

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.2 Perfil de ácidos grasos del aceite de aguacate

Tabla 49. Perfil de ácidos grasos para la corrida 1 con hexano.

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
27.47	Ácido cáprico (C10:0)	0.540
30.48	Ácido laúrico (C12:0)	0.170
33.40	Ácido caproico (C6:0)	0.480
23.09	Ácido palmitoleico (C16:1)	6.800
23.67	Ácido palmítico (C16:0)	17.80
27.12	Ácido oleico (C18:1)	73.64
36.50	Ácido linoleico (C18:2)	0.570

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 50. Perfil de ácidos grasos para la corrida 2 con hexano.

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
19.33	Ácido cáprico (C10:0)	0.015
32.39	Ácido laúrico (C12:0)	0.035
33.40	Ácido caproico (C6:0)	0.800
23.07	Ácido palmitoleico (C16:1)	6.950
23.66	Ácido palmítico (C16:0)	18.52
27.10	Ácido oleico (C18:1)	73.68

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 51. Perfil de ácidos grasos para la corrida 3 con hexano.

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
27.50	Ácido cáprico (C10:0)	0.515
19.37	Ácido laúrico (C12:0)	0.018
23.12	Ácido palmitoleico (C16:1)	7.450
23.70	Ácido palmítico (C16:0)	18.866
27.17	Ácido oleico (C18:1)	71.85
36.16	Ácido linoleico (C18:2)	1.301

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 52. Perfil de ácidos grasos para la corrida 1 con éter de petróleo. Fuente:

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
27.47	Ácido cáprico (C10:0)	0.515
30.50	Ácido laúrico (C12:0)	0.188
34.01	Ácido caproico (C6:0)	0.021
23.08	Ácido palmitoleico (C16:1)	6.736
23.66	Ácido palmítico (C16:0)	17.39
27.09	Ácido oleico (C18:1)	75.15

elaboración propia (2018)

Tabla 53. Perfil de ácidos grasos para la corrida 2 con éter de petróleo.

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
27.48	Ácido cáprico (C10:0)	0.480
23.10	Ácido palmitoleico (C16:1)	8.150
23.67	Ácido palmítico (C16:0)	18.62
27.12	Ácido oleico (C18:1)	72.75

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 54. Perfil de ácidos grasos para la corrida 3 con éter de petróleo.

Tiempo de retención (min)	Ácido graso	Área (%)
27.48	Ácido cáprico (C10:0)	0.760
30.50	Ácido laúrico (C12:0)	0.185
33.42	Ácido caproico (C6:0)	0.650
23.10	Ácido palmitoleico (C16:1)	7.560
23.67	Ácido palmítico (C16:0)	16.99
27.13	Ácido oleico (C18:1)	73.41
36.54	Ácido linoleico (C18:2)	0.445

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.3 Humedad del aceite de aguacate

Tabla 55. Humedad del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Humedad (%)
1	0.82
2	0.76
3	0.79

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 56. Humedad del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Humedad (%)
1	0.83
2	0.79
3	0.85

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.4 Índice de peróxido del aceite de aguacate

Tabla 57. Índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de peróxido ± 0.34 (meq peróxido/kg)
1	8.92
2	9.85
3	9.82

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 58. Índice de peróxido del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de peróxido ± 0.35 (meq peróxido/kg)
1	25.28
2	25.73
3	25.08

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.5 Índice de yodo del aceite de aguacate

Tabla 59. Índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de yodo ± 0.34 (eq yodo/g)
1	78.00
2	79.55
3	77.22

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 60. Índice de yodo del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de yodo ± 0.34 (eq yodo/g)
1	77.21
2	76.64
3	75.78

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.6 Índice de saponificación del aceite de aguacate

Tabla 61. Índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de saponificación ± 1.31 (mg KOH/g)
1	197.38
2	198.84
3	197.39

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 62. Índice de saponificación del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de saponificación ± 1.31 (mg KOH/g)
1	197.99
2	197.18
3	196.27

Fuente: elaboración propia (2018)

9.3.7 Índice de refracción del aceite de aguacate

Tabla 63. Índice de refracción del aceite de aguacate, utilizando Hexano como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de refracción
1	1.4658
2	1.4656
3	1.4654

Fuente: elaboración propia en base al anexo D (2018)

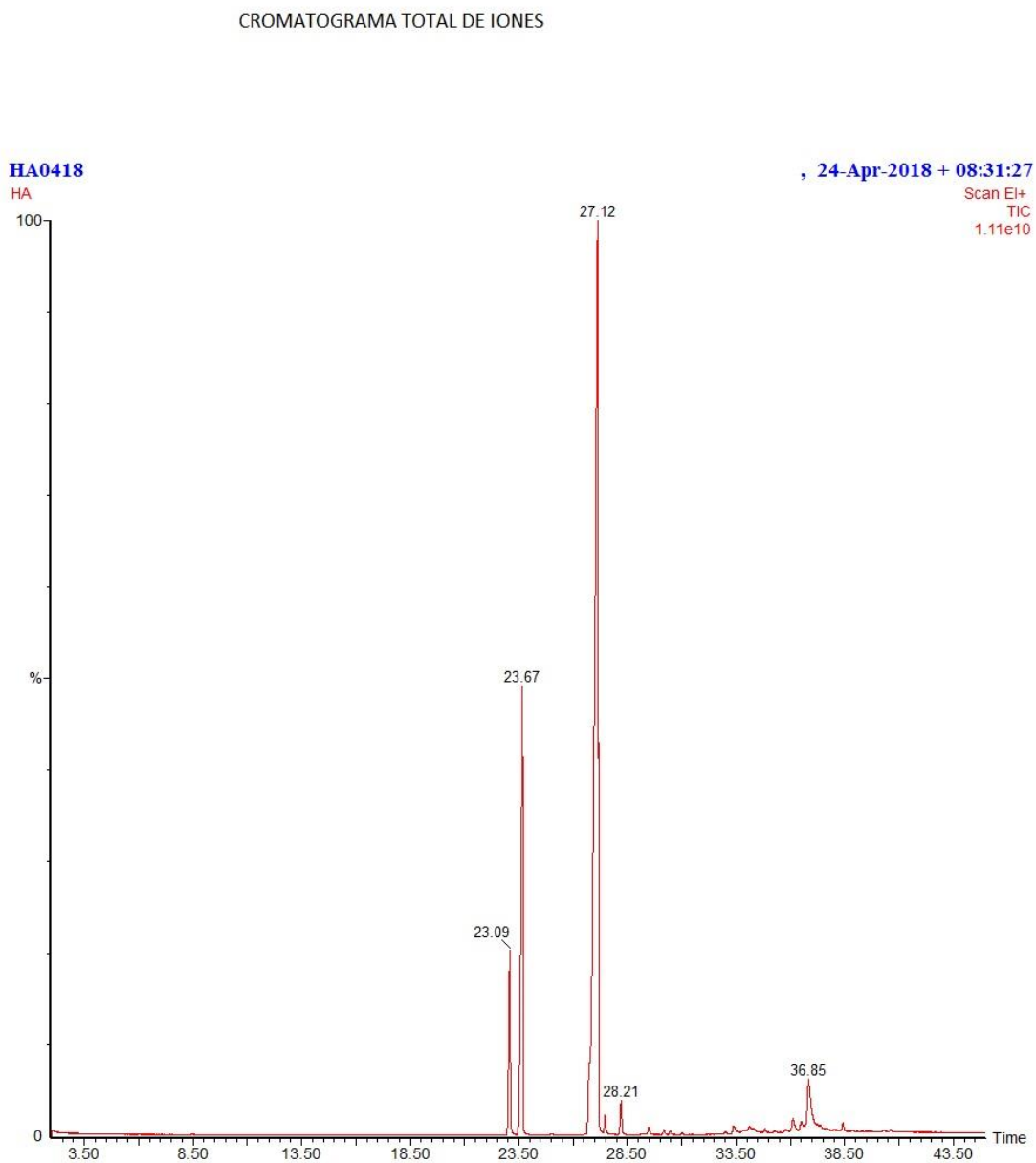
Tabla 64. Índice de refracción del aceite de aguacate, utilizando Éter de Petróleo como solvente en el proceso de lixiviación.

No. Corrida	Índice de refracción
1	1.4654
2	1.4654
3	1.4650

Fuente: elaboración propia en base al anexo D (2018)

9.4 Anexo C. Cromatogramas de análisis de perfil de ácidos grasos.

Ilustración 5. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 1 con hexano.



Obtenida de ChemStation (2018)

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\HA.raw
Acquired: 24-Apr-18 08:31:27 AM
Description: HA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HA0418

Printed: 24-Apr-18 09:22 AM

Page 1 of 11
Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
1	2.934	1	Limonene	453	799	0.0	138-86-3	replib
		2	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, (S)-	486	795	0.0	5989-54-8	replib
		3	2-Propyn-1-amine, N-2-propynyl-	303	787	0.0	6921-28-4	replib
2	2.989	1	Bicyclo[3.2.0]hepta-2,6-diene	365	828	0.0	2422-86-8	mainlib
		2	Cyclobutene, 2-propenylidene-	387	826	0.0	52097-85-5	mainlib
		3	Dimethyl Sulfoxide	72	823	0.0	67-68-5	replib
3	3.464	1	O-Benzyl-L-serine	270	922	0.0	4726-96-9	nist_msms
		2	4,6-Octadiyn-3-one, 2-methyl-	285	918	0.0	29743-33-7	mainlib
		3	(2R,3R)-(-)-2-Benzoyloxy-1,3,4-butanetriol	281	916	0.0	84379-52-2	nist_msms
4	3.864	1	Chloromethyl cyanide	174	920	0.0	107-14-2	replib
		2	Sulfoximine, S-methyl-S-phenyl-	134	688	0.0	4381-25-3	mainlib
		3	N-(4-Bromophenylsulfonyl)-1H-azepine	186	678	0.0	20646-55-3	mainlib
5	4.454	1	Threo-4-methoxy-dl-phenylalanine	532	865	0.0		mainlib
		2	2,6-Piperazinedione, 4-benzoyl-, 2-oxime	150	847	0.0	35975-25-8	mainlib
		3	Benzoyloxymethylimine	345	825	0.0	72399-18-9	mainlib
6	4.504	1	Bicyclo[3.2.0]hepta-2,6-diene	231	869	0.0	2422-86-8	mainlib
		2	Dextroamphetamine	173	805	0.0	51-64-9	nist_msms
		3	Cyclobutene, 2-propenylidene-	237	782	0.0	52097-85-5	mainlib
7	8.476	1	D-Xylulose	98	982	0.0	551-84-8	nist_msms
		2	D-Xylulose	106	954	0.0	551-84-8	nist_msms
		3	10-Chloro-1-decanol	106	952	0.0	51309-10-5	nist_msms
8	13.163	1	L-Saccharopine	48	787	0.0	997-68-2	nist_msms
		2	L-Saccharopine	48	777	0.0	997-68-2	nist_msms
		3	Silane, trimethyl[2-(phenylmethoxy)ethoxy]-	145	773	0.0	31600-50-7	mainlib
9	19.355	1	Glutaric acid	83	908	0.0	110-94-1	nist_msms
		2	Glutaric acid	83	905	0.0	110-94-1	nist_msms
		3	Glutaric acid	83	903	0.0	110-94-1	nist_msms
10	23.087	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	373	962	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	958	958	0.0	56875-67-3	mainlib
		3	Butanimidamide, N-(1-chloro-2-methyl-1-butenyl)-2-	278	948	0.0	40645-73-6	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\HA.raw

Acquired: 24-Apr-18 08:31:27 AM

Printed: 24-Apr-18 09:22 AM

Description: HA0418

GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP

Page 2 of 11

Sample ID: HA0418

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
11	23.667	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	964	971	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	939	954	0.0	6929-04-0	mainlib
		3	Hexadecanoic acid, methyl ester	927	952	0.0	112-39-0	replib
12	24.057	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	175	877	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	5,10-Pentadecadienoic acid, (Z,Z)-	106	867	0.0	64275-69-0	mainlib
		3	Pentanoic acid, 2-(aminooxy)-	156	865	0.0	5699-55-8	mainlib
13	25.002	1	1,11-Dodecadiene	634	936	0.0	5876-87-9	replib
		2	1,10-Undecadiene	614	936	0.0	13688-67-0	mainlib
		3	Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,6-trimethyl-, [1R-(1à,2à,5à)]-	631	922	0.0	4863-59-6	mainlib
14	25.558	1	L(-)-Fucose	133	862	0.0	2438-80-4	nist_msms
		2	Butanimidamide, N-(1-chloro-2-methyl-1-butenyl)-2-methyl-	90	845	0.0	40645-73-6	mainlib
		3	2-Pentanone, 1,3-dimethoxy-3-methyl-	168	838	0.0	56830-17-2	mainlib
15	25.658	1	1-Oxaspiro[2.5]octane, 4,4-dimethyl-8-methylene-	233	814	0.0	54345-56-1	mainlib
		2	(6Z,8Z)-Dodecadienyl acetate	152	772	0.0	97474-97-0	mainlib
		3	1-((4-Methylphenyl)sulfonylamino)-4,5,6,7(1H)-tetrahydrobenzo(d)triazole	200	768	0.0	3400-05-3	mainlib
16	26.548	1	à-Estradiol	383	817	0.0	57-91-0	nist_msms
		2	(-)-Norepinephrine	285	807	0.0	51-41-2	nist_msms
		3	(-)-Norepinephrine	372	803	0.0	51-41-2	nist_msms
17	27.123	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	382	985	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	976	984	0.0	112-62-9	replib
		3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	952	968	0.0	56875-67-3	mainlib
18	27.333	1	3,10-Dioxatricyclo[4.3.1.0(2,4)]dec-7-ene, (1à,2à,4à,6à)-	430	836	0.0	50267-08-8	mainlib
		2	8-Azabicyclo[5,2,0]nonan-9-one	322	825	0.0		mainlib
		3	Cyclohexane, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-, trans-	396	800	0.0	1124-25-0	mainlib
19	27.473	1	Tridecanoic acid, methyl ester	877	954	0.0	1731-88-0	replib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	924	937	0.0	6929-04-0	mainlib
		3	Decanoic acid, methyl ester	887	932	0.0	110-42-9	replib
20	27.774	1	1,5-Cyclooctadiene, (E,Z)-	327	887	0.0	5259-71-2	replib
		2	Cyclobutaneacetonitrile, 1-methyl-2-(1-methylethenyl)-	209	850	0.0	55760-15-1	mainlib

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\HA.raw
Acquired: 24-Apr-18 08:31:27 AM
Description: HA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HA0418

Printed: 24-Apr-18 09:22 AM

Page 4 of 11

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		3	Butanoic acid, 3-oxo-, phenylmethyl ester	199	666	0.0	5396-89-4	replib
31	30.194	1	(<i>n</i>)-Lavandulol	379	951	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	(<i>n</i>)-Lavandulol	389	931	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	(<i>n</i>)-Lavandulol	383	914	0.0	58461-27-1	nist_msms
32	30.480	1	9-Octadecenal	733	928	0.0	5090-41-5	mainlib
		2	8-Chloro-1-octanol	273	925	0.0	23144-52-7	nist_msms
		3	9-Dodecenoic acid, methyl ester, (E)-	772	912	0.0	55030-26-7	mainlib
33	31.010	1	2-Pentanone, 1,3-dimethoxy-3-methyl-	433	931	0.0	56830-17-2	mainlib
		2	Tridecanoic acid, methyl ester	743	896	0.0	1731-88-0	replib
		3	Methyl 6-methyl heptanoate	710	896	0.0	2519-37-1	mainlib
34	31.370	1	Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-methylene-	141	791	0.0	54211-14-2	replib
		2	Bicyclo[5.1.0]octane, 8-methylene-	202	786	0.0	54211-15-3	mainlib
		3	Cyclopropane, 1-ethenyl-2-hexenyl-, [1 α ,2 α (E)]-(<i>n</i>)-	176	784	0.0	22822-99-7	mainlib
35	32.525	1	10-Chloro-1-decanol	283	983	0.0	51309-10-5	nist_msms
		2	10-Chloro-1-decanol	277	964	0.0	51309-10-5	nist_msms
		3	2-Isopropyl-5-methylcyclohexyl 3-(1-(4-chlorophenyl)-3-oxobutyl)-coumarin-4-yl carbonate	322	953	0.0		mainlib
36	32.620	1	(R)-(+)-Citronellic acid	285	867	0.0	18951-85-4	nist_msms
		2	1,1,1-Tris(hydroxymethyl)propane	187	853	0.0	77-99-6	nist_msms
		3	Linalool oxide	313	851	0.0	60047-17-8	nist_msms
37	32.700	1	2,5,5-Trimethyl-2-oxo-1,2,3,-dioxophosphorinane	132	829	0.0		mainlib
		2	Vinyl dimethyl (acetoxymethyl) silane	213	771	0.0	116089-15-7	mainlib
		3	Maltotriose	140	736	0.0	1109-28-0	nist_msms
38	33.011	1	3-Methylglutaric acid	269	891	0.0	626-51-7	nist_msms
		2	3-Methylglutaric acid	265	880	0.0	626-51-7	nist_msms
		3	3-Hydroxycapric acid	259	871	0.0	5561-87-5	nist_msms
39	33.401	1	Carbamic acid, N-aminocarbonylmethyl-, isobutyl(ester)	414	868	0.0	177657-34-0	mainlib
		2	Hexanoic acid	285	804	0.0	142-62-1	nist_msms
		3	1-O-Acetyl-exo-2,3-O-ethylidene- α -D-erythrofuranoose	273	795	0.0	14679-50-6	mainlib
40	33.916	1	Butanimidamide, N-(1-chloro-2-methyl-1-butenyl)-2-methyl-	262	989	0.0	40645-73-6	mainlib
		2	Cyclohexanemethyl propanoate	263	845	0.0	2890-67-7	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\HA.raw
Acquired: 24-Apr-18 08:31:27 AM
Description: HA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HA0418

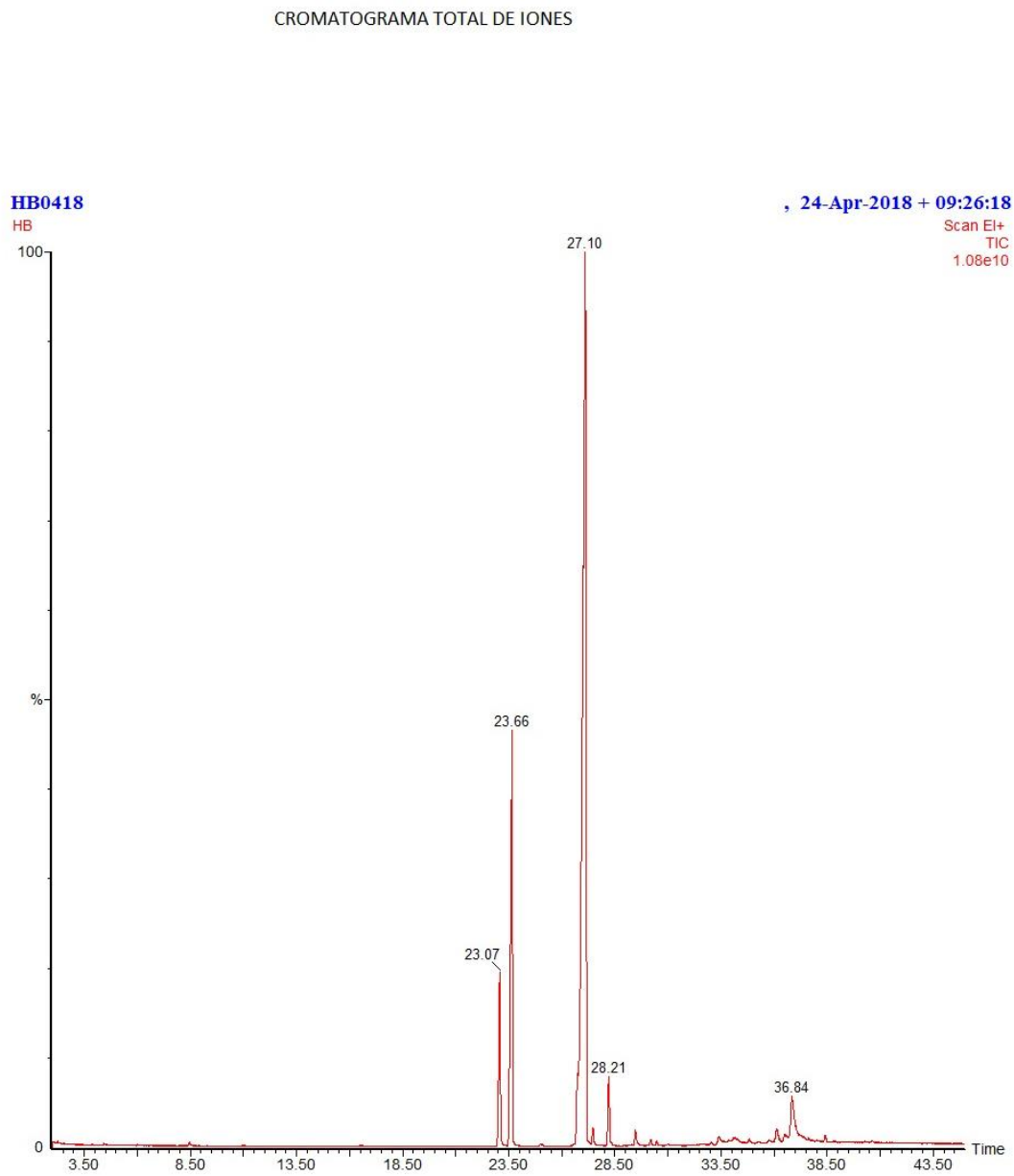
Printed: 24-Apr-18 09:22 AM

Page 6 of 11

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		3	5-Aminolevulinic acid	280	829	0.0	106-60-5	nist_msms
51	35.782	1	Glycerol 1-myristate	323	924	0.0	1330-67-2	nist_msms
		2	Glycerol 1-myristate	358	922	0.0	1330-67-2	nist_msms
		3	Glycerol 1-myristate	372	910	0.0	1330-67-2	nist_msms
52	35.952	1	Azulene, 1,2,3,3a-tetrahydro-	247	806	0.0	33877-87-1	mainlib
		2	Glycerol 1-stearate	171	797	0.0	11099-07-3	nist_msms
		3	1,3,5,7-Cyclooctatetraene-1-propanol	209	785	0.0	54365-73-0	mainlib
53	36.122	1	D-Sphingosine	307	945	0.0	123-78-4	nist_msms
		2	2-Mercaptoethanol	155	933	0.0	60-24-2	nist_msms
		3	6-Heptenoic acid, 3-oxo-, methyl ester	264	932	0.0	30414-57-4	mainlib
54	36.497	1	D-Sphingosine	245	912	0.0	123-78-4	nist_msms
		2	(Z)6,(Z)9-Pentadecadien-1-ol	427	905	0.0	77899-11-7	mainlib
		3	9,15-Octadecadienoic acid, methyl ester, (Z,Z)-	275	899	0.0	17309-05-6	replib
55	36.847	1	9-Octadecenal	842	960	0.0	5090-41-5	mainlib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	408	958	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	D-Sphingosine	468	953	0.0	123-78-4	nist_msms
56	37.392	1	L-Homoserine lactone	262	922	0.0	1192-20-7	nist_msms
		2	L-Homoserine lactone	261	920	0.0	1192-20-7	nist_msms
		3	L-Homoserine lactone	253	891	0.0	1192-20-7	nist_msms
57	37.527	1	L-Sorbose	145	788	0.0	87-79-6	nist_msms
		2	(Z)-4-Decen-1-ol	118	770	0.0	57074-37-0	nist_msms
		3	L(-)-Fucose	194	768	0.0	2438-80-4	nist_msms
58	37.657	1	(f)-Lavandulol	212	984	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	3-Hexyne, 2-methyl-	261	858	0.0	36566-80-0	mainlib
		3	Cyclohexanol, 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-, (1a,3a,4a)-	258	850	0.0	56298-45-4	mainlib
59	37.717	1	Azelaic acid	196	796	0.0	123-99-9	nist_msms
		2	Azelaic acid	194	787	0.0	123-99-9	nist_msms
		3	(3R,2E)-2-(Hexadec-15-ynylidene)-3-hydroxy-4-methylenebutanolide	280	768	0.0	71339-49-6	mainlib
60	37.757	1	3-Methylglutaric acid	181	826	0.0	626-51-7	nist_msms

Ilustración 6. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 2 con hexano.



Obtenida de ChemStation (2018)

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\HB.raw
Acquired: 24-Apr-18 09:26:18 AM
Description: HB0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uv.g.mth MS: acidos grasos uv.g.EXP
Sample ID: HB0418

Printed: 24-Apr-18 11:11 AM

Page 3 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
21	19.325	1	Decanoic acid, 2-methyl-	318	885	0.0	24323-23-7	mainlib
		2	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	283	878	0.0	62891-05-8	mainlib
		3	2-Methylheptanoic acid	287	855	0.0	1188-02-9	mainlib
22	23.072	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	383	962	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	960	960	0.0	56875-67-3	mainlib
		3	Butanimidamide, N-(1-chloro-2-methyl-1-butenyl)-2-methyl-	288	948	0.0	40845-73-6	mainlib
23	23.662	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	969	972	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Hexadecanoic acid, methyl ester	938	959	0.0	112-39-0	replib
		3	Tridecanoic acid, methyl ester	897	956	0.0	1731-88-0	replib
24	24.588	1	Gentisic acid	265	922	0.0	490-79-9	nist_msms
		2	Benzoic acid, 4-chloro-2-[(2-furanyl(methyl)amino)-	277	844	0.0	74793-12-7	mainlib
		3	Cyclohexene, 4-bromo-	249	830	0.0	3540-84-9	mainlib
25	24.983	1	1-Hexadecyne	682	925	0.0	629-74-3	replib
		2	1-Tridecyne	666	917	0.0	26186-02-7	replib
		3	(n)-Lavandulol	454	916	0.0	58461-27-1	nist_msms
26	25.078	1	Benzoic acid, 4-chloro-2-[(2-furanyl(methyl)amino)-	394	882	0.0	74793-12-7	mainlib
		2	Furosemide	366	855	0.0	54-31-9	nist_msms
		3	Methyl 8-(2-furyl)octanoate	499	850	0.0	38199-50-7	mainlib
27	26.543	1	(-)-Norepinephrine	290	854	0.0	51-41-2	nist_msms
		2	(-)-Norepinephrine	376	828	0.0	51-41-2	nist_msms
		3	:3n-valeryl-4,5-dihydrophthalide	268	826	0.0		mainlib
28	27.104	1	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	981	987	0.0	112-62-9	replib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	381	986	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	952	969	0.0	56875-67-3	mainlib
29	27.329	1	D-(+)-Mannose	213	762	0.0	3458-28-4	nist_msms
		2	3-Methylxanthine	242	727	0.0	1076-22-8	nist_msms
		3	2-Deoxy-D-ribose	182	717	0.0	533-67-5	nist_msms
30	27.474	1	Tridecanoic acid, methyl ester	894	943	0.0	1731-88-0	replib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	928	941	0.0	6929-04-0	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\HB.raw
Acquired: 24-Apr-18 09:26:18 AM
Description: HB0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uv.g.mth MS: acidos grasos uv.g.EXP
Sample ID: HB0418

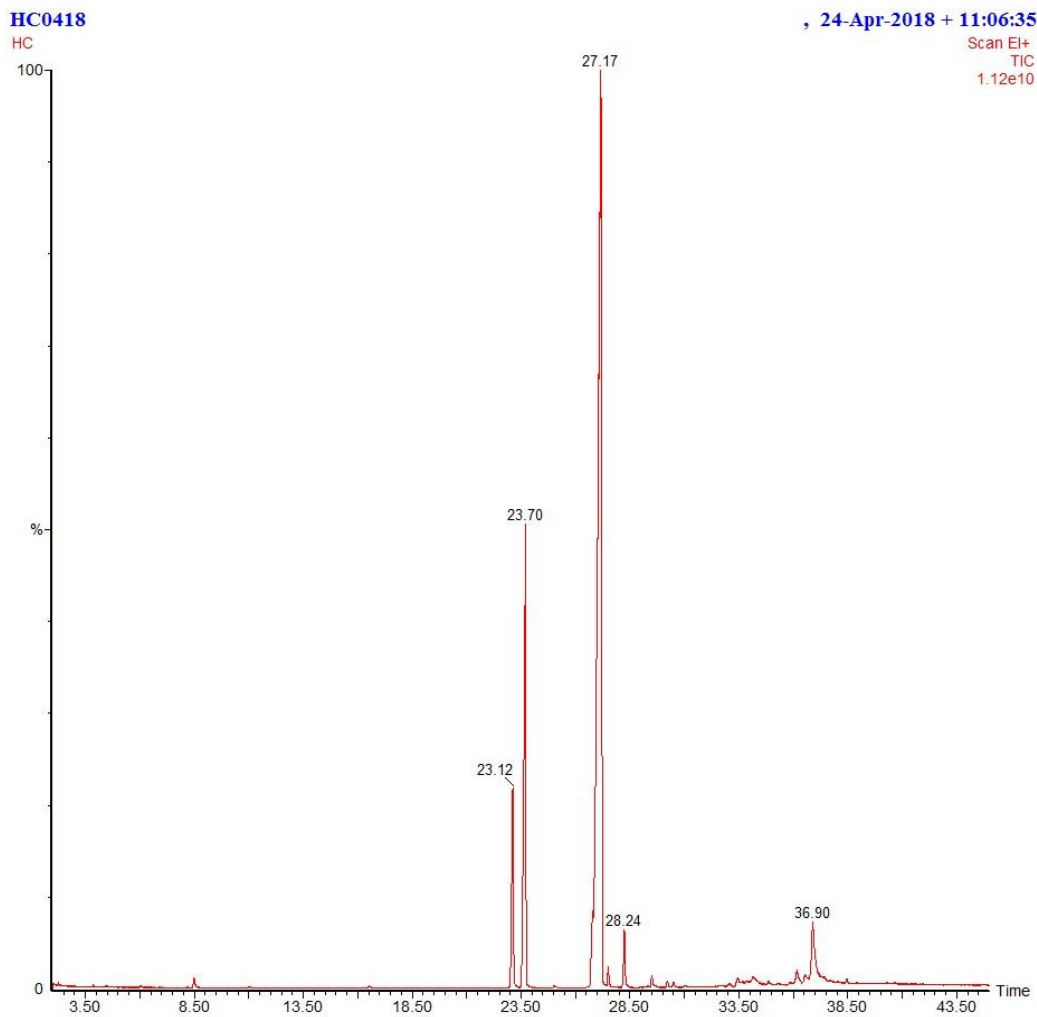
Printed: 24-Apr-18 11:11 AM

Page 5 of 10
Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		2	N,N-Dimethylformamide	124	827	0.0	68-12-2	nist_msms
		3	s-Tetrazine, 3,6-bis(dimethylamino)-	139	819	0.0	877-77-0	mainlib
42	32.156	1	4-Propionyloxypiperidine	188	789	0.0		mainlib
		2	9-Azabicyclo[3.3.1]nonane-2,6-diol, 9-methyl-, (endo,endo)-	164	763	0.0	49656-40-8	mainlib
		3	Decanenitrile	295	740	0.0	1975-78-6	replib
43	32.386	1	Dodecanedioic acid	377	831	0.0	693-23-2	nist_msms
		2	cis-3-Nonen-1-ol	327	822	0.0	10340-23-5	nist_msms
		3	Oleoyl-L- α -lysophosphatidic acid	443	821	0.0	22556-62-3	nist_msms
44	32.561	1	cis-3-Nonen-1-ol	420	851	0.0	10340-23-5	nist_msms
		2	(R)-(+)-Citronellic acid	462	847	0.0	18951-85-4	nist_msms
		3	cis-3-Nonen-1-ol	401	847	0.0	10340-23-5	nist_msms
45	32.701	1	2-Methylglutaric acid	187	954	0.0	18069-17-5	nist_msms
		2	2-Methylglutaric acid	195	949	0.0	18069-17-5	nist_msms
		3	Adipic acid	189	906	0.0	124-04-9	nist_msms
46	32.811	1	2-Decanol	159	818	0.0	1120-06-5	nist_msms
		2	2-Decanol	158	814	0.0	1120-06-5	nist_msms
		3	Dodecylamine	157	807	0.0	124-22-1	nist_msms
47	32.856	1	Glycerol 1-stearate	158	822	0.0	11099-07-3	nist_msms
		2	(<i>n</i>)-Lavandulol	154	819	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	(<i>n</i>)-Lavandulol	185	801	0.0	58461-27-1	nist_msms
48	33.026	1	2-Mercaptoethanol	175	902	0.0	60-24-2	nist_msms
		2	2-Mercaptoethanol	169	870	0.0	60-24-2	nist_msms
		3	9-Azabicyclo[6.1.0]nonane, 9,9'-azobis-, [1 α ,8 α ,9[E(1'R*,8'S*)]]-	267	862	0.0	66387-81-3	mainlib
49	33.396	1	Carbamic acid, N-aminocarbonylmethyl-, isobutyl(ester)	358	796	0.0	177657-34-0	mainlib
		2	Hexanoic acid	303	782	0.0	142-62-1	nist_msms
		3	1-O-Acetyl-exo-2,3-O-ethylidene- α -D-erythrofuranose	260	771	0.0	14679-50-6	mainlib
50	33.856	1	1,1'-Bicyclopropyl	248	901	0.0	5685-46-1	replib
		2	Bicyclo[3.1.0]hexane	261	835	0.0	285-58-5	replib
		3	Cyclohexene	265	829	0.0	110-83-8	mainlib

Ilustración 7. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 3 con hexano.

CROMATOGRAMA TOTAL DE IONES



Obtenida de ChemStation (2018)

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\HC.raw
Acquired: 24-Apr-18 11:06:35 AM
Description: HC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HC0418

Printed: 24-Apr-18 11:54 AM

Page 3 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
21	5.610	1	Benzaldehyde, 2-nitro-, phenylhydrazone	117	707	0.0	610-64-0	mainlib
		2	Pyridine, 2-(bromomethyl)-	143	701	0.0	55401-97-3	mainlib
		3	Sulfoximine, S-methyl-S-phenyl-	125	661	0.0	4381-25-3	mainlib
22	5.675	1	Tolbutamide	131	817	0.0	64-77-7	nist_msms
		2	Tolbutamide	124	799	0.0	64-77-7	nist_msms
		3	Tolbutamide	127	791	0.0	64-77-7	nist_msms
23	5.725	1	(+)-Methamphetamine	366	879	0.0	537-46-2	nist_msms
		2	(-)-Deoxyephedrine	362	871	0.0	33817-09-3	nist_msms
		3	4,6-Octadiyn-3-one, 2-methyl-	366	869	0.0	29743-33-7	mainlib
24	5.830	1	Roxarson	162	762	0.0	121-19-7	nist_msms
		2	Roxarson	175	757	0.0	121-19-7	nist_msms
		3	Roxarson	157	724	0.0	121-19-7	nist_msms
25	5.885	1	2-Methoxybenzoic acid	75	864	0.0	579-75-9	nist_msms
		2	2-Methoxybenzoic acid	65	746	0.0	579-75-9	nist_msms
		3	Benzene, 1-azido-3-nitro-	133	726	0.0	1516-59-2	mainlib
26	6.035	1	Octanal dimethyl acetal	755	931	0.0	10022-28-3	replib
		2	Acetohydroxamic acid	569	898	0.0	546-88-3	replib
		3	Nonanal dimethyl acetal	693	877	0.0	18824-63-0	replib
27	8.491	1	Nonanal dimethyl acetal	900	950	0.0	18824-63-0	replib
		2	Decanal dimethyl acetal	910	922	0.0	7779-41-1	replib
		3	Nonanal dimethyl acetal	910	913	0.0	18824-63-0	mainlib
28	11.037	1	Dodecanedioic acid	154	938	0.0	693-23-2	nist_msms
		2	Decanal dimethyl acetal	796	921	0.0	7779-41-1	replib
		3	3-Hydroxydodecanoic acid	154	905	0.0	53941-38-1	nist_msms
29	16.529	1	Dodecane, 1,1-dimethoxy-	839	902	0.0	14620-52-1	mainlib
		2	Hexadecane, 1,1-dimethoxy-	803	882	0.0	2791-29-9	mainlib
		3	2-Octanol, 8,8-dimethoxy-	813	874	0.0	312305-55-8	mainlib
30	16.659	1	2,7-Octadiene-1,6-diol, 2,6-dimethyl-, (Z)-	153	756	0.0	103619-06-3	mainlib
		2	3-Pentanethiol	277	683	0.0	616-31-9	replib
		3	Undecanal dimethyl acetal	296	677	0.0	52517-67-6	mainlib
31	19.365	1	Decanoic acid, 2-methyl-	525	923	0.0	24323-23-7	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\HC.raw
Acquired: 24-Apr-18 11:06:35 AM
Description: HC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HC0418

Printed: 24-Apr-18 11:54 AM

Page 4 of 10

Vial Number: 0

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		2	Dodecanoic acid, 2-methyl-	506	906	0.0	2874-74-0	mainlib
		3	2-Methylheptanoic acid	489	902	0.0	1188-02-9	mainlib
32	23.122	1	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	967	967	0.0	56875-67-3	mainlib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	373	964	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	Butanimidamide, N-(1-chloro-2-methyl-1-butenyl)-2-methyl-	283	951	0.0	40645-73-6	mainlib
33	23.697	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	961	964	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Hexadecanoic acid, methyl ester	937	958	0.0	112-39-0	replib
		3	Hexadecanoic acid, methyl ester	946	951	0.0	112-39-0	replib
34	23.997	1	1-Formyl-2,2-dimethyl-3-trans-(3-methyl-but-2-enyl)-6-methylidene-cyclohexane	173	787	0.0		mainlib
		2	1-Methylene-2b-hydroxymethyl-3,3-dimethyl-4b-(3-methylbut-2-enyl)-cyclohexane	175	781	0.0		mainlib
		3	1-Formyl-2,2,6-trimethyl-3-cis-(3-methylbut-2-enyl)-5-cyclohexene	170	788	0.0		mainlib
35	25.032	1	(n)-Lavandulol	461	929	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	1-Hexadecyne	684	906	0.0	629-74-3	replib
		3	1-Tridecyne	673	904	0.0	26186-02-7	replib
36	26.568	1	2-Hydroxyphenylacetic acid	273	890	0.0	614-75-5	nist_msms
		2	L-Histidinol	235	883	0.0	4836-52-6	nist_msms
		3	L-Histidinol	124	842	0.0	4836-52-6	nist_msms
37	27.168	1	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	985	991	0.0	112-62-9	replib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	388	985	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	969	973	0.0	112-62-9	replib
38	27.503	1	Tridecanoic acid, methyl ester	907	960	0.0	1731-88-0	replib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	937	948	0.0	6929-04-0	mainlib
		3	Decanoic acid, methyl ester	915	947	0.0	110-42-9	replib
39	28.244	1	(n)-Lavandulol	600	922	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	(n)-Lavandulol	531	914	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	L-Histidinol	413	912	0.0	4836-52-6	nist_msms
40	29.174	1	2-Mercaptoethanol	198	850	0.0	60-24-2	nist_msms
		2	Vinyl dimethyl(acetoxymethyl)silane	304	830	0.0	116089-15-7	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\HC.raw
Acquired: 24-Apr-18 11:06:35 AM
Description: HC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: HC0418

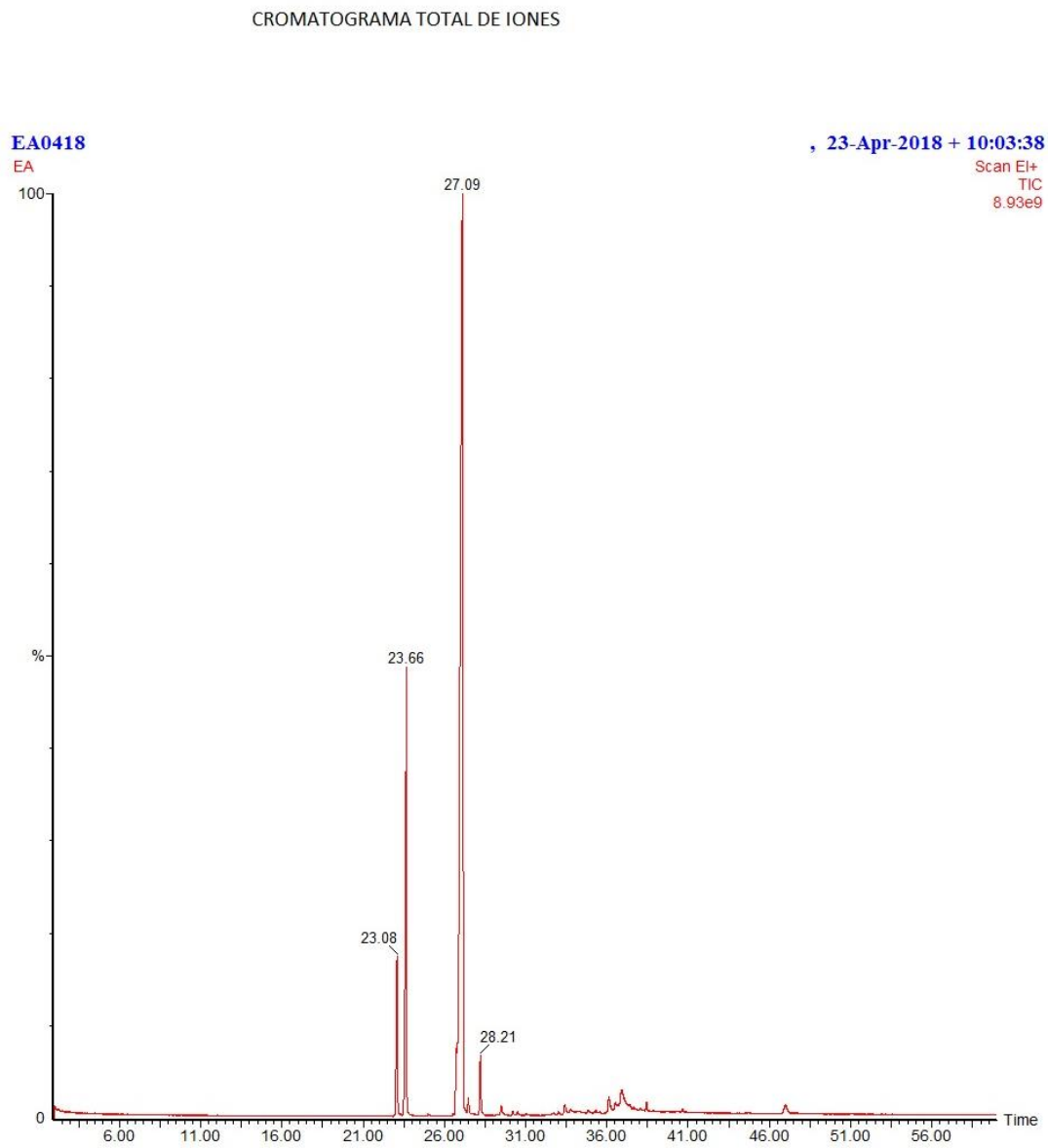
Printed: 24-Apr-18 11:54 AM

Page 7 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		3	6-Azabicyclo[3,2,0]heptan-7-one	191	889	0.0		mainlib
62	35.391	1	5,5-Dimethyl-1,3-dioxane-2-ethanol	255	863	0.0	116141-68-5	nist_msms
		2	8-Chloro-1-octanol	291	858	0.0	23144-52-7	nist_msms
		3	8-Chloro-1-octanol	284	854	0.0	23144-52-7	nist_msms
63	35.551	1	1-Octen-3-ol	206	959	0.0	3391-86-4	nist_msms
		2	1-Cyclohexylethanol	217	944	0.0	1193-81-3	nist_msms
		3	2-Ethylcyclohexanol	228	942	0.0	3760-20-1	nist_msms
64	35.872	1	Z-2-Dodecenol	352	930	0.0	69064-36-4	mainlib
		2	9,15-Octadecadienoic acid, methyl ester, (Z,Z)-	301	900	0.0	17309-05-6	replib
		3	Cyclohexanemethyl propanoate	243	898	0.0	2890-67-7	mainlib
65	35.907	1	8-Chloro-1-octanol	313	841	0.0	23144-52-7	nist_msms
		2	8-Chloro-1-octanol	312	839	0.0	23144-52-7	nist_msms
		3	8-Chloro-1-octanol	308	822	0.0	23144-52-7	nist_msms
66	36.162	1	cis,cis-7,10,-Hexadecadienal	464	917	0.0	56829-23-3	mainlib
		2	10-Undecenal	468	913	0.0	112-45-8	replib
		3	9,15-Octadecadienoic acid, methyl ester, (Z,Z)-	275	912	0.0	17309-05-6	replib
67	36.552	1	(R)-Lavandulol	151	972	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	(Z)6,(Z)9-Pentadecadien-1-ol	445	936	0.0	77899-11-7	mainlib
		3	9,15-Octadecadienoic acid, methyl ester, (Z,Z)-	304	932	0.0	17309-05-6	replib
68	36.687	1	O,O-Diethyl thiophosphate	112	892	0.0	2465-65-8	nist_msms
		2	Phosphonic acid, methyl-, monoethyl ester	162	788	0.0	1832-53-7	mainlib
		3	O,O-Diethyl thiophosphate	115	778	0.0	2465-65-8	nist_msms
69	36.897	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	391	961	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	9-Octadecenal	835	957	0.0	5090-41-5	mainlib
		3	D-Sphingosine	462	954	0.0	123-78-4	nist_msms
70	37.437	1	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	375	899	0.0	62691-05-8	mainlib
		2	Tetradecanoic acid, 10,13-dimethyl-, methyl ester	314	868	0.0	267650-23-7	mainlib
		3	Heptacosanoic acid, 25-methyl-, methyl ester	400	866	0.0		mainlib
71	37.677	1	5,10-Pentadecadienal, (E,E)-	249	819	0.0	64275-42-9	mainlib

Ilustración 8. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 1 con éter de petróleo.



Obtenida de ChemStation (2018)

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\EA.raw
Acquired: 23-Apr-18 10:03:38 AM
Description: EA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 283.04001TAcornasustoxFenciclidina

Printed: 23-Apr-18 11:26 AM

Page 6 of 11

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
51	14.904	1	Propanedioic acid, (phenylhydrazono)-	111	861	0.0	40885-82-3	mainlib
		2	3-Oxazolidinecarboxylic acid, 2-(1,1-dimethylethyl)-4-[4-hydroxyphenylmethyl]-5-oxo-, phenylmethyl ester, (2S,4R,4'S)-	129	826	0.0		mainlib
		3	Tricyclo[4.1.0.0(2,4)]heptane, 5-(phenylthio)-, (1a,2a,4a,5a,6a)-	110	789	0.0	71055-11-3	mainlib
52	14.989	1	Benzaldehyde, 4-benzyloxy-, thiosemicarbazone	161	835	0.0	101091-29-6	mainlib
		2	Benzenepropanoic acid, a-(aminooxy)-	128	833	0.0	5619-43-2	mainlib
		3	3-Benzyl-4-bromo-1,2,3-triazole 1-oxide	139	806	0.0		mainlib
53	15.074	1	(S)-(-)-2-Chloropropionic acid	65	765	0.0	29617-66-1	mainlib
		2	1-Bromo-4-(2-methylamino-4-nitrophenoxy)-butane	51	709	0.0	107954-02-9	mainlib
		3	2-Propenamide	35	705	0.0	79-06-1	replib
54	15.234	1	N-Acetyl-L-aspartic acid	52	801	0.0	997-55-7	nist_msms
		2	N-Acetyl-L-aspartic acid	52	796	0.0	997-55-7	nist_msms
		3	N-Acetyl-L-aspartic acid	49	758	0.0	997-55-7	nist_msms
55	23.082	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	374	953	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	9-Octadecenal	747	944	0.0	5090-41-5	mainlib
		3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	940	940	0.0	56875-67-3	mainlib
56	23.657	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	955	961	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Tridecanoic acid, methyl ester	897	952	0.0	1731-88-0	replib
		3	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	935	950	0.0	6929-04-0	mainlib
57	24.998	1	Z-4-Dodecenol	484	949	0.0	40642-37-3	mainlib
		2	1,14-Tetradecanediol	533	918	0.0	19812-64-7	mainlib
		3	1-Hexadecyne	566	914	0.0	629-74-3	replib
58	26.538	1	(-)-Norepinephrine	358	864	0.0	51-41-2	nist_msms
		2	Spiro[4.4]nonane, 1-methylene-	586	857	0.0	19144-06-0	mainlib
		3	(-)-Norepinephrine	271	852	0.0	51-41-2	nist_msms
59	27.094	1	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	982	990	0.0	112-62-9	replib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	392	983	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	970	973	0.0	112-62-9	replib
60	27.469	1	Tridecanoic acid, methyl ester	840	934	0.0	1731-88-0	replib
		2	Decanoic acid, methyl ester	863	927	0.0	110-42-9	replib
		3	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	889	916	0.0	6929-04-0	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\EA.raw
Acquired: 23-Apr-18 10:03:38 AM
Description: EA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvj.mth MS: acidos grasos uvj.EXP
Sample ID: 263.04001TAorinasustoxFenciclidina

Printed: 23-Apr-18 11:26 AM

Page 7 of 11

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
61	28.214	1	4-Cyclopropylnorcarane	534	922	0.0		mainlib
		2	(<i>n</i>)-Lavandulol	495	914	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	Cyclododecyne	862	909	0.0	1129-90-4	mainlib
62	29.339	1	Pentyl glycolate	173	959	0.0	5426-43-7	mainlib
		2	(R)-(+)-Citronellic acid	144	824	0.0	18951-85-4	nist_msms
		3	Tricyclo[4.1.1.0(2,5)]octane	123	806	0.0	70970-60-4	mainlib
63	29.490	1	(<i>n</i>)-Lavandulol	244	975	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane	302	950	0.0	279-49-2	nist_msms
		3	7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane	298	939	0.0	279-49-2	nist_msms
64	30.195	1	(<i>n</i>)-Lavandulol	368	964	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane	242	955	0.0	279-49-2	nist_msms
		3	7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane	242	952	0.0	279-49-2	nist_msms
65	30.500	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	384	933	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	9-Octadecenal	702	923	0.0	5090-41-5	mainlib
		3	Dodecanedioic acid	373	912	0.0	693-23-2	nist_msms
66	31.035	1	Tetradecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester, (S)-	450	914	0.0	62691-05-8	mainlib
		2	Tridecanoic acid, methyl ester	637	903	0.0	1731-88-0	replib
		3	Methyl tetradecanoate	631	890	0.0	124-10-7	replib
67	32.721	1	p-Fluoro-L-phenylalanine	295	726	0.0	1132-68-9	nist_msms
		2	2,5-Diisopropyl-1,3,2-dithiabornane	316	711	0.0	110523-69-8	mainlib
		3	15(S)-Hydroxy-(5Z,8Z,11Z,13E)-eicosatetraenoic acid	174	711	0.0	54845-95-3	nist_msms
68	33.026	1	1'-Acetyl-2'-(1,2-dihydroquinoxalin-2-yl)-1',2'-dihydroquinoline	317	747	0.0	95234-58-5	mainlib
		2	Cyclobutanecarboxylic acid, undec-10-enyl ester	304	745	0.0		mainlib
		3	3-n-Butylthiane	306	733	0.0	18437-87-1	replib
69	33.401	1	Carbamic acid, N-aminocarbonylmethyl-, isobutyl(ester)	369	834	0.0	177657-34-0	mainlib
		2	1,3-Oxathiane, 2-tert-butyl-2,6-dimethyl-, stereoisomer	353	816	0.0	30032-13-4	mainlib
		3	Benzene, 2-isocyano-1,3-dimethyl-	250	777	0.0	2769-71-3	mainlib
70	33.761	1	Neopentane-1,1-diol diacetate	152	820	0.0	64847-79-6	mainlib
		2	Benzene, 1-isocyano-3-methyl-	240	818	0.0	20600-54-8	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\EA.raw
Acquired: 23-Apr-18 10:03:38 AM
Description: EA0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 263.04001TAorinasustoxFenciclidina

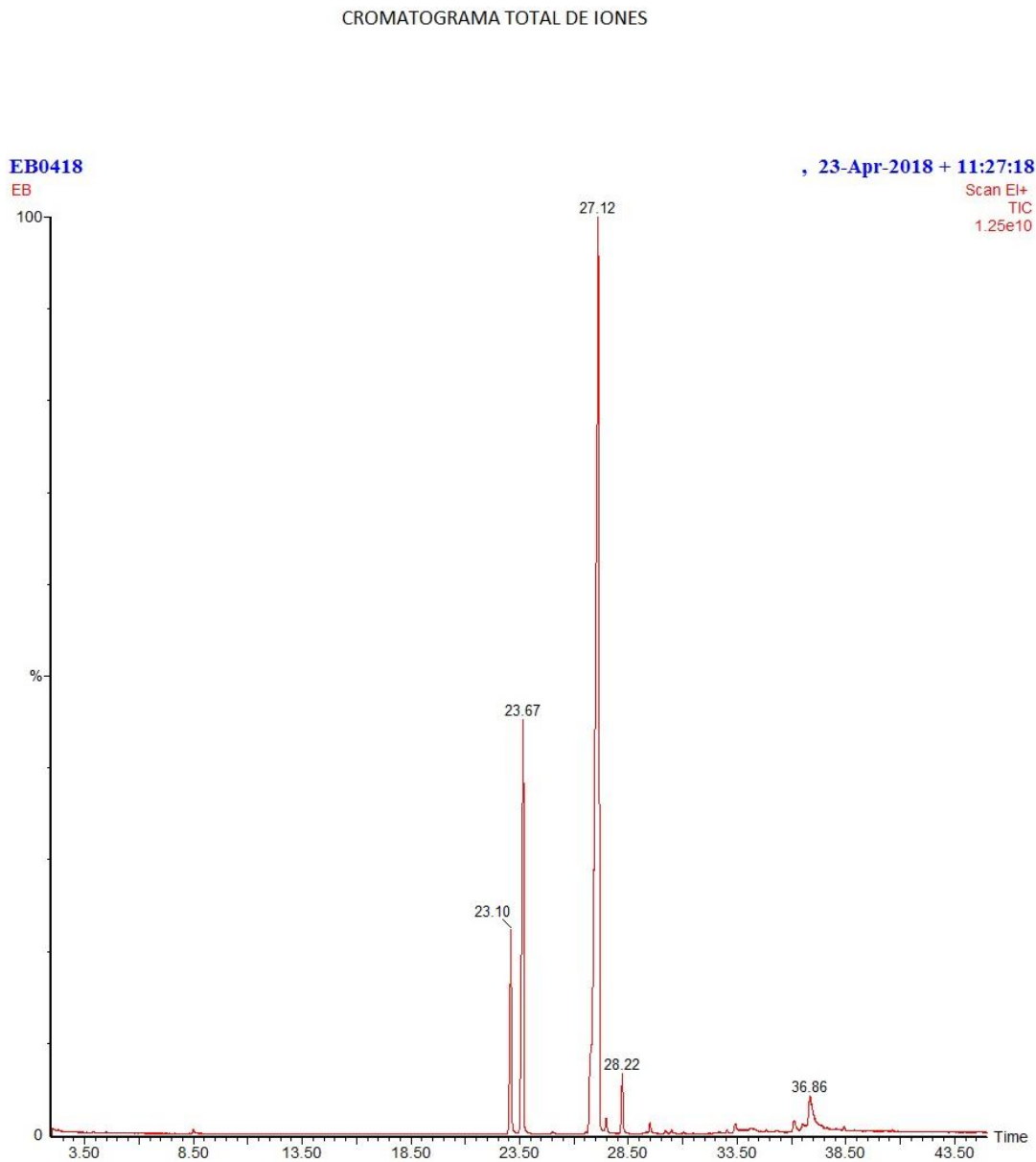
Printed: 23-Apr-18 11:28 AM

Page 8 of 11

Vial Number: 0

PK #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
71	33.821	1	Aldicarb	151	855	0.0	116-06-3	nist_msms
		2	Hydrazine, 1-(1-methylethyl)-2-propyl-	231	783	0.0	3711-28-2	mainlib
		3	Hydrazine, 1,2-bis(1-methylethyl)-	185	741	0.0	3711-34-0	mainlib
72	33.921	1	5,10-Pentadecadienal, (E,Z)-	123	908	0.0	64275-54-3	mainlib
		2	5,10-Pentadecadienal, (Z,E)-	123	907	0.0	64275-58-7	mainlib
		3	5,10-Pentadecadienal, (E,E)-	138	883	0.0	64275-42-9	mainlib
73	34.006	1	Sulfoxide, methyl phenethyl	103	836	0.0	7714-32-1	mainlib
		2	Hexanoic acid	186	794	0.0	142-62-1	nist_msms
		3	Hexanoic acid	187	776	0.0	142-62-1	nist_msms
74	34.206	1	3-Hydroxydodecanoic acid	357	849	0.0	53941-38-1	nist_msms
		2	Dodecanedioic acid	315	843	0.0	693-23-2	nist_msms
		3	3-Hydroxydodecanoic acid	369	840	0.0	53941-38-1	nist_msms
75	34.316	1	Isopropylcyclobutane	179	894	0.0	872-56-0	replib
		2	Butane, 2-cyclopropyl-	175	873	0.0	5750-02-7	mainlib
		3	1-Hexanol, 4-methyl-	161	873	0.0	818-49-5	mainlib
76	34.391	1	Monomyristin	160	825	0.0	589-68-4	nist_msms
		2	D-(+)-Mannose	106	722	0.0	3458-28-4	nist_msms
		3	(Z)-4-Decen-1-ol	109	701	0.0	57074-37-0	nist_msms
77	34.852	1	(-)-Isolongifolol	385	948	0.0	1139-17-9	nist_msms
		2	(-)-Isolongifolol	356	916	0.0	1139-17-9	nist_msms
		3	(-)-Isolongifolol	355	910	0.0	1139-17-9	nist_msms
78	35.307	1	Tricyclo[4.1.1.0(2,5)]octane	198	887	0.0	70970-60-4	mainlib
		2	1,5-Cyclooctadiene, (E,Z)-	248	886	0.0	5259-71-2	replib
		3	Gabapentin	197	860	0.0	60142-96-3	nist_msms
79	35.527	1	Methyl 3-butynoate	112	862	0.0	32804-66-3	mainlib
		2	1,5-Cyclooctadiene, (E,Z)-	171	845	0.0	5259-71-2	replib
		3	Tricyclo[4.1.1.0(2,5)]octane	152	825	0.0	70970-60-4	mainlib
80	35.557	1	2-Hydroxy-5-ethyl-5-methylcyclopent-2-en-1-one	111	827	0.0	53263-57-3	mainlib
		2	2-Hydroxy-3,5-diethyl-5-methylcyclopent-2-en-1-one	109	774	0.0	53263-59-5	mainlib

Ilustración 9. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 2 con éter de petróleo.



Obtenida de ChemStation (2018)

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCS.PRO\Data\EB.raw
Acquired: 23-Apr-18 11:27:18 AM
Description: EB0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 263.04002TAcornasustoxFencicldina

Printed: 24-Apr-18 07:30 AM

Page 4 of 10
Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		2	O-(Carbomethoxy)salicylic acid	92	680	0.0	14216-34-3	nist_msms
		3	O-(Carbomethoxy)salicylic acid	91	678	0.0	14216-34-3	nist_msms
32	6.860	1	3-Methyl-2-nitrobenzyl alcohol	148	846	0.0	80866-76-8	nist_msms
		2	3-Methyl-2-nitrobenzyl alcohol	145	838	0.0	80866-76-8	nist_msms
		3	3-Methyl-2-nitrobenzyl alcohol	145	838	0.0	80866-76-8	nist_msms
33	6.925	1	̂-Cyano-L-alanine	62	905	0.0	6232-19-5	nist_msms
		2	Pyridine, 2-(1H-tetrazol-5-yl)-	139	816	0.0	33893-89-9	mainlib
		3	Fluoroform	58	763	0.0	75-46-7	mainlib
34	8.486	1	Nonanal dimethyl acetal	865	942	0.0	18824-63-0	replib
		2	Undecanal dimethyl acetal	869	900	0.0	52517-67-6	mainlib
		3	10-Chloro-1-decanol	195	884	0.0	51309-10-5	nist_msms
35	11.057	1	Benzene, (2-cyclohexylethyl)-	148	883	0.0	1603-61-8	replib
		2	1-Phenyl-5-methylheptane	126	820	0.0	103240-92-2	mainlib
		3	Benzeneethanol, ̂-hexyl-	123	781	0.0	19396-72-6	mainlib
36	16.599	1	1-Cyclopentenecarboxylic acid, 3-hydroxy-5-(1-hydroxy-2,2-dimethoxyethyl)-, methyl ester, (1'S, 3R,5R)-(+,-)-	601	876	0.0		mainlib
		2	Hexadecane, 1,1-dimethoxy-	656	872	0.0	2791-29-9	mainlib
		3	Undecanal dimethyl acetal	683	860	0.0	52517-67-6	mainlib
37	16.654	1	Hexadecane, 1,1-dimethoxy-	335	834	0.0	2791-29-9	mainlib
		2	2-Heptanone, 5-methyl-	129	831	0.0	18217-12-4	replib
		3	Octanal dimethyl acetal	275	782	0.0	10022-28-3	replib
38	16.809	1	Methoxyacetic acid	78	953	0.0	625-45-6	nist_msms
		2	Dihydro-cis-̂-copaene-8-ol	84	810	0.0	58569-27-0	mainlib
		3	Dodecane, 1,1-dimethoxy-	170	752	0.0	14620-52-1	replib
39	23.097	1	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	969	969	0.0	56875-67-3	mainlib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	381	965	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	948	952	0.0	112-62-9	replib
40	23.667	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	969	974	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	946	959	0.0	6929-04-0	mainlib
		3	Hexadecanoic acid, methyl ester	936	958	0.0	112-39-0	replib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\EB.raw
Acquired: 23-Apr-18 11:27:18 AM
Description: EB0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: 263.04002TAorinasustoxFenciclidina

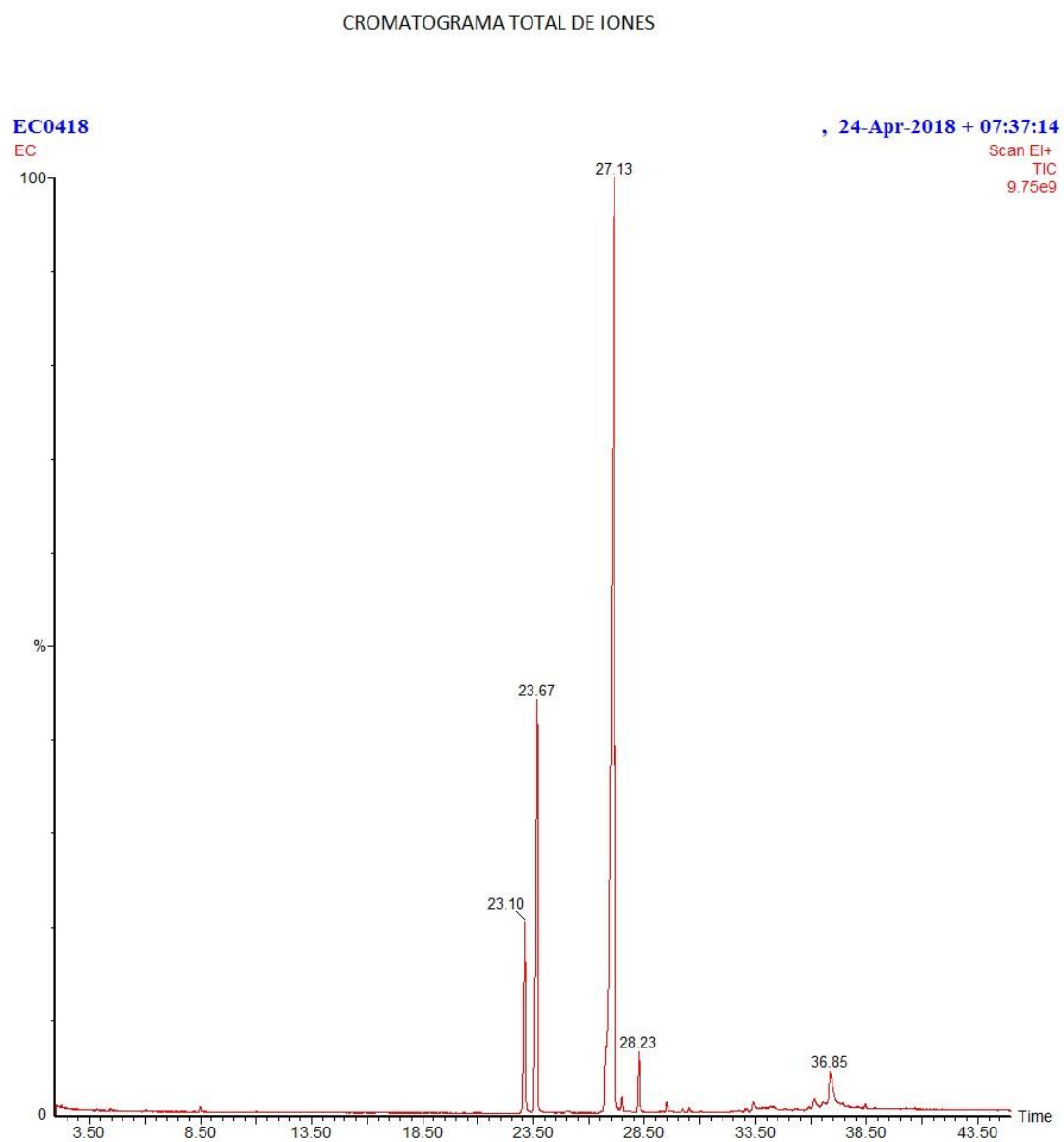
Printed: 24-Apr-18 07:30 AM

Page 5 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		2	L-Histidinol	424	948	0.0	4836-52-6	nist_msms
		3	L-Histidinol	400	939	0.0	4836-52-6	nist_msms
42	24.643	1	Homovanillic acid	169	851	0.0	306-08-1	nist_msms
		2	Thiosalicylic acid	76	819	0.0	147-93-3	nist_msms
		3	3-Methoxyamphetamine	153	799	0.0	17862-85-0	replib
43	25.013	1	1,13-Tetradecadiene	665	911	0.0	21964-49-8	replib
		2	1,11-Dodecadiene	643	908	0.0	5876-87-9	replib
		3	Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,6-trimethyl-, [1R-(1à,2à,5à)]-	690	904	0.0	4863-59-6	mainlib
44	26.558	1	:3n-valeryl-4,5-dihydrophthalide	277	821	0.0		mainlib
		2	Bicyclo[3.2.2]non-8-en-6-ol, (1R,5-cis,6-cis)-	582	812	0.0		mainlib
		3	(-)-Norepinephrine	280	796	0.0	51-41-2	nist_msms
45	27.119	1	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	983	988	0.0	112-62-9	replib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	390	985	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	958	973	0.0	56875-67-3	mainlib
46	27.479	1	Tridecanoic acid, methyl ester	901	948	0.0	1731-88-0	replib
		2	Decanoic acid, 2-methyl-	861	945	0.0	24323-23-7	mainlib
		3	Decanoic acid, methyl ester	910	932	0.0	110-42-9	replib
47	27.779	1	Norbornane, 2-isobutyl-	396	849	0.0	18127-14-5	replib
		2	1-Methylcycloheptene	491	837	0.0	55308-20-8	replib
		3	1,2-Dipropylcyclopropene	505	822	0.0	10306-92-0	mainlib
48	28.219	1	(ñ)-Lavandulol	597	923	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	(ñ)-Lavandulol	534	917	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	Borneol	441	916	0.0	507-70-0	nist_msms
49	29.164	1	5,10-Pentadecadien-1-ol, (Z,Z)-	213	944	0.0	64275-51-0	mainlib
		2	5,10-Pentadecadienoic acid, (Z,Z)-	194	875	0.0	64275-69-0	mainlib
		3	5,10-Pentadecadienoic acid, (E,Z)-	189	856	0.0	64275-70-3	mainlib
50	29.214	1	Pimelic acid	209	870	0.0	111-16-0	nist_msms
		2	1,2,3,6-Tetrahydrobenzylalcohol	205	869	0.0	1679-51-2	nist_msms
		3	Suberic acid	188	865	0.0	505-48-6	nist_msms

Ilustración 10. Cromatograma para perfil de ácidos grasos corrida 3 con éter de petróleo.



Obtenida de ChemStation (2018)

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\EC.raw
Acquired: 24-Apr-18 07:37:14 AM
Description: EC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: EC0418

Printed: 24-Apr-18 08:26 AM

Page 4 of 10
Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		3	Octanal dimethyl acetal	462	878	0.0	10022-28-3	replib
31	16.534	1	Acetohydroxamic acid	397	942	0.0	546-88-3	replib
		2	2-Isopropylmalic acid	102	907	0.0	3237-44-3	nist_msms
		3	2-Isopropylmalic acid	111	902	0.0	3237-44-3	nist_msms
32	16.709	1	Dodecylbenzenesulfonic acid	85	812	0.0	27176-87-0	nist_msms
		2	Dodecylbenzenesulfonic acid	87	801	0.0	27176-87-0	nist_msms
		3	β-Hydroxyisobutyric acid	59	758	0.0	594-61-6	nist_msms
33	19.365	1	Pentanoic acid, 2-(aminooxy)-	143	936	0.0	5699-55-8	mainlib
		2	2-Pentanone, 1,3-dimethoxy-3-methyl-	225	903	0.0	56830-17-2	mainlib
		3	L-Valine	120	883	0.0	72-18-4	nist_msms
34	23.102	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	370	955	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	947	947	0.0	56875-67-3	mainlib
		3	9-Octadecenal	740	943	0.0	5090-41-5	mainlib
35	23.672	1	Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	962	969	0.0	5129-60-2	mainlib
		2	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	938	953	0.0	6929-04-0	mainlib
		3	Tridecanoic acid, methyl ester	889	952	0.0	1731-88-0	replib
36	23.902	1	L-Valine	141	887	0.0	72-18-4	nist_msms
		2	L-Valine	131	847	0.0	72-18-4	nist_msms
		3	Thr-Thr	197	830	0.0		nist_msms
37	24.642	1	2,6-Di-O-methyl-d-galactopyranose	119	739	0.0	5188-19-2	mainlib
		2	Methyl 5-methyl-2-ethenyl-cyclohexane-1-carboxylate	158	730	0.0		mainlib
		3	Bicyclo[5.1.0]octane, 8-methylene-	126	724	0.0	54211-15-3	mainlib
38	25.012	1	Z-4-Dodecenol	502	907	0.0	40642-37-3	mainlib
		2	(β)-Lavandulol	387	907	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	1-Tridecyne	591	906	0.0	26186-02-7	replib
39	25.087	1	photocitral A	220	804	0.0	55253-28-6	mainlib
		2	trans-1,4-Cyclohexanedicarbonitrile	219	773	0.0	6550-85-2	mainlib
		3	3,5-Dihydroxybenzyl alcohol	227	772	0.0	29654-55-5	nist_msms
40	26.558	1	1-Phenyl-1-nonanol	314	920	0.0	57716-72-0	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\EC.raw
Acquired: 24-Apr-18 07:37:14 AM
Description: EC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: EC0418

Printed: 24-Apr-18 08:26 AM

Page 5 of 10
Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		3	1,1,1-Tris(hydroxymethyl)propane	169	907	0.0	77-99-6	nist_msms
41	27.128	1	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	978	984	0.0	112-62-9	replib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	380	983	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	954	968	0.0	56875-67-3	mainlib
42	27.478	1	Tridecanoic acid, methyl ester	862	944	0.0	1731-88-0	replib
		2	Decanoic acid, methyl ester	866	927	0.0	110-42-9	replib
		3	Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester	904	922	0.0	6929-04-0	mainlib
43	27.773	1	3-Heptyne, 5-methyl-	211	869	0.0	61228-09-9	mainlib
		2	1,3-Methanopentalene, octahydro-	242	849	0.0	13913-22-9	mainlib
		3	1,5-Cyclooctadiene, (E,Z)-	259	832	0.0	5259-71-2	replib
44	27.819	1	5-Amino-1-pentanol	167	916	0.0	2508-29-4	nist_msms
		2	2-Deoxy-D-ribose	155	882	0.0	533-67-5	nist_msms
		3	2-Methyl-1,4-butanediol	160	877	0.0	2938-98-9	nist_msms
45	27.864	1	Diethylene glycol	70	869	0.0	111-46-6	nist_msms
		2	α-Cyano-L-alanine	74	766	0.0	6232-19-5	nist_msms
		3	Tricyclo[4.1.1.0(2,5)]octane	111	753	0.0	70970-60-4	mainlib
46	28.234	1	4-Cyclopropylnorcarane	528	916	0.0		mainlib
		2	(<i>l</i>)-Lavandulol	509	916	0.0	58461-27-1	nist_msms
		3	Borneol	413	910	0.0	507-70-0	nist_msms
47	28.479	1	Cyclohexane, octadecyl-	137	906	0.0	4445-06-1	replib
		2	4-Imidazolacetic acid, butyl ester	181	830	0.0	99133-89-8	mainlib
		3	Furan, 2,2'-(oxybis(methylene))bis-	195	806	0.0	4437-22-3	mainlib
48	29.189	1	CH3CHClCH2C(O)OCH3	129	822	0.0	817-76-5	mainlib
		2	3,3-Dimethylacrylic acid	93	813	0.0	541-47-9	nist_msms
		3	2-Mercaptoethanol	121	797	0.0	60-24-2	nist_msms
49	29.319	1	L-Histidinol	206	904	0.0	4836-52-6	nist_msms
		2	L-Histidinol	206	886	0.0	4836-52-6	nist_msms
		3	L-Histidinol	201	878	0.0	4836-52-6	nist_msms
50	29.494	1	1,3-Methanopentalene, octahydro-	445	941	0.0	13913-22-9	mainlib
		2	Bicyclo[5.1.0]octane, 8-methylene-	639	938	0.0	54211-15-3	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOC.S.PRO\Data\EC.raw
Acquired: 24-Apr-18 07:37:14 AM
Description: EC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvq.mth MS: acidos grasos uvq.EXP
Sample ID: EC0418

Printed: 24-Apr-18 08:26 AM

Page 6 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
51	29.704	1	cis-2-Trimethylsilyl-cyclopropane-1-carboxylic acid	195	794	0.0		mainlib
		2	trans-2-Trimethylsilyl-cyclopropane-1-carboxylic acid	192	748	0.0		mainlib
		3	Butanenitrile, 4-bromo-	157	681	0.0	5332-06-9	replib
52	30.199	1	(R)-Lavandulol	227	984	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	(-)-Isolongifolol	389	935	0.0	1139-17-9	nist_msms
		3	(R)-Lavandulol	384	934	0.0	58461-27-1	nist_msms
53	30.500	1	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	427	941	0.0	118252-04-3	mainlib
		2	3-Hydroxydodecanoic acid	471	912	0.0	53941-38-1	nist_msms
		3	9-Dodecanoic acid, methyl ester, (E)-	713	903	0.0	55030-26-7	mainlib
54	31.035	1	2-Pentanone, 1,3-dimethoxy-3-methyl-	388	939	0.0	56830-17-2	mainlib
		2	Pentanoic acid, 2-(aminoxy)-	282	911	0.0	5699-55-8	mainlib
		3	L-Cysteinesulfinic acid	319	892	0.0	1115-65-7	nist_msms
55	32.415	1	Isopropylcyclobutane	205	860	0.0	872-56-0	replib
		2	1-Hexene, 3-methyl-	255	837	0.0	3404-61-3	replib
		3	(Z)-Hex-2-ene, 5-methyl-	233	824	0.0	13151-17-2	mainlib
56	32.605	1	8-Chloro-1-octanol	198	941	0.0	23144-52-7	nist_msms
		2	3-Dodecen-1-ol, (Z)-	382	898	0.0	32451-95-9	mainlib
		3	Dodecanedioic acid	267	866	0.0	693-23-2	nist_msms
57	32.745	1	L-Histidinol	143	890	0.0	4836-52-6	nist_msms
		2	L-Histidinol	140	876	0.0	4836-52-6	nist_msms
		3	L-Histidinol	141	866	0.0	4836-52-6	nist_msms
58	32.845	1	5,10-Pentadecadienal, (Z,E)-	145	915	0.0	64275-58-7	mainlib
		2	5,10-Pentadecadienal, (E,Z)-	145	904	0.0	64275-54-3	mainlib
		3	5,10-Pentadecadienal, (E,E)-	154	899	0.0	64275-42-9	mainlib
59	33.056	1	8-Chloro-1-octanol	155	881	0.0	23144-52-7	nist_msms
		2	Thioimidodiphosphoryl chloride fluoride (CIP(O)NHP(S)F2), methyl-	156	868	0.0	39564-21-1	mainlib
		3	6-Heptenoic acid, 3-oxo-, methyl ester	244	861	0.0	30414-57-4	mainlib
60	33.416	1	Carbamic acid, N-aminocarbonylmethyl-, isobutyl(ester)	372	887	0.0	177657-34-0	mainlib
		2	1-O-Acetyl-exo-2,3-O-ethylidene- β -D-	259	834	0.0	14679-50-6	mainlib

Library Search Report

File: C:\TURBOMASS\SEMIVOCs.PRO\Data\EC.raw
Acquired: 24-Apr-18 07:37:14 AM
Description: EC0418
GC/MS Method: GC: Acidos grasos uvj.mth MS: acidos grasos uvj.EXP
Sample ID: EC0418

Printed: 24-Apr-18 08:26 AM

Page 8 of 10

Vial Number: 0

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
		2	1,1,1-Tris(hydroxymethyl)propane	232	938	0.0	77-99-6	nist_msms
		3	1,1,1-Tris(hydroxymethyl)propane	241	933	0.0	77-99-6	nist_msms
72	36.147	1	6-Nonenal, (Z)-	397	927	0.0	2277-19-2	replib
		2	9-Octadecenal	461	926	0.0	5090-41-5	mainlib
		3	6-Heptenoic acid, 3-oxo-, methyl ester	259	906	0.0	30414-57-4	mainlib
73	36.537	1	(l)-Lavandulol	182	907	0.0	58461-27-1	nist_msms
		2	9,15-Octadecadienoic acid, methyl ester, (Z,Z)-	345	898	0.0	17309-05-6	replib
		3	9-Azabicyclo[6.1.0]nonane, 9,9'-azobis-, [1a,8a,9[E(1'R',8'S'')]]-	322	852	0.0	66387-81-3	mainlib
74	36.847	1	9-Octadecenal	848	960	0.0	5090-41-5	mainlib
		2	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	407	957	0.0	118252-04-3	mainlib
		3	10-Undecenal	815	948	0.0	112-45-8	replib
75	37.422	1	cis/trans-2-methyl-3-tetrahydro-furanthiol	378	932	0.0		mainlib
		2	2-Mercaptoethanol	171	859	0.0	60-24-2	nist_msms
		3	Decanoic acid, 2-methyl-	520	840	0.0	24323-23-7	mainlib
76	37.682	1	Tricyclo[4.1.1.0(2,5)]octane	211	833	0.0	70970-60-4	mainlib
		2	1,5-Cyclooctadiene, (E,Z)-	236	830	0.0	5259-71-2	replib
		3	D-Mannose 6-phosphate	91	780	0.0	33068-18-7	nist_msms
77	37.762	1	2-Propanesulfinic acid, 2-methyl-, methyl ester	164	799	0.0	52058-71-0	mainlib
		2	2-Norbornanemethanol	338	785	0.0	5240-72-2	nist_msms
		3	2-Norbornanemethanol	332	785	0.0	5240-72-2	nist_msms
78	37.782	1	1H-1,2,4-Triazole, 3-chloro-5-methyl-	119	812	0.0	15285-15-1	mainlib
		2	Trichloronitromethane	128	803	0.0	76-06-2	replib
		3	Carbon Tetrachloride	134	797	0.0	56-23-5	mainlib
79	37.927	1	Oxirane, 2-(chloromethyl)-2-(1-propenyl)-, (E)-	189	864	0.0	121505-34-8	mainlib
		2	3-Penten-1-ol, 2-methylene-, (E)-	163	759	0.0	116203-78-2	mainlib
		3	Cyclohexaneethanol, 4-methylene-	280	757	0.0	7697-55-4	mainlib
80	38.062	1	1-Octen-3-ol	259	860	0.0	3391-86-4	nist_msms
		2	3-Heptene, 2-methyl-, (E)-	354	832	0.0	692-96-6	mainlib
		3	1-Nonylcycloheptane	424	831	0.0		mainlib
81	38.162	1	Diethanolamine	195	811	0.0	111-42-2	nist_msms

9.5 Anexo D. Informe de resultados de análisis de índice de refracción.



INLASA, S.A.
29 Calle 19-11 Zona 12
Teléfonos: 24761795, 24760337
Fax: 24769349
E-mail: serviciocliente@inlasa.com
www.inlasa.com

Página 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS

Cliente: **GABRIELA RUIZ** Fecha Emisión: **25/05/2018**
Dirección: **2DA. AV. 27-37 ZONA 3** Hora Emisión: **07:33:00**
Fecha Ingreso: **12/03/2018** Res. Muestreo: **Cliente**
Hora Ingreso: **10:38:00** Numero Informe: **1** Numero Orden: **2018001012**

Muestra (140556) Aceite de aguacate HA.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4658	-	1	Refractometría	12/03/2018

Muestra (140557) Aceite de aguacate HB.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4654	-	1	Refractometría	12/03/2018

Muestra (140558) Aceite de aguacate HC.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4654	-	1	Refractometría	12/03/2018

Muestra (140559) Aceite de aguacate EA.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4654	-	1	Refractometría	12/03/2018

Muestra (140560) Aceite de aguacate EB.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4654	-	1	Refractometría	12/03/2018

Muestra (140561) Aceite de aguacate EC.

Observaciones

ANÁLISIS	RESULTADO	U/MEDIDA	LD	METODOLOGIA	FECHA ANALISIS
Índice Refracción	1.4650	-	1	Refractometría	12/03/2018

Estos resultados corresponden únicamente a las muestras recibidas por el personal del Laboratorio.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de éste informe sin la autorización del Director Técnico

Lic. Raúl Paniagua Piloña
Químico Biólogo, Colegiado 1347
Director Técnico INLASA S.A.

9.6 Anexo E. Normas del Codex Alimentarius.

9.6.1 CODEX STAN 19 – 1981

Apéndice

OTROS FACTORES DE CALIDAD Y COMPOSICIÓN

El presente texto tiene por finalidad su aplicación voluntaria por los socios comerciales y no su aplicación por los gobiernos.

1. Características de calidad

1.1 Color

El característico del producto designado.

1.2 Olor y sabor

Los característicos del producto designado, que deberá estar exento de olores y sabores extraños o rancios.

	<u>Dosis máxima</u>
1.3 Materia volátil a 105°C	0,2% m/m
1.4 Impurezas insolubles	0,05% m/m
1.5 Contenido de jabón	0,005% m/m
1.6 Hierro (Fe):	
Grasas y aceites refinados	2,5 mg/kg
Grasas y aceites vírgenes	5,0 mg/kg
Grasas y aceites prensados en frío	5,0 mg/kg
1.7 Cobre (Cu):	
Grasas y aceites refinados	0,1 mg/kg
Grasas y aceites vírgenes	0,4 mg/kg
Grasas y aceites prensados en frío	0,4 mg/kg
1.8 Índice de ácido:	
Grasas y aceites refinados	0,6 mg de KOH/g de grasa o aceite
Grasas y aceites vírgenes	4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite
Grasas y aceites prensados en frío	4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite
1.9 Índice de peróxido:	
Aceites vírgenes y grasas y aceites prensados en frío	hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite
Otras grasas y aceites	hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite

9.6.2 CODEX STAN 33 – 1981

3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS

Densidad relativa(20°C/agua a 20 °C):		0,910-0,916
Índice de refracción(n_D^{20})		
Aceites de oliva vírgenes	}	1,4677-1,4705
Aceite de oliva refinado		
Aceite de oliva		
Aceites de orujo de oliva		1,4680-1,4707
Índice de saponificación(mg KOH/g de aceite):		
Aceites de oliva vírgenes	}	184-196
Aceite de oliva refinado		
Aceite de oliva		
Aceites de orujo de oliva		182-193
Índice de yodo (Wijs)		
Aceites de oliva vírgenes	}	75-94
Aceite de oliva refinado		
Aceite de oliva		
Aceites de orujo de oliva		75-92
Materia insaponificable:		<u>Nivel máximo</u>
Aceites de oliva vírgenes	}	15 g/kg
Aceite de oliva refinado		
Aceite de oliva		
Aceites de orujo de oliva		30 g/kg
Absorbencia en el ultravioleta K 232		<u>Absorbencia en el ultravioleta a 232 nm</u>
Aceite de oliva virgen extra		≤ 2,50 ⁴
Aceite de oliva virgen		≤ 2,60 ⁴

9.7 Anexo F. Norma Mexicana para aceite de aguacate. NMX-F-052-SCFI-2008

TABLA 1: Especificaciones fisicoquímicas de aceite de aguacate

PARAMETROS	Aceite de Aguacate		Aceite Comestible Puro de Aguacate	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Ácidos grasos libres (como ácido oleico), en %		1,5		0,1
Humedad y materia volátil, en %		0,5		0,1
Color (escala Lovibond)		3,5		2,0 R
Densidad relativa 25°C (agua)	0,910	0,920	0,910	0,920
Índice de peróxido, en meq /Kg		10,0		2,0
Prueba fría a 273°K (0°C) (horas)	NA	NA	5,5	
Estabilidad en horas OSI a 110°C	NA	NA	8	
Impurezas insolubles, en %		0,2		0,1
Materia insaponificable en %	NA	12	1,0	1,5
Índice de refracción a 313 K (40°C) n_D	1,458	1,465	1,458	1,465
Índice de yodo cgI_2/g	85	90	85	90
Índice de saponificación $mg KOH/g$	177	198	177	198
Aceite mineral	Negativo			

NA significa no aplicable

Fuente: Firestone, David; "Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes"; AOCS Press, 1999.


5.3 Composición de ácidos grasos

TABLA 2: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE ACEITE DE AGUACATE (*Persea americana*)

ACIDOS GRASOS	MÍNIMO	MÁXIMO
Acido palmítico C16:0	9	18
Acido palmitoléico C16:1	3	9
Acido esteárico C18:0	0,4	1,0
Acido oleico C18:1	56	74
Acido linoléico C18:2	10	17
Acido linolénico C18:3	0	2

Fuente: Firestone, David; "Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes"; AOCS Press, 1999

9.8 Anexo G. Ficha técnica de un aceite de aguacate comercial.

	GUINAMA. Laboratorio distribuidor de materias primas para los sectores de la farmacia y la cosmética.	
	Tipo de Documento: FICHA TÉCNICA	
	Fecha revisión: 01/09/2016	Versión: 8.0
94511-ACEITE AGUACATE		

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO.

1.1 Identificación de la sustancia o el preparado.

Nombre: Aceite aguacate

Código granel: 94511

Código interno: 405277

1.2 Sinónimos.

Nombre botánico: *Persea gratissima*

Otro: Aceite aguacate refinado

2. DESCRIPCIÓN

Aspecto: líquido claro, brillante

Color: amarillo o amarillo-verde.

Olor: suave.

Origen: África y Sur América.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES.

CAS: 8024-32-6

INCI: Persea Gratissima oil

CTFA: Avocado oil

4. DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

Color (Gardner): <5

Densidad relativa a 20 °C: 0,910 - 0,925

Índice de acidez: <1,0 mg KOH/g

Índice de refracción: 1,460 - 1,480

Índice de yodo: 75 - 100

Índice de peróxido: ≤ 5 meq-O₂/kg

Índice de saponificación: 180-200mg KOH/g

Insaponificables: <3%

Composición de ácidos grasos:

Ácido palmítico (C16) 5 - 25 %

Ácido palmitoleico (C16:1) < 10 %

Ácido esteárico (C18) < 3 %

Ácido oleico (C18:1) 50-75 %

Ácido linoleico (C18:2) 5-20%



GUINAMA. Laboratorio distribuidor de materias primas para los sectores de la farmacia y la cosmética.

Tipo de Documento:

FICHA TÉCNICA

Fecha revisión:

01/09/2016

Versión:

80

94511-ACEITE AGUACATE

Ácido linolénico (C18:3) <3%

5. PROPIEDADES/USOS.

Uso no oral.

No grado alimentario.

El suave refinado, mantiene todas sus propiedades.

La claridad de este aceite garantiza una excelente incorporación en todas las preparaciones dermatológicas, incluso en las más transparentes.

6. DOSIFICACIÓN.

Sin datos disponibles.

7. OBSERVACIONES.

Almacenamiento y manipulación

Debe almacenarse en nitrógeno y protegido de la luz y calor. Para asegurar una perfecta conservación durante varios meses, se envasa en nitrógeno.

9.9 Anexo H. Cálculo de costos directos e indirectos del proceso.

9.9.1 Costos directos del proceso.

Tabla 65. Costos directos del proceso con hexano.

Insumo	Cantidad utilizada	Costo unitario	Costo por insumo (Q)	Costo total (Q)
Aguacate	50 g	Q0.01/ g	0.50	15.41
Papel filtro	1/8 pliego	Q3.80/pliego	0.48	
Hexano grado analítico	0.15 L	Q96.25/L	14.44	

*Costo de aguacate en el mercado Q2.00 por unidad de 200 g.

**Costo de papel filtro obtenido de PROINCA, S.A.

***Costo de solvente obtenido de REQCA, S.A.

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 66. Costos directos del proceso con éter de petróleo.

Insumo	Cantidad utilizada	Costo unitario	Costo por insumo (Q)	Costo total (Q)
Aguacate	50 g	Q0.01/ g	0.50	21.23
Papel filtro	1/8 pliego	Q3.80/pliego	0.48	
Éter de petróleo grado analítico	0.15 L	Q135/L	20.25	

*Costo de aguacate en el mercado Q2.00 por unidad de 200 g.

**Costo de papel filtro obtenido de PROINCA, S.A.

***Costo de solvente obtenido de REQCA, S.A.

Fuente: elaboración propia (2018)

9.9.2 Costos indirectos del proceso.

Tabla 67. Costo del agua utilizada en el proceso.

Proceso	Consumo (L)	Costo* (Q/L)	Costo total (Q)
Soxhlet	185.3	0.0024	0.4447

*Costo de agua obtenido de Municipalidad de Guatemala.

Fuente: elaboración propia (2018)

Tabla 68. Costo de energía eléctrica utilizada en el proceso.

Equipo	Potencia (W)	Tiempo utilizado (h)	kWh	Costo* (Q/kWh)	Costo por equipo (Q)	Costo total (Q)
Estufa agitadora	800.00	4.00	3.20	1.0799	3.46	15.00
Campana de extracción	372.00	0.50	0.19		0.20	
Horno	1,750.00	6.00	10.50		11.34	

*Costo de energía eléctrica obtenido de la CNEE.

Fuente: elaboración propia (2018)

9.10 Anexo I. Cotización de solventes para cálculo de costos directos.



Fecha: 16/03/18	Cotización no.: C180318E
----------------------------------	---

1 / 1

Gabriela Ruiz

Guatemala, Guatemala

No	Código/Fab.	Nombre de producto	Present.	Disponib.	Cantidad	P.U.	Total
1	M9268-03	Eter de Petroleo 35-60°C RA ACS - J.T.Baker	4 L	Inmediata 16/03/18	1.00	540.00	540.00
2	M9309-03	Hexanos RA ACS - J.T.Baker	4 L	Inmediata 16/03/18	1.00	385.00	385.00

Valor total neto: Novecientos veinticinco quetzales

925.00

Condiciones: Crédito 30 días

Sujeto a pagos trimestrales - Validez 5 días y sujeto a existencia

Vendedor: Oficina, cel. 6630 6010

Observaciones: Gracias por preferimos.

REQCA, S.A.

Km. 20 Carretera Al Pacifico
Parque Industrial Unisur
Delta Barcenas, Villa Nueva, Guatemala
Tel: (502) 6630-6010 Fax: (502) 6630-6020
www.reqca.biz