



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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN
LIPÍDICA EN LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (*Cucumis
melo* L.) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA
CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA**

Romy Carlota Godínez Morales

Asesorada por Ing. Qco. César Alfonso García Guerra

Co-Asesorada por Ing. Qco. Adrián Antonio Soberanis Ibañez

Guatemala, mayo 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA EN
LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (*Cucumis melo* L.) MEDIANTE
TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y
FITOQUÍMICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROMY CARLOTA GODÍNEZ MORALES

ASESORADA POR EL ING. QCO. CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA
CO-ASESORADA POR EL ING. QCO. ADRIÁN SOBERANIS IBAÑEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz De León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Telma Maricela Cano Morales
EXAMINADORA	Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA EN LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (*Cucumis melo* L.) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 23 de septiembre de 2009.



Romy Carlota Godínez Morales



Guatemala, 22 de febrero de 2011.

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química

Respetable Ingeniero Álvarez:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA EN LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (*Cucumis melo* L.) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA”**. Elaborado por la estudiante de Ingeniería Química Romy Carlota Godínez Morales con número de carné 2006-11366. Considero que el Informe Final de Trabajo de Graduación desarrollado por la estudiante Godínez Morales, satisface los requisitos exigidos; por lo que solicito se sirva remitirlo para su respectiva revisión.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

Ing. César Alfonso García Guerra
ASESOR

JEFE SECCIÓN QUÍMICA INDUSTRIAL
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA/CII





Guatemala, 17 de marzo de 2011
Ref.EIQ.TG.75.2011

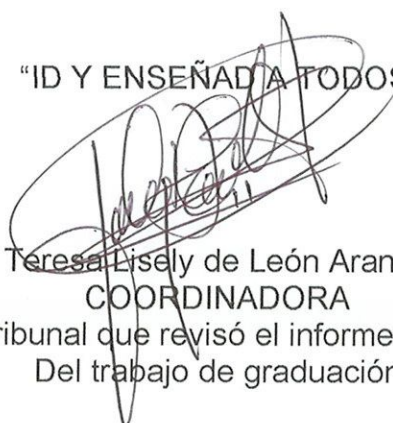
Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el **Acta TG-422010-B-IF** le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de **INGENIERA QUÍMICA** a la estudiante universitaria, **Romy Carlota Godínez Morales**, identificada con carné No. **2006-11366**, titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LÍPIDICA EN LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (*Cucumis melo L.*) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA"**, el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico **Cesar Alfonso García Guerra**.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Godínez Morales**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"


Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.
COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ROMY CARLOTA GODÍNEZ MORALES** titulado: "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA EN LA SEMILLA DEL MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (Cucumis melo L.) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril de 2011

Cc: Archivo
WGAM/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA EN LA SEMILLA DE MELÓN VARIEDAD HONEYDEW (Cucumis Melo L.) MEDIANTE TÉCNICA DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FITOQUÍMICA**, presentado por la estudiante universitaria **Romy Carlota Godínez Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 4 de mayo de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi padre incondicional cuidarme y llenarme de amor y fortaleza en el transcurso de mi vida.

Virgen de Fátima

Por ser mi guía, confidente y protegerme en todo momento.

Mi Madre

Rosa Amalia Morales por ser mi mejor amiga, mi ejemplo a seguir de amor, perseverancia, fortaleza, trabajo y honestidad. Mamá, te amo y este triunfo es tuyo.

Mi hermano

Edgar Sagastume, por ser mi ángel y más grande ejemplo de amor y alegría. Hermano te quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme realizar uno de mis mayores sueños.
A la Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y sentirme orgullosa de ser sancarlista.
Mi Madre	Rosa Amalia Morales, por tu apoyo incondicional, paciencia, amor y consejos. Te quiero mucho.
Mi Padre	Jorge Luis Godínez; por tu amor, consejos y apoyo. Te quiero mucho.
Mi sobrina	Samanta Sagastume, por ser mi luz y más grande inspiración. Te amo princesa.
Mi tío	Julio Morales, por ser mi modelo de trabajo, sabiduría en la vida y amor en todo momento. Lo quiero mucho.

Mis tías

Carolina Pérez, Xiomara Godínez y Verónica Godínez por su apoyo incondicional, amistad y cariño. Las quiero mucho.

Mis primas

Pilar Sandoval, Cristina Sandoval, Alejandra Calderón, Luisa Medina y Mabel Medina. Gracias por su amistad, experiencias y alegrías compartidas. Las quiero mucho.

Novio

Luis Diego Melendrez, por tu paciencia, consejos y cariño. Te amo.

Amigos

Emily Bonilla, Astrid Delgado, Margarita López, Edwin Ramírez, Javier Muralles, Mario Luis Velásquez, Juan Diego Regalado, José Enrique Labín, Adrián Soberanis, Paulo Vendrell, Luis Fernando Pozuelos, Luis Trabanino y José Urzúa. Gracias por su amistad. Los quiero mucho.

Ingenieros

César García, Jorge Godínez, Telma Cano y Licda. Ingrid Benitez. Gracias por sus consejos y formarme como profesional. Los admiro mucho.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Origen del melón.....	5
2.1.1 Descripción.....	5
2.1.2 Morfología.....	6
2.1.2.1 Tallo principal.....	6
2.1.2.2 Hoja.....	6
2.1.2.3 Flor.....	6
2.1.2.4 Fruto.....	7
2.1.3 Clasificación científica	9
2.1.4 Cultivo.....	9
2.1.4.1. Condiciones del cultivo	10
2.1.4.2. Clima.....	10
2.1.4.3. Temperatura	11
2.1.4.4. Humedad	11
2.1.4.5. Luminosidad.....	11

2.1.5.	Tipos de melón.....	12
2.1.5.1.	Melón cantaloup.....	12
2.1.5.2.	Melón amarillo.....	13
2.1.5.3.	Melón verde español.....	15
2.1.5.4.	Melón galia.....	17
2.1.5.5.	Melón <i>honeydew</i>	18
	2.1.5.5.1. Grados de madurez comercial.....	19
2.2.	Materia prima.....	20
2.2.1.	Cultivo de materia prima.....	20
2.2.2.	Recolección.....	21
2.2.3.	Procesamiento pos-cosecha.....	22
	2.2.3.1. Cadena de beneficios de la cosecha de melón.....	23
2.2.4.	Almacenamiento.....	24
2.2.5.	Extracción de materia prima.....	25
	2.2.5.1. Molienda.....	25
	2.2.5.2. Extracción.....	26
	2.2.5.2.1. Variables del proceso extractivo.....	27
	2.2.5.2.2. Procesos de extracción sólido-líquido.....	29
2.2.3.	Concentración.....	49
2.2.4.	Secado.....	49
2.3.	Fracción lipídica.....	50
2.3.1.	Ácidos grasos.....	51
2.3.2.	Lípidos relacionados con ácidos grasos.....	54
	2.3.2.1. Alcoholes superiores y cera.....	54

2.3.2.2.	Glicéridos simples	54
2.3.2.3.	Fosfoglicéridos	55
2.3.2.4.	Esfingenina, cerámidos y esfingofosfolípidos	57
2.3.2.5.	Esfingoglicolípidos	58
2.3.2.3.	Otros glicolípidos	59
2.3.2.7.	Prostglandinas	59
2.3.3.	Lípidos no relacionados con ácidos grasos	60
2.3.3.1.	Terpenoides	61
2.3.3.1.1.	Carotenoides	62
2.3.3.1.2.	Esteroides	63
2.3.3.1.3.	Hidrocarburos	64
2.3.3.1.4.	Lípidos pirrólicos	64
2.3.4.	Oleorresinas	64
2.3.5.	Aceites fijos	65
2.3.6.	Aceites esenciales	66
2.4.	Caracterización de la fracción lipídica	69
2.4.1.	Análisis de la fracción lipídica	70
2.4.1.1.	Análisis para aceites fijos	70
2.4.1.1.1.	Índice de yodo por wijs	70
2.4.1.1.2.	Índice de saponificación	70
2.4.1.1.3.	Número de acidez	70
2.4.1.1.4.	Materia insaponificable	71
2.4.1.1.5.	Índice de peróxidos por método ácido acético-cloroformo	71
2.4.1.1.6.	Método de cuantificación de ceras	71
2.4.1.1.7.	Determinación de gomas	71

2.4.1.1.8.	Prueba fría para aceites	72
2.4.1.1.9.	Porcentaje de jabón en los aceites.....	72
2.4.1.1.10.	Valor de p-anisidina	72
2.4.1.1.11.	Valor de totox.....	73
2.4.1.1.12.	Índice de dobi	73
2.4.1.1.13.	Fosfolípidos en aceites vegetales por el método nephelométrico	73
2.4.1.2.	Análisis fitoquímico.....	73
2.4.1.3.	Cromatografía.....	75
2.4.1.3.1.	Tipos de cromatografía	76
2.4.1.4.	Análisis cuantitativo	82
2.5.	Industrialización de la fracción lipídica.....	83
2.5.1.	Industria alimenticia.....	83
2.5.2.	Industria farmacéutica	84
2.5.3.	Industria de cosméticos.....	84
2.5.4.	Industria de productos de limpieza y textiles.....	85
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	87
3.1.	Variables.....	87
3.1.1.	Métodos a utilizar	87
3.1.2.	Temperatura.....	88
3.1.3.	Solvente	88
3.1.4.	Tamaño de partícula	88
3.2.	Delimitación del campo de estudio	88
3.2.1.	Diseño de tratamientos	88
3.2.2.	Manejo experimental	89
3.3.3.	Preparación de la muestra	89

3.2.4.	Lixiviación con equipo de extracción Soxhlet.....	90
3.2.5.	Manejo de productos y residuos	91
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	91
3.4.	Recursos físicos disponibles	91
3.4.1.	Materia prima	92
3.4.2.	Cristalería.....	92
3.4.3.	Equipo.....	92
3.4.4.	Reactivos	96
3.5.	Técnica cuantitativa.....	100
3.6.	Recolección y ordenamiento de información	101
3.7.	Metodología para caracterización de fracción lipídica	103
3.7.1.	Propiedades fisicoquímicas	103
3.7.1.1.	Densidad	103
3.7.1.2.	Sólidos solubles totales.....	104
3.7.1.3.	Índice de refracción.....	104
3.7.2.	Propiedades fitoquímicas.....	105
3.7.2.1.	Cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas.....	105
3.7.2.2.	Tamizaje fitoquímico	105
3.8.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento información.....	106
3.8.1.	Diseño experimental	106
3.9.	Análisis estadístico	107
4.	RESULTADOS.....	131
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	153
	CONCLUSIONES	157
	RECOMENDACIONES	159

BIBLIOGRAFÍAS 161
APÉNDICES..... 163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Flor de melón	7
2.	Fruto de melón	8
3.	Melón cantaloup (<i>Cucumis melo</i> L.)	13
4.	Melón amarillo (<i>Cucumis melo</i> L.)	14
5.	Melón verde piel de sapo (<i>Cucumis melo</i> L.)	16
6.	Melón galia (<i>Cucumis melo</i> L.)	17
7.	Melón <i>honeydew</i> (<i>Cucumis melo</i> L.)	18
8.	Cadena de beneficios de la cosecha del melón	24
9.	Proceso de difusión de sustancias a través de membranas	27
10.	Distribución de equilibrio para el sistema soluto-solvente-marco.....	32
11.	Equipo Soxhlet	34
12.	Proceso de la extracción con tipo Soxhlet.....	35
13.	Métodos de operación de la extracción sólido-líquido.....	37
14.	Té soluble.....	39
15.	Productos vegetales.....	39
16.	Obtención de oro.....	40
17.	Proceso de acción de lixiviación	42
18.	Oleorresinas de flor marigold (flor de muerto).....	45
19.	Ajo seco	46
20.	Miscibilidad de anión con agua para formar jabón “detergente”	53
21.	Molécula de glicerol	55
22.	1-cabeza hidrófila, 2-colas hidrófobas,.....	56

23.	Estructura de esfingomielina.....	57
24.	Estructuras de esfingoglicolípidos	58
25.	Estructuras de β -galactosildiacilglicerol	59
26.	Estructuras del ácido prostanoico	60
27.	Estructuras del isopreno, limoneno y alcanfor	61
28.	Estructuras de lípidos isoprenoides	62
29.	Estructura del colesterol	63
30.	Aceite esencial.....	68
31.	Lípidos.....	69
32.	Ejemplo de cromatograma	76
33.	Gelatina con sabor a naranja	83
34.	Leche de melón	83
35.	Martini de melón	83
36.	Pasta dental con sabor a fresa	84
37.	Enjuague sabor a mora.....	84
38.	Colonia olor a melón.....	84
39.	Tratamiento capilar de miel y avena	84
40.	Limpiavidrios con extracto a limón	85
41.	Desodorante con olor a frutas.....	85
42.	Plancha de calentamiento-agitación	93
43.	Bomba de vacío	93
44.	Balanza analítica	93
45.	Refrigeradora.....	94
46.	Rota-vapor	94
47.	Horno.....	94
48.	Refractómetro	95
49.	Campana de extracción	95
50.	Cronómetro digital.....	95
51.	Estructura molecular del metanol	96

52.	Estructura del etanol	97
53.	Estructura del isopropanol.....	98
54.	Estructura del hexano	99
55.	Agua desmineralizada.....	100
56.	Diagrama de recolección de la información	101
57.	Medición de densidad con micropicnómetro y balanza analítica.....	103
58.	Extracción de alícuota con jeringa	104
59.	Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas	105
60.	Gráfica de densidad (g/mL) vrs. solvente extractor de fl	107
61.	Medias marginales de densidad (g/mL) de la fl.....	109
62.	Gráfica de solubles totales vrs. solvente extractor de fl	110
63.	Medias marginales de sólidos solubles totales de la fl.....	112
64.	Gráfica de Índice de refracción vrs. solvente extractor	113
65.	Medias marginales índice de refracción de la fl	115
66.	Gráfica de rendimiento vrs. solvente extractor	116
67.	Medias marginales de rendimiento de la fracción lipídica	118
68.	Gráfica de densidad vrs. solvente (hex-solv 2)	119
69.	Medias marginales de densidad de la fl	121
70.	Gráfica de sólidos solubles totales vrs. solvente (hex-solv 2)	122
71.	Medias marginales de sólidos solubles totales de fl.....	124
72.	Gráfica de índice de refracción vrs. solvente (hex-solv 2).....	125
73.	Gráfica de rendimiento vrs. solvente (hex-solv 2)	127
74.	Medias marginales de rendimiento de la fracción lipídica	129
75.	Diagrama de schewart para rendimiento de fl utilizando etanol.....	129
76.	Diagrama de schewart para rendimiento de fl utilizando metanol....	130
77.	Diagrama schewart para rendimiento de fl utilizando 2-propanol.....	130
78.	Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica	143
79.	Monitoreo en función de densidad con solventes alcohólicos.....	144
80.	Monitoreo en función de densidad del extracto con hexano.....	145

81.	Monitoreo en función del índice de refracción del extracto	146
82.	Monitoreo en función del índice de refracción con hexano	147
83.	Monitoreo en función del contenido de sólidos solubles	148
84.	Monitoreo de contenido de sólidos solubles con hexano.....	149
85.	Diagrama del sistema ternario para los diferentes solventes.....	150
86.	Estudio histológico de la semilla de melón	150

TABLAS

I.	Clasificación científica	9
II.	Temperaturas críticas para melón en distintas fases	11
III.	Clasificación de proceso de extracción sólido-líquido obtenidos	30
IV.	Clasificación de los equipos de lixiviación	38
V.	Solventes según extracto deseado de oleorresinas	46
VI.	Nombre de los principales ácidos grasos	52
VII.	Tipos de cromatografía.....	77
VIII.	Definición de variables de entrada	87
IX.	Definición de variables de respuesta	87
X.	Datos requeridos para un experimento multidireccional	106
XI.	Variable dependiente: densidad	107
XII.	Prueba de duncan para las medias de densidad.....	108
XIII.	Prueba de tukey para las medias de densidad.....	108
XIV.	Comparación de tukey para las medias de densidad	108
XV.	Variable dependiente: sólidos solubles totales	110
XVI.	Prueba de tukey para las medias de sólidos solubles totales.....	111
XVII.	Comparación de tukey para medias de sólidos solubles totales ..	111
XVIII.	Variable dependiente: índice de refracción.....	113

XIX.	Prueba de tukey para las medias de índice de refracción.....	114
XX.	Comparación de tukey para las medias de índice de refracción..	114
XXI.	Variable dependiente: rendimiento	116
XXII.	Prueba de tukey para las medias de rendimiento	117
XXIII.	Comparación de tukey para las medias de rendimiento	117
XXIV.	Variable dependiente: densidad de hexano-solvente 2	119
XXV.	Prueba de tukey para las medias de densidad de hex-solv2.....	120
XXVI.	Comparación de tukey para medias de densidad hex-solv2.....	120
XXVII.	Variable dependiente: sólidos solubles totales de hex-solv2	122
XXVIII.	Prueba tukey para medias de sólidos solubles de hex-solv2.....	123
XXIX.	Comparación tukey para medias de sólidos solubles hex-solv2..	123
XXX.	Variable dependiente: índice de refracción de hexano-solv2.....	125
XXXI.	Prueba tukey para medias de índice de refracción de hex-solv2.	126
XXXII.	Comparación tukey medias de índice de refracción hex-solv2	126
XXXIII.	Variable dependiente: rendimiento de hexano-solvente 2	127
XXXIV.	Prueba tukey para las medias de rendimiento de hex-solv2.....	128
XXXV.	Comparación tukey para medias de rendimiento hex-solv2	128
XXXVI.	Rendimiento porcentual total de la fracción lipídica hexánica	131
XXXVII.	Comparación del rendimiento porcentual total de la fl hexánica..	132
XXXVIII.	Rendimiento porcentual total de fl utilizando isopropanol.....	132
XXXIX.	Rendimiento porcentual total de fl utilizando etanol	133
XL.	Rendimiento porcentual total de la fl utilizando metanol	133
XLI.	Metabolitos secundarios detectados en la fl alcohólica	134
XLII.	Metabolitos secundarios detectados en la fl hexánica	136
XLIII.	Ácidos grasos detectados en la fl alcohólica y hexánica	138
XLIV.	Esteres ftálicos detectados en la fl alcohólica y hexánica.....	138
XLV.	Otros compuestos detectados en la fl alcohólica y hexánica.....	138
XLVI.	Aplicaciones industriales de metabolitos secundarios.....	139
XLVII.	Detección de metabolitos secundarios utilizando CCF	140

XLVIII.	Densidad de fracción lipídica alcohólica y hexánica obtenidas	141
XLIX.	Índice de refracción de la fl alcohólica y hexánica obtenidas	142

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AOCS	<i>American oils chemist's society</i> (Sociedad de aceites químicos americanos)
A	Amperes
cm	Centímetros
pKa	Constante ácida de equilibrio
ϵ	Constante dieléctrica
D	Coeficiente de distribución
°Brix	Grados Brix
°C	Grados Celsius
°K	Grados Kelvin
g	Gramos
Hz	<i>Hertz</i> (hercios)
H_i	Hipótesis alternativa
H_o	Hipótesis nula
kg	Kilogramos
lb	Libras
µm	Micrómetros
mL	Mililitros
mm	Milímetros
nm	Nanómetros
No.	Número
pH	Potencial de hidrógeno
H_p	Potencia en <i>horse-power</i> (caballos de fuerza)

Símbolo	Significado
μ	Promedio general
R_f	Recorrido de frente
w/w	Relación peso/peso
v/v	Relación volumen-volumen
F	Significancia
V	Volts
W	<i>Watts</i> (vatios)

GLOSARIO

Aceite esencial	Fracción líquida volátil generalmente destilable por arrastre con vapor de agua, que contiene las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica.
Aceite fijo	El aceite fijo se obtiene de ciertas plantas que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.
Ácido graso	Molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
Alcohol	Derivado hidroxilado de un hidrocarburo parafínico o cicloparafínico, en donde el grupo OH está ligado a un átomo de carbono saturado
Constante dieléctrica	Constante que sirve para determinar la capacidad de una mezcla de solventes para inducir un momento dipolar.

Cromatografía

Técnica de separación que presenta distintas variables. En toda separación cromatográfica hay dos fases (sólida, líquida o gas) una móvil y otra estacionaria, que se mueven una respecto de la otra manteniendo un contacto íntimo. La muestra se introduce en la fase estacionaria y en la móvil se separan los componentes de la mezcla, pero invierten un tiempo diferente en recorrer cada una de las fases, con lo que se produce la separación.

Cromatografía de gases

Método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un fluido (en este caso un gas) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.

Extracción

Separación de los componentes de cualquier sustancia por el contacto con un líquido.

Lixiviación

Proceso en el cual se extrae solutos de un sólido, utilizando un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

Metabolitos secundarios

Compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, de forma que su ausencia no es fatal para la planta, no tienen un rol directo en el crecimiento o reproducción.

Picnómetro

Recipiente calibrado para la determinación de densidades mediante pesado.

Tamizaje fitoquímico

Técnica que se utiliza para detectar metabolitos secundarios presentes en especies vegetales, cualitativamente y se basa en reacciones químicas con diferentes reactivos, donde la aparición de determinado color o precipitado coloreado indica la presencia de un determinado metabolito.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento, las propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas de la fracción lipídica en la semilla del melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.).

La semilla limpia, se dejó secar a temperatura ambiente por tiempo suficiente para separar el cotiledón del pergamino y obtener una humedad menor al 10% w/w; la muestra se trituró hasta alcanzar el tamaño de partícula entre 850 y 1 180 micrones. Aplicando la técnica de extracción Soxhlet y como solventes: metanol, etanol y 2-propanol, se obtuvo la fracción lipídica del cotiledón de la semilla del melón. Durante el proceso se monitoreó la cantidad de solutos totales presentes, densidad y el índice de refracción. Una vez transcurrido el tiempo de agotamiento, la solución se concentró por destilación al vacío utilizando un rota-evaporador. Paralelamente, se agotó con hexano el sistema de etanol, metanol y 2-propanol para comparar entre los solventes utilizados si existía alguna diferencia significativa, según sus constantes dieléctricas.

Al realizar el análisis estadístico se observó diferencia entre los distintos solventes utilizados en las extracciones, siendo el 2-propanol el que proyectó mayor rendimiento con $35.54 \pm 1.28\%$. Así como, se determinó la presencia de metabolitos secundarios como: cumarinas, flovonoides, saponinas y aceites esenciales; a través de la técnica de cromatografía en capa fina (CCF) y mediante la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CGC/MS/DS) se evidenció la presencia de ésteres ftálicos, ácido linoléico y ionol.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento, las propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas de la fracción lipídica en la semilla del melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.) obtenida a nivel laboratorio mediante la técnica de extracción Soxhlet, utilizando tres solventes: etanol, metanol e isopropanol.

Específicos

1. Comparar el rendimiento de la fracción lipídica en la semilla del melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.), en función de tres tipos de solventes.
2. Definir las propiedades fisicoquímicas como índice de refracción, sólidos solubles totales y densidad de la fracción lipídica para cada solvente.
3. Determinar los metabolitos secundarios de mayor presencia en la fracción lipídica, en función de los solventes polares utilizados, a través de la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.
4. Construir el gráfico del sistema ternario correspondiente a la extracción sólido líquido con la técnica Soxhlet, en función de los tres solventes polares a utilizar.

5. Determinar la ubicación de los tejidos liposos de las semillas de melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.) a partir del estudio histológico.

HIPÓTESIS

El rendimiento, la densidad, el índice de refracción y los sólidos solubles totales de la fracción lipídica que se obtiene de la semilla de melón tipo *honeydew* (*Cucumis melo* L.), extraída a nivel laboratorio por la técnica Soxhlet puede ser afectada en función del tipo de solvente a utilizar.

Hipótesis Estadística

Ho: El rendimiento, la densidad, el índice de refracción y los sólidos solubles totales de la fracción lipídica que se obtiene de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), extraída a nivel laboratorio por la técnica Soxhlet sí se ve afectada en función del tipo de solvente que se utilice.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq 0$$

Hi: El rendimiento, la densidad, el índice de refracción y los sólidos solubles totales de la fracción lipídica que se obtiene de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), extraída a nivel laboratorio por la técnica Soxhlet no se ve afectada en función del tipo de solvente que se utilice.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0$$

INTRODUCCIÓN

La aplicación industrial de plantas aromáticas y medicinales se está extendiendo en campos diversos como, la cocina, perfumería y medicina. Debido a la alta utilización de algunas de estas especies vegetales se han desarrollado procedimientos que optimizan la obtención estos productos como lo son los aceites esenciales, oleorresinas, aceites fijos, tinturas, entre otros.

El melón constituye una de las frutas más consumidas, ocupando el cuarto lugar entre las más consumidas a nivel mundial, de acuerdo al último censo agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística INE-2006, la producción nacional de melón fue de 10 073 768 quintales, repartida en las 1 364 fincas dedicadas a dicho cultivo. El departamento de Guatemala que más destaca en la producción de melón es Zacapa, municipios de Usumatlán, Teculután, Cabañas, Huite, Estanzuela y Zacapa y en menor escala en el litoral del Pacífico en los departamentos de Retalhuleu y Escuintla.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es evaluar el rendimiento, las propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas de la fracción lipídica de la semilla del melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.) a nivel laboratorio a través de la técnica de extracción Soxhlet utilizando tres solventes de alta polaridad como: alcohol metílico, alcohol etílico y alcohol isopropílico.

1. ANTECEDENTES

El suelo, muy fértil, es el recurso más importante de Guatemala, que es básicamente un país agrícola. En el 2002 la agricultura empleaba a un 39% de la población activa y contribuía con el 22.3% al producto interior bruto. Actualmente, la demanda por los productos naturales provenientes de plantas y animales es mayor, cada día se utiliza una gran variedad de aceites fijos y esenciales en preparaciones farmacéuticas y semi-farmacéutica, alimentos, carnes, salsas, enlatados, pastelería, confiterías, aromatizantes, entre otros.

Durante más de una década la Sección de Química Industrial del CII/USAC ha trabajado en diversos proyectos de Investigación en materia de extracción de aceites esenciales y oleorresinas con el propósito de brindar un valor agregado y encontrar alternativas de desarrollo a diferentes especies vegetales.

En el 1998 Cano Telma y Piedrasanta Benjamín ejecutaron el proyecto CONCYT (71-97) denominado “Determinación de la factibilidad de la extracción-destilación de aceites esenciales de jengibre, ajo y ajonjolí, como productos de exportación”, en el cual tanto para ajo y jengibre se variaron los métodos de extracción y el tamaño de lote. Utilizando los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor utilizado, maceración y el método de hidro-destilación; con el apoyo del Doctor Nicolai Sharapin de la Universidad Federal Fluminense de Niteroi, Brasil y el Licenciado Armando Cáceres de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el 2000, Cano Telma, Benítez Ingrid, Chávez Blanca y Aguilar Byron ejecutaron el proyecto 28-97 CONCYT denominado: “Obtención y caracterización de capsaicina, ingrediente activo de productos fitofarmacéuticos y agro industriales de tres especies de *Capsicum* (*Capsicum chinense*, *Capsicum annum* L. V. y *Capsicum anuum*)”, evaluando el rendimiento y la calidad en función de dos factores: concentración de alcohol etílico utilizado y nivel de deshidratación. Los resultados obtenidos de porcentaje de capsaicina en la oleorresina y en mezclas clorofórmicas de las 3 especies vegetales estudiadas proyectaron que en el rendimiento de oleorresina obtenida, existe efecto significativo en la interacción de la concentración del solvente con el nivel de deshidratación.

En el 2002 Cano Telma, Chávez Blanca, Godínez Jorge y Monzón David ejecutaron el proyecto (06-25), PUIDI-DIGI, denominado “Obtención y caracterización del aceite esencial y oleorresina de la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) cultivada en Guatemala”, evaluando tres distintos tamaños de lote para la extracción de aceite esencial. La extracción de aceite esencial y fijo, se realizó en triplicado con un tiempo de extracción de 4 horas, un tamaño de partícula entre 1 190 y 841 micrones y 15% de humedad.

En el estudio también se evaluó las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial y oleorresina. Se concluyó que el valor más alto de porcentaje de rendimiento de aceite esencial de la pimienta negra cultivada en Guatemala fue de 0.96% para un lote de 15 libras, valor cercano al límite inferior que reporta la literatura que está en el rango entre 1-2,3%. El valor más alto de porcentaje de rendimiento total de oleorresina, efectuando la sumatoria de los rendimientos de las diferentes maceraciones para un tamaño fijo de lote fue de 6.3249%, para un lote de 10 libras, utilizando como solvente alcohol etílico al

70%. Este valor obtenido es mayor que el reportado en la literatura que es de 6%.

En el 2002 García César, Chávez Blanca, Benítez Ingrid y Cerezo Otto ejecutaron el proyecto DIGI: “Alternativa de desarrollo tecnológico para la recuperación de las fracciones extractables y caracterización de los componentes claves curcumina y cariofileno contenidos en el rizoma de la cúrcuma (*Cúrcuma longa* L.) para su agroindustrialización en Guatemala”, concluyeron que el rendimiento general promedio extraído de aceite esencial de rizoma de cúrcuma fresca (*Curcuma longa* L.) a nivel de laboratorio fue de 0,39%, mientras que a nivel de planta piloto fue de 0,29%, lo que refleja una eficiencia de extracción de 0,74% para propósito de un escalamiento preliminar.

Además, el rendimiento general promedio de oleoresina extraída de rizoma de cúrcuma fresca a nivel de planta piloto con tiempos de extracción de 48 horas para la primera maceración estática fue de 11,63% y para la segunda maceración fue de 10,10%.

Encontraron que las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial extraído a nivel de planta piloto coinciden en sus magnitudes a las referidas en la bibliografía consultada. Éstas constituyen una referencia preliminar en sus magnitudes en vista de que la bibliografía consultada refiere sólo para aceite esencial.

En el 2007 Luna Glenda, elaboró su proyecto de tesis denominado “Análisis fisicoquímico y evaluación de rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (*Crescentia alata* HBK), proveniente de las regiones de Estanduela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso”, en el cual determinó constantes fisicoquímicas como densidad, viscosidad, punto de

ebullición, índice de refracción y solubilidad en distintos solventes. Así también, determinó el perfil de ácidos grasos mediante la técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas.

En el 2008 Ramírez Lourdes, ejecutó su proyecto de graduación “Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado”, para ello realizó la extracción del aceite por prensado mediante un tratamiento térmico por extrusión, así también compara el rendimiento con la extracción de lixiviación en caliente Soxhlet. La caracterización del aceite de café la realizó a través de propiedades organolépticas como olor, color, aspecto y sabor; entre las propiedades físicas menciona el índice de refracción, densidad, pH, solubilidad, viscosidad y humedad.

Finalmente, en el 2009 Soberanis Adrián realizó el trabajo de graduación “Evaluación de propiedades de la oleorresina de cardamomo (*Elletteria cardamomum*, L. Matton) obtenida a nivel laboratorio utilizando dos métodos de lixiviación a tres diferentes temperaturas”, en el cual concluyó que existe una diferencia significativa en el rendimiento porcentual de la oleorresina de cardamomo obtenida en cada uno de los métodos de extracción en función de la temperatura, así como que el método con mayor rendimiento de oleorresina de cardamomo es la maceración dinámica a 25 °C, ya que éste es inversamente proporcional a la temperatura.

Por lo tanto, se considera que los procedimientos a nivel laboratorio y planta piloto para la extracción de la fracción lipídica son importantes, ya que brindan alternativas de desarrollo, propuestas de producción para empresas guatemaltecas y un valor agregado a los productos que ya se comercializan en Guatemala.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen del melón

El origen del melón se sitúa en el sur de Asia donde se pueden encontrar especies silvestres. Parece ser que procede exactamente de Irán, desde donde se extendió hacia Egipto. Las referencias de esta fruta según los egipcios datan del 2400 a.C. Las culturas griegas y romanas lo hicieron popular en todo el mediterráneo. Fueron los navegantes de los siglos XVI y XVII quienes lo extendieron por América en donde encontró muchos lugares con un clima propicio para su cultivo.

En un principio los melones eran muy diferentes a como se conocen ahora. Derivados de las especie silvestres, su tamaño no pasaba del que alcanza una naranja. Con el tiempo fueron apareciendo variedades más grandes hasta llegar a las actuales.

2.1.1. Descripción

El melón es una planta herbácea monoica de tallos rastreros. Se cultiva por su fruto, una baya de temporada veraniega con un gran contenido de agua y de sabor dulce.

La planta posee tallos blandos y pilosos que crecen a ras de suelo. Sus hojas tienen peciolo acanalado y son palmadas, es decir, su aspecto es semejante al de una mano. Las flores son amarillas y cada una tiene un solo sexo.

2.1.2. Morfología

2.1.2.1. Tallo principal

Están recubiertos de formaciones pilosas y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas.

2.1.2.2. Hoja

De limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido de 3-7 lóbulos con los márgenes dentados. Las hojas también son vellosas por el envés.

2.1.2.3. Flor

Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas. El nivel de elementos fertilizantes influye en gran medida sobre el número de flores masculinas, femeninas y hermafroditas así como, sobre el momento de su aparición. La polinización es entomófila.

Figura 1. **Flor de melón**



Fuente: bike2barn.typepad.com

2.1.2.4. Fruto

Su forma variable (esférica, elíptica, aovada, etc.), la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia.

Resulta importante que sea pequeña para que no reste pulpa al fruto y que las semillas estén bien situadas en la misma para que no se mueva durante el transporte.

Figura 2. Fruto de melón



Fuente: losmeloncitosdeunesur.blogspot.com

2.1.3. Clasificación científica

Tabla I. Clasificación científica

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Familia	<i>Cucurbitaceae</i>
Subfamilia	<i>Cucurbitoideae</i>
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>C. melo</i>
Nombre científico	<i>Cucumis melo L</i>

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

2.1.4. Cultivo

Dentro de las cucurbitáceas, el melón es exigente en temperatura, ya que necesita por lo menos 15 °C para germinar; la siembra se hace durante el periodo libre de heladas y al aire libre, a mediados de primavera. Para desarrollarse y fructificar adecuadamente requiere que la temperatura media se mantenga por encima de los 24 °C durante los tres meses posteriores a la germinación.

Al regar debe evitarse que el agua toque las hojas, pues es fácil que se pudra la planta; por eso se prefiere hacer riego por surcos. Es necesario hacer

despulgue (raleo de hojas) para evitar que crezca muy vigorosa y produzca demasiadas flores masculinas y pocas femeninas, que van a originar los frutos.

En invernadero se cultivan melones que producen precozmente. Estas plantas crecen verticalmente y se sostienen con la ayuda de cuerdas.

El fruto no debe cosecharse hasta que la madurez esté asegurada, y el contenido de azúcar sea lo suficientemente elevado. Al tacto ésta se percibe cuando la corteza alrededor del pedúnculo cede ligeramente a la presión de los dedos; el peso específico del melón también es un índice característico, aumentando a medida que la madurez incrementa la densidad de la pulpa.

Sufre el ataque de varios hongos del suelo y también del oidio o mal blanco (*Sphaerotheca pannosa*), que puede controlarse con fungicidas que no contengan azufre, pues es muy sensible a este elemento.

2.1.4.1. Condiciones del cultivo

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto. Las condiciones se describen a continuación:

2.1.4.2. Clima

La plántula de melón es de climas cálidos y no excesivamente húmedos, de forma que en regiones húmedas y con escasa insolación su desarrollo se ve afectado negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los frutos.

2.1.4.3. Temperatura

Tabla II. **Temperaturas críticas para melón en las distintas fases de desarrollo**

Helada		1 °C
Detención de la vegetación	Aire	13-15 °C
	Suelo	8-10 °C
Germinación	Mínima	15 °C
	Óptima	22-28 °C
	Máxima	39 °C
Floración	Óptima	20-23 °C
Desarrollo	Óptima	25-30 °C
Maduración del fruto	Mínima	25 °C

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

2.1.4.4. Humedad

Al inicio del desarrollo de la planta la humedad relativa debe ser del 65-75%, en floración del 60-70% y en fructificación del 55-65%. La planta de melón necesita suficiente agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos para obtener buenos rendimientos y calidad.

2.1.4.5. Luminosidad

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos. El desarrollo de los

tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma que días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos con temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios.

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo, como del agua de riego. A pesar de que cada incremento en una unidad sobre la conductividad del suelo dada supone una reducción del 7.5% de la producción. Es muy sensible a las carencias, tanto de microelementos y macroelementos.

2.1.5. Tipos de melón

Se distinguen varios tipos, con múltiples variedades dentro de cada tipo, que difieren en su aspecto, sus propiedades y su modo de cultivo. Entre los tipos más importantes se encuentran los que se describen a continuación.

2.1.5.1. Melón cantaloup

Presenta frutos precoces (85-95 días), esféricos, ligeramente aplastados, de pesos comprendidos entre 700 y 1 200 gramos, de costillas poco marcadas, piel fina y pulpa de color naranja, dulce (11-15 °Brix) y de aroma característico.

El rango óptimo de sólidos solubles para la recolección oscila entre 12 y 14 °Brix, ya que por encima de los 15 °Brix la conservación es bastante corta. Existen variedades de piel lisa (europeos, conocidos como “charentais” o “cantoloup”) y variedades de piel escriturada (americanos, conocidos como “supermarket italiano”).

Cuando alcanza la plena madurez, el color de la piel cambia hacia amarillo y la planta adquiere un buen desarrollo con hojas de color verde-gris oscuro.

Figura 3. **Melón cantaloup (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: cuidado-de-plantas.com

2.1.5.2. Melón amarillo

Dentro de este grupo existen dos tipos: amarillo canario y el amarillo oro. El primero es de forma más oval y algo más alargado. La piel del fruto es lisa y de color amarillo en la madurez, sin escriturado. La pulpa es blanca, crujiente y dulce (12-14 °Brix). La planta en general es menos vigorosa que la del resto de los melones. Su ciclo de cultivo suele durar 90-115 días, según variedades. Poseen buena conservación.

El melón amarillo oro es de frutos amarillos de piel lisa con algunos surcos y corteza semidura. Tiene forma alargada con un peso medio de 2 800 kg y un contenido de azúcar de 13.9 °Brix.

Figura 4. **Melón amarillo (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: economatocanario.com

2.1.5.3. Melón verde español

Dentro de este grupo existen tres tipos: piel de sapo, rochet y tendral. El primero se caracteriza por poseer frutos uniformes en cuanto a calidad y producción, alargados, con pesos comprendidos entre 1.5 -2.5 kg, con pulpa blanco-amarillenta, compacta, crujiente, muy dulce (12-15 °Brix) y poco olorosa. La corteza es fina, de color verde, con manchas oscuras que dan nombre a este tipo de melones. Su precocidad es media-baja (ciclo de unos 100 días), su conservación aceptable (2-3 meses) y su resistencia al transporte muy buena. La planta es vigorosa.

Los melones tipo rochet se caracterizan por su buena calidad, precocidad media (aproximadamente 100 días), buena producción, frutos alargados con pesos de 1.5-2 kg, piel lisa, ligeramente acostillada y con cierto escriturado, sobre todo en las extremidades, de color verde. La pulpa es blanca-amarillenta, compacta, poco aromática, muy azucarada (14-17 °Brix) y de consistencia media. Buena resistencia al transporte, pero corta conservación (1-2 meses máximos).

El melón tipo tendral es originario del sudeste español, de gran resistencia al transporte y excelente conservación. El fruto es bastante pesado (2-3 kg), de corteza rugosa de color verde oscuro y un elevado grosor que le confiere gran resistencia al transporte. Es uniforme, redondeado y muy asurcado, pero sin escriturado. La pulpa es muy sabrosa, blanca, firme, dulce y nada olorosa.

La planta es de porte medio, vigorosa, con abundantes hojas, aunque no llega a cubrir todos los frutos, por lo que deben cuidarse los daños producidos por el sol. Es una planta para ciclos tardíos de aproximadamente 120 días.

Figura 5. Melón verde piel de sapo (*Cucumis melo* L.)



Fuente: lallavoreta.com

2.1.5.4. Melón galia

Presenta frutos esféricos, de color verde que vira a amarillo intenso en la madurez, con un denso escriturado. Pulpa blanca, ligeramente verdosa, poco consistente, con un contenido en sólidos solubles de 14-16 °Brix. Híbrido muy precoz (80-100 días, según la variedad), con un peso medio del fruto de 850-1 900 gramos.

Figura 6. Melón galia (*Cucumis melo* L.)

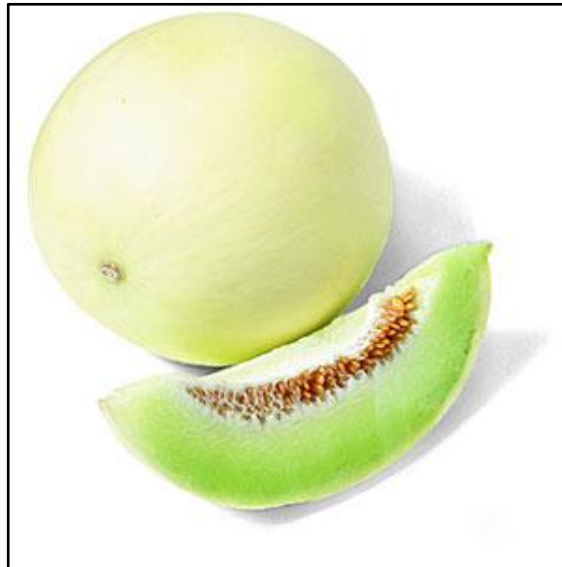


Fuente: taringa.net

2.1.5.5. Melón *honeydew*

Es un fruto redondo, ligeramente oval, por lo general mide 15-22 cm de longitud. La pulpa de la variedad de melón *honeydew* es de un color verde pálido, de consistencia densa, jugosa y dulce.

Figura 7. Melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)



Fuente: todocomer.com

Esta variedad se desarrolla mejor en climas semi-áridos y es cosechado basándose en su madurez, no en su tamaño, la cual es difícil de juzgar, pero se identifica mediante el cambio de color en la piel del fruto, que va de un verde-blancuzco (inmaduro) a un verde-amarillento (maduro). La piel de éste melón también debe ser lisa o ligeramente estriada, libre de cicatrices y con una superficie cerosa y sin vello. De madurez tardía y con una buena aptitud a la conservación.

2.1.5.5.1. Grados de madurez comercial

- **Maduro fisiológicamente, inmaduro para consumo (sazón pero no maduro)**

Color de fondo blanco con tintes verdosos, sin aroma característico, piel vellosa y todavía no cerosa. La norma de California establece como índice de cosecha legal un mínimo de 10% de sólidos solubles totales (10 °Brix).

- **Maduro fisiológicamente y en proceso de maduración para consumo**

Color de fondo blanco con trazas de tintes verdes, piel ligeramente cerosa, punta floral firme que no cede bajo presión manual, ligero aroma o sin aroma. Comercialmente, es el estado de madurez preferido.

- **Maduro fisiológicamente con madurez para consumo**

Color de fondo blanco cremoso con tintes amarillos, piel claramente cerosa, aroma característico notable, la punta floral cede ligeramente a la presión manual.

- **Índice de calidad**

Bien formado, de apariencia casi esférica y uniforme. Ausencia de cicatrices o defectos de superficie, sin evidencias de magulladuras, pesado para su tamaño, superficie cerosa y no vellosa.

Los grados de calidad en los Estados Unidos son No. 1, Comercial y No. 2. La distinción entre grados se basa principalmente en la apariencia externa.

La clasificación por tamaño se basa en el número de frutos que caben en un envase de 13.6 kg (30 lb), generalmente 4 ó 5, y ocasionalmente 6 melones por cartón. La apariencia de alta calidad se conserva, en parte, mediante divisiones internas en el envase que protegen a los melones de magulladuras, compresión y otros deterioros.

2.2. Materia prima

Los productos de origen natural puros se definen por su estructura química y son identificados por el análisis químico. Los productos fitoterapéuticos tienen composición química variable y, por consiguiente, son definidos por el proceso de extracción. Siendo así, dos factores de importancia en la industrialización de productos fitoterapéuticos; la calidad de materia prima utilizada y la opción para seleccionar el solvente para la extracción.

2.2.1. Cultivo de materia prima

El establecimiento de un cultivo de plantas se recomienda cuando:

- Existen pocas plantas nativas
- Las plantas nativas tienen una distribución muy dispersa
- Hay necesidad de mejorar el contenido de los principios activos
- El cultivo presenta una mayor productividad y un mayor contenido de los constituyentes de la planta debido a las buenas prácticas de agricultura, mejores condiciones del suelo y mejor control de las plagas y enfermedades

- Existen una gran demanda en el mercado

La calidad y productividad de un cultivo de plantas medicinales son determinadas por factores genéticos, ontogénicos y ambientales. El factor genético es considerado como el de mayor importancia, ya que la producción de principios activos en las plantas se da a nivel de su metabolismo secundario, que a su vez están en función de su expresión genética. Las plantas genéticamente inferiores no producirán principios activos satisfactorios, incluso en las mejores condiciones de su cultivo.

El factor ontogénico es necesario tenerlo en cuenta ya que la concentración y la composición de los principios activos varían de acuerdo con la edad y el nivel de desarrollo de la planta. Además, los principios activos se localizan preferencialmente en determinadas partes u órganos de las plantas, en lugar de distribuirse uniformemente por la planta entera.

El factor ambiental puede modificar la producción de los metabolitos secundarios porque influye directamente en la expresión de los genes. Los genes responsables de la producción de los principios activos pueden ser activados o desactivados de acuerdo con las condiciones climáticas, nutricionales, ataque de plagas, etc.

2.2.2. Recolección

Para cada planta existe un momento adecuado para realizar su recolección. La determinación de los principios activos permite establecer con exactitud el tiempo correcto de la recolección. Sin embargo, para las plantas cuyos principios activos todavía no se conocen, pueden aplicarse algunas reglas generales.

Las frutas se recolectarán antes de alcanzar su estado maduro. Las semillas son recolectadas después de estar maduras; si éstas provienen de frutos carnosos deben estar limpias de los restos de pulpa que las envuelve y deben estar secas.

Los períodos de sequía y lluvia influyen en el contenido de los principios activos.

2.2.3. Procesamiento pos-cosecha

El procesamiento pos-cosecha tiene como objetivo la conservación de las características físicas, químicas. Organolépticas y farmacológicas de la materia prima. Un procesamiento pos-cosecha inadecuado da como resultado una materia prima de baja calidad, con pérdida de principios activos, así como un aumento de la carga microbiana y una pésima presentación comercial. Las pérdidas de principios activos involucran:

- Degradación por procesos metabólicos
- Hidrólisis de los compuestos
- Descomposición por la luz
- Descomposición enzimática
- Degradación de las sustancias termolábiles debido al calor
- Volatilización de los aceites esenciales
- Contaminación por hongos y bacterias

La primera etapa del procesamiento pos-cosecha involucra el examen y separación manual de las partes deterioradas, manchadas y con señales de ataque por insectos y/u hongos. Como tapa siguiente se recomienda lavar la materia prima con agua. La etapa más importante del procesamiento pos-

cosecha es el secado. La industria utiliza plantas secas, lo cual facilita su conservación por períodos de tiempo más prolongados.

El contenido de humedad en las plantas frescas varía desde 60% a 80%. El proceso de secado reduce este contenido a 5%-12%.

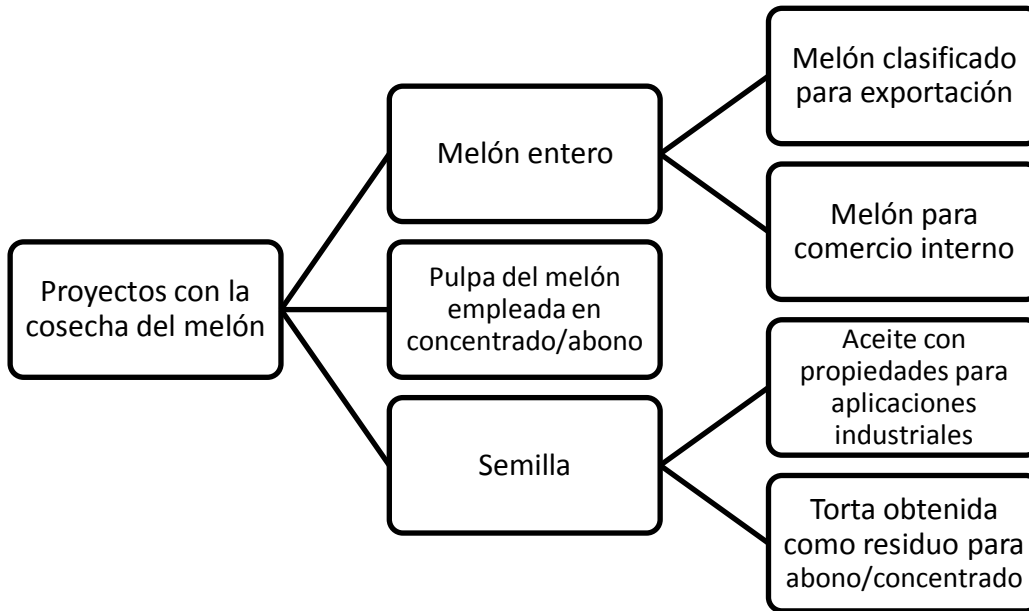
El proceso de secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismos y las reacciones de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, este proceso involucra calor y puede presentarse pérdidas de aceites esenciales y sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de las sustancias termolábiles. La mayoría de las plantas pueden ser secadas a temperaturas que varían entre 30 °C y 60 °C. Las plantas que contienen aceites esenciales o sustancias volátiles deben ser secadas a temperaturas inferiores a 40 °C.

El proceso de secado puede ser realizado al sol o sombra, extendiendo la planta en capas finas, en una superficie limpia. Sin embargo, este proceso no permite un control de la temperatura. Los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan secadores solares o secadores que operan con aire caliente.

2.2.3.1. Cadena de beneficios de la cosecha de melón

Dentro de las posibilidades en el mercado, se pueden mencionar las siguientes alternativas:

Figura 8. Cadena de beneficios de la cosecha del melón



Fuente: infojardin.com

2.2.4. Almacenamiento

Las plantas pierden principios activos por degradación durante el almacenamiento. La conservación de materia prima vegetal por períodos prolongados de tiempo depende de las condiciones de almacenamiento; las condiciones apropiadas impiden que el producto tenga contacto con el sol, polvo, roedores y los insectos y otros factores de degradación impidiendo la pérdida de los principios volátiles.

El lugar en donde se va a realizar el almacenamiento debe ser limpio, sin incidencia de la luz solar directa.

2.2.5. Extracción de materia prima

La fabricación de un producto fitoterapéutico o el aislamiento de un constituyente químico a partir de la materia prima vegetal comprende las operaciones de:

- Molienda
- Extracción
- Concentración
- Purificación
- Secado

2.2.5.1. Molienda

La molienda tiene como principal objetivo la disminución del tamaño de las partículas de la materia prima para adecuarla a la etapa siguiente del proceso de extracción. La extracción de la materia prima entera o dividida en fragmentos gruesos sería incompleta, debido a la pobre penetración del solvente en el tejido vegetal, y sería igualmente muy lenta, una vez que las membranas celulares actúan como verdaderas barreras que dificultan el proceso de extracción. En el caso específico de la materia prima previamente dividida, sus membranas se encuentran parcialmente destruidas, lo que facilita la disolución de los constituyentes celulares en el líquido externo. Sin embargo, la división excesiva, con formación de polvos muy finos, puede causar problemas en el transcurso de la extracción.

El proceso de molienda es precedido de la selección para aislar las impurezas. En esta operación se separan manualmente los materiales extraños.

La materia prima molida se clasifica de acuerdo con el tamaño de las partículas, el cual debe ser adecuado para el proceso de extracción. La molienda del material vegetal, independientemente de su naturaleza y del tipo de molino usado, da como resultado la producción de una cierta cantidad de partículas muy finas, las cuales deben ser separadas, por lo cual la operación de molienda debe ser seguida por el tamizaje del material obtenido.

2.2.5.2. Extracción

Antes de comenzar un proceso extractivo, se debe definir la selectividad del solvente a ser usado. Para obtener un extracto cuya composición química contiene la mayor parte de los constituyentes químicos de la planta normalmente se utiliza un solvente de naturaleza general, de alta polaridad como el alcohol o metanol. Por otro lado, si el extracto contiene solamente componentes químicos con una determinada característica es aconsejable emplear un solvente selectivo, de menor polaridad, como el hexano que sólo extrae de las grasas vegetales y otros componentes apolares de la planta.

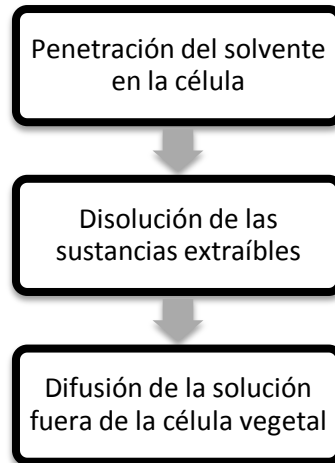
Durante el proceso de extracción ocurren dos fenómenos paralelos:

- Lixiviación de sustancias solubles de células rotas y disolución
- Difusión de sustancias solubles de células intactas

La lixiviación de sustancias de las células rotas es rápida y la difusión de sustancias a través de la membrana de células intactas es lenta y requiere etapas de humedecimiento y ablandamiento para aumentar la permeabilidad de la membrana.

Este proceso comprende tres etapas importantes, las cuales se pueden observar en la Figura 12:

Figura 9. **Proceso de difusión de sustancias a través de membranas de células intactas**



Fuente: Christie Geankoplis. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Página 315.

2.2.5.2.1. Variables del proceso extractivo

Las variables que interfieren en el proceso de extracción independientemente de la escala de producción o tipo de producto son:

- Tamaño de la partícula del sólido
- Agitación
- Temperatura
- pH
- Naturaleza del solvente
- Tiempo de extracción

Tamaño de partícula: la eficiencia del proceso extractivo sería mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el solvente. En la práctica, la presencia de partículas muy finas dificulta el proceso de percolación, debido a que se presenta una compactación y formación de falsas vías, y los procesos de maceración, en donde las partículas pasan al extracto, haciendo necesaria la realización de la etapa adicional de filtración, la cual no siempre es fácil de ejecución.

En contrapartida, la penetración del solvente en fragmentos mayores de la materia prima es lenta y la salida de las sustancias extraíbles es difícil. Por lo tanto, se recomienda la aplicación de polvos moderadamente gruesos para la gran mayoría de las materias primas.

La agitación: la eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para la recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia del proceso.

Temperatura: el aumento de la temperatura favorece la extracción, hay que prestar especial atención cuando la sustancia de interés es termolábil, además, temperaturas elevadas pueden conducir a lixiviar cantidades excesivas de solutos indeseables.

pH: influye en la solubilidad de diversos compuestos ya que permite la posibilidad de formación de sales.

Naturaleza del solvente: al definir la selectividad del solvente a emplear, el solvente óptimo será el que logre extraer un mayor rendimiento del compuesto de interés. Según los fines, el solvente utilizado extrae selectivamente o no, cierta clase de compuestos.

Tiempo de extracción: se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo seleccionado. El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe prestar cuidado para que no sea excesivo.

Prolongar el tiempo de extracción más allá del necesario, no influye en el proceso negativamente, sin embargo sí influye en los costos del proceso. Por lo tanto, a mayor tiempo de contacto, mayor capacidad tendrá el disolvente para alcanzar el equilibrio de concentraciones.

2.2.5.2.2. Procesos de extracción sólido-líquido

Los procesos de extracción varían según:

- ✓ Escala de producción
- ✓ Naturaleza de materia prima
- ✓ Calidad de materia prima
- ✓ Naturaleza del solvente

Estos procesos están divididos en dos grupos, los cuales se indican en la Tabla III:

Tabla III. **Clasificación de proceso de extracción sólido-líquido según resultados obtenidos**

Proporcionan equilibrio entre la concentración del soluto y el residuo	Lixiviación
	Maceración estática
	Maceración dinámica
La materia prima se agota completamente	Percolación
	Re-percolación
	Extracción en contra corriente

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

- **Proceso de extracción sólido-líquido –lixiviación-**

Procesos de extracción sólido-líquido –lixiviación: es la eliminación de una fracción soluble, en forma de solución, a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual está asociada. La separación implica, normalmente, la disolución selectiva, con difusión o sin ella, pero en el caso extremo de lavado simple, consiste sólo en el desplazamiento (con alguna mezcla) de un líquido intersticial por otro, con el que es miscible. El constituyente soluble puede ser sólido o líquido y estar incorporado, combinado químicamente o adsorbido, o bien mantenido mecánicamente, en la estructura porosa del material insoluble.

El sólido insoluble puede ser másico y poroso; con mayor frecuencia es de partículas y estas últimas pueden ser de poros abiertos, de celdas, con paredes celulares selectivamente permeables o con superficies activadas.

Es habitual el excluir del estudio de lixiviación la elución de solutos adsorbidos superficialmente. Este proceso será tratado, en lugar de ello, como un caso especial de la operación inversa, la adsorción. Asimismo, se excluye el lavado de trozas de filtros, ya sea in situ o mediante la formación de una nueva suspensión y la refiltración.

Debido a la gran variedad de aplicaciones y su importancia para diferentes industrias antiguas, la lixiviación tiene otros nombres. Entre los que se encuentran en la ingeniería química están la extracción, la extracción de sólido-líquido, percolación, la infusión, el lavado y la decantación por sedimentación.

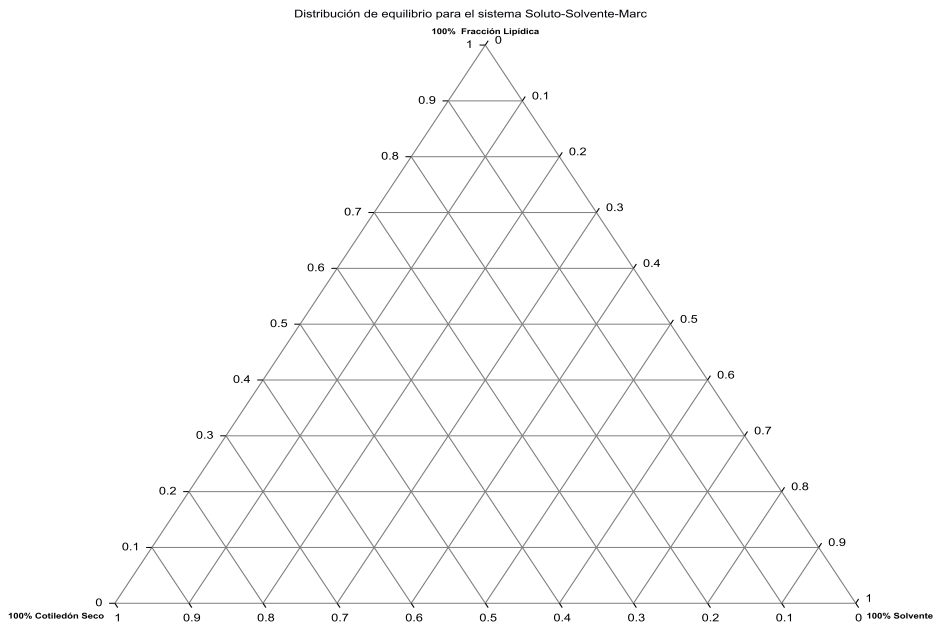
- **Cálculos en la extracción sólido-líquido (lixiviación) por el método de representación gráfica de sistemas ternarios**

La mayoría de representaciones gráficas en la extracción sólido-líquido es a través de sistemas ternarios, donde existen varios tipos de representación, algunos son:

- ✓ Triángulo equilátero
- ✓ Triángulo rectángulo
- ✓ Distribución de diagramas de equilibrio

A continuación se presenta un diagrama de lixiviación de materiales biológicos, la representación “marc” corresponde a la matriz de sólido lixiviada

Figura 10. Distribución de equilibrio para el sistema soluto-solvente-marco



Fuente: prosimternarydiagram.com

En el triángulo equilátero los vértices representan los componentes puros; sobre cada lado se representan las mezclas binarias de los componentes que se encuentran en los vértices correspondientes a ese lado y cualquier punto del interior representa una mezcla ternaria, de tal modo que la cantidad relativa de cada componente en la mezcla es proporcional a la distancia al lado opuesto a, b, c . Teniendo en cuenta que la suma de estas distancias es igual a la altura del triángulo, el cociente de cada una por la suma representará la cantidad relativa del componente respecto a la mezcla. Por otra parte, como los segmentos a, b, c son proporcionales a los segmentos a', b', c' (paralelos a los lados del triángulo) y su suma es igual al lado del triángulo, se puede tomar con el mismo fin las medidas de los segmentos a', b', c' (paralelos a los lados del triángulo) y su suma es igual al lado del triángulo, se puede tomar con el mismo fin las medidas de los segmentos a', b', c' , con el lado unidad de longitud.

Las unidades de concentración empleadas en este diagrama suelen ser las fracciones en peso o las fracciones molares. En cualquier caso, la suma de concentraciones ha de ser constante para todas las composiciones. Las propiedades de este diagrama que le hacen tan útil para los cálculos de extracción son:

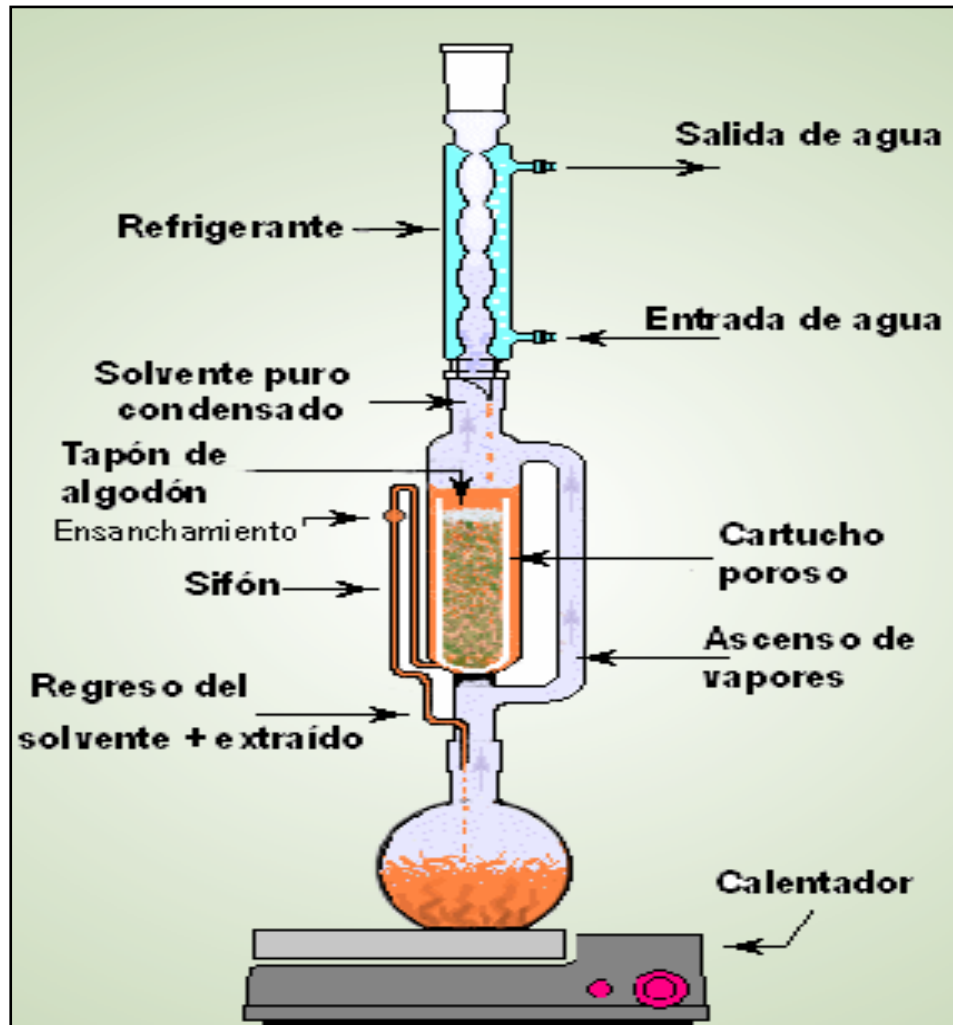
- ✓ Las mezclas cuyas composiciones corresponden a puntos sobre una recta paralela a un lado tienen concentración constante del componente situado en el vértice opuesto;
- ✓ Todos los puntos del segmento que unen un vértice con un punto del lado opuesto representan mezclas de una misma relación constante entre las concentraciones de los componentes situados en los otros dos vértices.

- **Lixiviación con unidad de extracción Soxhlet**

Método de extracción sólido-líquido que hace uso del extractor Soxhlet. Este extractor consta de las siguientes partes o unidades principales:

- Condensador
- Unidad de extracción
- Matraz
- Dedal
- Mangueras
- Plancha de calentamiento

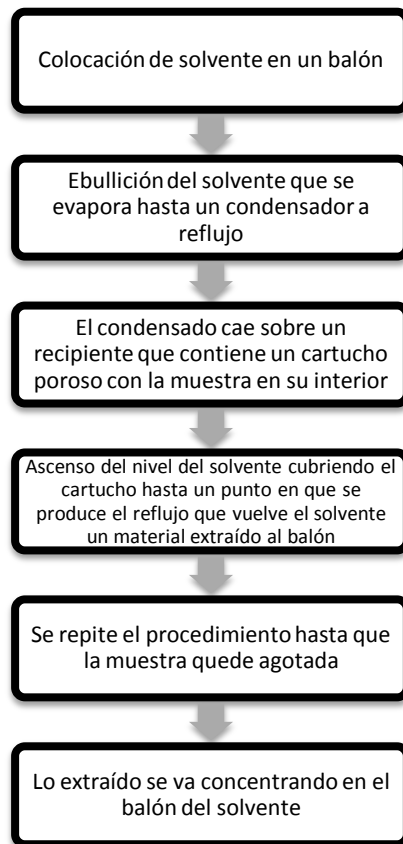
Figura 11. Equipo Soxhlet



Fuente: web.campbell.edu

La extracción Soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas que se muestran en la Figura 15:

Figura 12. **Proceso de la extracción con tipo Soxhlet**



Fuente: profe-farmacognosia.blogspot.com

- **Mecanismo de lixiviación**

El mecanismo de la lixiviación puede incluir una solución física simple o la disolución facilitada por una reacción química. La velocidad de transporte de disolvente en la masa que se va a lixiviar o de la fracción soluble en el disolvente o la solución de extracto del material insoluble, o alguna combinación de esas velocidades, pueden ser importantes. Es posible que exista una resistencia externa. Como el que una reacción química puede afectar a la velocidad de la lixiviación.

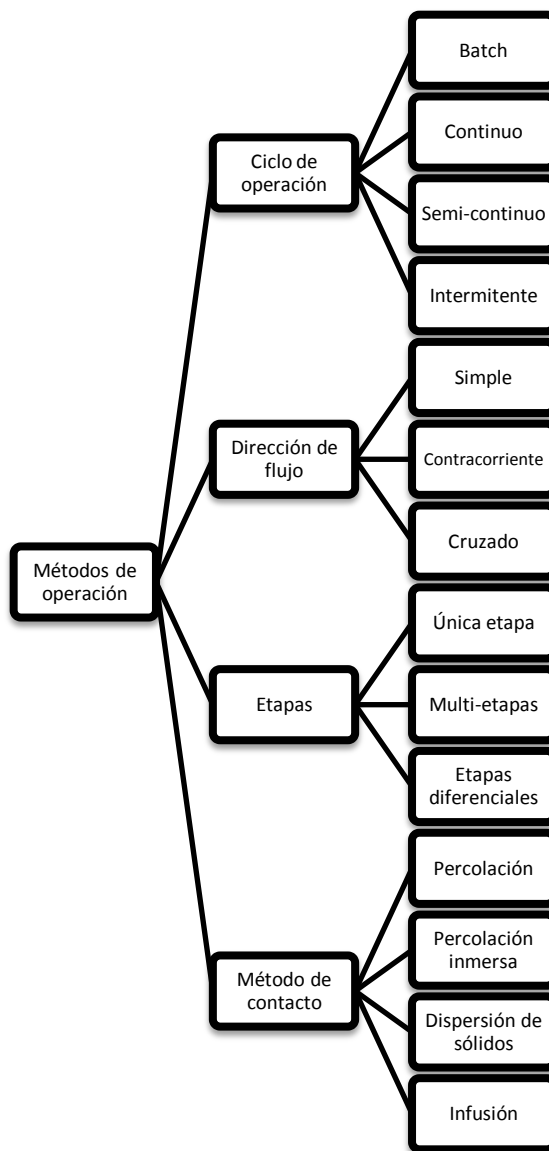
Ya que las corrientes de lodo y clarificado no son fases inmiscibles, sino corrientes basadas en el mismo disolvente, el concepto de equilibrio en lixiviación no es el mismo que el que se aplica en otras separaciones de transferencia de materia. Si el soluto no se adsorbe en el sólido inerte sólo se logra el equilibrio verdadero cuando todo el soluto se disuelve y se distribuye de forma uniforme en todo el disolvente, tanto en la corriente de lodos como la de clarificación (o cuando el disolvente se satura uniformemente con el soluto, situación que nunca se presenta en un equipo de extracción diseñado de forma adecuada). La interpretación práctica del equilibrio de lixiviación es el estado en que las corrientes de lodos y clarificado tienen la misma composición. En un diagrama x - y , la línea de equilibrio es una recta que pasa a través del origen con una pendiente de valor unidad.

Es costumbre calcular el número de etapas ideales (de equilibrio) requeridas para una lixiviación determinada y ajustar dicho número por medio de la aplicación de un factor de eficacia de etapa, aunque si se conocen, pueden aplicarse eficacias locales etapa a etapa.

- **Métodos de operación**

La Figura 15 muestra los métodos de operación que se pueden realizar en la extracción sólido-líquido:

Figura 13. **Métodos de operación de la extracción sólido-líquido**



Fuente: Christie, Geankoplis. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Página 616.

Los equipos de lixiviación se distinguen según la clasificación que se indica en la Tabla IV:

Tabla IV. Clasificación de los equipos de lixiviación

Ciclo de operación	Intermitente
	Continuo
	Intermitente de cargas múltiples
Dirección de las diferentes corrientes	Concurrente
	A contracorriente
	Flujo híbrido
Número de etapas	Una única etapa
	Etapas múltiples
	Etapas diferencial
Método de contacto	Percolación por pulverización
	Percolación por inmersión
	Dispersión de sólidos

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

Sea cual sea el mecanismo y el método de operación, resulta evidente que el proceso de la lixiviación estará favorecido por el aumento de la superficie por unidad de volumen de sólidos que se deben lixiviar y por la disminución de las distancias, en sentido radial, que deben atravesar al interior de los sólidos, y la disminución del tamaño de las partículas contribuye a ambas cosas.

Por otra parte, los sólidos finos provocan una velocidad lenta de percolación, dificultan la separación de sólidos y producen un sólido de mala calidad. Estas características determinan las bases para un tamaño óptimo de partículas.

Naturaleza del material: Muchas de las sustancias biológicas, así como los componentes inorgánicos y orgánicos, existen en mezclas de diferentes componentes en un sólido. A continuación se describe la aplicación del proceso de lixiviación según la naturaleza del material.

- **Proceso de lixiviación para sustancias biológicas**

En las industrias de procesos biológicos y alimenticios, muchos productos se separan de su estructura natural original por medio de una lixiviación líquido-sólido.

Por ejemplo:

- ✓ Lixiviación de azúcar de las remolachas, usando agua caliente
- ✓ Producción de aceites vegetales, usando disolventes orgánicos
- ✓ Producción de café instantáneo soluble, café tostado y molido
- ✓ Obtención de té soluble, se fabrica por lixiviación de hojas de té con agua

Figura 14. **Té soluble**



Fuente: tustrucos.com

Figura 15. **Productos vegetales**



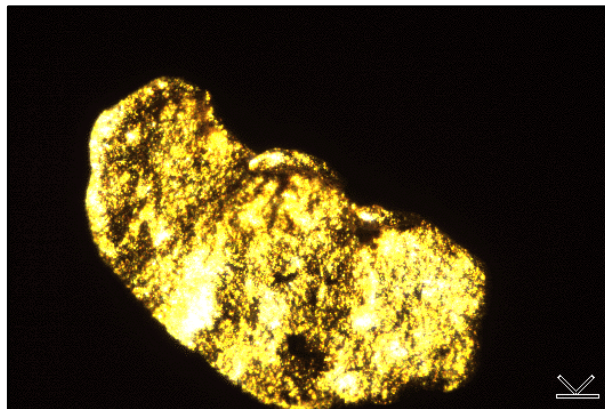
Fuente: tustrucos.com

- **Proceso de lixiviación para materiales inorgánicos y orgánicos**

Los procesos de lixiviación son de uso muy común en las industrias de procesamiento de metales. Los metales útiles suelen existir en mezclas con grandes cantidades de constituyentes indeseables, y la lixiviación permite extraer los metales en forma de sales solubles. Como por ejemplo:

- ✓ Sales de cobre, se disuelven de los minerales molidos que contienen otras sustancias, por medio de la acción de ácido sulfúrico o soluciones amoniacales;
- ✓ Sales de cobalto y níquel, se lixivian de sus minerales con mezclas de ácido sulfúrico-amoniaco-oxígeno;
- ✓ Lixiviación de oro a partir de sus minerales, se basa en el uso de una solución acuosa de cianuro de sodio.

Figura 16. **Obtención de oro**



Fuente: cmcirubide.blogspot.com

- **Preparación de los sólidos para la lixiviación**
 - **Materiales inorgánicos y orgánicos**

El método de preparación del sólido depende en alto grado de:

- ✓ La proporción del constituyente soluble presente
- ✓ Distribución en todo el material sólido original
- ✓ La naturaleza del sólido

Es decir, ya sea que esté constituido por células vegetales o que el material soluble esté totalmente rodeado por una matriz de materia insoluble, y del tamaño de la partícula original.

Si el material soluble está rodeado por una matriz de materia insoluble, el disolvente debe difundirse hacia el interior, para ponerse en contacto y disolver el material soluble, y después difundirse hacia fuera.

- **Materiales animales y vegetales**

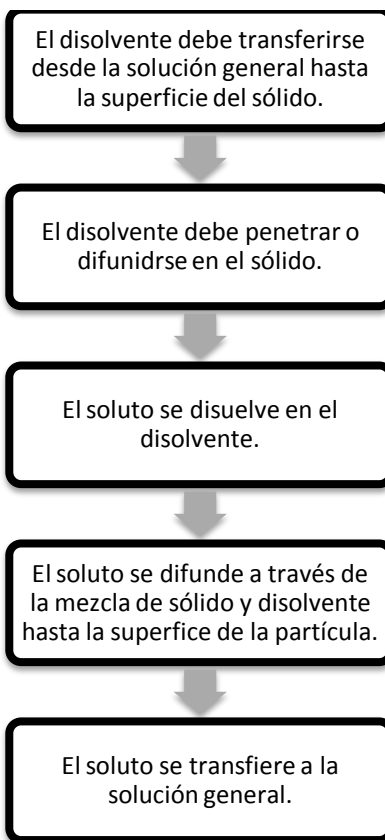
Los materiales biológicos tienen estructura celular y los constituyentes solubles suelen estar dentro de las células. La velocidad de lixiviación puede ser bastante baja, debido a que las paredes celulares constituyen una resistencia adicional a la difusión. No obstante, resulta impráctico moler los materiales biológicos a tamaño suficientemente pequeño para exponer el contenido de las células individuales.

Para la lixiviación de productos farmacéuticos de hojas, tallos y raíces, un secado del material antes de la extracción ayuda a romper las paredes celulares. De esta manera, el disolvente puede atacar directamente al soluto.

- **Velocidad de lixiviación**

En la lixiviación de materiales solubles desde el interior de una partícula por la acción de un disolvente, el proceso general consiste en los siguientes pasos, como se muestran en la Figura 20:

Figura 17. **Proceso de acción de lixiviación**



Fuente: Christie Geankoplis. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. p.617.

En general, la velocidad de transferencia del disolvente desde la solución general hasta la superficie del sólido es bastante rápida, y la velocidad hacia el interior del sólido también tiene bastante rapidez. Sin embargo, en la mayoría de los casos éstas no son las etapas que limitan la velocidad del proceso total de lixiviación. Esta transferencia de disolventes suele ocurrir al principio, cuando las partículas se ponen en contacto con el disolvente; aún así, la disolución del soluto en el disolvente, en el interior del sólido, puede ser un simple proceso físico de disolución o una verdadera reacción química que libera al soluto para la disolución.

La velocidad de difusión del soluto a través del sólido, y la del disolvente hasta la superficie del sólido, pueden depender de cierto número de diversos factores. Si el sólido está constituido por una estructura inerte porosa, con el soluto y el disolvente localizados en los poros del sólido, la difusión a través del sólido poroso puede describirse como una difusividad efectiva.

Temperatura de Lixiviación: Por lo general, se desea realizar la lixiviación a temperaturas lo más elevadas posible. Las temperaturas elevadas producen la mayor solubilidad del soluto en el disolvente y, en consecuencia, concentraciones finales mayores en el licor de lixiviación. A temperaturas elevadas la viscosidad del líquido es menor y mayores las difusividades; esto incrementa la rapidez de lixiviación. (Treybal, 1994).

- **Proceso de extracción sólido-líquido –maceración-**

El proceso de maceración consiste en poner en contacto la materia prima y el solvente, durante cierto tiempo. En este proceso se obtiene un equilibrio entre la materia prima y el solvente y depende de factores relacionados con la materia prima, así como del solvente. El rendimiento del

extracto disminuye cuando la relación materia prima- solvente aumenta, manteniendo una relación inversamente proporcional.

El proceso clásico de maceración consiste en dejar la materia prima en contacto con el solvente durante varios días, con agitación ocasional. Este proceso, también es conocido como maceración simple o estática y se considera un proceso lento.

Para abreviar este tiempo de operación, la materia prima y el solvente se mantienen en movimiento constante. Este procedimiento es conocido como maceración dinámica. Ambos procesos pueden ser ejecutados a una temperatura ambiente o bien, a temperatura más elevada, conocido como digestión.

Entre las desventajas del proceso de maceración se mencionan:

- ✓ Lentitud del proceso
- ✓ No se alcanza una extracción completa de la materia prima

Para evitar las pérdidas del extracto en el residuo de la extracción, la operación de maceración se puede repetir dos o tres veces. Después de haber escurrido el solvente de la extracción anterior. Este procedimiento disminuye la cantidad de extracto retenido en el residuo, pero aumenta la cantidad de solvente a ser recuperado.

Este inconveniente puede superarse, adaptándose el esquema de procesamiento en serie, conforme es descrito para la percolación.

- **Métodos de extracción de oleorresinas**

La industria de extracción de la oleorresina de especias surgió del desarrollo del proceso de oleorresinas durante la década de 1930. El proceso esencialmente implica concentrar la oleorresina de la planta por evaporación del solvente y, finalmente, extraer el solvente para alcanzar los límites de solvente residual. La oleorresina, siendo un producto natural, es térmicamente sensible y el proceso debe diseñarse para reducir al mínimo la degradación térmica y conservar la acritud total. Las técnicas convencionales de concentración y extracción de solvente emplean evaporación en lotes.

Antes de empezar un proceso extractivo en una escala piloto o industrial, se debe definir la selectividad del solvente a ser usado en el proceso. Dependiendo del propósito al que se destine, se puede obtener un extracto de composición química de la planta, o un extracto que contiene solamente constituyentes químicos con una determinada característica.

Figura 18. **Oleorresinas de flor marigold (flor de muerto)**



Fuente: seagroperu.com.pe

Según sea el caso, se mencionan las siguientes características de solventes en la Tabla V:

Tabla V. **Solventes según el extracto deseado en la extracción de oleorresinas**

Extracto de composición química de la planta	Solvente de naturaleza general
	Solvente de alta polaridad (alcohol etílico o metanol)
Extracto con constituyentes químicos de una determinada característica	Solvente selectivo
	Solvente baja polaridad (hexano)

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm

La selección de solvente de extracción, así como la permanencia en la composición química de la materia vegetal, representan dos aspectos importantes en cualquier proceso de fabricación, bien sea de productos fitoterapéuticos o de sustancias naturales aisladas.

La materia prima vegetal en la industria de fitofármacos está representada, en la mayoría de las ocasiones, por la materia prima seca.

Figura 19. **Ajo seco**



Fuente: spanish.alibaba.com

Una vez seca la materia prima, se pone en contacto con el solvente y se inicia un proceso opuesto al proceso de secado, ya que tiende a reconstituir el estado original de la célula. Inicialmente, el solvente penetra en la célula vegetal y expulsa el aire contenido en el citoplasma, comenzando el proceso extractivo. La penetración del solvente en la célula induce un momento bipolar en las moléculas de los compuestos que van a ser extraídos. De esta forma las sustancias extraíbles se adhieren a las moléculas del solvente. La capacidad de asociación puede expresarse en términos de la constante dieléctrica (ϵ). Cuanto más polar sea un solvente, mayor será su respectiva constante dieléctrica. Compuestos ionizables y/o altamente polares se disuelven en solventes de elevada constante dieléctrica; al igual que compuestos apolares se disolverán en solventes de baja constante dieléctrica.

La salida del complejo “materia prima-solvente”, en el caso de células enteras, depende del equilibrio entre la concentración de este complejo en el interior y el exterior de la célula. Los procesos extractivos interfieren en la constante de equilibrio desplazándola hacia el exterior de la célula.

- **Monitoreo del proceso**

Entre las propiedades físicas que se analizan para las oleorresinas se encuentran:

- ✓ Densidad
- ✓ Pérdida de peso del sólido
- ✓ Índice de refracción
- ✓ Sólidos solubles totales

- **Densidad**

A través del cambio de densidad de la solución se puede determinar el avance de la extracción, ya que conforme transcurre el tiempo, la solución debe ser más densa debido a la presencia de mayor soluto extraíble.

- **Pérdida del peso del sólido**

Durante el proceso de extracción, el sólido perderá peso. Por tal razón, debe conocerse el peso del sólido al inicio y final del procedimiento, ya que a través de la diferencia de estos se determinará la cantidad de solutos extraída.

- **Índice de refracción**

Es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la sustancia o el medio transparente. Este número, mayor que la unidad y adimensional, es una constante característica de cada medio y representa el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en ese medio. Se puede medir con un refractómetro en el que se compara el ángulo de incidencia con el ángulo de refracción de la luz de una longitud de onda específica, observando así las variaciones en el mismo a medida que ocurre la extracción.

- **Sólidos solubles totales**

Pueden determinarse los sólidos extractables a lo largo del proceso, por medio de la toma de pequeñas muestras de la solución y colocándolas en un horno adecuado para permitir la evaporación del líquido y así calcular la cantidad de sólidos presentes.

2.2.5.3. Concentración

La concentración representa la etapa siguiente del proceso de extracción. El proceso de concentración busca aumentar el contenido de sólidos en el extracto con la finalidad de:

- Alcanzar un determinado contenido del residuo seco
- Fabricar extractos blandos
- Servir como etapa preliminar en la producción de extractos secos

En la fabricación de productos fitoterapéuticos, la concentración es una etapa problemática, debido a la posibilidad de degradación de sustancias termolábiles. Las soluciones que contienen sustancias estables pueden ser concentradas en equipos comunes y a presión normal o al vacío, pero la mayoría de extractos deben ser evaporados a temperaturas bastantes bajas en la medida de lo posible, así como, al vacío.

2.2.5.4. Secado

La operación de secado consiste en retirar el agua u otro solvente y se lleva a cabo cuando se quiere obtener extractos secos, que ofrecen ventajas particulares, como la estabilidad química y mayor facilidad de almacenamiento y transporte.

2.3. Fracción lipídica

Los aceites y grasas se hallan distribuidos extensamente en los reinos animal y vegetal, desde los organismos más sencillos hasta los más complicados, existiendo en mayor o menor proporción en casi todos los tejidos orgánicos. Las grasas vegetales se encuentran predominantemente en las semillas y en los frutos, pero también existen en las raíces, ramas y hojas de las plantas.

En los organismos animales, las materias grasas se encuentran principalmente en los tejidos celulares próximos a la epidermis (tejidos subcutáneos), la cavidad abdominal, el hígado y el tejido conectivo del cual forman parte los músculos.

Las grasas y aceites constituyen, junto con los carbohidratos y proteínas, los tres grupos de nutrientes más importantes que forma la materia orgánica de las células vivas. Químicamente se les agrupa en una clase muy amplia de sustancias denominadas lípidos, de la cual forman parte también las ceras, fosfolípidos y glucolípidos.

Las fracciones lipídicas con frecuencia se encuentran en semillas, donde reemplazan a los carbohidratos como material de reserva nutritiva. Como lípidos que son, las grasas constituyen un componente esencial de las membranas biológicas.

Los lípidos constituyen un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneo, pero con características comunes de solubilidad; es decir, son poco o nada solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos (éter, benceno, cloroformo...). La mayor parte de los lípidos constituyen aceites y

grasas que suelen ser productos de reserva y protección en el ser vivo, aunque no se debe olvidar que algunos lípidos complejos forman parte de las membranas biológicas, y de este modo participan activamente en muchos aspectos de la fisiología celular.

La heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática. Aunque rara vez se hallan en estado libre, los llamados ácidos grasos-ácidos carboxílicos de cadena larga-forman parte de la inmensa mayoría de los lípidos. Por esta razón, se procederá en primer lugar al estudio de los ácidos grasos, y luego al de los lípidos propiamente dichos divididos en dos grandes grupos:

- ✓ Lípidos relacionados con ácidos grasos
- ✓ Lípidos no relacionados con ácidos grasos

2.3.1. Ácidos grasos

Como ya se mencionó, los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos, casi siempre por medio de enlaces éster, y rara vez amida. Según la naturaleza de la cadena carbonada, los ácidos grasos pueden ser:

- ✓ Saturados
- ✓ Insaturados
- ✓ Lineales
- ✓ Ramificados
- ✓ Alicíclicos

Tabla VI. Nombre de los principales ácidos grasos

Nombre trivial	Átomos de carbono	Estructura	Punto de fusión (°C)
<i>Ácidos grasos saturados</i>			
Ácido láurico	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44,2
Mirístico	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,0
Palmítico	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63,0
Estearico	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,6
Araquídico	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76,5
Lignocérico	24	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	86,0
<i>Ácidos grasos insaturados</i>			
Palmitoleico	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	- 0,5
Oleico	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13,4
Linoleico	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	- 3
Linolénico	18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-11
Araquidónico	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	-49,5

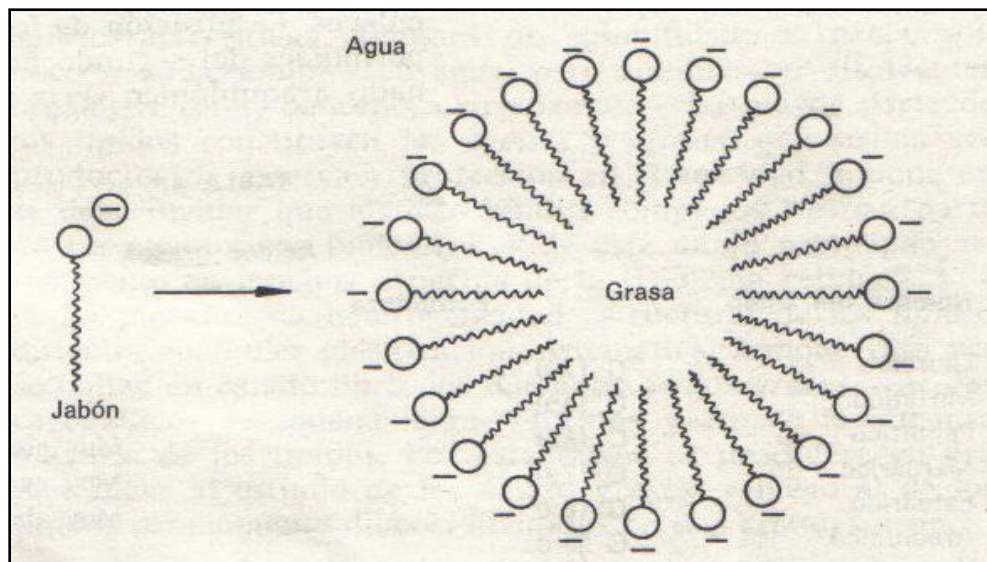
Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 63

Algunos lípidos integrantes de membranas poseen ácidos grasos muy insaturados.

Muchos procesos fisiológicos dependen del grado de fluidez de los lípidos de las membranas. Esta fluidez, a su vez, está vinculada al punto de fusión de los ácidos grasos integrantes. En efecto, los ácidos grasos saturados, en estado sólido adoptan la conformación alternada *todo-anti*, que da un máximo de simetría al cristal, por lo que los puntos de fusión son elevados. La simetría no están perfecta en los ácidos de número impar, y los puntos de fusión son más bajos. Los dobles enlaces *trans* distorsionan poco la simetría cristalina, mientras que los dobles enlaces en *cis* producen alteraciones importantes, lo que se refleja en los puntos de fusión.

Por último, la asimetría originada por los sustituyentes laterales. Los ácidos carboxílicos presentan solubilidad decreciente en agua al aumentar la longitud de la cadena carbonada, de manera que a partir de 12 carbonos, son prácticamente insolubles. El pKa de los ácidos grasos se sitúa en torno a 4.8. Por ello, en medio alcalino, la disociación es completa. Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones, y debido a la polaridad del anión carboxilato son muy miscibles con el agua, especialmente los jabones de metales alcalinos. En general los jabones adoptan en medio acuoso estructuras micelares en equilibrio con formas libres. Las grandes micelas esféricas pueden incluir en su interior grasas neutras, por lo que los jabones tienen poder detergente.

Figura 20. **Miscibilidad del anión carboxilato con el agua para formar jabón “detergente”**



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Páginas 60-65.

Los ácidos grasos insaturados manifiestan las propiedades inherentes al *doble enlace*. Por ejemplo, la *adición de hidrógeno* permite el endurecimiento de las grasas, es decir, la conversión de aceites en margarinas. También es susceptible el doble enlace de *autoxidación* por el oxígeno del aire.

Es una reacción espontánea en la que se producen radicales peróxido que se descomponen dando ruptura de la cadena carbonada y formación de aldehídos. Éste es el origen del enranciamiento de las grasas.

La determinación analítica de los ácidos grasos se lleva a cabo por cromatografía en fase gaseosa, previa formación de sus ésteres metílicos, más volátiles y más inertes que los ácidos libres.

2.3.2. Lípidos relacionados con ácidos grasos

Estos lípidos por hidrólisis liberan ácidos grasos o productos emparentados metabólicamente con los ácidos grasos.

2.3.2.1. Alcoholes superiores y ceras

Por reducción de los ácidos grasos se obtienen alcoholes monohidroxílicos de cadena larga. Los alcoholes superiores se encuentran en la naturaleza formando éteres con el glicerol o ésteres con ácidos grasos. Estos ésteres se llaman *ceras*, y dan su carácter hidrofóbico a tegumentos de animales y plantas. Algunas otras ceras de interés biológico serán tratadas en relación con los lípidos esteroides.

2.3.2.2. Glicéridos simples

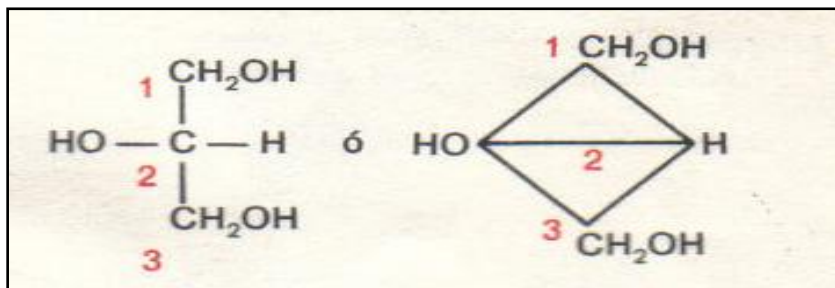
Son lípidos que constan de ácidos, aldehídos o alcoholes grasos y glicerol. Con gran diferencia, los más abundantes contienen ácidos grasos unidos al glicerol por enlaces éster. Según el número de hidroxilos sustituidos en el glicerol se distinguen:

- ✓ Monoacilgliceroles: escasos
- ✓ Diacilgliceroles: más frecuentes
- ✓ Triacilgliceroles: abundantes

Los aceites y grasas naturales están compuestos básicamente por mezclas complejas de triacilgliceroles, con cantidades menores de otros lípidos.

Los aceites y grasas se diferencian únicamente por sus propiedades físicas: se consideran grasas las mezclas lipídicas que permanecen sólidas a temperatura ambiente, y aceites las que, en las mismas condiciones se hallan en estado líquido. Ya que la fluidez de una mezcla lipídica se determina por la naturaleza de los ácidos grasos integrantes.

Figura 21. **Molécula de glicerol**



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Páginas 60-65.

2.3.2.3. Fosfoglicéridos

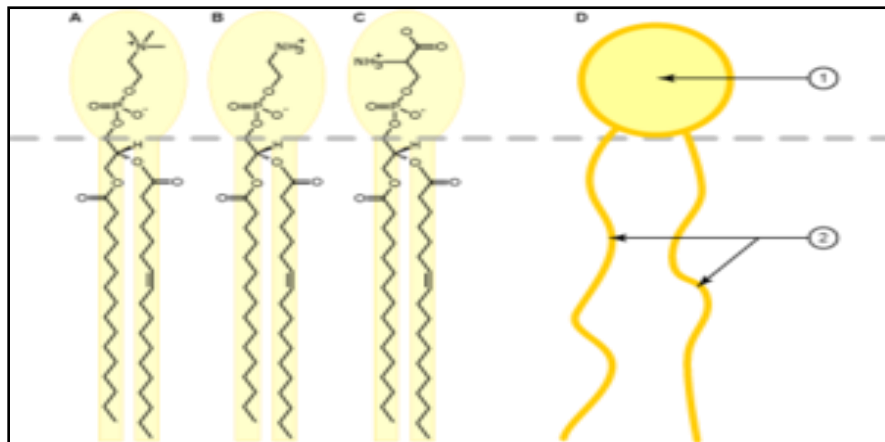
Son lípidos más polares que los glicéridos simples porque contienen algunos componentes hidrofílicos. La estructura de la molécula es tal que se distinguen una parte hidrofílica y la otra hidrofóbica bien diferenciadas. Además, en la parte polar puede coexistir la carga negativa del fosfórico y la

carga positiva de un amonio total o parcialmente sustituido, constituyendo un ion eléctrico mixto (\pm) o zwitter-ión. Debido a esta estructura doblemente bipolar, los fosfoglicéridos en medio acuoso forman espontáneamente dispersiones coloidales altamente organizadas.

Los fosfoglicéridos, como los demás lípidos, son solubles en disolventes orgánicos (éter, cloroformo, etc.) aunque se distinguen de los lípidos menos polares por su escasa solubilidad en acetona fría, lo que permite su precipitación selectiva.

Para la separación de las distintas clases de fosfolípidos entre sí, como en general, para separar mezclas lipídicas, se recurre a la cromatografía en capa fina. Esta técnica, en combinación con la cromatografía en fase gaseosa, permite estudiar la distribución específica de ácidos grasos en cada clase de fosfoglicérido.

Figura 22. **1-cabeza hidrófila, 2-colas hidrófobas**



A) fosfatidilcolina, B) fosfatidiletanolamina, C) fosfatidilserina D) representación esquemática de un fosfoglicérido con la cabeza hidrófila y las colas hidrófobas.

Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 66.

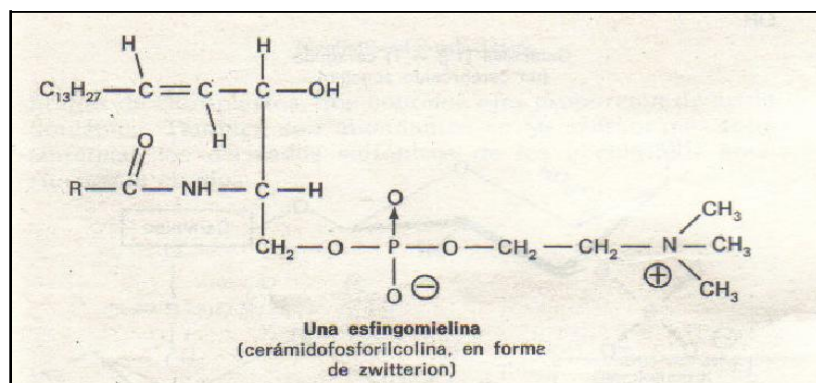
2.3.2.4. Esfingenina, cerámidos y esfingofosfolípidos

En algunos lípidos que contienen estructuras análogas a los diacilgliceroles, una de las cadenas apolares no procede de un ácido graso, o derivado suyo por reducción, sino que forma parte de la llamada *esfingenina*, que químicamente corresponde al trans-(2S,3R)-2-amino-octadeca-4-en-1,3 diol.

Las diversas esfingeninas, en forma *cerámido*, se encuentran formando parte de lípidos de las membranas biológicas. Son especialmente abundantes en la membrana de las células de Schwann que forman las vainas de mielina.

Los *esfingofosfolípidos* más abundantes son análogos estructurales de la fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina y reciben por su localización el nombre genérico de *esfingomielinas*. Los esfingofosfolípidos tienen propiedades físicas y químicas muy similares a los fosfoglicéridos correspondientes

Figura 23. Estructura de esfingomielina



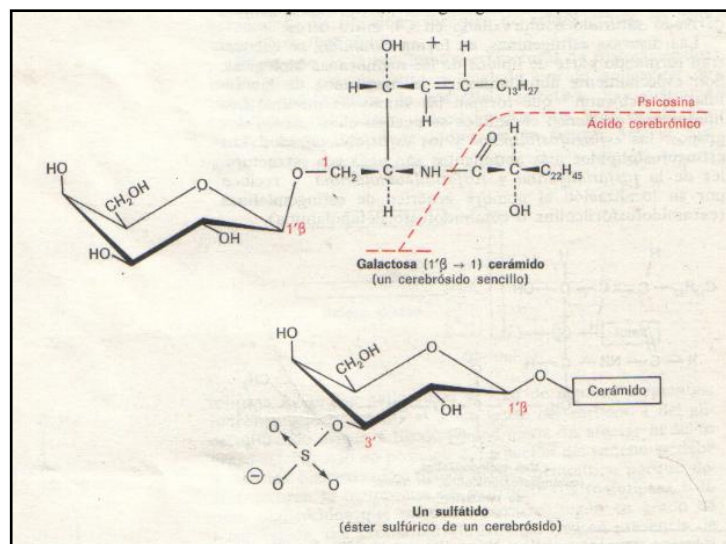
Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 68.

2.3.2.5. Esfingoglicolípidos

Los *esfingoglicolípidos* son lípidos complejos formados por un cerámico y un mono- u oligosacárido, unidos por enlace glicosídico. El cerámico suele contener un ácido graso de cadena muy larga, como lignocérico, nervónico o cerebrónico. Estos se dividen en dos grupos:

- *Cerebrósidos*: contiene una molécula de galactosa o glucosa, unida al alcohol primario del cerámico por un enlace β -glicosídico. En el cerebro, se encuentran a veces cerebrósidos.
- *Gangliósidos*: son esfingoglicolípidos que contienen ácidos siálicos en su molécula. Estos son moléculas heterogéneas y complejas. A menudo la fracción glúcida se presenta ramificada; las estructuras varían según la fuente de lípidos.

Figura 24. Estructuras de esfingoglicolípidos

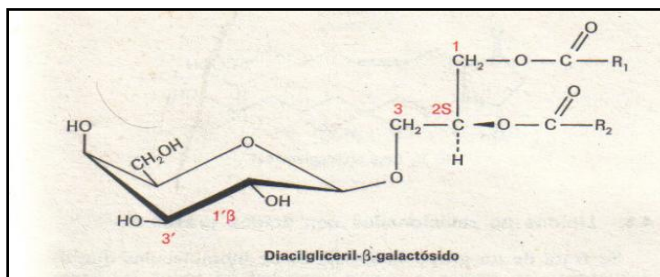


Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 68.

2.3.2.6. Otros glicolípidos

Existen lípidos que contienen una fracción glicídica, pero no esfingenina. El más representativo es el β -galactosildiacylglicerol, abundante en las membranas de cloroplastos, que contiene alta proporción de ácido linolénico.

Figura 25. Estructuras de β -galactosildiacylglicerol



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 68.

2.3.2.7. Prostaglandinas

Esta es una clase de lípidos relacionada metabólicamente con los ácidos grasos. Químicamente, se consideran derivados de un hipotético *ácido prostanico*, de 20 átomos de carbono, con un anillo pentagonal entre C8 y C12. Éstas se encuentran en cantidades catalíticas en numerosos tejidos animales, donde son sintetizadas a partir de *ácidos grasos poliinsaturados*. Su papel fisiológico está relacionado con la acción hormonal.

Figura 26. **Estructuras del ácido prostanoico**



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 69.

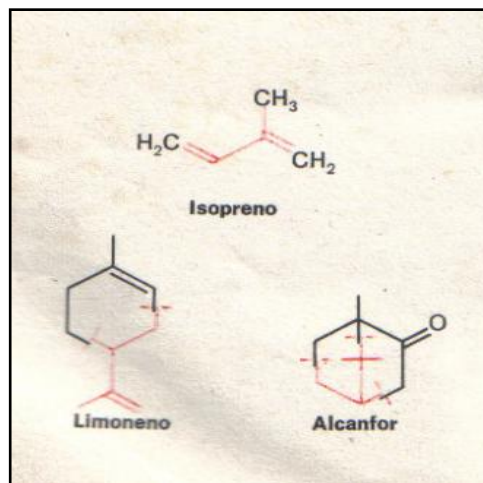
2.3.3. **Lípidos no relacionados con ácidos grasos**

Grupo heterogéneo de biomoléculas que se encuentran en mayor o menor cantidad en todos los seres vivos, y a veces poseen gran actividad biológica como el caso de las *hormonas esteroideas*. Son lípidos en general, poco polares, en lo que se asemejan a los triacilgliceroles, y, como ellos no precipitan en acetona fría. Unos se pueden considerar derivados por condensación como los *isoprenos*. Estos lípidos isoprenoides se pueden dividir en tres grupos:

- ✓ Terpenoides
- ✓ Carotenoides
- ✓ Esteroides

Otro tipo de lípidos no relacionados con ácidos grasos y que no están emparentados con el isopreno incluyen los hidrocarburos y los lípidos pirrólicos.

Figura 27. Estructuras del isopreno, limoneno y alcanfor

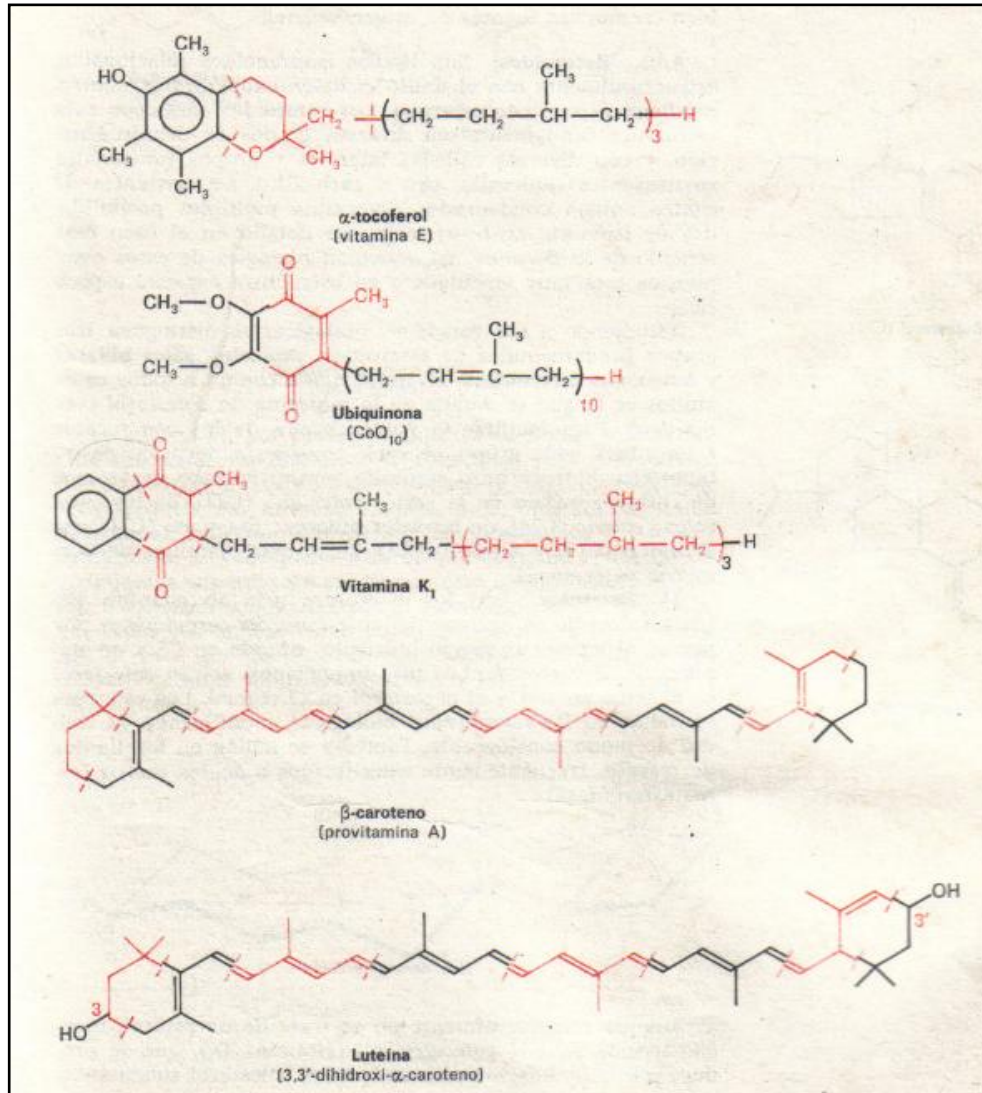


Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 69.

2.3.3.1. Terpenoides

En este grupo suelen incluirse las moléculas formadas por condensación de unas pocas unidades de isopreno. Son frecuentes en los aceites esenciales de plantas. Químicamente, la mayoría de hidrocarburos (*pineno*, *limoneno*), aunque algunos contienen funciones oxidadas (*alcanfor*).

Figura 28. Estructuras de lípidos isoprenoides



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 69.

2.3.3.1.1. Carotenoides

Son derivados *octaprenoides* que constituyen multitud de pigmentos vegetales, como los de la zanahoria (β -caroteno) o el tomate (cantaxantina). El β -caroteno es precursor de la vitamina A. En los animales, los carotenoides

se almacenan en el panículo adiposo, con lo que la piel queda coloreada. Por ello, la cantaxantina se utiliza como bronceador. La luteína brinda el color amarillo característico al cuerpo lúteo del ovario, y se puede encontrar también en varias fuentes de origen vegetal.

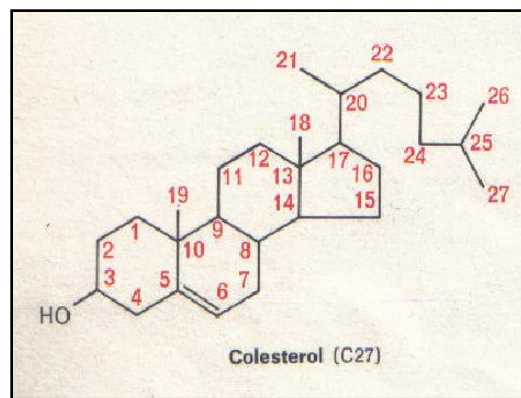
2.3.3.1.2. Esteroides

Relacionados estructuralmente con el anillo *ciclopentanoperhidrofenantreno*, conocido como *esterano*. Los esteroides contienen estructura fundamental en distintos grados de deshidrogenación, y con diversas cadenas laterales y grupos funcionales sustituyenes (hidroxilo, oxo y carboxilo). La existencia de los cuatro anillos condensados determina múltiples posibilidades de isomería *cis-trans*.

Según sus funciones biológicas estas moléculas se clasifican en tres grupos fundamentales:

- ✓ Esteroles
- ✓ Sales biliares
- ✓ Hormonas esteroideas

Figura 29. **Estructura del colesterol**



Fuente: José, Macarulla. *Biomoléculas*. Página 71.

2.3.3.1.3. Hidrocarburos

Algunos hidrocarburos de cadena lineal o ramificada suelen estar presentes, formando mezclas complejas, en vegetales y levaduras. El papel fisiológico de estos no es conocido, aunque probablemente constituyen sustancias de reserva.

2.3.3.1.4. Lípidos pirrólicos

Estos se pueden estudiar como integrantes de las proteínas conjugadas-formando grupos prostéticos de hemoglobinas, citocromos, catalasa...-aunque por su naturaleza química y características de solubilidad pueden incluirse en el grupo de los lípidos. Se distinguen compuestos mono y dipirrólicos, que apenas se encuentran libres, porque son metabolitos intermedios, y compuestos tetrapirrólicos, de cadena abierta y cadena cerrada.

2.3.4. Oleorresinas

Las oleorresinas son extractos de especias, que se obtienen por tratamiento de la materia prima seca con solventes. Los solventes empleados son eliminados casi completamente por procesos de destilación al vacío, destilación azeotrópica, o ambas. Las oleorresinas tienen uso en las industrias de alimentos y de medicamentos, sustituyendo las plantas secas o las tinturas.

Las oleorresinas contienen los aceites esenciales, los aceites fijos, los colorantes y los principios activos de la planta.

2.3.5. Aceites fijos

El aceite fijo se obtiene de ciertas plantas que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.

Los aceites fijos y las grasas son mezclas de ésteres de glicerilos, de los llamados ácidos grasos superiores, es decir ácidos alifáticos de alto peso molecular, en especial palmítico, esteárico y oleico. Los ésteres de glicerilos son con frecuencia llamados glicéridos.

La diferencia de consistencia entre el aceite fijo y las grasas se debe a la diferencia de proporciones relativas de ésteres de glicerilo líquido y sólido. Los aceites fijos contienen una proporción grande de ésteres de glicerilos líquidos (poli-insaturados), como oleatos de glicerilo, mientras que las grasas son relativamente ricas en glicerilos sólidos (poli-saturados) como estearato de glicerilo.

La cromatografía gaseosa es un medio útil para identificar aceites fijos. Hay muchos métodos cromatográficos que separan los ácidos grasos libres o los metil-ésteres de los ácidos grasos, y de su diseño cromatográfico se puede deducir la identidad del aceite fijo.

Tanto los aceites fijos como las grasas son poco solubles en agua, y se disuelven con facilidad en solventes orgánicos como éter, cloroformo y algunos otros solventes orgánicos no miscibles en agua.

2.3.6. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).

Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal (almizcle, civeta, ámbar gris). Se trata de productos químicos intensamente aromáticos, no grasos (por lo que no se enrancian), volátiles por naturaleza (se evaporan rápidamente) y livianos (poco densos). Son insolubles en agua, levemente solubles en vinagre, y solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. Se oxidan por exposición al aire. Se han extraído más de 150 tipos, cada uno con su aroma propio y virtudes curativas únicas.

Entre sus propiedades se puede mencionar las siguientes:

- ✓ Antisépticos
- ✓ Analgésicos
- ✓ Fungicidas
- ✓ Diuréticos
- ✓ Expectorantes

En el organismo, los aceites esenciales pueden actuar de modo farmacológico, fisiológico y psicológico. Habitualmente producen efectos sobre diversos órganos (especialmente los órganos de los sentidos) y sobre diversas

funciones del sistema nervioso. También son utilizados en plantas para alejar a los insectos herbívoros.

El aceite esencial dentro de la planta se encuentra ubicado en un tejido al cual se le denomina micela.

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican en:

- ✓ Esencias fluidas: son líquidos volátiles a temperatura ambiente;
- ✓ Bálsamos: son de consistencia espesa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización;
- ✓ Oleorresinas: tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas. Éstas se producen mediante la extracción de los compuestos aromáticos de las especias deshidratadas con solventes orgánicos.

De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como:

- ✓ Naturales: se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas;
- ✓ Artificiales: se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes;
- ✓ Sintéticos: son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho

más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios. Según esto los aceites esenciales se denominan:

- ✓ Aceites esenciales monoterpénicos: ricos en monoterpenos como la hierbabuena, albahaca, salvia, etc;
- ✓ Aceites esenciales sesquiterpénicos: ricos en sesquiterpenos como la copaiba, pino, junípero, etc;
- ✓ Aceites esenciales fenilpropanoides: ricos en fenilpropanos como el clavo, canela, anís, etc.

Figura 30. **Aceite esencial**



Fuente: planetaholistico.com.ar

2.4. Caracterización de la fracción lipídica

Los bioquímicos consideran a los lípidos como biomoléculas insolubles en agua, éstas pueden ser extraídas de las células con disolventes orgánicos de baja polaridad, como el éter y cloroformo.

Las grasas son los constituyentes principales de las células almacenadoras de éstas en animales y plantas, y constituyen una de las reservas alimenticias importantes del organismo.

Los lípidos están compuestos de glicerina y ácidos grasos, constituida básicamente por C-H-O o lo que se denomina también elemento ternario, puede ser de origen vegetal o animal y presentarse en forma líquida a la temperatura ambiente, como el aceite de oliva, de cártamo, ajonjolí, o en forma sólida o semisólida, como la manteca, mantequilla, margarina o sebo.

Figura 31. **Lípidos**



Fuente: alimentosargentinos.gov.ar

2.4.1. Análisis de la fracción lipídica

2.4.1.1. Análisis para aceites fijos

Sobre la naturaleza y la calidad de una grasa se puede juzgar a partir de sus constantes físicas y químicas o sus índices de calidad. Las constantes físicas de las grasas más importantes son sus temperaturas de fusión, de endurecimiento y la viscosidad; entre las químicas se destacan el número acídico (índice de acidez), el índice de yodo, el índice de saponificación, entre otros.

2.4.1.1.1. Índice de yodo por wijs

El índice de yodo es una medida de la insaturación de ácidos grasos y se expresa en términos del número de centigramos de yodo absorbido por gramo de muestra (% yodo absorbido). Éste método es aplicable a todas las grasas y Aceites Normales que no contengan enlaces dobles conjugados.

2.4.1.1.2. Índice de saponificación

El índice de saponificación es la cantidad de álcali para saponificar una cantidad definida de muestra. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requeridos para saponificar un gramo de muestra.

2.4.1.1.3. Número de acidez

Este método determina los ácidos grasos libres existentes en la muestra. Es aplicable a todos los aceites vegetales crudos y refinados, aceites marítimos y grasas animales.

2.4.1.1.4. Materia insaponificable

La materia insaponificable es la parte de una grasa que no puede usarse como base para elaboración de jabones.

2.4.1.1.5. Índice de peróxidos por el método ácido acético-cloroformo

Este método determina todas las sustancias, en términos de mili equivalentes de peróxido por 1000 g de muestra, que oxidan el ioduro de potasio bajo las condiciones de la prueba.

Generalmente se asume que las sustancias son peróxidos u otras sustancias similares que oxidan la grasa.

Es aplicable a todas las grasas y aceites normales, incluyendo margarina. Este método es altamente empírico y cualquier variación en la prueba puede provocar variaciones en los resultados.

2.4.1.1.6. Método de cuantificación de ceras

Las ceras son eliminadas de forma parcial durante la refinación para evitar que el aceite se nuble.

2.4.1.1.7. Determinación de gomas

Esta prueba determina la cantidad total de fosfátidos y sustancias pegajosas que no interfieren de forma clara con la acidez del aceite. Se basa en un proceso de desgomado a escala laboratorio en donde los fosfátidos son

hidratados para hacerlos insolubles en el aceite y por centrifugación separarlos. Las gomas producen pérdidas en el refinado y disminuye la vida de almacenamiento de un producto.

2.4.1.1.8. Prueba de frío para aceites

Este método mide la resistencia de la muestra a la cristalización y es comúnmente utilizado como un índice de la winterización y procesos de eliminación de estearina. Es aplicable a todos los aceites normales animales y vegetales refinados y secos.

2.4.1.1.9. Porcentaje de jabón en los aceites por el método de titulación

Este método de titulación determina la alcalinidad de la muestra como oleato de sodio. Es aplicable solamente para aceites vegetales.

2.4.1.1.10. Valor de p-anisidina

El valor de p-anisidina es definido por convención como 100 veces la densidad óptica medida a 350 nm en una cubeta de 1cm, de una solución conteniendo 1 g de aceite en 100 mL de solución de solvente y reactivo de acuerdo a lo descrito en el método.

Este método determina la cantidad de aldehídos, y principalmente 2-alquenos y 2,4-dienos, en aceites y grasas, animal y vegetal por reacción en una solución de ácido acético, de los aldehídos contenidos en un aceite y la p-anisidina, luego midiendo la absorbancia a 350 nm.

2.4.1.1.11. Valor de totox

Este método designa un valor que indica la calidad de una grasa o aceite, determinando si su grado de oxidación no es tal que dificultaría su proceso de refinación. Se aplica principalmente a aceites, pero es aplicable también a grasas.

2.4.1.1.12. Índice de dobi

El índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (deterioration of bleach ability index) o DOBI, como se le conoce, consiste en la relación de carotenos respecto al resto de carotenos oxidados. Las moléculas de caroteno absorben luz a 446 nm, mientras que sus productos oxidados absorben luz a 270 nm. Se aplica a aceites crudos, regularmente al de palma.

2.4.1.1.13. Fosfolípidos en aceites vegetales por el método Nephelométrico

Este método nephelométrico mide turbiedad en la mezcla debido a los fosfolípidos. La turbiedad está correlacionada para el nivel de fósforo. Este método es aplicable a crudos, desgomados, refinados, blanqueados y deodorizado. Si en la muestra de aceite hay presencia de jabón puede dar resultados erróneos.

2.4.1.2. Análisis fitoquímico

Las plantas han sido desde la antigüedad un recurso al alcance del ser humano para su alimentación y curación de enfermedades; éstas llamadas

plantas medicinales eran veneradas por las virtudes que se les había reconocido, trasmitiéndose sus virtudes de generación en generación.

Aún en la actualidad cientos de plantas son utilizadas en la medicina, pero la ciencia moderna analizando y estudiando los efectos terapéuticos de éstas, quiere precisar, comparar y clasificar las diversas propiedades, con los siguientes propósitos:

- Aumentar la confianza en la naturaleza
- Aliviar o curar enfermedades
- Determinar estructuras químicas

A través del tiempo se han desarrollado una serie de métodos para la detección preliminar de los diferentes constituyentes químicos, basados en la extracción de estos con solventes apropiados y en la aplicación de pruebas de coloración, conocida como Marcha Fitoquímica. El tamizaje fitoquímico o screening fitoquímico es una de las etapas iniciales de la investigación fitoquímica, que permite determinar cualitativamente los principales grupos de constituyentes químicos presentes en una planta y, a partir de allí, orientar la extracción y/o fraccionamiento de los extractos para el aislamiento de los grupos de mayor interés.

Este tamizaje consiste en la extracción de la planta con solventes apropiados y la aplicación de reacciones de coloración. Debe permitir la evaluación rápida, con reacciones sensibles, reproducibles y de bajo costo.

Un análisis de esta naturaleza debe ser realizado como una acción multidisciplinaria con la intervención de botánicos, químicos, farmacólogos, entre otros.

Así como, a través del Análisis Fitoquímico se tiene como objetivo determinar los metabolitos secundarios presentes en la especie vegetal a estudiar, por ejemplo en las plantas medicinales, aplicando para ello una serie de técnicas de extracción, de separación y purificación y de determinación estructural.

2.4.1.3. Cromatografía

En la última década, las técnicas de cromatografía se han hecho muy populares, ya que sirven para separar e identificar mezclas de sustancias químicas.

Generalmente, las separaciones cromatográficas se hacen en hojas o tiras de papel fibroso o en columnas de polvos absorbentes. Se pone una pequeña cantidad de la muestra en la parte superior del material para cromatografía, que después se satura con el solvente. Los constituyentes que se encuentran mezclados en la muestra migran con el solvente a diferentes velocidades y por ello se separan por zonas.

La identificación de los compuestos se puede determinar comparando sus resultados con los de los compuestos conocidos en un sistema idéntico, ya que las sustancias químicas puras tienen una velocidad de migración característica.

En toda separación cromatográfica existen dos fases (sólida, líquida o gas) una móvil y otra estacionaria, que se mueven una con respecto de la otra manteniendo un contacto íntimo. La muestra se introduce en la fase estacionaria y la móvil. Los componentes de la mezcla a separar invierten un

tiempo diferente en recorrer cada una de las fases, con lo que se produce la separación.

En general, el proceso de un análisis por cromatografía implica:

- Adsorción sobre la fase estacionaria de la sustancia o sustancias a separar;
- Separación de las sustancias adsorbidas por un flujo continuo de la fase móvil;
- Recuperación progresiva por elución de las sustancias separadas;
- Análisis cualitativo y/o cuantitativo de las sustancias separadas y recuperadas.

Figura 32. **Ejemplo de cromatograma**



Fuente: profes.net

2.4.1.3.1. Tipos de cromatografía

En la cromatografía en columna, la fase móvil puede ser un líquido o un gas, y según el caso se denomina respectivamente como:

- Cromatografía líquida
- Cromatografía de gases

De acuerdo con la naturaleza de las fases involucradas y con los mecanismos de separación, es posible distinguir diferentes tipos de cromatografía, como se indica a continuación en la Tabla VII:

Tabla VII. **Tipos de cromatografía**

TIPO	FASE MÓVIL	FASE ESTACIONARIA
<i>Líquido-sólido</i>	Disolventes	Sólido inerte como: Gel Alúmina
<i>Líquido-líquido</i>	Líquido	Líquido absorbido en un soporte sólido
<i>Gas-líquido</i>	Gas	Película de líquido absorbida sobre un soporte sólido
<i>Intercambio iónico</i>	Soluciones acuosas	Resina cambiadora

Fuente: Christie Geankoplis. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Página 317.

Los diferentes tipos de cromatografía pueden ser utilizados a través de diversas técnicas, siendo las principales:

- Cromatografía en columna
- Cromatografía en capa fina
- Cromatografía de gases
- Cromatografía líquida de alta eficiencia

- **Cromatografía en columna (CC)**

La cromatografía por adsorción implica el uso de una columna rellena similar a la que empleó Tswett. La fase estacionaria es una columna rellena con una sustancia adsorbente como sílice finamente dividido, alúmina, carbonato de calcio, etc. La naturaleza del relleno de la columna depende marcadamente de los materiales a separar. La fase móvil es un disolvente líquido. El coeficiente de distribución, a menudo denominado coeficiente de partición, está dado por:

$$D = \frac{\text{concentración de soluto en la fase móvil}}{\text{concentración de soluto en la fase estacionaria}} \quad (\text{Ecuación No. 2})$$

Y los diferentes valores de D para los componentes a separar regulan el grado de separación. En la práctica, la columna se impregna completamente con el disolvente. La muestra que va a ser separada involucrando al disolvente y el soluto, se introduce entonces por el extremo superior de la columna. En seguida se añaden porciones de disolvente puro por la parte superior de la columna, y desciende lentamente por la columna. El paso de la fase móvil a lo largo de la fase estacionaria se denomina elución.

- **Cromatografía en capa fina**

Sobre una placa de vidrio aproximadamente de 20 x 20 cm se extiende en forma de una capa uniforme y delgada (0.15 a 0.25 mm) una suspensión del adsorbente requerido (gel de sílice, celulosa, alúmina, etc.) que contenga un aglutinante, como almidón. Se deja secar la suspensión, y se activa la capa adsorbente por calentamiento durante un período adecuado a aproximadamente 110 °C. En la práctica, se colocan sobre la capa adsorbente en un extremo de la placa unos cuantos microlitros de disolvente que

contengan de 10 a 100 µg de los solutos a separar, y se deja secar. La placa luego se cola en forma vertical, con el extremo que contiene al soluto sumergido en un solvente adecuado (la fase móvil). El disolvente asciende por la capa de adsorbente (la fase estacionaria). Conforme asciende el disolvente, los solutos de la muestra son arrastrados hacia arriba a velocidades que dependerán de sus coeficientes de distribución expresados como

$$R_f = \frac{\text{distancia recorrida por un soluto a partir del origen}}{\text{distancia recorrida por el frente de disolvente a partir del origen}} \quad (\text{Ecuación No. 3})$$

Luego que el disolvente ha recorrido una distancia específica, por ejemplo, 10 cm, la placa se saca y se observa. Si los componentes del soluto son coloreados, pueden utilizarse directamente métodos visuales. Cuando son incoloros, pueden emplearse reactivos especiales que produzcan color.

A menudo, los solutos se caracterizan por sus valores de R_f , permitiendo así una identificación sobre esta base. Se pueden obtener resultados analíticos cuantitativamente muy exactos raspando y quitando la capa delgada en un punto específico de la placa, eluyendo el soluto del material sólido y efectuando una estimación cuantitativa, generalmente por métodos espectrofotométricos.

Las ventajas del uso de la cromatografía en capa fina son:

- Fácil comprensión y ejecución
- Se necesita equipo simple y de bajo costo
- Posibilidad de revelar las placas con reactivos cromogénicos, lo cual hace posible detectar sustancias que no absorben en la región UV/visible.
- Rapidez, reproducibilidad y versatilidad en el análisis

- **Cromatografía de gases**

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica que permite la separación de sustancias volatilizables. La separación tiene como base la distribución diferencial de las sustancias entre una fase estacionaria, sólida o líquida, y una fase móvil (gaseosa).

La muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Temperaturas apropiadas en el sitio de la inyección y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra los cuales, de acuerdo con sus propiedades y las de fase estacionaria, son retenidos por tiempos variables y llegan al final de la columna en tiempos diferentes.

Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y la cuantificación de las sustancias.

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes, con sensibilidad del orden de miligramos y picogramos. Los resultados son cuantitativos y se obtienen en un espacio de tiempo relativamente corto.

Entre las desventajas se encuentran:

- Es necesario hacer un tratamiento preliminar a las muestras
- La eficacia del proceso no es muy alta, como técnica para identificación cualitativa
- Los componentes de las muestras deben ser estables a la temperatura de operación

- Las muestras tienen que ser volátiles

La salida de las sustancias de la columna es registrada bajo la forma de picos que deben ser simétricos y sin superposición. La asimetría y la sobreposición indican una separación defectuosa. Los picos asimétricos pueden indicar fallas en la inyección, un exceso de la muestra o pérdida de la eficiencia de la fase estacionaria.

La eficiencia del proceso se mide en términos de platos teóricos (un plato teórico equivale a una etapa del equilibrio de la sustancia entre las fases). La mayor eficiencia se traduce en la obtención de picos estrechos.

- **Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC)**

La Cromatografía líquida de alta eficacia o High performance liquid chromatography (HPLC) es un tipo de cromatografía en columna utilizada frecuentemente en bioquímica y química analítica. También se la denomina a veces Cromatografía líquida de alta presión o High pressure liquid chromatography (HPLC), aunque esta terminología se considera antigua y está en desuso. El HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica.

En vez de un disolvente que se deja escurrir a través de una columna por gravedad, éste es forzado a través de altas presiones de hasta 400 atmósferas, agilizando el proceso.

También le permite utilizar un tamaño de partícula mucho más pequeña para el material de relleno de la columna que da una superficie mucho mayor

para las interacciones entre la fase estacionaria y las moléculas que fluye por ella. Esto permite una mejor separación de los componentes de la mezcla. Otra gran mejora en la cromatografía de columna se refiere a los métodos de detección que pueden ser utilizados. Estos métodos son altamente automatizados y extremadamente sensibles.

2.4.1.4. Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo se puede llevar a cabo mediante métodos gravimétricos, los cuales están basados en la ley de proporciones definidas, que establece que: *en cualquier compuesto puro, las proporciones en peso de los elementos constituyentes siempre son las mismas*, y en la ley de consistencia de la composición, que establece que: *las masas de los elementos que toman parte en un cambio químico muestran una relación definida e invariable entre sí*. El análisis gravimétrico consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse. Una vez determinado el peso de este compuesto aislado, puede calcularse el peso del componente deseado presente en la muestra.

Por lo tanto, como su nombre lo indica el método gravimétrico implica la determinación del peso como operación básica del procedimiento.

2.5. Industrialización de la fracción lipídica

2.5.1. Industria alimenticia

Se pueden emplear para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etcétera. Así como, se utilizan para bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Estas esencias también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y otras golosinas.

Figura 33. **Gelatina con sabor a naranja**



Fuente: recetax.com

Figura 34. **Leche de melón**



Fuente: recetax.com

Figura 35. **Martini de melón**



Fuente: recetax.com

2.5.2. Industria farmacéutica

Se utilizan en cremas dentales, analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias. Son empleados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos.

Figura 36. **Pasta dental con sabor a fresa**



Fuente: recetax.com

Figura 37. **Enjuague sabor a mora**



Fuente: recetax.com

2.5.3. Industria de cosméticos

Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje.

Figura 38. **Colonia con olor a melón**



Fuente: salala.es

Figura 39. **Tratamiento capilar de miel y avena**

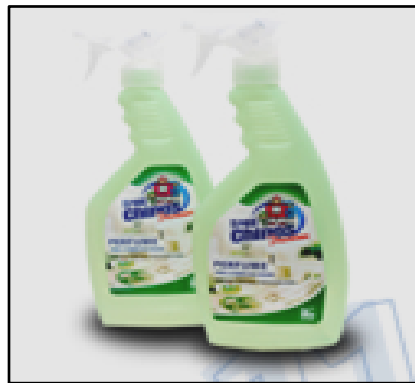


Fuente: beautyofnewyork.com

2.5.4. Industria de productos de limpieza y textiles

Actualmente se ha desarrollado el uso de esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos de limpieza e industriales como el caucho, plásticos y pinturas. También se agrega olor a juguetes y en textiles, como enmascaradores de olores en tratamientos con mordientes antes y después del teñido. En papelería, para impregnar de fragancias cuadernos, tarjetas, papel higiénico y toallas faciales.

Figura 40. **Limpiavidrios con extracto a limón**



Fuente: cornosa.com

Figura 41. **Desodorante con olor a frutas**



Fuente: wladhe.com

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Tabla VIII. Definición de variables de entrada

Variable	Dependiente	Independiente
Método		X
Temperatura	X	
Solvente	X	
Tamaño de partícula		X
Humedad		X

Fuente: Análisis experimental

Tabla IX. Definición de variables de respuesta

Variable	Dependiente	Independiente
Densidad	X	
Índice de Refracción	X	
Sólidos Solubles Totales	X	

Fuente: Análisis experimental

3.1.1. Métodos a utilizar

- Extracción Soxhlet

3.1.2. Temperatura

Temperatura de ebullición de solventes a utilizar

- Etanol (100%) --- 78.4 °C
- Metanol (100%) --- 64.7 °C
- 2 -propanol(100%) --- 82.4 °C
- Hexano (100%) --- 68.85 °C

3.1.3. Solvente

- Etanol (100%)
- Metanol (100%)
- 2-propanol (100%)
- Hexano (100%)

3.1.4. Tamaño de la partícula

Según granulometría:

850<tamaño de partícula<1 180 (micrones)

3.2. Delimitación de campo de estudio

3.2.1. Diseño de tratamientos

La materia prima fue proporcionada por la Finca “La Palmilla” ubicada en Teculután, Zacapa. Inicialmente, el material se encontraba con residuos de pulpa del melón, las semillas fueron lavadas y secadas a temperatura ambiente.

Posteriormente, se trasladaron a bolsas tipo Ziploc, para evitar que la humedad del material cambiara y se perdieran fracciones volátiles presentes. A través de la técnica de extracción Soxhlet, utilizando tres solventes (etanol, metanol y 2-propanol), se realizaron cuatro tratamientos para cada extracción de fracción lipídica del cotiledón de la semilla en función del solvente y un tratamiento con hexano. Así como, se realizó seis tratamientos con la técnica Soxhlet hasta el agotamiento de la materia prima, utilizando hexano. Se obtuvo un total de 19 tratamientos.

3.2.2. Manejo experimental

Debido a la necesidad de comparar el rendimiento de cada solvente, se utilizó los mismos parámetros de control. Se aplicó como metodología la técnica extracción sólido-líquido con equipo Soxhlet.

En la extracción Soxhlet, se realizaron procesos extractivos utilizando como solventes extractores: etanol, metanol y 2-isopropanol, en el que se llevaron a cabo extracciones a la temperatura de ebullición de los solventes mencionados (65 °C, 78 °C, 82 °C y 69 °C). El tamaño de partícula se definió entre 850 y 1 180 micrones (Partículas que pasen el tamiz No.16 y las retenga el tamiz No. 20) y con una humedad menor a 10%, que es la humedad recomendada.

3.2.3. Preparación de la muestra

- Se limpió y lavó la materia prima
- Se secó a temperatura ambiente la materia prima recolectada, hasta una humedad menor al 10%

- Se separó manualmente el pergamino del cotiledón
- Se realizó la molienda de la materia prima en un molino de cuchillas
- Se tamizó la materia prima, con el objetivo de tener un tamaño de partícula entre 850 y 1 180 micrones

3.2.4. Lixiviación utilizando equipo de extracción Soxhlet

Este proceso de extracción se llevó a cabo entre dos fases, una fase sólida (estática) y otra fase líquida (móvil). El solvente se colocó en un matraz, de fondo plano, el cual a través de agitadores magnéticos mantuvieron una agitación constante. Se elevó a la temperatura de ebullición de los solventes utilizados para que el solvente evaporado se desplazara en el bypass ubicado en el equipo Soxhlet para luego condensarse en el condensador de bolas y se depositara en el tubo extractor, en donde se ubicó la materia prima dentro de un dedal de celulosa. Una vez el nivel del soluto lixiviado alcanzó la altura del tubo de reflujo se produjo el efecto sifón que regresó el solvente al matraz de fondo plano, en donde se repitió el proceso hasta agotar el material. El tiempo de contacto entre soluto-solvente varió dependiendo del solvente, ya que el lapso cada ciclo no permaneció constante. Esto se vio influenciado por las pérdidas de calor que se generaron en el sistema.

Durante el proceso se llevó a cabo un monitoreo para determinar el final de la extracción, tomando alícuotas de la solución que se encontraban dentro del matraz para poder determinar las propiedades fisicoquímicas como: cantidad de solutos solubles totales y densidad, ya que al proyectarse un valor constante la extracción finalizó. .

En una de las cuatro corridas se terminó de agotar la materia prima con hexano para obtener la mayor cantidad de fracción lipídica posible.

3.2.5. Manejo de productos y residuos

Se recolectó los solventes en el proceso de rota-evaporación para su uso posterior.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigadora: Romy Carlota Godínez Morales
- Asesor: Ing. Qco. Cesar Alfonso García Guerra.
- Co-asesor: Ing. Qco. Adrián Antonio Soberanis Ibañez

3.4. Recursos físicos disponibles

LABORATORIO	• ACTIVIDAD
Laboratorio de la Sección de Química Industrial -LAFIQ- Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Secado de la materia prima.• Medición de humedad de la materia prima.
Laboratorio del Área de Química de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Extracción de la fracción lipídica.• Medición de los sólidos solubles totales.• Medición de la densidad.
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIXVE- Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Rotaevaporación de la fracción lipídica.• Medición del índice de refracción
Laboratorio del LIPRONAT, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Tamizaje fitoquímico.
Laboratorio del Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas.
Laboratorio de Microscopía, Facultad de Agronomía, USAC.	<ul style="list-style-type: none">• Elaboración del corte histológico.

3.4.1. Materia prima

Semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)

3.4.2. Cristalería

- Balones
- Beackers
- Condensadores
- Probeta
- Pipetas
- Soxhlet
- Matraz
- Picnómetro
- Vidrios de reloj
- Recipientes herméticos
- Agitadores magnéticos

3.4.3. Equipo

- Molino de cuchillas
Marca: Zenith
Voltaje: 120 V
Frecuencia: 60 Hz

- Plancha de calentamiento-agitación

Marca: CORNING

Modelo: PC-620

Voltaje: 120 - 100 V

Frecuencia: 60 Hz

Potencia: 1113 W

Revoluciones: 0-1100 rpm

Figura 42. **Plancha de calentamiento-agitación**



Fuente: laboratorio de química

- Bomba de vacío

Marca: Gast

Modelo: O523-VAFG588DX

Voltaje: 100 -115 V

Frecuencia: 50 Hz

Potencia: ¼ Hp

Figura 43. **Bomba de vacío**



Fuente: laboratorio de química

- Balanza

Marca: Adventurer

Serie: G1231202040133

Voltaje: 8-14.5 V

Frecuencia: 50/60 Hz

Máxima capacidad: 150 g

Lectura mínima: 0.001 g

Figura 44. **Balanza analítica**



Fuente: laboratorio de química

- Refrigeradora
Marca: Daewoo
Modelo: FR-147RV
oltaje: 115 - 120 V
Frecuencia: 60 Hz.
Amperaje 1.1 A
Refrigerante: R-134^a

Figura 45. **Refrigeradora**



Fuente: laboratorio de química

- Rotavapor
Marca: Büchi
Modelo: R-200
Voltaje: 120 V
Frecuencia: 50/60 Hz
Potencia: 120 W

Figura 46. **Rota-vapor**



Fuente: laboratorio de química

- Horno
Marca: Cole Parmer
Modelo: 05015-54
Voltaje: 120 V
Frecuencia: 50/60 Hz

Figura 47. **Horno**



Fuente: laboratorio de química

- **Refractómetro**
 Marca: Fischer Scientific
 Modelo: 334620
 Voltaje: 120 V
 Frecuencia: 60 Hz
 Corriente: 0.08 A

Figura 48. **Refractómetro**



Fuente: LIEXVE

- **Campana de extracción**
 Marca: Serproma
 Voltaje: 110 V
 Potencia: 900 W
 Capacidad de motor: $\frac{3}{4}$ Hp

Figura 49. **Campana de extracción**



Fuente: laboratorio de química

- **Cronómetro digital**
 Marca: CASIO

Figura 50. **Cronómetro digital**



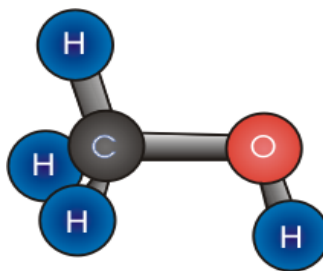
Fuente: laboratorio de química

3.4.4. Reactivos

Metanol

Fórmula semi-desarrollada	CH ₃ -OH
Fórmula molecular	CH ₄ O
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Masa molar	32.04 g/mol
Punto de fusión	176 °K (-97.16 °C)
Punto de ebullición	337.8°K (64.7°C)
Punto de inflamabilidad	285°K (12°C)
Temperatura de auto-ignición	658°K (385°C)
Solubilidad en agua	Totalmente miscible
Constante dieléctrica	33.6

Figura 51. Estructura molecular del metanol

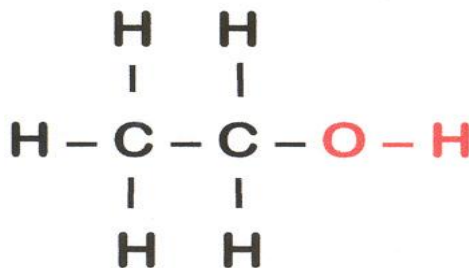


Fuente: foros.toxico-pc.com

Etanol

Fórmula semi-desarrollada	CH ₃ -CH ₂ -OH
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Masa molar	46.07 g/mol
Punto de fusión	158.9 °K (-114.3 °C)
Punto de ebullición	351.6°K (78.4°C)
Solubilidad en agua	Miscible
Constante dieléctrica	24.3

Figura 52. **Estructura del etanol**

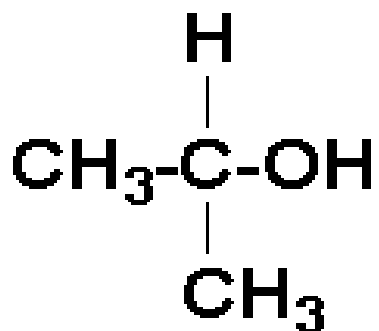


Fuente: velocidadmaxima.com

2-propanol

Fórmula semi-desarrollada	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
Fórmula molecular	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Masa molar	60.09 g/mol
Punto de fusión	185 °K (-87.9°C)
Punto de ebullición	355°K (82.4°C)
Constante dieléctrica	18.3

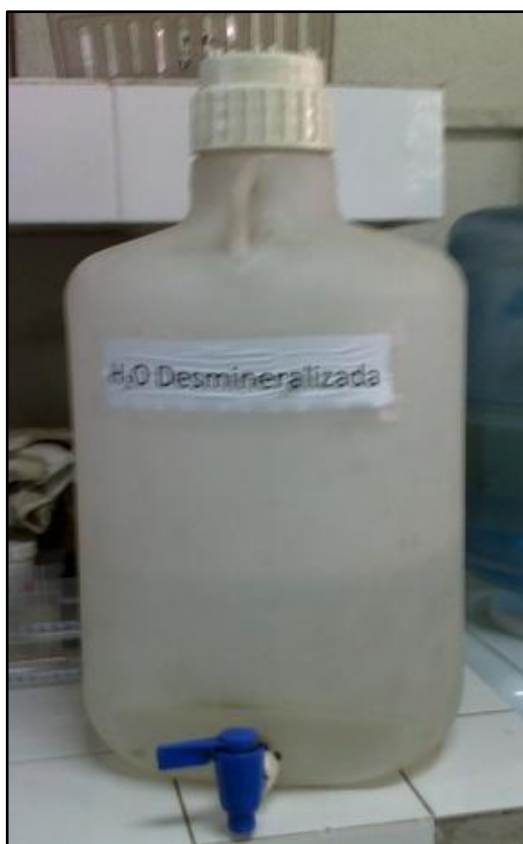
Figura 53. Estructura del isopropanol



Fuente: rena.edu.ve

Agua desmineralizada, Salvavidas

Figura 55. **Agua desmineralizada**



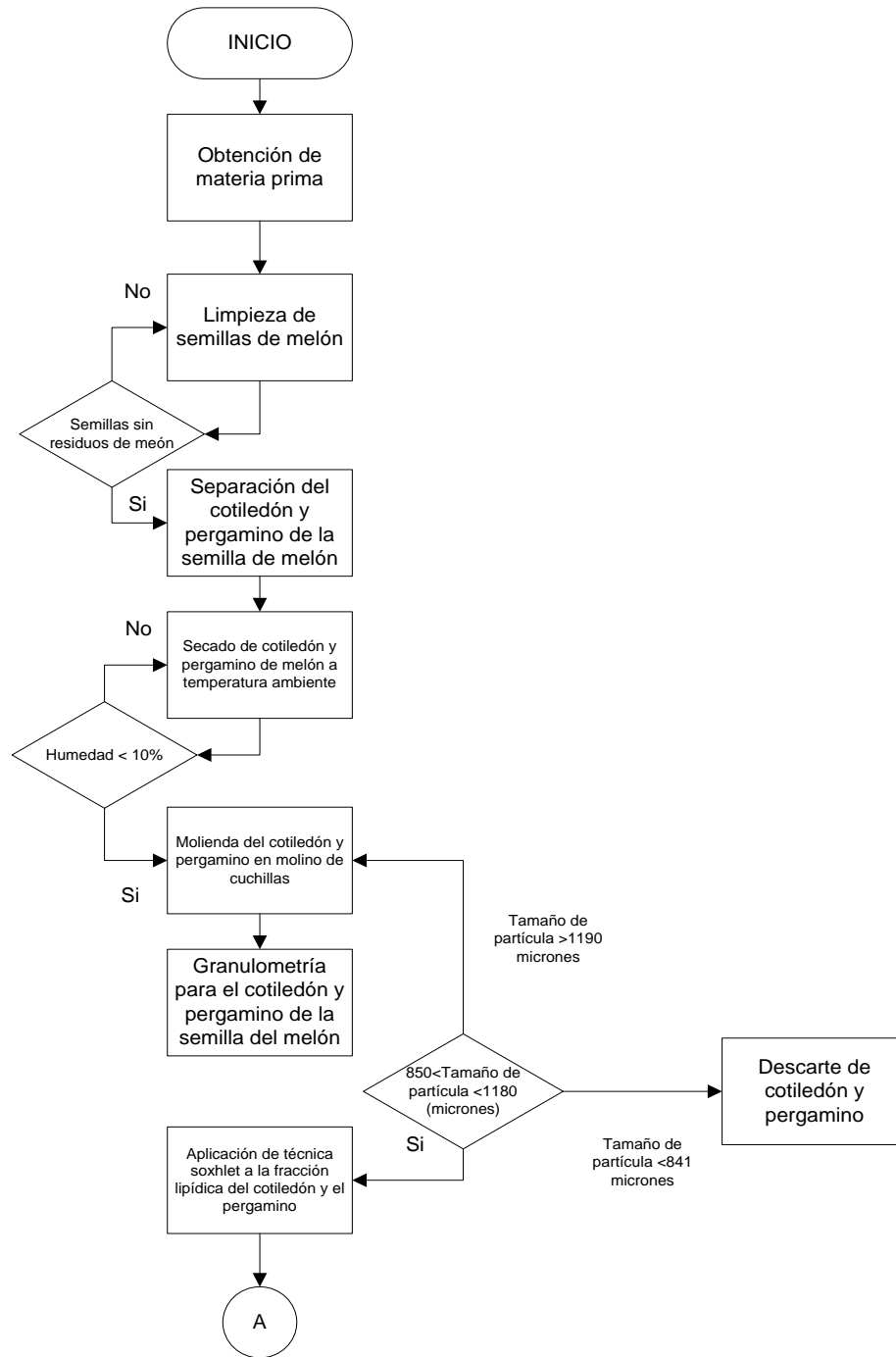
Fuente: laboratorio de química

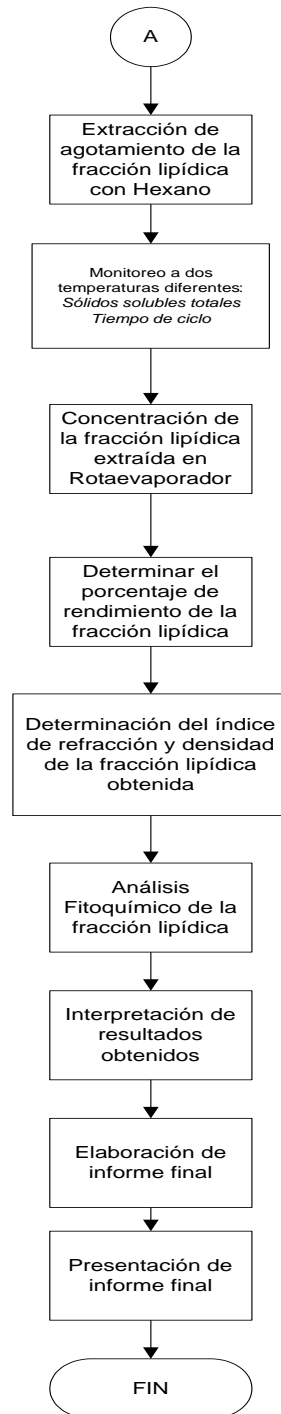
3.5. Técnica cuantitativa

La técnica cuantitativa a utilizar se conoce como gravimetría, ya que se determina la cantidad de sustancia, midiendo el peso de la misma, mediante relaciones, generalmente estequiométricas.

3.6. Recolección y ordenamiento de la Información

Figura 56. Diagrama de recolección de la información





Fuente: análisis experimental.

3.7. Metodología para la caracterización de la fracción lipídica

3.7.1. Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas que se determinaron son:

3.7.1.1. Densidad

- Se armó el sistema de extracción Soxhlet;
- Se midió la densidad del solvente antes de iniciar la técnica de extracción Soxhlet;
- Se colocó una manguera dentro del equipo de extracción Soxhlet conectada a una jeringa para extraer alícuotas de 2 mL;
- Se esperó a que la muestra se encontrara a temperatura ambiente ($T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- Se midió la densidad con un picnómetro de 1 mL con un micropicnómetro;
- Se repitió el procedimiento hasta que la densidad de la alícuota permaneciera constante.

Figura 57. **Medición de densidad con micropicnómetro y balanza analítica**



Fuente: laboratorio de química

3.7.1.2. Sólidos solubles totales

- Se armó el sistema de extracción Soxhlet;
- Se pesó la corcholata limpia;
- Se colocó una manguera dentro de equipo de extracción Soxhlet conectada a una jeringa para extraer alícuotas de 1 mL;
- Se depositó la alícuota en una corcholata;
- Se secó la muestra a 30 °C en un horno;
- Se pesó la corcholata con la muestra seca.

Figura 58. Extracción de alícuota con jeringa



Fuente: laboratorio de química

3.7.1.3. Índice de refracción

- Se limpió el refractómetro Abbe con Xilol;
- Se colocó una gota de la solución en el prisma;
- Se tomó nota de la lectura del equipo.

3.7.2. Propiedades fitoquímicas

3.7.2.1. Cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas (CGC/MS/DS)

Un sistema de cromatografía de gas acoplado a espectrometría de masas consta de un gas de arrastre, un puerto de inyección de la muestra, una columna, el horno que contiene a la columna, y un sistema espectrométrico de masas (fuente de ionización, analizador de masas y un detector). La muestra se volatiliza en el puerto de inyección y se inyecta con exactitud y precisión en la cabeza de la columna cromatográfica.

Figura 59. **Cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (CGC/MS/DS)**



Fuente: apc.uclm.es

3.7.2.2. Tamizaje fitoquímico

Indica qué tipo de metabolitos secundarios se encuentran en el material. El tamizaje fitoquímico consiste en la extracción de la planta con solventes apropiados y la aplicación de reacciones de coloración. El método permite determinar la presencia de los principales grupos de compuestos químicos.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de información

3.8.1. Diseño experimental

Se realizó un análisis de varianza multidireccional, debido a que se analizó tres factores con tres tratamientos y cuatro corridas cada uno, para tener un arreglo matricial de doce observaciones.

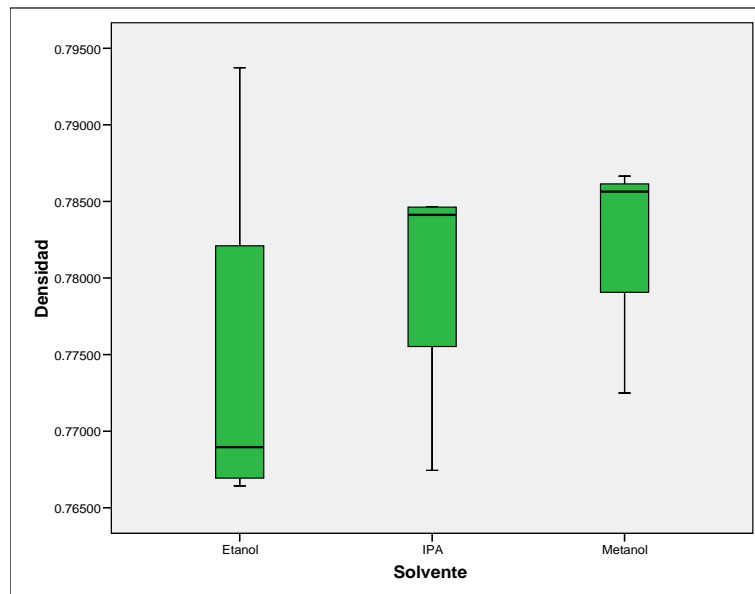
Tabla X. **Datos requeridos para un experimento multidireccional, con a tratamientos y n repeticiones**

% Sólidos solubles (%Ss)			Número de ciclos (NC)							
			5	10	15	20	25	30	35	40
Variaciones de solventes	S1	R1	[%SsS1R1NC5...%SsS1R1NCn]							
		R2	[%SsS1R2NC5...%SsS1R2NCn]							
		R3	[%SsS1R3NC5...%SsS1R3NCn]							
		R4	[%SsS1R4NC5...%SsS1R4NCn]							
	S2	R1	[%SsS2R1NC5...%SsS2R1NCn]							
		R2	[%SsS2R2NC5...%SsS2R2NCn]							
		R3	[%SsS2R3NC5...%SsS2R3NCn]							
		R4	[%Ss S2R4NC5...%SsS2R4NCn]							
	S3	R1	[%SsS3R1NC5...%SsS3R1NCn]							
		R2	[%SsS3R2NC5...%SsS3R2NCn]							
		R3	[%SsS3R3NC5...%SsS3R3NCn]							
		R4	[%SsS3R4NC5...%SsS3R4NCn]							

Fuente: análisis experimental

3.9. Análisis estadístico

Figura 60. **Gráfica de densidad (g/mL) vrs. solvente extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XI. **Variable dependiente: densidad**

F	Grados de Libertad 1	Grados de Libertad 2	Significación
.901	2	9	.440

Fuente: análisis experimental.

Tabla XII. **Prueba de duncan para las medias de densidad**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solvente	.000	2	6.85E-005	.724	.511
Error	.001	9	9.46E-005		
Total corregida	.001	11			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XIII. **Prueba de tukey para las medias de densidad**

(I) Solvente	(J) Solvente	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
Etanol	2-propanol	-.0055600	.00687799	.707	-.0247634	.0136434
	Metanol	-.0080875	.00687799	.495	-.0272909	.0111159
2-propanol	Etanol	.0055600	.00687799	.707	-.0136434	.0247634
	Metanol	-.0025275	.00687799	.929	-.0217309	.0166759
Metanol	Etanol	.0080875	.00687799	.495	-.0111159	.0272909
	2-propanol	.0025275	.00687799	.929	-.0166759	.0217309

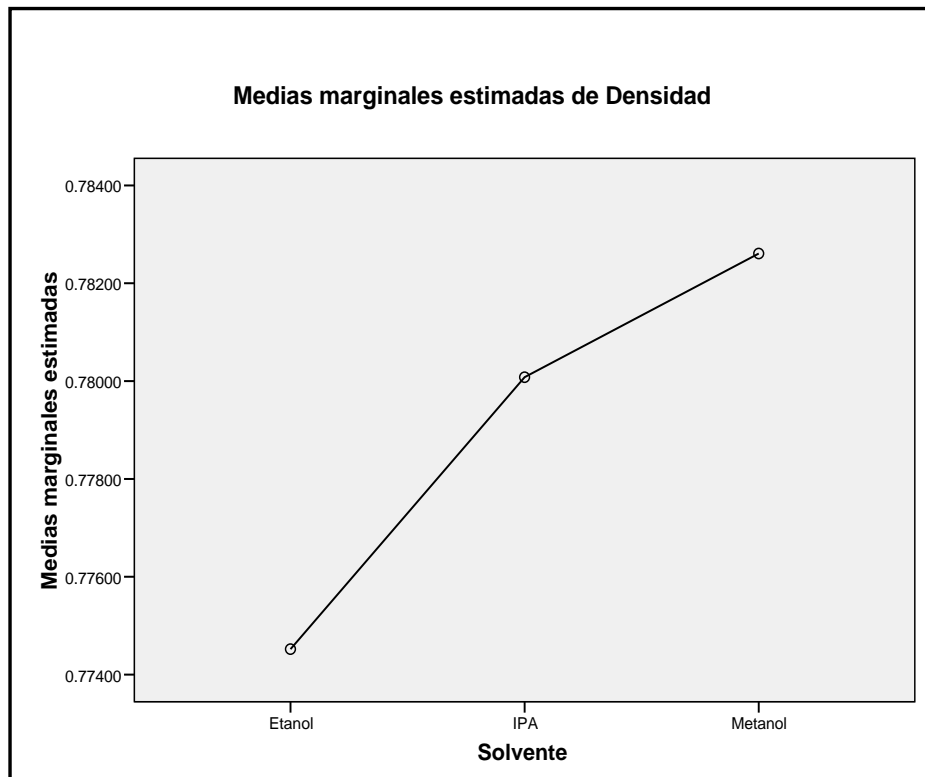
Fuente: análisis experimental.

Tabla XIV. **Comparación de tukey para las medias de densidad**

Solvente	N	Subconjunto
		1
Etanol	4	.7745200
2-propanol	4	.7800800
Metanol	4	.7826075
Significación		.495

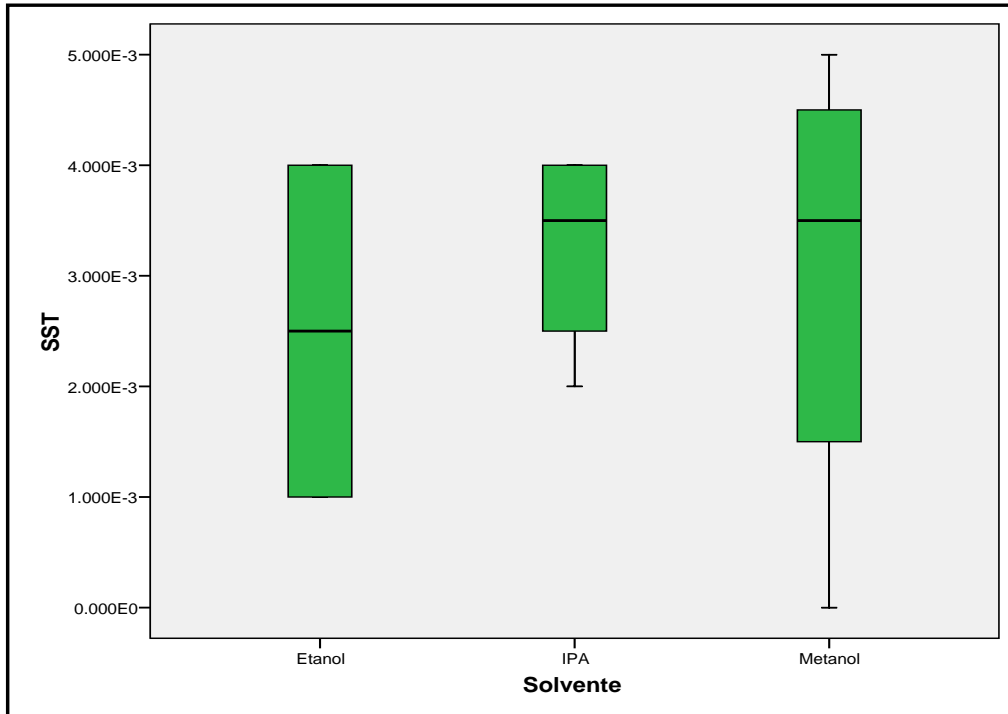
Fuente: análisis experimental.

Figura 61. **Medias marginales de densidad (g/mL) de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Figura 62. **Gráfica de solubles totales vrs. solvente extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XV. **Variable dependiente: sólidos solubles totales**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solvente	1.17E-006	2	5.83E-007	.204	.819
Error	2.58E-005	9	2.86E-006		
Total corregida	2.69E-005	11			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XVI. **Prueba de tukey para las medias de sólidos solubles totales**

(I) Solvente	(J) Solvente	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
Etanol	2-propanol	-.00075	.001196	.809	-.00409	.00259
	Metanol	-.00050	.001196	.909	-.00384	.00284
2-propanol	Etanol	.00075	.001196	.809	-.00259	.00409
	Metanol	.00025	.001196	.976	-.00309	.00359
Metanol	Etanol	.00050	.001196	.909	-.00284	.00384
	2-propanol	-.00025	.001196	.976	-.00359	.00309

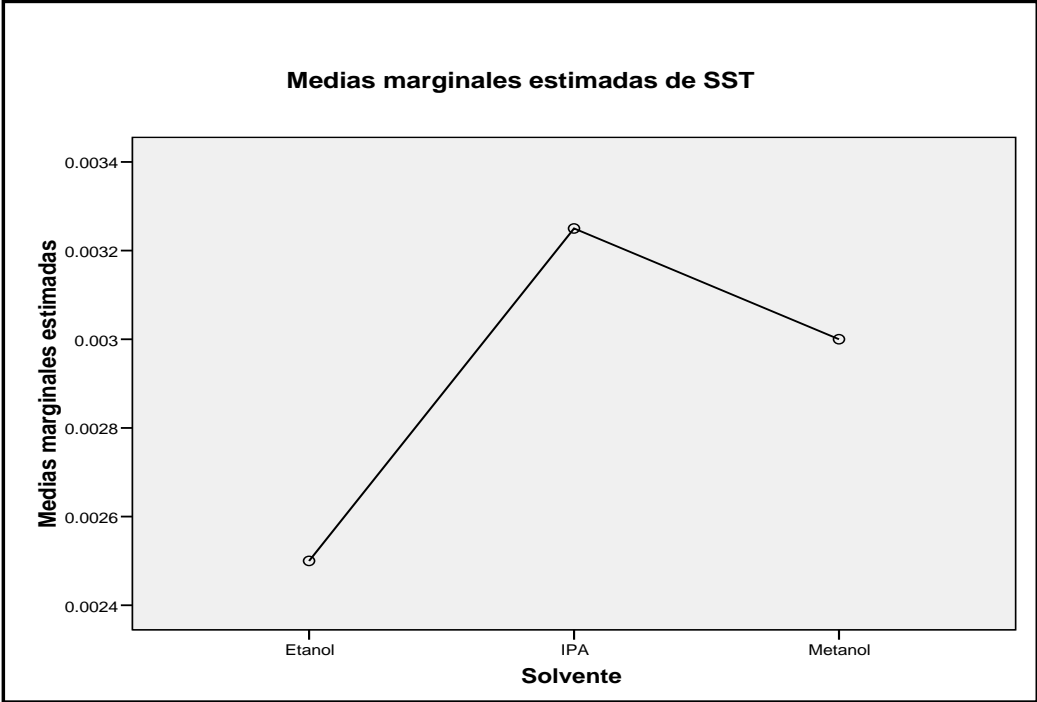
Fuente: análisis experimental.

Tabla XVII. **Comparación de tukey para las medias de sólidos solubles
totales**

Solvente	N	Subconjunto
		1
Etanol	4	.00250
Metanol	4	.00300
2-propanol	4	.00325
Significación		.809

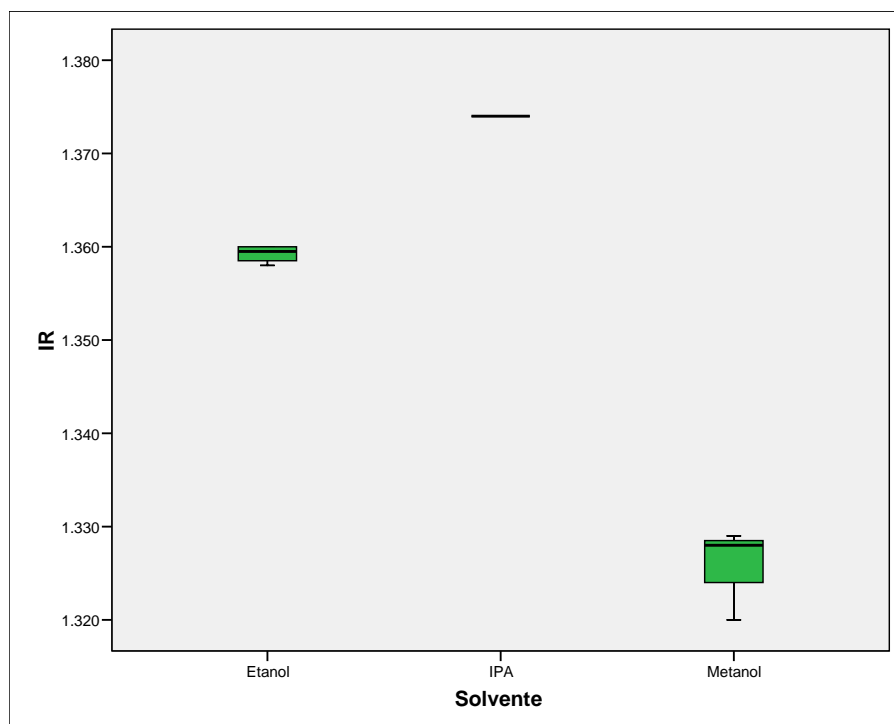
Fuente: análisis experimental.

Figura 63. **Medias marginales de sólidos solubles totales de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Figura 64. **Gráfica de Índice de refracción vrs. solvente extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XVIII. **Variable dependiente: índice de refracción**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solvente	.005	2	.002	387.743	.000
Error	5.55E-005	9	6.17E-006		
Total corregida	.005	11			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XIX. Prueba de tukey para las medias de índice de refracción

(I) Solvente	(J) Solvente	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
Etanol	2-propanol	-.01475	.001756	.000	-.01965	-.00985
	Metanol	.03300	.001756	.000	.02810	.03790
2-propanol	Etanol	.01475	.001756	.000	.00985	.01965
	Metanol	.04775	.001756	.000	.04285	.05265
Metanol	Etanol	-.03300	.001756	.000	-.03790	-.02810
	2-propanol	-.04775	.001756	.000	-.05265	-.04285

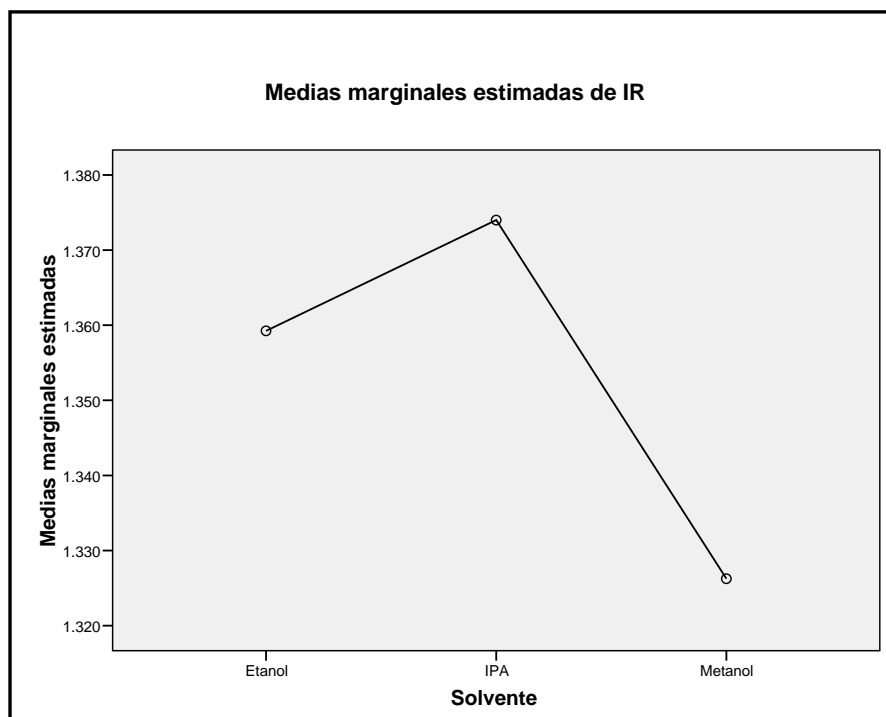
Fuente: análisis experimental.

Tabla XX. Comparación de tukey para las medias de índice de refracción

Solvente	N	Subconjunto		
		2	3	1
Metanol	4	1.32625		
Etanol	4		1.35925	
2-propanol	4			1.37400
Significación		1.000	1.000	1.000

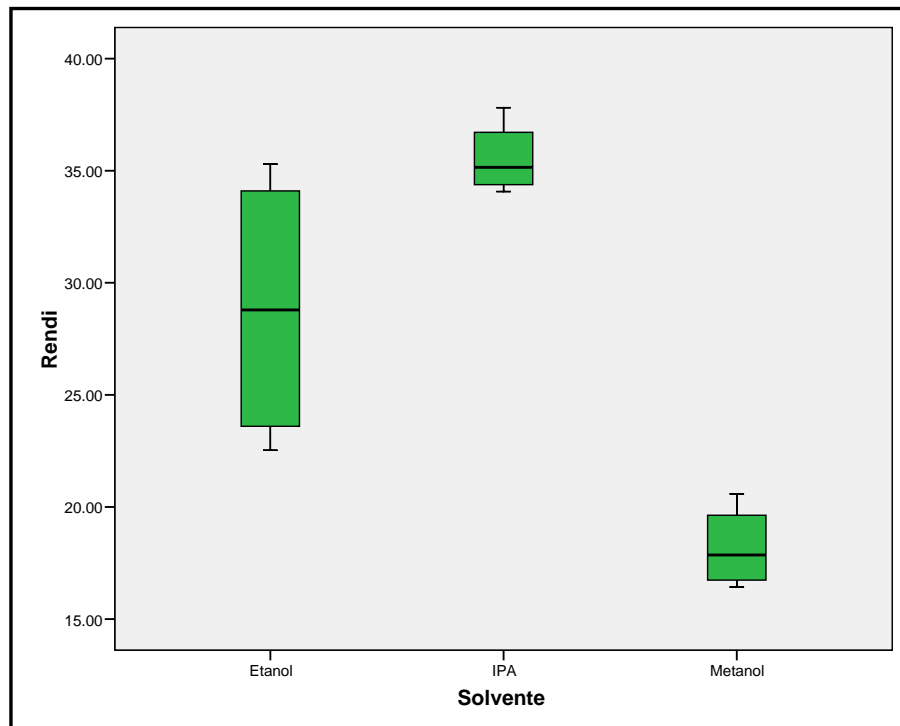
Fuente: análisis experimental.

Figura 65. **Medias marginales índice de refracción de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Figura 66. **Gráfica de rendimiento vrs. solvente extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XXI. **Variable dependiente: rendimiento**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solvente	613.246	2	306.623	20.625	.000
Error	133.801	9	14.867		
Total corregida	747.047	11			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XXII. **Prueba de tukey para las medias de rendimiento**

(I) Solvente	(J) Solvente	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
Etanol	2-propanol	-6.6950	2.72642	.084	-14.3072	.9172
	Metanol	10.6650	2.72642	.009	3.0528	18.2772
2-propanol	Etanol	6.6950	2.72642	.084	-.9172	14.3072
	Metanol	17.3600	2.72642	.000	9.7478	24.9722
Metanol	Etanol	-10.6650	2.72642	.009	-18.2772	-3.0528
	2-propanol	-17.3600	2.72642	.000	-24.9722	-9.7478

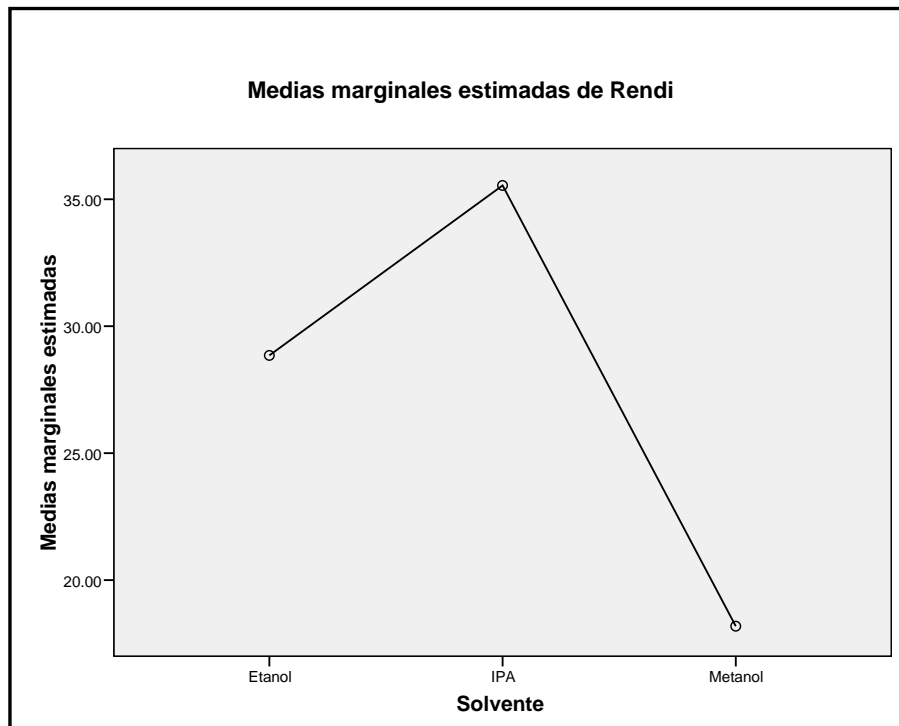
Fuente: análisis experimental.

Tabla XXIII. **Comparación de tukey para las medias de rendimiento**

Solvente	N	Subconjunto	
		2	1
Metanol	4	18.1850	
Etanol	4		28.8500
2-propanol	4		35.5450
Significación		1.000	.084

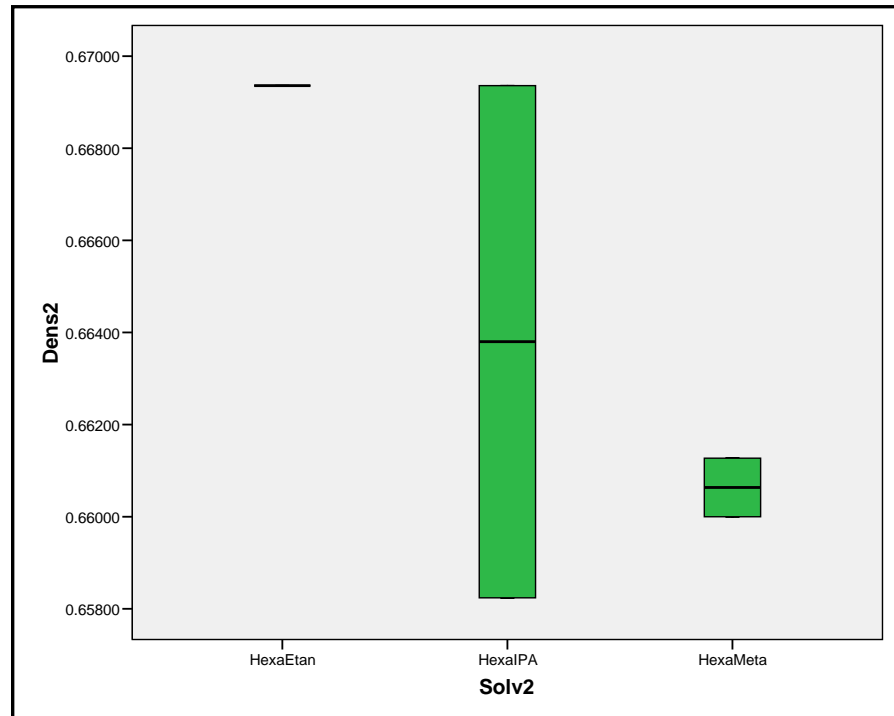
Fuente: análisis experimental.

Figura 67. **Medias marginales de rendimiento de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Figura 68. **Gráfica de densidad vrs. solvente (Hexano-Solvente 2) extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XXIV. **Variable dependiente: densidad de hexano-solvente 2**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solv2	7.80E-005	2	3.90E-005	1.869	.297
Error	6.26E-005	3	2.09E-005		
Total corregida	.000	5			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XXV. **Prueba de tukey para las medias de densidad de hexano-solvente 2**

(I) Solv2	(J) Solv2	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
HexaEtanol	Hexa-2-propanol	.0055600	.00456923	.522	-.0135335	.0246535
	HexaMetanol	.0087250	.00456923	.281	-.0103685	.0278185
Hexa-2-propanol	HexaEtanol	-.0055600	.00456923	.522	-.0246535	.0135335
	HexaMetanol	.0031650	.00456923	.784	-.0159285	.0222585
HexaMetanol	HexaEtanol	-.0087250	.00456923	.281	-.0278185	.0103685
	Hexa-2-propanol	-.0031650	.00456923	.784	-.0222585	.0159285

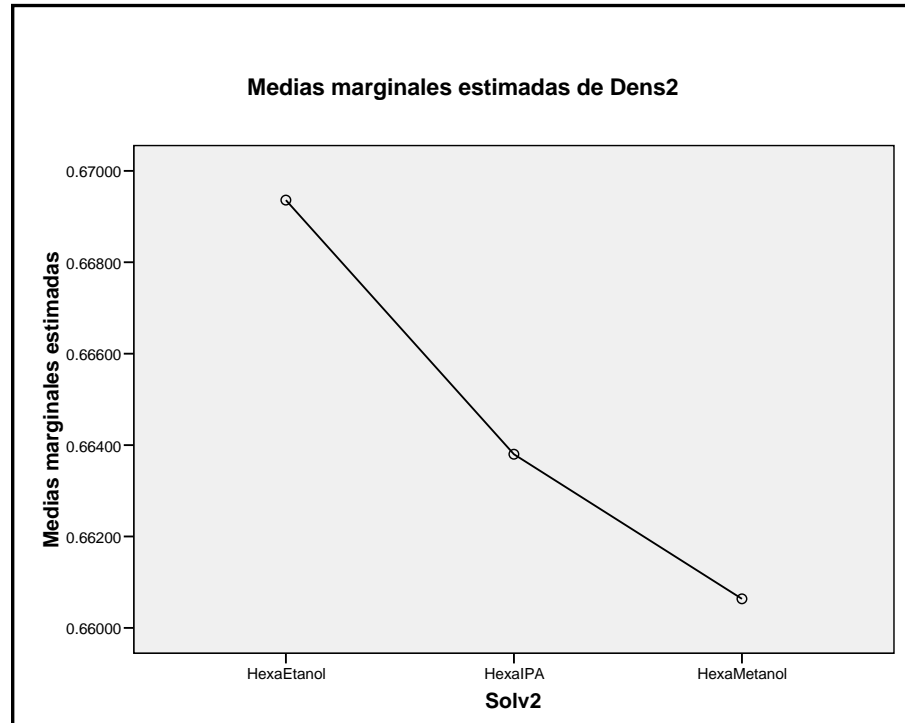
Fuente: análisis experimental.

Tabla XXVI. **Comparación de tukey para las medias de densidad hexano-solvente 2**

Solventes	N	Subconjunto
	1	1
HexaMetanol	2	.6606350
Hexa-2-propanol	2	.6638000
HexaEtanol	2	.6693600
Significación		.281

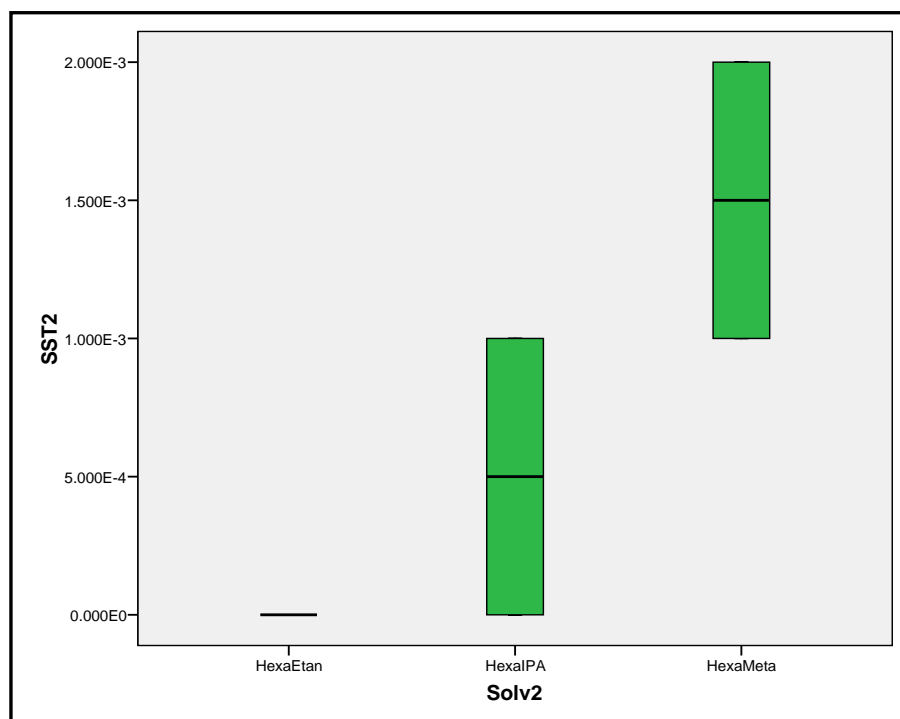
Fuente: análisis experimental.

Figura 69. **Medias marginales de densidad de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Figura 70. **Gráfica de sólidos solubles totales vrs. solvente (hexano-solvente 2) extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XXVII. **Variable dependiente: sólidos solubles totales de hexano-solvente 2**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solv2	2.33E-006	2	1.17E-006	3.500	.164
Error	1.00E-006	3	3.33E-007		
Total corregida	3.33E-006	5			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XXVIII. **Prueba de tukey para las medias de sólidos solubles totales de hexano-solvente 2**

(I) Solv2	(J) Solv2	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
HexaEtanol	Hexa-2-propanol	-.00050	.000577	.695	-.00291	.00191
	HexaMetanol	-.00150	.000577	.155	-.00391	.00091
Hexa-2-propanol	HexaEtanol	.00050	.000577	.695	-.00191	.00291
	HexaMetanol	-.00100	.000577	.329	-.00341	.00141
HexaMetanol	HexaEtanol	.00150	.000577	.155	-.00091	.00391
	Hexa-2-propanol	.00100	.000577	.329	-.00141	.00341

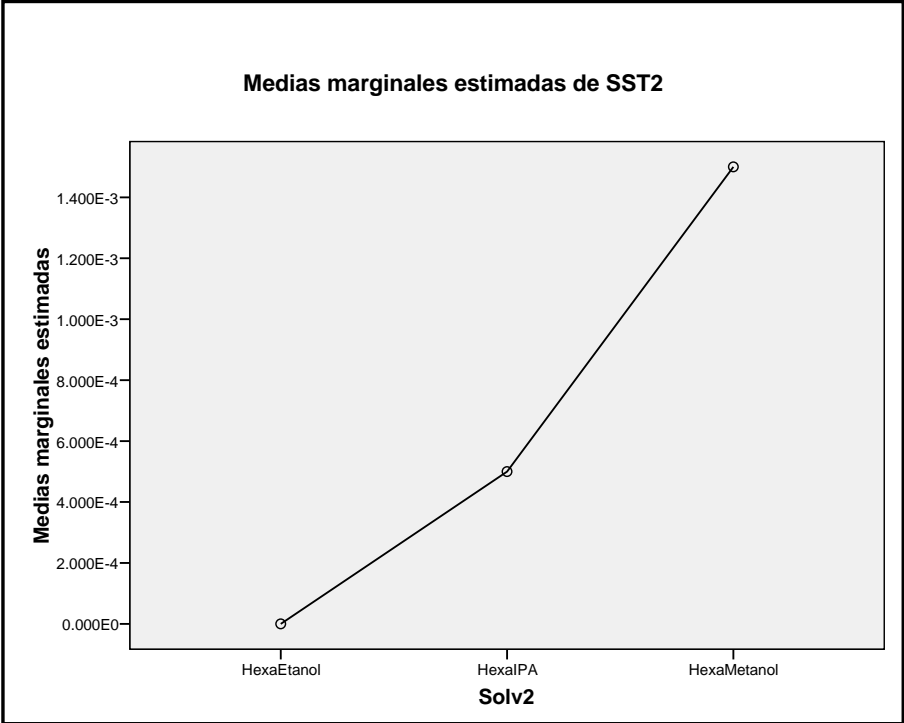
Fuente: análisis experimental.

Tabla XXIX. **Comparación de tukey para las medias de sólidos solubles totales hexano-solvente 2**

Solventes	N	Subconjunto
		1
HexaEtanol	2	.00000
Hexa-2-propanol	2	.00050
HexaMetanol	2	.00150
Significación		.155

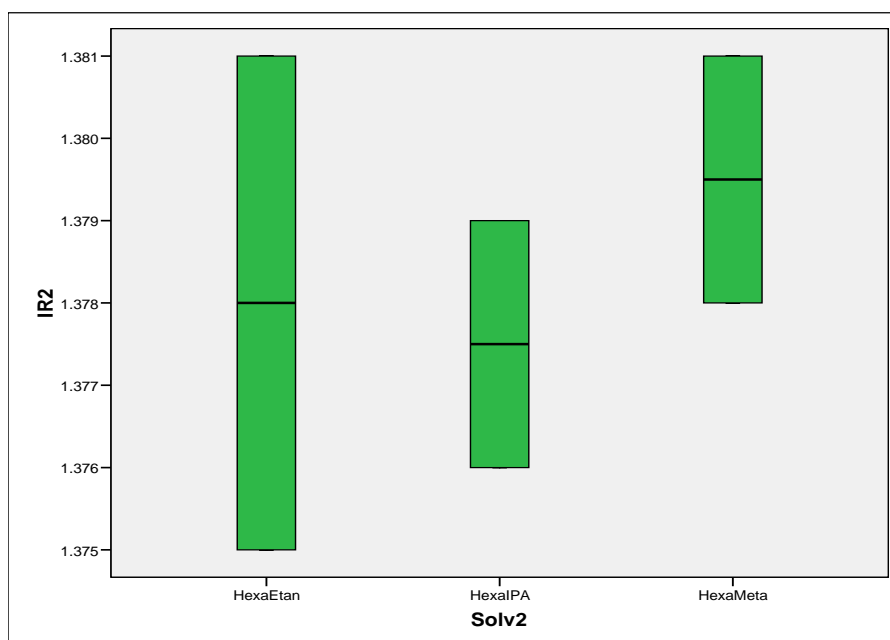
Fuente: análisis experimental.

Figura 71. **Medias marginales de sólidos solubles totales de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental

Figura 72. **Gráfica de índice de refracción vrs. solvente (hexano-solvente 2) extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XXX. **Variable dependiente: índice de refracción de hexano-solvente 2**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solv2	4.33E-006	2	2.17E-006	.241	.800
Error	2.70E-005	3	9.00E-006		
Total corregida	3.13E-005	5			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XXXI. **Prueba de tukey para las medias de índice de refracción de hexano-solvente 2**

(I) Solv2	(J) Solv2	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
HexaEtanol	Hexa-2-propanol	.00050	.003000	.985	-.01204	.01304
	HexaMetanol	-.00150	.003000	.877	-.01404	.01104
Hexa-2-propanol	HexaEtanol	-.00050	.003000	.985	-.01304	.01204
	HexaMetanol	-.00200	.003000	.797	-.01454	.01054
HexaMetanol	HexaEtanol	.00150	.003000	.877	-.01104	.01404
	Hexa-2-propanol	.00200	.003000	.797	-.01054	.01454

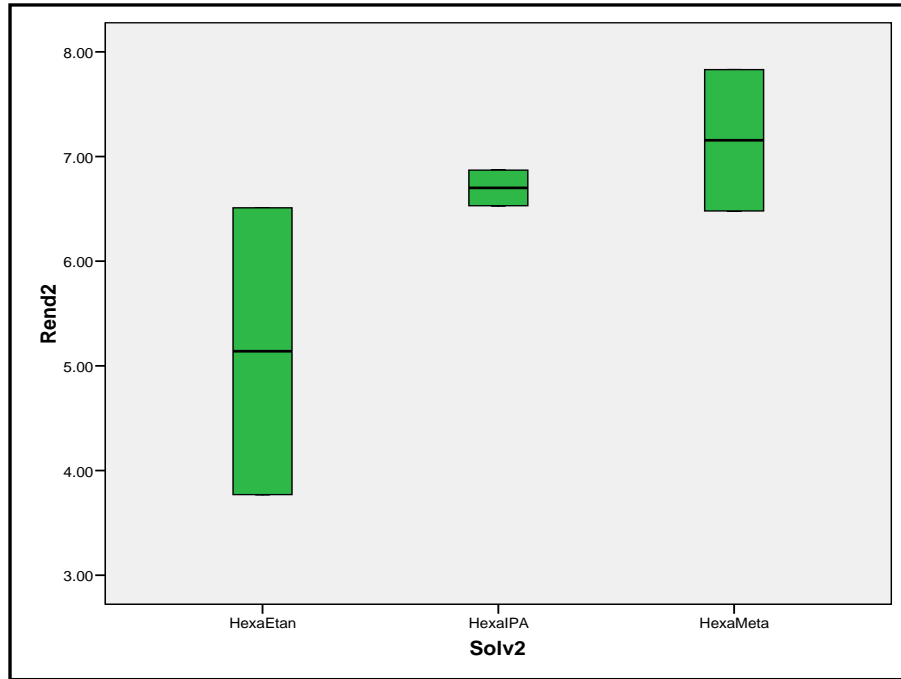
Fuente: análisis experimental.

Tabla XXXII. **Comparación de tukey para las medias de índice de refracción hexano-solvente 2**

Solventes	N	Subconjunto
		1
Hexa-2-propanol	2	1.37750
HexaEtanol	2	1.37800
HexaMetanol	2	1.37950
Significación		.797

Fuente: análisis experimental.

Figura 73. **Gráfica de rendimiento vrs. solvente (hexano-solvente 2) extractor de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (Cucumis melo L.)**



Fuente: análisis experimental.

Tabla XXXIII. **Variable dependiente: rendimiento de hexano-solvente 2**

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significación
Solv2	4.467	2	2.234	1.419	.368
Error	4.723	3	1.574		
Total corregida	9.190	5			

Fuente: análisis experimental.

Tabla XXXIV. **Prueba de tukey para las medias de rendimiento de hexano-solvente 2**

(I) Solv2	(J) Solv2	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
HexaEtanol	Hexa-2-propanol	-1.5600	1.25470	.510	-6.8031	3.6831
	HexaMetanol	-2.0150	1.25470	.369	-7.2581	3.2281
Hexa-2-propanol	HexaEtanol	1.5600	1.25470	.510	-3.6831	6.8031
	HexaMetanol	-.4550	1.25470	.932	-5.6981	4.7881
HexaMetanol	HexaEtanol	2.0150	1.25470	.369	-3.2281	7.2581
	Hexa-2-propanol	.4550	1.25470	.932	-4.7881	5.6981

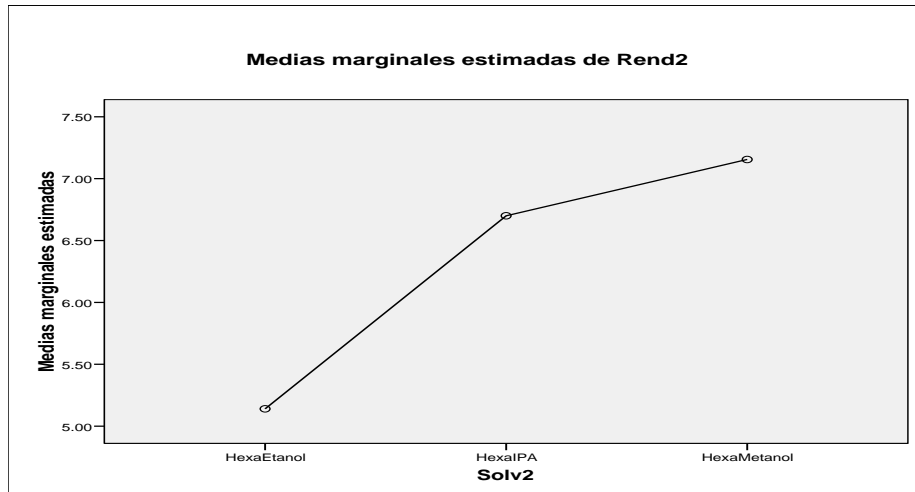
Fuente: análisis experimental.

Tabla XXXV. **Comparación de tukey para las medias de rendimiento hexano-solvente 2**

Solventes	N	Subconjunto
	1	1
HexaEtanol	2	5.1400
Hexa-2-propanol	2	6.7000
HexaMetanol	2	7.1550
Significación		.369

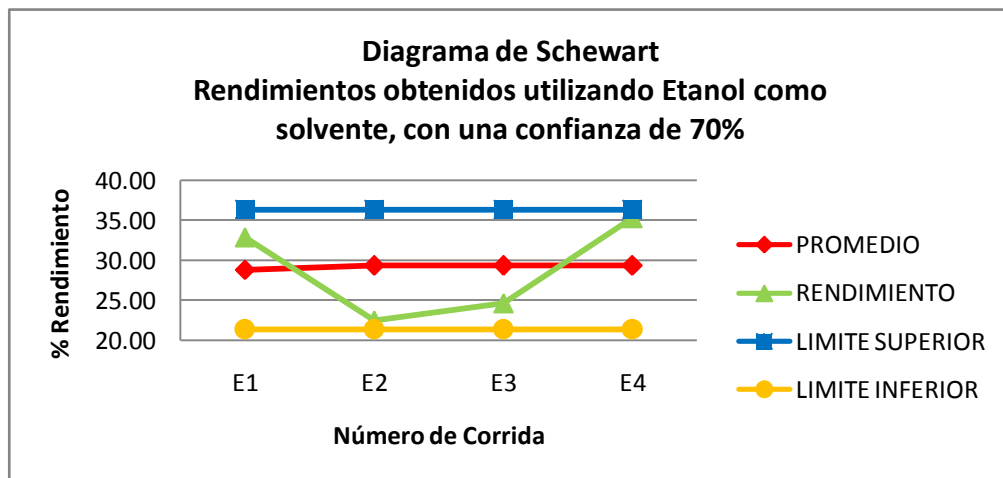
Fuente: análisis experimental.

Figura 74. **Medias marginales de rendimiento de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)**



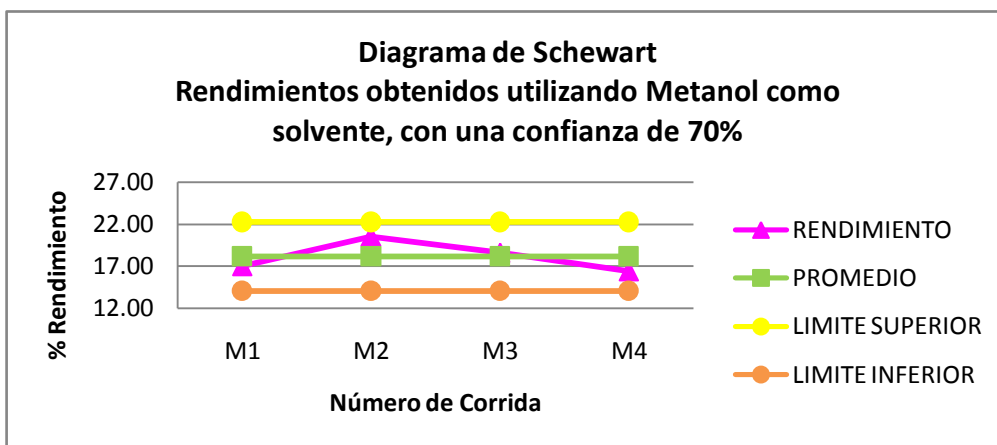
Fuente: análisis experimental

Figura 75. **Diagrama de schewart para el rendimiento de fracción lipídica utilizando etanol como solvente, con una confianza de 70%**



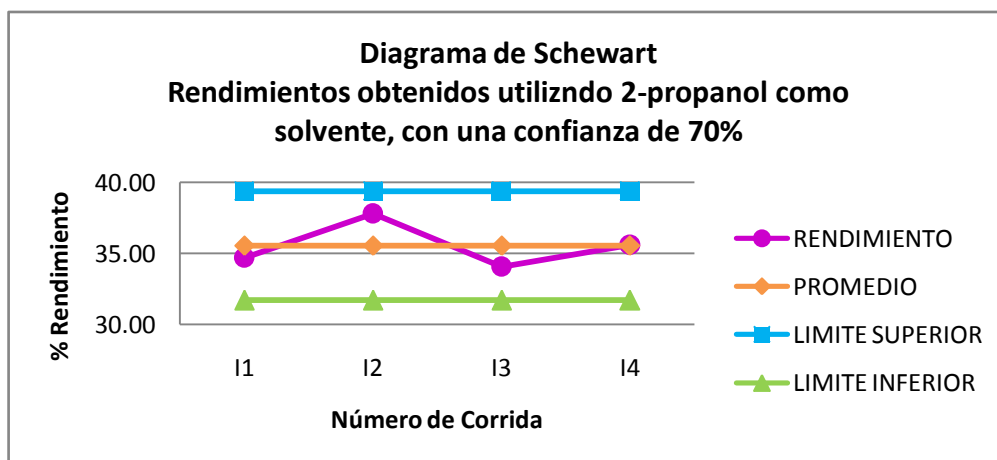
Fuente: análisis experimental

Figura 76. Diagrama de schewart para el rendimiento de fracción lipídica utilizando metanol como solvente, con una confianza de 70%



Fuente: análisis experimental

Figura 77. Diagrama de schewart para el rendimiento de fracción lipídica utilizando 2-propanol como solvente, con una confianza de 70%



Fuente: análisis experimental

4. RESULTADOS

Tabla XXXVI. Rendimiento porcentual total de la fracción lipídica hexánica del cotiledón del melón

Solvente		Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
Primer agotamiento	Segundo agotamiento	segundo agotamiento		
-	Hexano (*)	37.63	-	-
2-propanol (I)	Hexano	6.87	6.70	±0.235
2-propanol (II)		6.53		
Etanol (I)	Hexano	3.77	5.14	±1.932
Etanol (II)		6.51		
Metanol (I)	Hexano	6.48	7.16	±0.956
Metanol (II)		7.83		

(Número romano): número de repetición

(*) La constante dieléctrica del Hexano es 1.89.

Fuente: apéndice A.

Tabla XXXVII. **Comparación del rendimiento porcentual total de la fracción lipídica hexánica del cotiledón del melón**

Solvente		Rendimiento (%)		Rendimiento (%) total
Primer agotamiento	Segundo agotamiento	Primer agotamiento	Segundo agotamiento	
-	Hexano (*)	-	37.63	37.63
2-propanol	Hexano	35.54	6.70	42.24
Etanol	Hexano	28.85	5.14	33.99
Metanol	Hexano	18.18	7.16	25.34

(*) La constante dieléctrica del Hexano es 1.89.

Fuente: apéndice A.

Tabla XXXVIII. **Rendimiento porcentual total de la fracción lipídica del cotiledón del melón, utilizando isopropanol como solvente a temperatura de ebullición (T= 82.4°C)**

Solvente	Constante dieléctrica	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
2-propanol (I)	18.3	34.69	35.54	±1.28
2-propanol (II)		37.81		
2-propanol (III)		34.07		
2-propanol (IV)		35.61		

(Número romano): número de repetición

Fuente: apéndice A.

Tabla XXXIX. Rendimiento porcentual total de la fracción lipídica del cotiledón del melón, utilizando etanol como solvente a temperatura de ebullición (T=78.4 °C)

Solvente	Constante dieléctrica	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
Etanol (I)	24.3	32.91	28.85	±2.49
Etanol (II)		22.53		
Etanol (III)		24.67		
Etanol (IV)		35.29		

(Número romano): número de repetición

Fuente: apéndice A.

Tabla XL. Rendimiento porcentual total de la fracción lipídica del cotiledón del melón, utilizando metanol como solvente a temperatura de ebullición (T= 64.7°C)

Solvente	Constante dieléctrica	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
Metanol (I)	33.6	17.05	18.18	±1.36
Metanol (II)		20.59		
Metanol (III)		18.67		
Metanol (IV)		16.43		

(Número romano): número de repetición

Fuente: apéndice A.

Tabla XLI. **Metabolitos secundarios detectados en la fracción lipídica alcohólica utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CGC/MS/DS)**

Método	Solvente	Constante dieléctrica	MS (Ref. CAS)	CGC	
	Primer agotamiento		Metabolito secundario	Tiempo de retención	Área (%)
Extracción Soxhlet	2-propanol	18.3	Ester de Diisooctilftalato	19.59	60.88
			Ester de Butil-2-metilpropilftalato		
			Ester de Butil-2-etilhexaftalato		
			Ácido linoléico	16.0	26.77
			1-metiletencilciclopropano		
			Ciclohexano		
			Dioxano	15.0	4.49
			Pirolidina	17.87	3.72
			Tiofanato	16.23	1.75
			Ácido linoléico	15.67	1.44
			1-metiletencilciclopropano		
			Ciclohexano		
			Ester de Butiloctilftalato	12.75	0.95
			Ester de Dietilftalato		
	Ester de Butil-2-metilpropilftalato				
	Etanol	24.3	Ester de Diisooctilftalato	19.59	42.90
			Ester de Butil-2-metilpropilftalato		
			Ester de Butil-2-etilhexaftalato		
			Ácido linoléico	15.68	36.70
			1-metiletencilciclopropano		
Ciclohexano					

Continúa Tabla XLI

Método	Solvente	Constante dieléctrica	MS (Ref. CAS)	CGC	
	Primer agotamiento		Metabolito secundario	Tiempo de retención	Área (%)
Extracción Soxhlet	Etanol	24.3	Ácido pentadecanoico	14.63	10.18
			Ácido palmítico		
			Ácido cáprico		
			Ionol	12.21	3.73
			Ácido pentadecanoico	15.82	3.55
			Ácido láurico		
	Ácido esteárico				
	Metanol	33.6	Ácido linoléico	16.09	57.68
			1-metiletencilcipropano		
			Ciclohexano		
			Ácido linoléico	15.68	13.84
			Ciclopentobarbital		
			1-metiletencilcipropano		
			Dioxano	15.01	10.37
			Ester de Diisooctilftalato	19.58	10.17
			Ester de Butil-2-etilhexaftalato		
			Dioxano	16.24	4.30
			Ácido pentadecanoico	14.63	3.64
Ácido láurico					
Ácido cáprico					

Metabolitos cuya presencia se considera más probable.

Fuente: apéndice A.

Tabla XLII. **Metabolitos secundarios detectados en la fracción lipídica hexánica utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CGC/MS/DS)**

Método	Solvente		MS (Ref. CAS)	CGC	
	Primer agotamiento	Segundo agotamiento	Metabolito secundario	Tiempo de retención	Área (%)
Extracción Soxhlet	-	Hexano (*)	Ácido linoléico	15.68	36.66
			Ciclohexano		
			Ácido linoléico	16.10	35.62
			1-metiletenilciclopropano		
			Ester de Diisooctilftalato	19.58	13.32
			Ester de Butil-2-metilpropilftalato		
			Ester de Butil-2-etilhexaftalato		
			Ácido láurico	14.63	6.56
			Ácido cáprico		
			Ácido palmítico		
			Benciclano	15.01	5.12
			Ácido pentadecanoico	15.81	2.72
	Ácido mirístico				
	Ácido láurico				
	2-propanol	Hexano	Ácido linoléico	15.68	79.26
			1-metiletenilciclopropano		
			Ciclohexano		
			Ácido pentadecanoico	14.63	20.74
Ácido láurico					
Ácido mirístico					

Continúa Tabla XLII

Método	Solvente		MS (Ref. CAS)	CGC	
	Primer agotamiento	Segundo agotamiento	Metabolito secundario	Tiempo de retención	Área (%)
Extracción Soxhlet	Etanol	Hexano	Acido linoléico	15.68	50.72
			1-metiletencilcipropano		
			Acido linoléico	16.10	22.53
			1-metiletencilcipropano		
			Ciclohexano		
			Acido mirístico	14.63	15.49
			Acido pentadecanoico		
			Ácido mirístico	15.81	11.27
	Ácido cáprico				
	Acido pentadecanoico				
	Metanol	Hexano	Ester de Diisooctilftalato	19.60	92.18
			Ester de Butil-2-etilhexaftalato		
			Ester de Butil-2-metilpropilftalato		
			Heptano	17.88	4.12
Ciclohexano			15.68	3.70	

■ **Metabolitos cuya presencia se considera más probable.**

(*) La constante dieléctrica del Hexano es 1.89.

Fuente: apéndice A.

Tabla XLIII. **Ácidos grasos detectados en la fracción lipídica alcohólica y hexánica utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas**

ÁCIDOS GRASOS			
SATURADOS		INSATURADOS	
C12:0	Ácido láurico	C18:2	Ácido Linoléico
C14:0	Ácido mirístico		
C16:0	Ácido palmítico		
C18:0	Ácido esteárico		

Fuente: apéndice A.

Tabla XLIV. **Esteres ftálicos detectados en la fracción lipídica alcohólica y hexánica utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas**

ESTERES FTÁLICOS
Éster de Butiloctilftalato
Éster de Dietilftalato
Éster de Butil 2-metilpropilftalato
Éster de Diisooctilftalato
Éster de Butil 2-etilhexaftalato

Fuente: apéndice A.

Tabla XLV. **Otros compuestos detectados en la fracción lipídica alcohólica y hexánica utilizando cromatografía en capa gaseosa acoplada a espectrometría de masas**

OTROS COMPUESTOS
Ionol
Tiofanato
Pirolidina
Ciclopentobarbital

Fuente: apéndice A.

Tabla XLVI. **Aplicaciones industriales potenciales de metabolitos secundarios encontrados en la fracción lipídica obtenida**

Metabolito secundario		Aplicación industrial potencial
Ácidos grasos	Ácido láurico	Síntesis de productos alimenticios y farmacéuticos, aceites lubricantes, materiales impermeables
	Ácido mirístico	Aceites lubricantes, materiales impermeables
	Ácido palmítico	Aceites lubricantes, materiales impermeables, secante de pinturas y fabricación de jabón.
	Ácido esteárico	Mezcla de lubricantes, materiales impermeables, desecantes de barnices, fabricación de velas de parafina, fabricación de jabón, pigmento para controlar la flexibilidad de productos derivados del caucho.
	Ácido linoléico	Fabricación de pinturas y barnices.
Ésteres ftálicos		Polímeros Industria alimenticia: saborizante/aromatizante
Ionol		Antioxidante en industria alimenticia Industria cosmética: protectores labiales, protectores solares y jabones.
Tiofanato		Fungicida
Pirrolidina		Estimulante tipo nicotina
Ciclopentobarbital		Depresor: produce efectos sedantes Industria Farmacéutica

Fuente: http://www.quiminet.com/ar6/ar_advcbcBuzgt-principales-aplicaciones-de-los-acidos-carboxilicos.htm

Tabla XLVII. **Detección de metabolitos secundarios utilizando cromatografía en capa fina para los extractos alcohólicos y hexánicos obtenidos**

Metabolito secundario		Solvente						
		Primer agotamiento			Segundo agotamiento			
					Hexano			
		Metanol	Etanol	2-propanol	Metanol	Etanol	2-propanol	Hexano
Saponinas		+	+	+	+	+	+	+
Flavonoides		+	+	+	+	+	+	+
Cumarinas		+	+	+	+	+	+	+
Aceites esenciales	Mirceno	+	+	+	+	+	+	+
	Nerol	+	+	+	+	+	+	+
	1,8 Cineol	-	-	-	-	-	-	-
	Terpineol	-	-	-	-	-	-	-

+: Indica la presencia del metabolito secundario para el método indicado.

-: Indica la ausencia del metabolito secundario para el método indicado.

Fuente: apéndice A.

Tabla XLVIII. **Densidad de la fracción lipídica alcohólica y hexánica obtenidas**

Agotamiento	Solvente	Repetición	Densidad del extracto (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar (%)
Primer	Metanol	I	0.780	0.784	± 0.002
	Metanol	II	0.785		
	Metanol	III	0.785		
	Metanol	IV	0.785		
	Etanol	I	0.788	0.781	± 0.009
	Etanol	II	0.790		
	Etanol	III	0.774		
	Etanol	IV	0.773		
	2-propanol	I	0.774	0.775	± 0.002
	2-propanol	II	0.773		
	2-propanol	III	0.777		
	2-propanol	IV	0.777		
Segundo	Hexano (Metanol)	I	0.713	0.713	-
	Hexano (Metanol)	II	0.713		
	Hexano (Etanol)	I	0.681	0.674	± 0.009
	Hexano (Etanol)	II	0.667		
	Hexano (2-propanol)	I	0.757	0.756	± 0.001
	Hexano (2-propanol)	II	0.755		
	Hexano	I	0.774	0.774	-

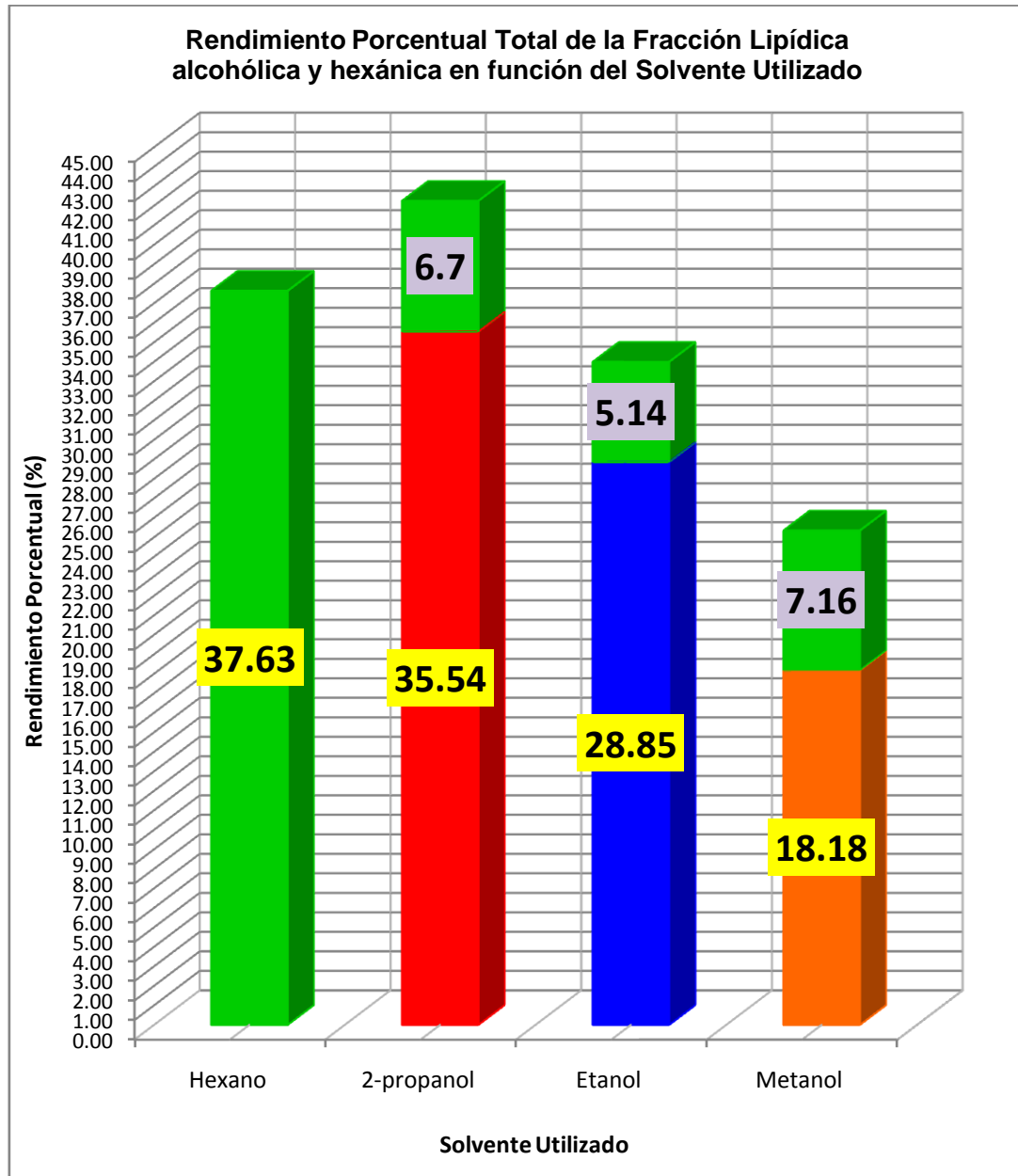
Fuente: apéndice C.

Tabla XLIX. **Índice de refracción de la fracción lipídica alcohólica y hexánica obtenidas**

Agotamiento	Solvente	Repetición	Índice de refracción	Media	Desviación estándar (%)
Primer	Metanol	I	1.331	1.330	± 0.001
	Metanol	II	1.331		
	Metanol	III	1.330		
	Metanol	IV	1.329		
	Etanol	I	1.361	1.361	± 0.001
	Etanol	II	1.362		
	Etanol	III	1.361		
	Etanol	IV	1.360		
	2-propanol	I	1.375	1.374	± 0.000
	2-propanol	II	1.375		
	2-propanol	III	1.374		
	2-propanol	IV	1.374		
Segundo	Hexano (Metanol)	I	1.380	1.380	± 0.000
	Hexano (Metanol)	II	1.380		
	Hexano (Etanol)	I	1.378	1.379	0.001
	Hexano (Etanol)	II	1.379		
	Hexano (2-propanol)	I	1.378	1.378	± 0.000
	Hexano (2-propanol)	II	1.378		
	Hexano	I	1.381	1.381	-

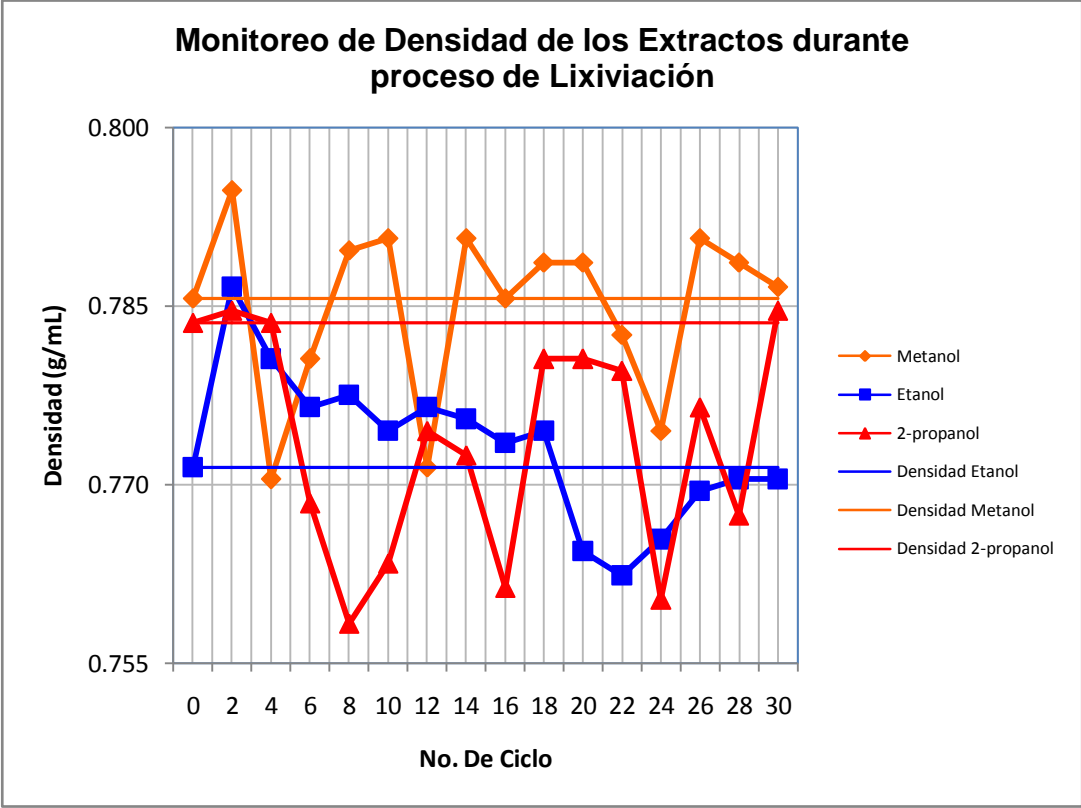
Fuente: apéndice C.

Figura 78. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica en función del solvente utilizado, con su constante dieléctrica**



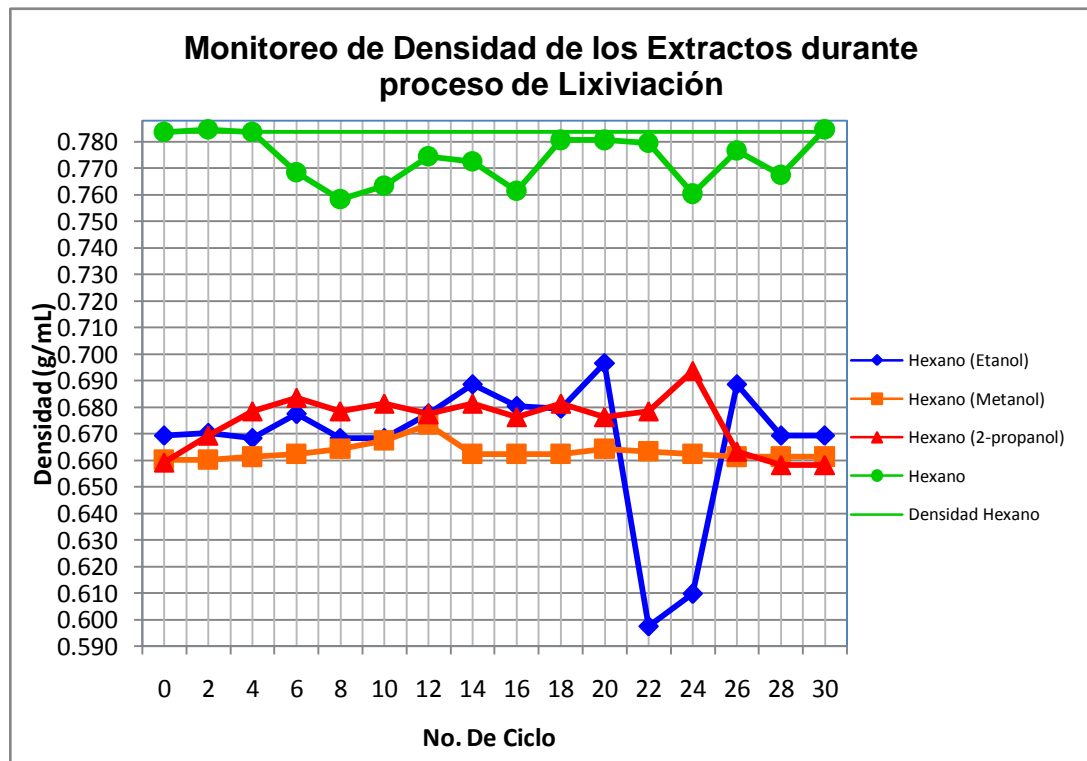
Fuente: análisis experimental

Figura 79. **Monitoreo en función de la densidad del extracto durante el proceso de lixiviación para diferentes solventes alcohólicos**



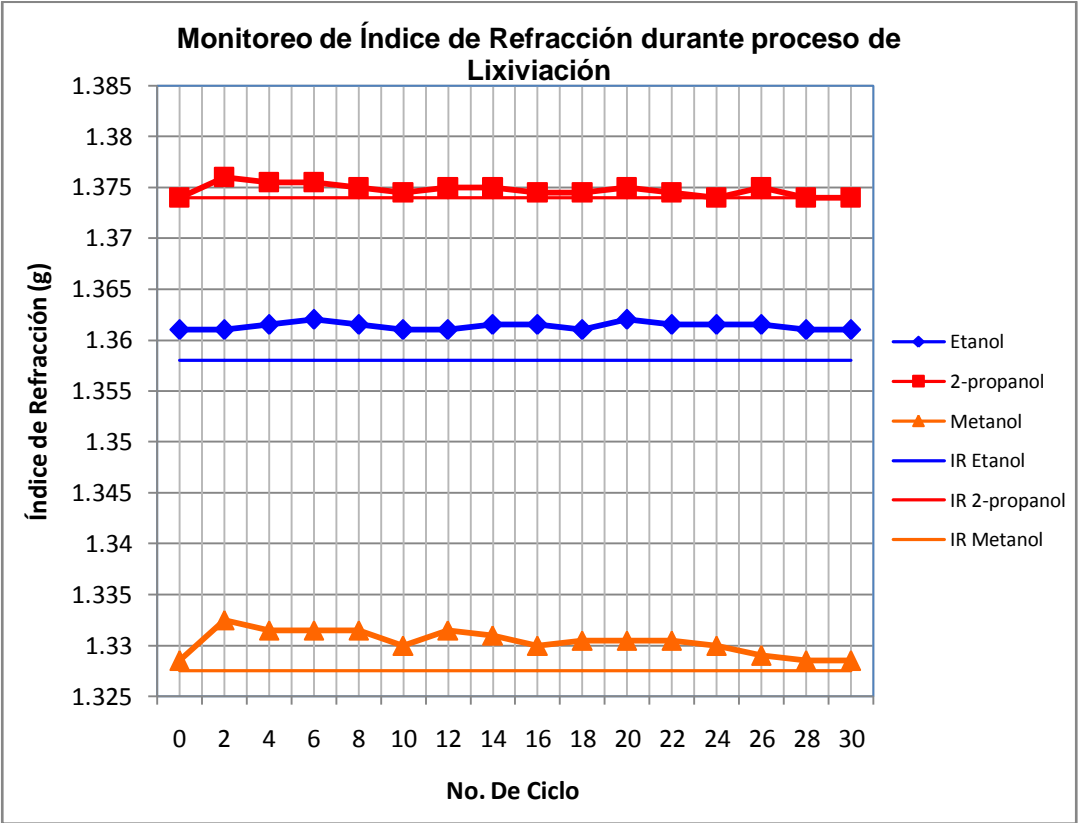
Fuente: análisis experimental

Figura 80. **Monitoreo en función de la densidad del extracto durante el agotamiento con hexano para cada uno de los sistemas alcohólicos utilizados en la primera extracción**



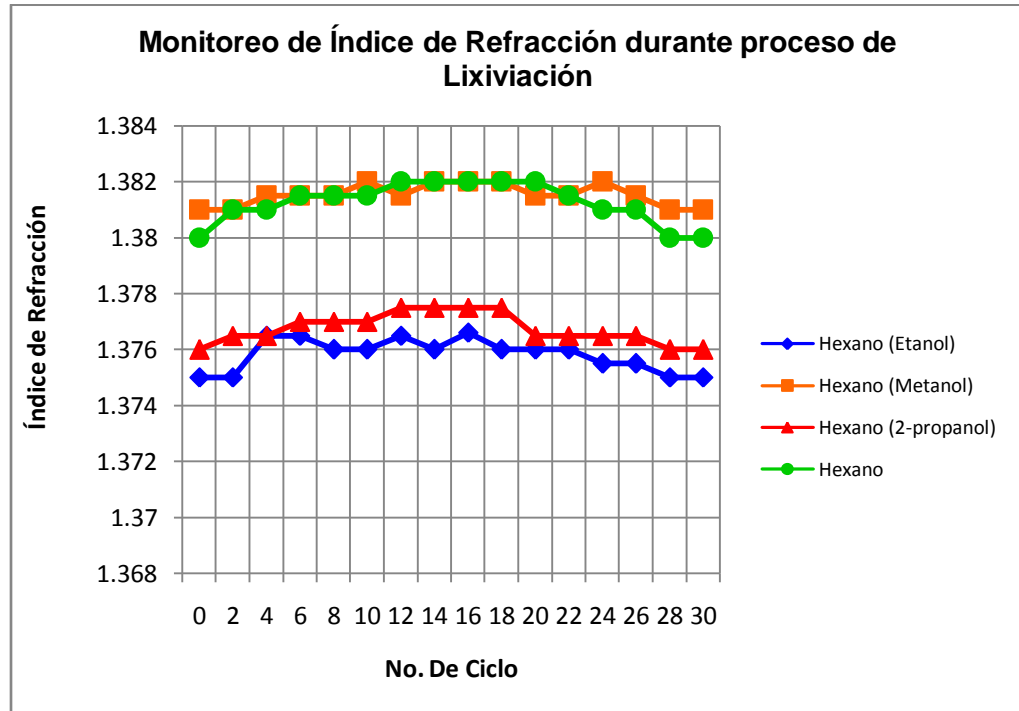
Fuente: análisis experimental

Figura 81. **Monitoreo en función del índice de refracción del extracto durante el proceso de lixiviación para los diferentes solventes alcohólicos utilizados**



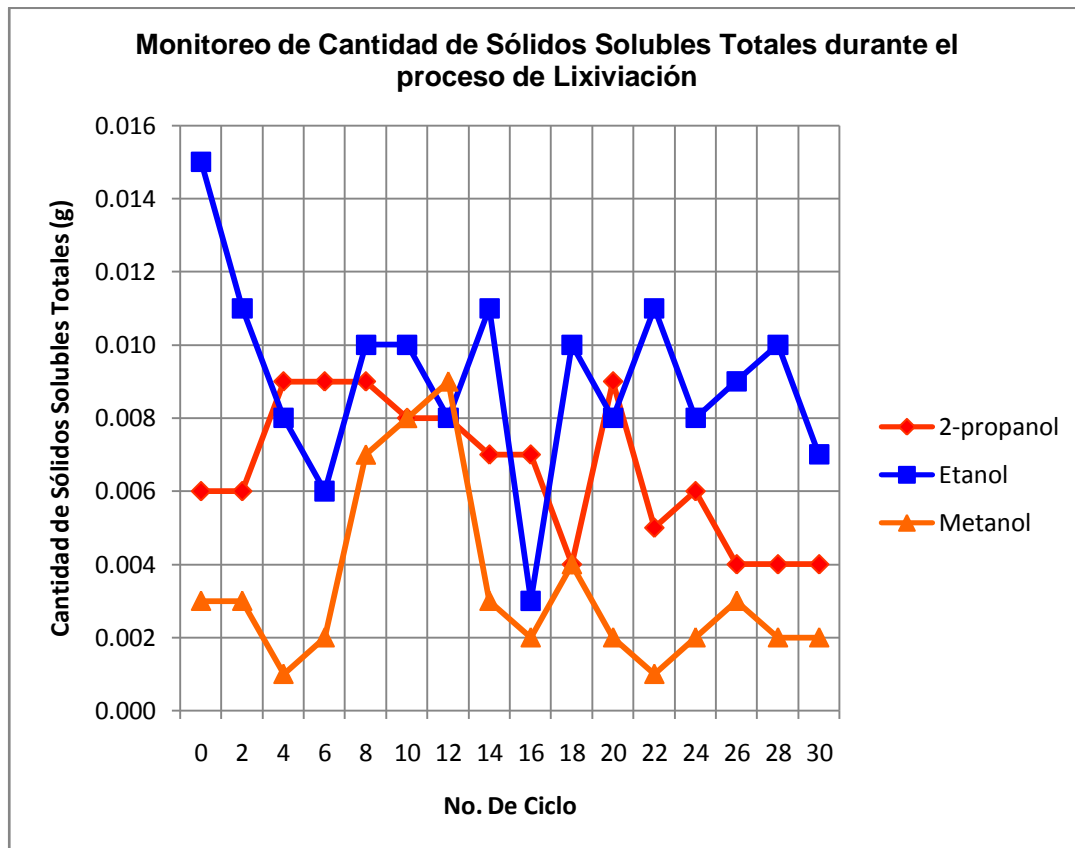
Fuente: análisis experimental

Figura 82. **Monitoreo en función del índice de refracción del extracto durante el agotamiento con hexano para cada uno de los sistemas alcohólicos utilizados en la primera extracción**



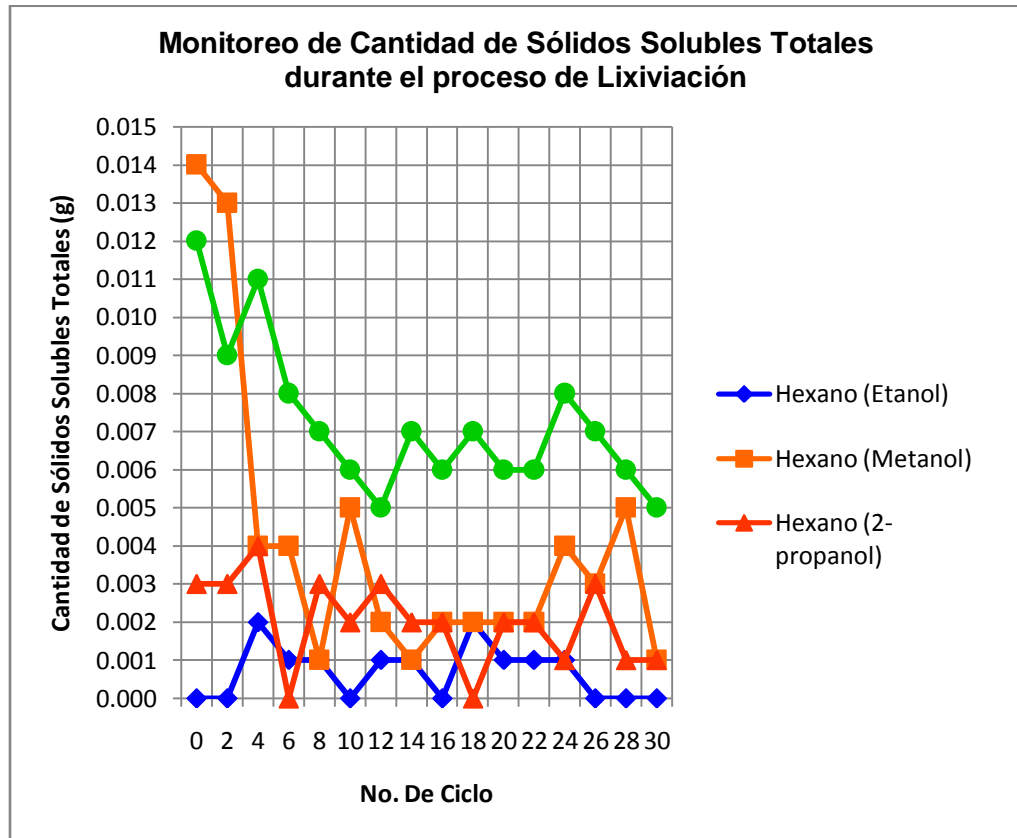
Fuente: análisis experimental

Figura 83. **Monitoreo en función del contenido de sólidos solubles durante el proceso de lixiviación para los diferentes solventes alcohólicos utilizados**



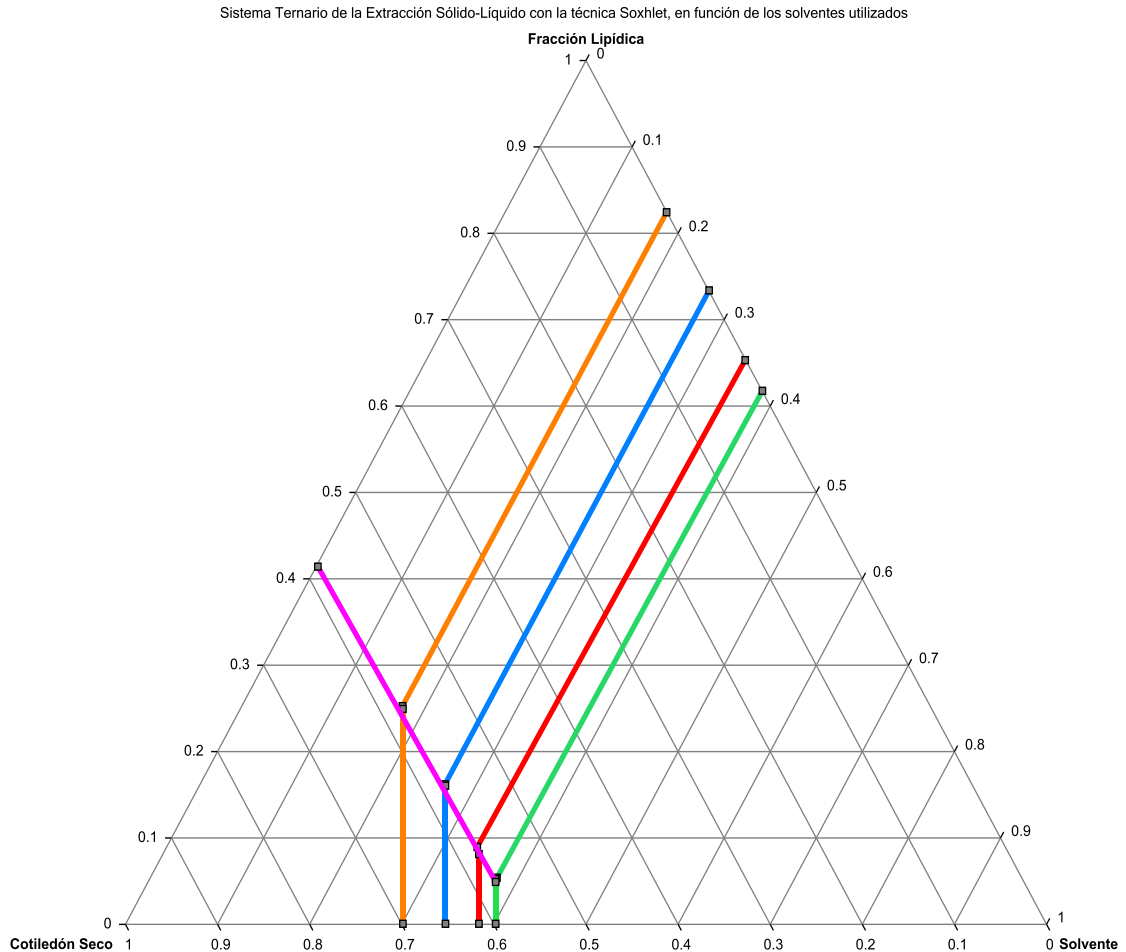
Fuente: análisis experimental

Figura 84. **Monitoreo en función del contenido de sólidos solubles durante el agotamiento con hexano para cada uno de los sistemas alcohólicos utilizados en la primera extracción**



Fuente: análisis experimental

Figura 85. Diagrama del sistema ternario correspondiente a la extracción utilizando técnica soxhlet para los diferentes solventes

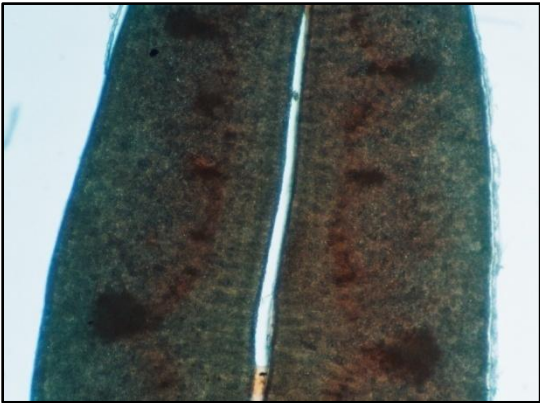


	Metanol
	Etanol
	2-propanol
	Hexano
	Hexano-2-propanol (Línea de Saturación)

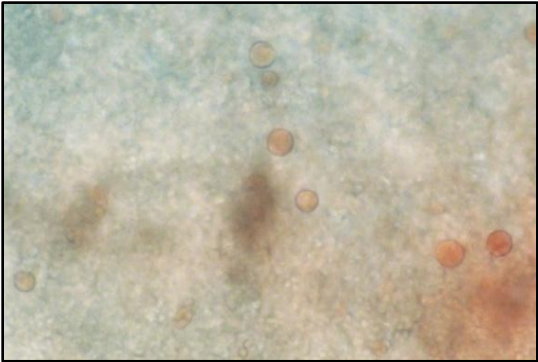
Fuente: análisis experimental

Figura 86. Estudio histológico de la semilla de melón variedad *honeydew* (*Cucumis melo* L.)

a.



b.



c.



Fuente: análisis experimental

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación se realizó una extracción sólido-líquido a nivel laboratorio, para obtener la fracción lipídica del cotiledón del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), comparando su rendimiento según el solvente utilizado, así como se evaluaron las siguientes propiedades físicoquímicas: densidad, cantidad de sólidos solubles totales e índice de refracción durante el proceso de separación, mediante una técnica de extracción más eficiente (Soxhlet).

La materia prima utilizada proveniente de Teculután, Zacapa; se secó y midió su humedad utilizando una balanza de humedad, ya que ésta debía ser menor a 10%. Una vez seca, se procedió a triturar la materia prima con un molino de cuchillas, hasta obtener partículas entre 850 y 1 180 micrones de tamaño.

Se utilizaron cuatro solventes con distinta constante dieléctrica: hexano - 1.89; alcohol isopropílico - 18.3; alcohol etílico - 24.3; alcohol metílico - 33.6.

Para determinar la relación soluto-solvente se realizó el aforo de la unidad extractora Soxhlet y se midió la cantidad de materia en el dedal, obteniendo la relación soluto-solvente de 5 g: 4 mL; utilizando 20 gramos de material y 35 mL de solvente.

A continuación, se realizó la extracción sólido-líquido utilizando el equipo de extracción Soxhlet, monitoreando la densidad, índice de refracción y cantidad de sólidos solubles totales. En las figuras 79-84 se puede observar que los

parámetros fisicoquímicos de mayor sensibilidad para controlar el proceso de extracción son la densidad y sólidos solubles, ya que presentan variaciones considerables durante la evolución de la extracción. Sin embargo, se pudo determinar que el índice de refracción, no es útil para dicho monitoreo porque la variación de éste no es significativa. En dichas gráficas se observan tres etapas; en la primera se lleva a cabo el proceso de imbibición, seguido por el proceso extractivo y finalmente la etapa de agotamiento del material, presentando valores constantes y sin fluctuaciones.

Dicho monitoreo se lleva a cabo mediante alícuotas de fracción lipídica recolectadas con jeringas clínicas y utilizando cristalería adecuada para la recopilación de datos. Finalmente, se concentró la fracción lipídica utilizando un rota-evaporador recuperando el solvente y la fracción deseada para su análisis posterior.

Se evaluó los límites de confianza con un 70%, utilizando diagramas de Schewart, los cuales se pueden observar en las figuras 75-77. Estas demostraron la confiabilidad estadística de los datos. Además, se aplicó el análisis de varianza para conocer si existe diferencia significativa en el rendimiento de fracción lipídica en función del solvente, demostrando que las variaciones no tienen efecto en los resultados obtenidos con 2-propanol ($35.54\% \pm 1.28\%$) y etanol ($28.85\% \pm 12.49\%$).

Adicionalmente, se realizó el estudio fitoquímico de los extractos obtenidos, para determinar la presencia de metabolitos secundarios y su variación respecto al solvente utilizado. Inicialmente, se llevó a cabo una prueba de cromatografía en capa fina para determinar la presencia de los metabolitos, identificando: saponinas, flavonoides, cumarinas y aceites esenciales (Mirceno, Nerol); estos

fueron reconocidos con todos los solventes utilizados. Éste análisis cromatográfico se puede observar en la Tabla XLVII.

Para poder confirmar los resultados de la cromatografía en capa fina, se realizó una espectrometría de masas acoplado a cromatografía gaseosa (CGC/MS/DS). En la cromatografía en capa fina (CCF) se reportan dos monoterpenos en forma positiva (Mirceno y Nerol), sin embargo en la cromatografía gaseosa se confirma la presencia de Ionol, descartando la presencia de los monoterpenos. Asimismo, se detectó que utilizando Alcohol isopropílico se extraen cinco ésteres ftálicos (Ester de butil octilftalato-Ester de dietilftalato-Ester de Butil 2-metilpropilftalato-Ester de diisooctilftalato-Ester de butil 2-etilhexaftalato), los cuales son los responsables de la fragancia característica del melón; así como un ácido graso insaturado (Ácido Linoléico) y a través del segundo agotamiento con Hexano se obtuvieron dos ácidos grasos saturados (Ácido mirístico y Ácido láurico). Las extracciones con Alcohol Etilico reflejan que se obtienen tres ésteres ftálicos (Ester de butil 2-metilpropilftalato-Ester de diisooctilftalato-Ester de butil 2-etilhexaftalato), cinco ácidos grasos (Ácido linoleico-Ácido palmítico-Ácido esteárico-Ácido cáprico-Ácido láurico). La aplicación industrial de la fracción lipídica determinará el solvente a utilizar para la extracción, ya que para fines alimenticios el indicado es el Etanol, sin embargo en la industria de cosméticos, perfumería y de limpieza se puede utilizar el 2-propanol.

En la figura 78, se grafican los rendimientos totales de la fracción lipídica obtenidos en el primer agotamiento con solvente alcohólico y el segundo con Hexano; obteniendo un 42.24% con Alcohol isopropílico, 37.63% con hexano, 33.99% con Alcohol etílico y 25.34% con Alcohol metílico. Estos rendimientos reflejan que mientras la constante dieléctrica es menor e obtiene un mayor

rendimiento, sin embargo el solvente 2-propanol presenta mayor selectividad en la extracción.

Como complemento del estudio de caracterización de la semilla del melón *honeydew* se llevó a cabo un estudio histológico, estos se pueden observar en la figura 90; ya que utilizando el reactivo Sudan IV se tiñó de color rojo la fracción lipídica presente en la semilla de melón *honeydew*, esta semilla posee dos cotiledones (dicotiledónea) y presenta abundantes lipomas en toda su área. Sin embargo al aplicarle la prueba para detectar almidones, se determinó que tiene una minoría de los mismos, por tanto se clasifica a la semilla del melón como lipídica celulosa.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento porcentual obtenido de fracción lipídica en función de los solventes alcohólicos utilizados. De manera que el solvente que presenta mayor rendimiento extractivo es el 2-propanol.
2. En el rendimiento extractivo mayor (2-propanol) principalmente se identificó ésteres ftálicos y ácido linoléico.
3. De los extractos obtenidos el parámetro fisicoquímico más sensible que permitió reflejar la evolución de la extracción fue la densidad.
4. El parámetro fisicoquímico de índice de refracción no aporta información significativa durante el proceso de extracción.
5. Los metabolitos secundarios que se encontraron en la fracción lipídica en función del solvente fueron: cumarinas, flavonoides, saponinas y aceites esenciales.
6. De la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CGC/MS/DS) se detectaron ésteres ftálicos diversos, ácido linoléico y ionol.
7. El sistema ternario permitió ubicar la línea de saturación para cada uno de los solventes utilizados en función de cada uno de los componentes.

8. El estudio histológico mostró los tejidos adiposos (lipomas) que se encuentran presentes en los cotiledones y ubica los glóbulos con fracción lipídica de manera específica y cataloga la semilla como lipídica celulosa.

RECOMENDACIONES

1. Continuar el estudio refinando la fracción lipídica obtenida para extraer y cuantificar ésteres ftálicos y conocer la cantidad de ionol presente.
2. Evaluar metodologías alternas para el proceso de extracción, como lixiviación con maceración a reflujo dinámica y lixiviación a reflujo estática, para comparar su rendimiento.
3. Evaluar el rendimiento de la fracción lipídica obtenida del cotiledón del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.) a nivel planta piloto.
4. Realizar cuadros sensoriales de fragancia y sabor para utilizar la fracción lipídica de la semilla de melón en comida gourmet.
5. Llevar a cabo pruebas específicas con la fracción lipídica en la industria de alimentos, textil, farmacéutica, cosmética y de pinturas, ya que los principios activos tienen usos potenciales en estas áreas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CÁCERES, Armando. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, 2009. 313 p. ISBN:978-99939-67-51-4
2. GEANKOPLIS, Christie J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. Eroles, Antonio (trad.). 5ta. ed. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 1991. 760 p. ISBN: 968-26-0300-5.
3. MACARULLA, José M. & Goñi, Felix M. *Biomoléculas*. España: Editorial Reverté, S.A., 1978. 208 p. ISBN: 9788429191844.
4. PERRY Robert H. *Manual del Ingeniero Químico*. 7ma ed. España: Editorial McGraw Hill, 2001. p. 18-1 a 18-165; 19-1 a 19-79. ISBN: 84-481-3008-1.
5. SHARAPIN, Nikolai. *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos*. Colombia: Editorial Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2000. 248 p. ISBN: 958-698-001-4.
6. TREYBAL, Robert E. *Operaciones de transferencia de Masa*. 2da. ed. México: Editorial Pearson Educación, 1999. 857 p. ISBN: 9686046348.

APÉNDICES

A. FOTOGRAFÍAS

Cultivos de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Fruto entero, fruto en trozos y semillas de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.)



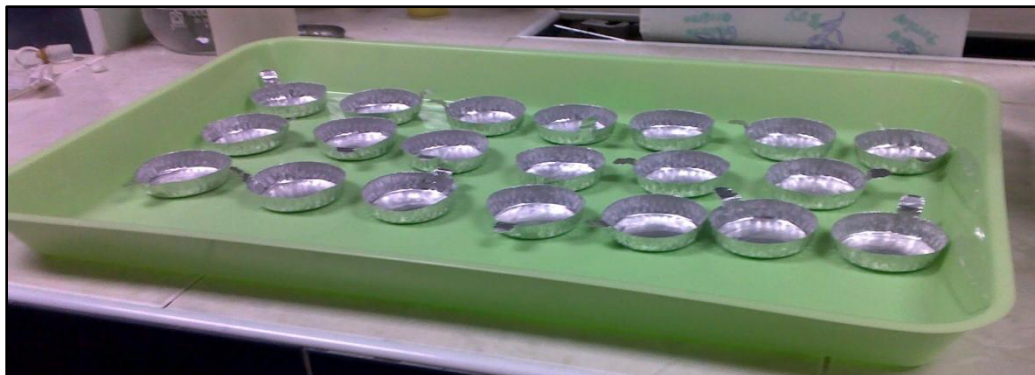
Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Monitoreo de la obtención de fracción lipídica del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), utilizando un equipo de extracción soxhlet y jeringas clínicas



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Monitoreo de la cantidad de sólidos solubles totales durante el proceso de lixiviación del cotiledón del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), utilizando un equipo de extracción Soxhlet y jeringas clínicas



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Monitoreo de la cantidad de sólidos solubles totales durante la obtención de la fracción lipídica, utilizando equipo de extracción Soxhlet



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Monitoreo del índice de refracción durante la obtención de fracción lipídica, utilizando equipo de extracción soxhlet



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Fracción lipídica del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.) con solvente alcohólico, utilizando equipo de extracción Soxhlet



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

Fracción líidica del melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.), obtenida a través de la destilación al vacío



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

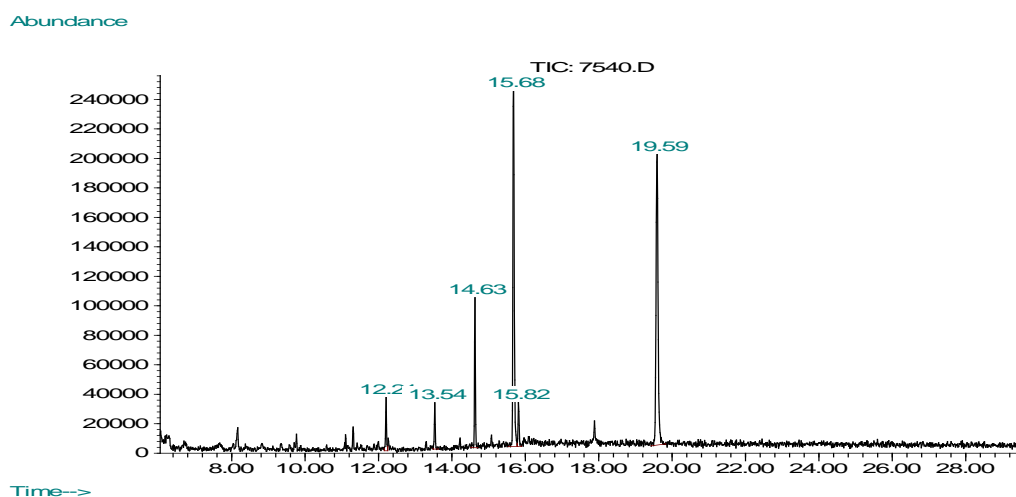
**Equipo y cromatoplasmas resultado de la cromatografía
en capa fina (CCF)**



Fuente: cámara SONY DSC-TX110.2 Mega Pixeles 3.0" LCD monitor.

CROMATOGRAMAS

Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CGC/MS/DS): obtención de fracción lipídica utilizando alcohol etílico anhidro



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\7540.D

Operator: mca

Date Acquired: 7 Jul 10 10:40

Method File: RAFAEL

Sample Name: Etoh 1.1

Misc Info: EtOh 1.1

Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

1 12.21 3.73 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Propofol AC 3306 000000-00-0 47
Ionol 1041 000128-37-0 27
Mephenytoin-M (HO-) isomer-1 AC 2924 000000-00-0 12

2 13.53 2.94 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Fenproporex 786 015686-61-0 47
Impurity 116 000000-00-0 8
TCM 3591 021602-66-4 2

3 14.63 10.18 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Pentadecanoic acid ME 3036 007132-64-1 78
Palmitic acid ME 1801 000112-39-0 49
Capric acid ME 2665 000110-42-9 43

4 15.68 36.70 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Linoleic acid ME 1068 002566-97-4 60
1-Methylethenylcyclopropane 3818 004663-22-3 4
Cyclohexene 1629 000110-83-8 2

5 15.82 3.55 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Pentadecanoic acid ME 3036 007132-64-1 37
Lauric acid ME 2666 000111-82-0 28
Stearic acid ME @ 970 000112-61-8 25

6 19.59 42.90 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

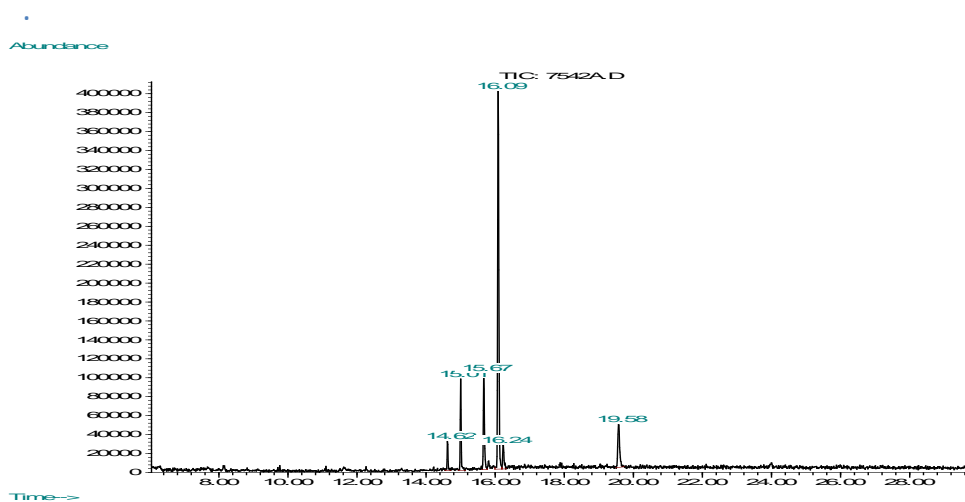
Diisooctylphthalate @ 723 027554-26-3 52

Butyl-2-methylpropylphthalate @ 2995 017851-53-5 32

Butyl-2-ethylhexylphthalate @ 713 000085-69-8 32

Wed Jul 07 11:44:51 2010

**Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas
(CGC/MS/DS): obtención de fracción lipídica utilizando alcohol metílico
anhidro**



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\7542A.D

Operator: mca

Date Acquired: 24 Jun 10 7:30

Method File: RAFAEL

Sample Name: 7542

Misc Info: MetOH 1.2

Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	14.63	3.64	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Pentadecanoic acid ME	3036	007132-64-1	50
			Lauric acid ME	2666	000111-82-0	50
			Capric acid ME	2665	000110-42-9	50
2	15.01	10.37	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Dioxane	730	000123-91-1	4
			Thiophanate 4ME	3977	000000-00-0	4
			Demeton-S-methyl	1112	000919-86-8	4
3	15.68	13.84	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Linoleic acid ME	1068	002566-97-4	47
			Cyclopentobarbital 2ME	709	000000-00-0	9
			1-Methylethenylcyclopropane	3818	004663-22-3	7
4	16.09	57.68	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Linoleic acid	2551	000060-33-3	23
			1-Methylethenylcyclopropane	3818	004663-22-3	9
			Cyclohexene	1629	000110-83-8	9
5	16.24	4.30	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Phenylalanine MEAC	2581	003618-96-0	9
			Demeton-S-methyl	1112	000919-86-8	9
			Dioxane	730	000123-91-1	7

6 19.58 10.17 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

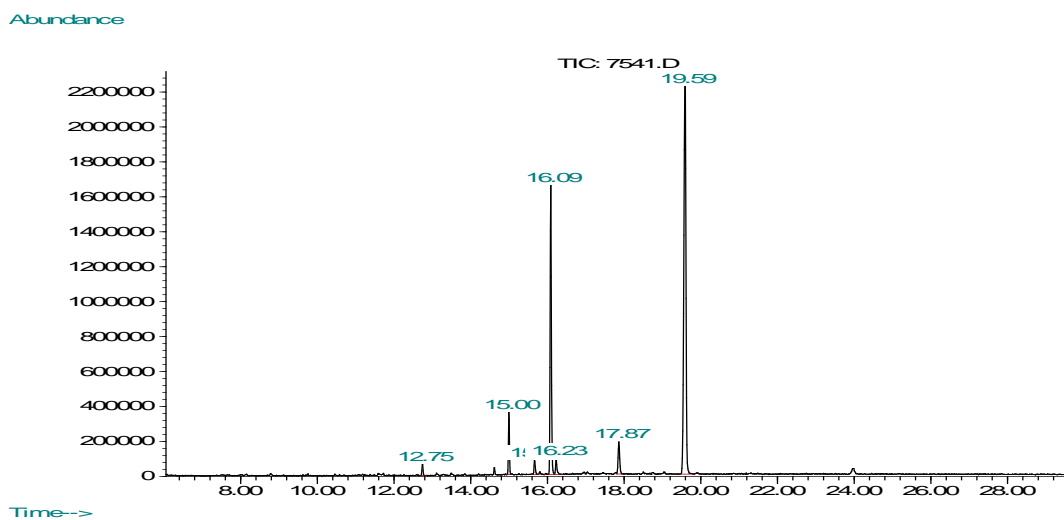
Diisooctylphthalate @ 723 027554-26-3 46

Butyl-2-ethylhexylphthalate @ 713 000085-69-8 38

Butyl-2-methylpropylphthalate @ 2995 017851-53-5 32

Wed Jul 07 10:48:35 2010

**Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas
(CGC/MS/DS): obtención de fracción lipídica utilizando alcohol
isopropílico anhidro**



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\7541.D

Operator: mca

Date Acquired: 23 Jun 10 9:39

Method File: RAFAEL

Sample Name: psa 7541

Misc Info: IPA 1.1

Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	12.75	0.95	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Butyloctylphthalate	@ 2361	000084-78-6	38
			Diethylphthalate	721	000084-66-2	38
			Butyl-2-methylpropylphthalate	@ 2995	017851-53-5	33
2	15.00	4.49	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Bicyclane-M isomer-1 2AC	2310	000000-00-0	7
			Dioxane	730	000123-91-1	4
			Bicyclane-M isomer-2 2AC	2311	000000-00-0	4
3	15.67	1.44	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Linoleic acid ME	1068	002566-97-4	27
			1-Methylethenylcyclopropane	3818	004663-22-3	7
			Cyclohexene	1629	000110-83-8	4
4	16.09	26.77	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Linoleic acid	2551	000060-33-3	32
			1-Methylethenylcyclopropane	3818	004663-22-3	7
			Cyclohexene	1629	000110-83-8	2
5	16.23	1.75	C:\DATABASE\PMW_TOX2.L			
			Bicyclane-M isomer-1 2AC	2312	000000-00-0	9

MCPB ME 2267 000000-00-0 9
Thiophanate 4ME 3977 000000-00-0 9

6 17.87 3.72 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

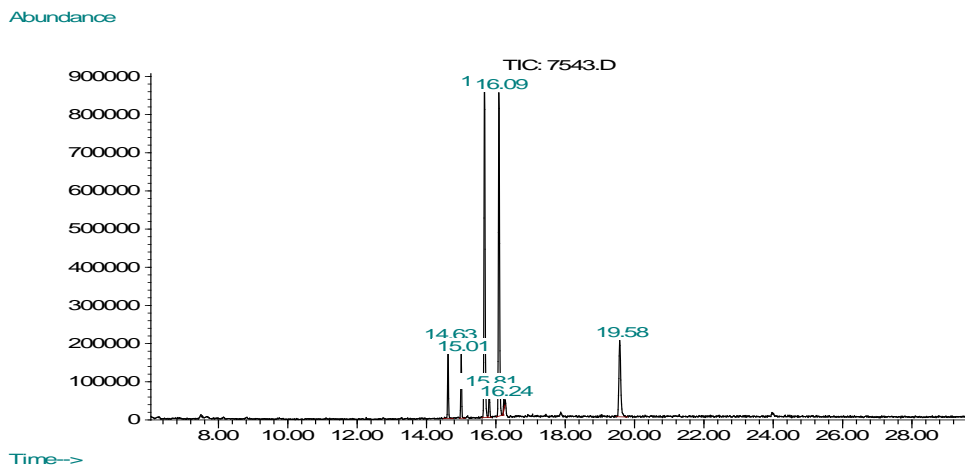
Monoisooctyladipate 2360 004337-65-9 38
Pyrrolidine 3608 000123-75-1 7
Secobarbital-M (desallyl-) 962 000000-00-0 4

7 19.59 60.88 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Diisooctylphthalate @ 723 027554-26-3 52
Butyl-2-methylpropylphthalate @ 2995 017851-53-5 37
Butyl-2-ethylhexylphthalate @ 713 000085-69-8 37

Wed Jul 07 10:44:19 2010

Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CGC/MS/DS): obtención de fracción lipídica utilizando hexano



Information from Data File:

File: C:\HPCHEM\1\DATA\7543.D

Operator: mca

Date Acquired: 23 Jun 10 15:30

Method File: RAFAEL

Sample Name: 7543

Misc Info: Hex

Vial Number: 1

Search Libraries: C:\DATABASE\PMW_TOX2.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex

Integration Events: Chemstation Integrator - autoint1.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

1 14.63 6.56 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Lauric acid ME 2666 000111-82-0 64

Capric acid ME 2665 000110-42-9 64

Palmitic acid ME 1801 000112-39-0 49

2 15.01 5.12 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Bencyclane-M isomer-1 2AC 2310 000000-00-0 4

Bencyclane-M (desamino-HO-) AC 2309 000000-00-0 4

Mexiletine-M isomer-2 2AC 2900 000000-00-0 4

3 15.68 36.66 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Linoleic acid ME 1068 002566-97-4 18

1-Methylethenylcyclopropane 3818 004663-22-3 7

Cyclohexene 1629 000110-83-8 2

4 15.81 2.72 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Pentadecanoic acid ME 3036 007132-64-1 74

Myristic acid ME 1141 000124-10-7 72

Lauric acid ME 2666 000111-82-0 72

5 16.10 35.62 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Linoleic acid 2551 000060-33-3 12

1-Methylethenylcyclopropane 3818 004663-22-3 7

PRCC -HCN 3600 022668-89-9 7

6 19.58 13.32 C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

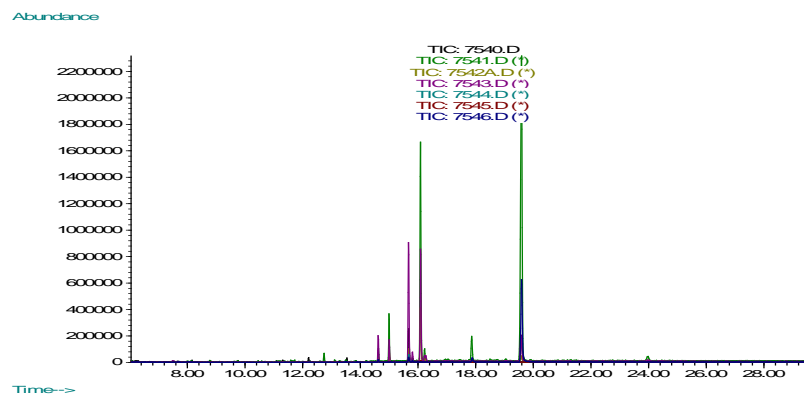
Diisooctylphthalate @ 723 027554-26-3 58

Butyl-2-methylpropylphthalate @ 2995 017851-53-5 32

Butyl-2-ethylhexylphthalate @ 713 000085-69-8 32

Wed Jul 07 10:51:10 2010

**Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas
(CGC/MS/DS): obtención de fracción lipídica comparando todos los
solventes utilizados**



Wed Jul 07 10:51:10 2010

B. MUESTRA DE CÁLCULO

Cálculo de la densidad del extracto etanólico:

Para determinar la densidad del extracto etanólico es necesario tomar medición de masa y volumen utilizando un picnómetro. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\text{Masa total (g)} - \text{Tara (g)}}{\text{Volumen (mL)}} \quad (\text{Ecuación No.4})$$

Ejemplo:

Datos obtenidos para la medición de la densidad del extracto etanólico obtenido en un proceso de lixiviación utilizando el equipo de extracción Soxhlet:

<i>Masa total</i>	4.098 g
<i>Tara</i>	4.092 g
<i>Volumen</i>	1 mL

Utilizando la ecuación 4:

$$\rho = \frac{4.098 (g) - 4.092(g)}{1 (mL)}$$

$$\rho = .006 \text{ g/mL}$$

Cálculo del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica del cotiledón de la semilla de melón Honeydew (Cucumis melo L.):

Para determinar el porcentaje de rendimiento se requieren dos datos específicos, el primero es la masa de la materia prima utilizada en el proceso extractivo y el segundo es la masa de la fracción lipídica recuperada, luego se utiliza la siguiente ecuación:

$$\%Rendimiento = \frac{Masa\ de\ materia\ prima - Masa\ de\ fracción\ lipídica(g)}{Masa\ de\ materia\ prima(g)} \times 100$$

(Ecuación No.5)

Ejemplo:

Datos obtenidos para la determinación del porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica obtenido en un proceso de destilación al vacío utilizando un rota-evaporador:

<i>Masa de materia prima</i>	20.052 g
<i>Masa de fracción lipídica</i>	7.5459g

Utilizando la ecuación 5:

$$\%Rendimiento = \frac{7.5459 (g)}{20.052 (g)} \times 100$$

$$\%Rendimiento = 37.63\%$$

Cálculo de la cantidad de sólidos solubles totales presentes durante el proceso de lixiviación utilizando el equipo de extracción Soxhlet:

$$SST = Masa\ total\ (g) - Tara\ (g) \quad (\text{Ecuación No.6})$$

Ejemplo:

Datos obtenidos para conocer la cantidad de sólidos solubles totales presentes durante el proceso de lixiviación utilizando un equipo de extracción Soxhlet:

<i>Masa total</i>	1.249 g
<i>Tara</i>	1.244 g

Utilizando la ecuación 6:

$$SST = 1.249\ (g) - 1.244\ (g)$$

$$SST = .005\ g$$

C. DATOS CALCULADOS

Densidad del extracto obtenido a través de la Lixiviación utilizando un equipo de extracción Soxhlet

CÓDIGO	Masa extracto (g)	Volumen picnómetro (mL)	Densidad del extracto (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar (g/mL)
EtOH I	0.004	0.989	0.004	0.585	±0.387
EtOH II	0.782	0.989	0.790		
EtOH III	0.765	0.989	0.774		
EtOH IV	0.765	0.989	0.773		
MetOH I	0.772	0.989	0.780	0.783	±0.002
MetOH II	0.776	0.989	0.785		
MetOH III	0.776	0.989	0.785		
MetOH IV	0.776	0.989	0.785		
2-propano I	0.765	0.989	0.774	0.774	±0.774
2-propano II	0.760	0.989	0.769		
2-propano III	0.768	0.989	0.777		
2-propano IV	0.768	0.989	0.777		
Hex	0.765	0.989	0.774	0.774	-
Hex-EtOH I	0.673	0.989	0.681	0.674	±0.009
Hex-EtOH II	0.660	0.989	0.667		
Hex-MetOH I	0.705	0.989	0.713	0.713	-
Hex-MetOH II	0.705	0.989	0.713		
Hex-2-propano I	0.749	0.989	0.757	0.756	±0.001
Hex-2-propano II	0.747	0.989	0.755		

Fuente: muestra de cálculo.

Sólidos solubles totales durante la obtención de fracción lipídica de la semilla de melón *honeydew* (*Cucumis melo* L.) a través de la Lixiviación utilizando un equipo de extracción Soxhlet

CÓDIGO	Sólidos solubles totales (g)	Media (g)	Desviación estándar (g)
EtOH I	0.715	0.725	±0.017
EtOH II	0.708		
EtOH III	0.741		
EtOH IV	0.739		
MetOH I	0.737	0.733	±0.003
MetOH II	0.734		
MetOH III	0.732		
MetOH IV	0.730		
2-propano I	0.728	0.724	±0.003
2-propano II	0.726		
2-propano III	0.723		
2-propano IV	0.721		
Hex	0.003	0.003	-
Hex-EtOH I	0.001	0.001	±0.001
Hex-EtOH II	0.001		
Hex-MetOH I	0.003	0.003	±0.000
Hex-MetOH II	0.003		
Hex-2-propano I	0.002	0.001	±0.001
Hex-2-propano II	0.001		

Fuente: muestra de cálculo.

**Índice de refracción del extracto obtenido a través de la lixiviación
utilizando un equipo de extracción Soxhlet**

CÓDIGO	Índice de refracción	Media	Desviación estándar
EtOH I	1.361	1.361	±0.001
EtOH II	1.362		
EtOH III	1.361		
EtOH IV	1.360		
MetOH I	1.331	1.330	±0.001
MetOH II	1.331		
MetOH III	1.330		
MetOH IV	1.329		
2-propano I	1.375	1.374	±0.000
2-propano II	1.375		
2-propano III	1.374		
2-propano IV	1.374		
Hex	1.381	1.381	-
Hex-EtOH I	1.378	1.379	±0.001
Hex-EtOH II	1.379		
Hex-MetOH I	1.380	1.380	±0.000
Hex-MetOH II	1.380		
Hex-2-propano I	1.378	1.378	±0.000
Hex-2-propano II	1.378		

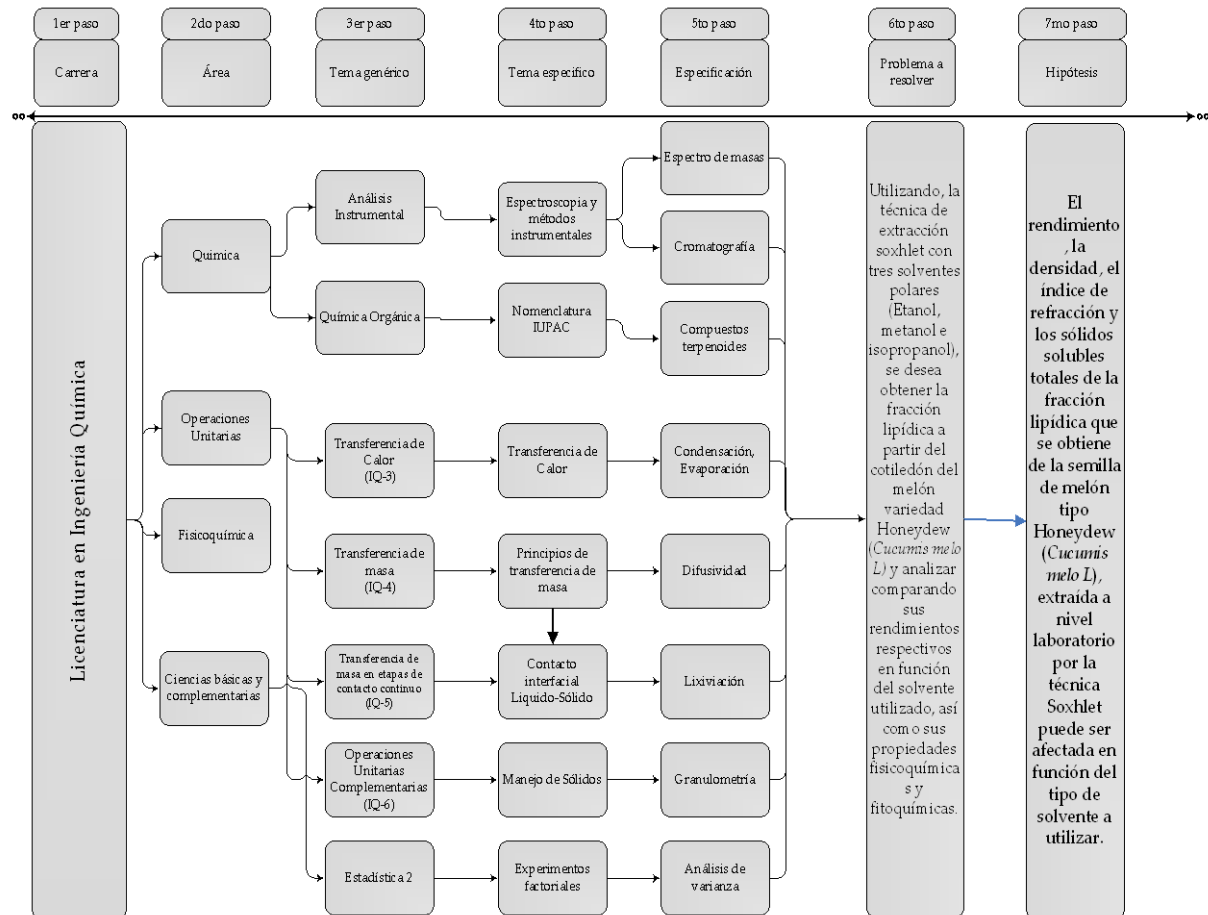
Fuente: muestra de cálculo.

Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica obtenida a través de la lixiviación con equipo de extracción Soxhlet

CÓDIGO	Materia prima (g)	Materia seca (g)	Fracción lipídica (g)	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
EtOH I	20.001	11.912	6.5823	32.91	28.85	±2.49
EtOH II	20.000	15.500	4.506	22.53		
EtOH III	20.042	12.326	4.945	24.67		
EtOH IV	20.001	12.387	7.058	35.29		
MetOH I	20.003	14.313	3.4096	17.05	18.18	±1.36
MetOH II	20.034	14.368	4.1250	20.59		
MetOH III	20.008	15.447	3.7348	18.67		
MetOH IV	20.01	14.742	3.2867	16.43		
IPA I	20.04	11.6	6.9518	34.69	35.54	±1.28
IPA II	20.016	11.002	7.5686	37.81		
IPA III	19.994	11.099	6.8121	34.07		
IPA IV	20.029	12.035	7.1316	35.61		
Hex	20.052	12.567	7.5459	37.63	-	-
Hex-EtOH I	12.326	11.896	0.4651	3.77	5.14	±1.93
Hex-EtOH II	12.387	11.977	0.8058	6.51		
Hex-MetOH I	15.447	14.338	1.009	6.48	7.16	±0.96
Hex-MetOH II	14.742	14.174	1.1545	7.83		
Hex-IPA I	12.035	10.944	0.8263	6.87	6.70	±0.24
Hex-IPA II	11.002	10.7	0.7188	6.53		

Fuente: muestra de cálculo.

D. REQUISITOS ACADÉMICOS



E. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

