



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

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA
SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (*CITRUS
SINENSIS L.*) TIPO BLANCA VARIEDAD VALENCIA POR LIXIVIACIÓN
DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO**

Jans Amilkar Batres Santizo

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Asesorado por el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (*CITRUS SINENSIS L.*) VARIEDAD BLANCA TIPO VALENCIA POR LIXIVIACIÓN DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JANS AMILKAR BATRES SANTIZO

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

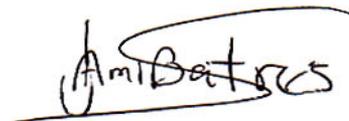
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong
EXAMINADOR	Ing. Edwin Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (*CITRUS SINENSIS* L.) VARIEDAD VALENCIA TIPO BLANCA POR LIXIVIACIÓN DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha septiembre de 2010.



Jans Amilkar Batres Santizo



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 24454

Guatemala, 28 de Octubre de 2011

Ingeniero
Williams Álvarez
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Álvarez:

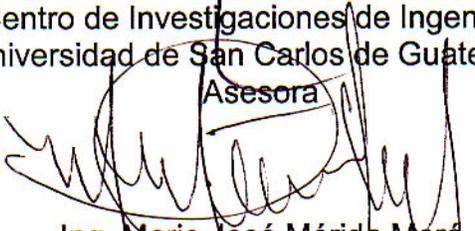
Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación **“Obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis L.*) Tipo Blanca, variedad Valencia por lixiviación dinámica, método soxhlet y expresión a nivel laboratorio”**, del estudiante de Ingeniería Química Jans Amilkar Batres Santizo quien se identifica con el carné número 1997-11641.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Asesora




Ing. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales -LIEXVE-
Asesor





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 24 de noviembre 2011
Ref.EIQ.TG.301.2011

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

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-68-2010-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 INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario, **Jans Amilcar Batres Santizo**, identificado con carné No. 1997-11641, titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (*Citrus sinensis* L.) VARIEDAD BLANCA TIPO VALENCIA POR LIXIVIACIÓN DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO", el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química **Telma Maricela Cano Morales**.

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

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

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



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 del estudiante, **JANS AMILKAR BATRES SANTIZO** titulado: "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (CITRUS SINENSIS L.) TIPO BLANCA VARIEDAD VALENCIA POR LIXIVIACIÓN DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO". 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, enero de 2012



Cc: Archivo
WGAM/ale



DTG. 038.2012

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: **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISIQUÍMICA DE LA FRACCIÓN LIPÍDICA DE LA SEMILLA DEL FRUTO DEL NARANJO DULCE (*CITRUS SINENSIS L.*) TIPO BLANCA VARIEDAD VALENCIA POR LIXIVIACIÓN DINÁMICA, MÉTODO SOXHLET Y EXPRESIÓN A NIVEL LABORATORIO**, presentado por el estudiante universitario **Jans Amilkar Batres Santizo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 25 de enero de 2012.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser la luz y mi guía en cada momento de mi vida.
- Virgen María** Por guardarme, iluminarme y bendecirme en los momentos difíciles y dichosos de mi vida.
- Mis padres** Jorge Antonio Batres Orozco y Josefina Rafaela de Batres.
Por creer en mí, su amor, dedicación, confianza y apoyo.
- Mis hermanos** Jorge y Aníbal, por cuidarme y apoyarme en todo momento

AGRADECIMIENTOS A:

- Estefani Lossi** Gracias por tu apoyo y ayuda incondicional.
- Inga. Telma Cano** Por su confianza y apoyo en desarrollo de esta investigación.
- Ing. Mario Mérida** Por su apoyo y atención en la revisión del presente informe.
- Ing. Williams Álvarez** Por su apoyo y confianza.
- Mis tíos y sobrinos** Por su cariño, confianza y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
HIPOTESIS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	6
1.3. Determinación del problema.....	7
1.3.1. Definición.....	7
1.3.2. Delimitación.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Aceites vegetales.....	9
2.1.1. Definición.....	9
2.1.2. Principios activos.....	9
2.1.3. Potencial funcional.....	10
2.1.4. El método del enriquecimiento.....	11
2.1.5. Un proceso menos agresivo.....	11
2.1.6. Beneficios para la salud.....	11
2.2. Calidad de los aceites.....	12
2.2.1. Método de índice de yodo.....	13

2.2.2.	Método de índice de saponificación.....	14
2.2.3.	Método de índice de acidez	14
2.2.4.	Ácidos grasos	14
2.2.4.1.	Ácidos grasos saturados.....	15
2.2.4.2.	Ácidos grasos insaturados.....	15
2.2.4.3.	Ácidos grasos polinsaturados	15
2.2.5.	Cromatografía de gases.....	16
2.3.	Usos de los aceites	17
2.3.1.	Como fluido térmico en la industria alimentaría	18
2.3.2.	Fines diversos.....	19
2.4.	Industrialización	19
2.4.1.	Limpieza y clasificación.....	20
2.4.2.	Descascarado	20
2.4.3.	Desecación y molienda	20
2.4.4.	Procesos de extracción del aceite	21
2.4.4.1.	Por expresión.....	21
2.4.4.2.	Por solubilidad en solventes no polares.....	22
2.4.5.	Refinación	23
2.4.6.	Envasado	23
2.5.	Lixiviación	24
2.5.1.	Tipos de lixiviación.....	25
2.5.1.1.	Lixiviación estática.....	25
2.5.1.2.	Lixiviación dinámica.....	25
2.6.	Materia Prima.....	26
2.6.1.	Taxonomía y morfología	26
2.6.2.	Importancia económica y distribución geográfica	27
2.6.3.	Requerimientos edafoclimáticos	28
2.6.4.	Los efectos dañinos en los cítricos	29
2.7.	Propagación.....	31

2.8.	Material Vegetal.....	31
2.8.1.	Variedades.....	31
2.8.1.1.	Factores para la elección de la variedad.....	31
2.8.1.2.	Tres tipos variedades.....	32
2.8.1.3.	Descripción de algunas variedades	33
2.9.	Mejora genética.....	36
2.10.	Particularidades del cultivo.....	38
2.10.1.	Diseño de la plantación.....	38
2.10.2.	Abonado.....	38
2.10.3.	Otras consideraciones	39
2.11.	Riego	40
2.12.	Poda	41
2.13.	Técnicas para aumentar el tamaño del fruto	43
2.14.	Recolección.....	44
2.15.	Postcosecha.....	45
2.16.	Fisiopatías.....	46
2.17.	Estrategias de control.....	47
2.18.	Valor nutricional.....	47
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	49
3.1.	Variables.....	49
3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	50
3.2.1.	Ubicación para la obtención de la material prima.....	50
3.2.2.	Expresión de la fracción lipídica de la semilla del naranja.....	50
3.2.3.	Análisis de la fracción lipídica	51
3.2.3.1	Fisicoquímicos	51
3.2.4.	Análisis cualitativo de ácidos grasos.....	51
3.3.	Recursos humanos.....	51

3.4.	Recursos Materiales.....	52
3.4.1.	Equipo y cristalería	52
3.4.2.	Reactivos	53
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	53
3.5.1.	Método cromatografía gaseosa detector de llama de ionización (FID).....	53
3.5.2.	Densidad	54
3.5.3.	Potencial de hidrógeno	55
3.5.4.	Índice de refracción	55
3.5.5.	Cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID).....	56
3.5.6.	Expresión de la semilla de naranja dulce.....	58
3.5.7.1.	Rendimiento de la fracción lipídica.....	60
3.6.	Análisis estadístico	61
3.6.1.	Diseño experimental	61
3.6.2.	Factores y tratamientos.....	61
3.6.3.	Diseño a utilizar.	62
3.6.4.	Aleatorización	64
3.6.5.	Variables de respuesta	64
3.7.	Plan de análisis de resultados.....	64
4.	RESULTADOS	67
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81

CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93
APÉNDICES	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cromatógrafo de gases	17
2. Diagrama causa y efecto de las variables de trabajo en el proceso de extracción de la fracción lipídica de naranja	50
3. Determinación de la densidad de la fracción lipídica a 25 °C.....	54
4. Equipo de índice de refracción utilizado las pruebas fisicoquímicas de la fracción lipídica	56
5. Equipo de expresión de la fracción lipídica	59
6. Fracción lipídica de semilla de naranja obtenida por expresión sin filtrar y filtrada	59
7. Rendimiento promedio de fracción lipídica extraída de semilla de naranja en función de los métodos experimental utilizados.....	67

TABLAS

I. Clasificación de los aceites según el índice de yodo	13
II. Interpretación de los análisis de suelo	30
III. Tipo de abono	39
IV. Forma para repartir el abono durante 7 meses del año	40
V. Valor nutricional de la naranja dulce	47
VI. Sistema de bloques en condiciones homogéneas	62
VII. Posibles combinaciones	63
VIII. Rendimiento promedio de fracción lipídica	65

IX. Análisis de varianza para el rendimiento de la fracción lipídica.....	68
X. Comparación de rendimiento de fracción lipídica respecto el método de extracción analizado por el método Tukey HSD.....	68
XI. Comparación de rendimiento de fracción lipídica respecto el solvente de extracción analizado por el método Tukey HSD	69
XII. Comparación de rendimiento de fracción lipídica respecto la extracción analizada por el método Tukey HSD.....	69
XIII. Comparación de método de fracción lipídica extraída respecto la técnica expresión de referencia	70
XIV. Densidad media de la fracción lipídica extraída de semilla de naranja en función del solvente y del método extractivo utilizado...	70
XV. Índices de refracción medios de la fracción lipídica de semilla de naranja	71
XVI. Potencial de hidrógeno medio de la fracción lipídica de semilla de naranja	71
XVII. Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método de expresión	72
XVIII. Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados	73
XIX. Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método soxhlet con hexano	73
XX. Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados	74
XXI. Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método de soxhlet con etanol	75

XXII. Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados	76
XXIII. Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica de semilla de naranja, método de lixiviación con etanol	76
XXIV. Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados	77
XXV. Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica de semilla de naranja, método de lixiviación con hexano	77
XXVI. Composición por categoría de ácido grasos saturados, monoinsaturado y polinsaturado.....	78
XXVII Gama de composición de ácido grasos de aceites vegetales crudos determinados mediante cromatografía de gases.....	78

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ρ	Densidad
Exp	Expresión
$^{\circ}\text{C}$	Grado centígrado
g	Gramos
Ha	Hipótesis alternativa
Ho	Hipótesis nula
H	Hipótesis de trabajo
IR	Índice de refracción
L	Litro
X₁	Método
Lix-Et	Método lixiviación-etanol
Lix-hex	Método lixiviación-hexano
Sox-Et	Método soxhlet-etanol
Sox-hex	Método soxhlet-hexano
m	Metro
μg	Microgramos

mL	Mililitros
W_m	Peso de la materia prima
W_o	Peso del vial vacío
W_f	Peso vial con fracción lipídica
pH	Potencial de hidrógeno
Y	Rendimiento
X	Rendimiento medio de la fracción lipídica
X₂	Solvente
V	Volumen
V_p	Volumen del picnómetro
μ	Viscosidad

GLOSARIO

Ácido graso	Molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
ADN	Àcido desoxirribonucleico.
Apomícticas	Semillas poliembriónicas.
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
Endocarpo	Tejido duro e impermeable que se forma en el interior de los frutos para proteger la semilla.
Expresión	Método de extracción que tiene como fin exprimir con máquina o a mano el material vegetal para la obtención de aceites.
Hedging	Cortes oblicuos.

Hibridación	Acción de fecundar variedades o especies diferentes para conseguir reproducir en el descendencia algunos de los caracteres parentales.
Injerto	Método de propagación vegetativa artificial en donde una porción de tejido procedente de una planta se une sobre otra de tal modo que crezca como un solo organismo.
LIEXVE	Laboratorio de investigación de extractos vegetales.
Lixiviación	Proceso de extracción sólido-líquido donde el sólido o materia prima posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractor.
Saponificación	Reacción química entre un lípido saponificable (ácido graso) y una base o álcali.
Soxhlet	Es utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica, contenidos en un sólido, a través de un disolvente afín.
Tornillo prensa	Máquinas provistas de un tornillo que gira y prensa los objetos, con el fin de extraer su contenido, proceso que se le conoce como expresión.

Topping

Cortes superiores con sierra.

Partenocárpico:

Fruto producido sin polinización y/o fecundación como la piña y el banano.

RESUMEN

El estudio propuesto tuvo como finalidad la obtención de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*citrus sinensis L*) tipo blanca variedad valencia. Adquirido en la región de Santa Cruz, El Chol municipio, del departamento de Baja Verapaz. Como variables independientes se estableció el método de extracción y el solvente, cada variable presentó tres niveles: métodos de extracción; lixiviación dinámica y método soxhlet hasta agotamiento. Solventes; etanol al 95% y hexano, y el método directo de expresión.

La combinación de cada uno de los niveles dio como resultado una matriz de cuatro tratamientos, realizando siete repeticiones para cada uno de ellos, los cuales se analizaron de manera aleatoria en siete bloques de cuatro tratamientos para comparar el rendimiento de la fracción lipídica de cada una de las condiciones propuestas. Donde el método de soxhlet con hexano presentó el mayor rendimiento con 33,575%. Entre los métodos de lixiviación con hexano y soxhlet con etanol al 95% no existe una diferencia significativa con valores de 27,531 y 25,966% respectivamente. Mientras que el menor rendimiento lo presentó la extracción por lixiviación con etanol con un rendimiento de 17,111%.

Como método de extracción directa se realizó la expresión, empleando un extrusor con tornillo sin fin donde el rendimiento de fracción lipídica fue de 21,43%, al comparar éste con los indirectos, la extrusión tiene mayor rendimiento respecto el método de lixiviación con etanol con un 17,111% , entre el método de expresión con 21,43% y los de lixiviación con hexano con

27,531% y soxhlet con etanol 25,966% no existe una diferencia estadística considerable. Mientras que el rendimiento por el método de soxhlet con hexano 33,575% es significativamente mayor al rendimiento de fracción lipídica obtenida por expresión.

Las muestras obtenidas se sometieron a caracterización fisicoquímica de parámetros como: densidad con valores medios de 0,8477, índice de refracción con valores medios de 1,4555 y potencial de hidrogeno con valores medios de 6,54. La determinación de ácidos grasos se realizó por medio de cromatografía gaseosa con detector FID. El contenido de ácidos grasos poliinsaturados correspondió a 39,85%.

OBJETIVOS

Generales

Obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) variedad Valencia, tipo blanca, por lixiviación dinámica, método Soxhlet y expresión a nivel laboratorio.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce por lixiviación dinámica, expresión y por el método de Soxhlet.
2. Caracterizar fisicoquímicamente; densidad, índice de refracción y potencial de hidrógeno de la fracción lipídica, obtenido por lixiviación dinámica, método Soxhlet y expresión.
3. Identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes por cromatografía gaseosa en la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce.

HIPÓTESIS

1. Hipótesis de trabajo

El rendimiento de la fracción lipídica obtenido de la semilla del fruto del naranjo dulce (*citrus sinensis L.*), variedad valencia tipo blanca, puede ser afectado por el método de lixiviación dinámica, el de soxhlet y los tipos de disolventes, y con el método directo de expresión a nivel laboratorio.

2. Hipótesis estadística

2.1. Hipótesis nula

Ho: el rendimiento de la fracción lipídica obtenido de la semilla del fruto del naranjo dulce (*citrus sinensis L.*), variedad valencia tipo blanca, puede ser afectado por el método de lixiviación dinámica, método soxhlet y los tipos de disolvente y con el método directo de expresión a nivel laboratorio.

$$\mu_i = \mu_j$$

Donde:

μ_i : valor medio de cada parámetro respecto el tipo de lixiviación

μ_j : valor medio de cada parámetro según el solvente a utilizar

2.2. Hipótesis alternativa

H_A: el rendimiento de la fracción lipídica obtenido de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.), variedad valencia tipo blanca, no es afectado por el método de lixiviación, método soxhlet y los tipos de disolvente y con el método directo de expresión a nivel laboratorio.

$$\mu_i \neq \mu_j$$

Donde:

μ_i : valor medio de cada parámetro respecto el tipo de lixiviación

μ_j : valor medio de cada parámetro según el solvente a utilizar

INTRODUCCIÓN

El fruto naranjo dulce que se produce en Guatemala *citrus sinensis* blanca, de la familia Rutáceas, género *citrus* y especie (*citrus sinensis* L), tiene características principales para su cultivo, se da en un ambiente sub-tropical donde la temperatura oscila entre 23 a 24 °C, no puede desarrollarse en climas bajos como 10 °C dado que el fruto tiende a descomponerse, y a una altitud desde el nivel del mar hasta 1,500 metros.

El árbol es vigoroso, de gran tamaño, sus frutos son medianos, de forma redondeada, de muy pocas semillas y con un zumo abundante y de calidad. El origen de esta variedad no se conoce con exactitud, se habla que hace 20 millones de años provenía del sudeste asiático.

Comúnmente, en Guatemala se recolecta durante el mes de marzo, aunque se puede mantener en el árbol varios meses sin llegar a su descomposición total. Entre otros, las hojas poseen propiedades curativas utilizado para controlar o estabilizar la presión alta.

La fracción lipídica puede provenir de frutos o semillas como del maíz, arroz, nuez, almendra, etc. La fracción lipídica es del grupo de las oleaginosas, a estos aceites llamados también ácidos grasos no saturados, son líquidos a temperatura ambiente; los ácidos grasos no saturados se destacan como monoinsaturados el oléico y como polinsaturados el linolénico, entre otros.

El estudio consistirá en la extracción de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.), variedad valencia, tipo blanca, por lixiviación dinámica, método Soxhlet y expresión a nivel laboratorio.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

Se han realizado diversos estudios sobre la obtención de fracción lipídica en Guatemala en el 2007, elaborado por la Ingeniera Glenda Rocío Luna Zúñiga y asesorado por la Ingeniera Telma Maricela Cano Morales, consistió en evaluar el rendimiento de extracción del aceite de la semilla de morro (*Crescentia alata HBK*), proveniente de las regiones del municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa y el municipio de San Agustín Acasaguastlán del departamento de El Progreso; asimismo, determinar sus propiedades fisicoquímicas, índices de calidad y perfil de ácidos grasos. El estudio fue realizado en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), sección de la Escuela de Química Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para el aceite del departamento de El Progreso se obtuvo un 21,13% de ácidos grasos saturados (C16:0, C18:0, C20:0), un 55,29% de ácidos grasos monoinsaturados (C18:1) y un 23,41% de ácidos grasos polinsaturados (C18:2, C18:3). Para el aceite del departamento de Zacapa se obtuvo un 22,13% de ácidos grasos saturados (C16:0, C18:0, C20:0), un 52,35% de ácidos grasos monoinsaturados (C18:1) y un 25,52% de ácidos grasos polinsaturados (C18:2, C18:3).

El aceite de ambas regiones presentó un perfil de ácidos grasos muy similar; sin embargo, en el rendimiento de extracción existió una diferencia significativa, la semilla proveniente de Zacapa dio un rendimiento de 28,126% y la de El Progreso únicamente el 19,312%, la diferencia puede atribuirse al tipo de suelo, ya que en San Agustín Acasaguastlán los suelos son más susceptibles a erosionarse que la tierra de Estanzuela.

Entre los estudios internacionales sobre la obtención de fracción lipídica cabe mencionar los siguientes:

En el 2005 el estudio elaborado por la Ingeniera Margaret Corrales Valencia sobre la extracción del aceite de la almendra del *cucurbita máxima* zapallo con fines antiparasitarios (*taenia saginata*). El aceite de almendra de la semilla del zapallo (cucurbita máxima ducht) pertenece a la familia *cucurbitaceae*, contiene el principio activo cucurbitina (aminoácido de la semilla) y actúa como antiparasitario. La semilla se ha utilizado como diurético, vermífugo, tónico estomacal, antihelmíntico, para curar asma bronquial o algunas enfermedades de la piel. La investigación se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Católica de Santa María en Perú. El aceite de almendra de la semilla del zapallo cuyo principio activo (cucurbitina), presentó un rendimiento del 43%; además, el componente activo antiparasitario aplicado, principalmente, para niños de edades que fluctúan entre los 7 a 12 años aproximadamente, y que estén afectados con tenias (*taenia saginata*). Este trabajo permitió la obtención, extracción, purificación y determinación de algunas propiedades físico-químicas del aceite.

Se seleccionaron 79 introducciones de zapallo (*Cucurbita moschata Duch*) teniendo en cuenta el contenido de extracto etéreo de las semillas. El extracto etéreo fue estable física y químicamente, con propiedades

organolépticas óptimas de aceite comestible, no presentó características de rancidez; aceite semisecante (122,90 mg/g de KOH.); índice de acidez 3,25 mg/g de KOH; la prueba presuntiva de yodo supone presencia de polinsaturación y sin formación de cristales. La composición de ácidos grasos mostró: palmítico C16:0 (25,11 – 36,94%); esteárico C18:0 (10,79 – 13,37%); linoleico C18:2 (48,23 – 62,41%); linolénico C18:3 (0,66%) y araquídico C20:0 (0,53 – 0,78%). El aceite de semilla de zapallo contiene 55,28% de ácidos grasos insaturados con una cantidad apreciable de linoleico (55,11%). La torta de semilla presentó proteína (51,11 ± 0,95%) y energía (4604,66 ± 134,08 kcal/kg).

En el 2006 los ingenieros Jorge Iván Novelo Pérez y José Antonio Rocha Uribe, de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, realizaron un estudio que describe la extracción de fracción lipídica de semillas de chía que se someten a extracción con CO₂ supercrítico para la obtención de ácidos grasos ricos en ácido linolénico (omega-3) y ácido linoleico (omega-6). Se determinó factible usar CO₂ como solvente en la extracción supercrítica del aceite de semillas de chía (*salvia hispánica, L*). Con el objetivo de encontrar las condiciones de extracción que favorezcan el mayor rendimiento, se evaluaron temperaturas entre 40 y 80 °C y presiones de 136 a 408 bar. En el análisis de los rendimientos se observó que la presión tiene un efecto más significativo que la temperatura y se obtuvo el mayor rendimiento a 80 °C y 408 bar. Además, se determinó que el rendimiento máximo obtenido fue de 20%, en un tiempo de extracción de 6 horas. Este tiempo de extracción resultó menor en comparación con otros métodos de extracción. Por otro lado, se analizaron los aceites extraídos usando cromatografía de gases/espectrofotometría de masas. El perfil de ácidos grasos obtenido fue consistente con los reportados en la literatura. Cabe destacar que este perfil se

mantuvo en todas las condiciones de extracción evaluadas y fue similar a los obtenidos en otros métodos de extracción.

Aunado a lo anterior, los porcentajes del omega-3 y omega-6 fueron de 62-66% y 17-18,5%, respectivamente, siendo las condiciones favorables para su extracción a 80 °C y 408 bar.

En el 2007 los tecnólogos químicos Luisa Amaya, Fabio Díaz, Natalia García, Martha Moncada y Gloria Edith Guerrero, en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, realizaron un estudio sobre la extracción y caracterización fisicoquímica y microbiológica del aceite de las semillas de (*Luffa cilíndrica*) procedentes del departamento de Risaralda. Las propiedades físicas y químicas evaluadas se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la normatividad colombiana para aceites de uso cosmético. Según los resultados de la extracción, el contenido de aceite en las semillas de *Luffa cilíndrica* procedente de Risaralda es del 15,7% con densidad de 0,9045 g/mL, índice de acidez entre 0,319% ácido oléico – 0,227% ácido laúrico, índice de saponificación de 192,182meq/Kg de KOH, índice de yodo de 70,016 cg/g.

De acuerdo con la Norma Colombiana de aceites cosméticos, el aceite de *L. cylíndrica* está dentro de los rangos permitidos, además, no presentó contenido de peróxidos indicando una buena estabilidad oxidativa. De acuerdo con el análisis realizado por cromatografía de gases, el aceite de *Luffa cylíndrica* contiene en mayor proporción los ácidos grasos linoléico (57,51%), oléico (17,031%), palmítico (12,71%) y esteárico (10,88%) y en pequeñas cantidades los ácidos mirístico (0,08%), heptadecanóico (0,15%), linolénico (0,17%), araquídico (0,44%), eicosenóico (0,07%) y behénico (0,08%). Los resultados del análisis microbiológico realizado al aceite fresco de (*Luffa*

cylindrica), según el recuento de los microorganismos evaluados, el aceite fresco no cumple con la totalidad de los parámetros establecidos por la normatividad vigente para la industria cosmética nacional. El crecimiento de los microorganismos observado puede ser atribuido a una mala manipulación de las semillas durante su recolección, es conveniente implementar buenas prácticas de manufactura en el manejo de las semillas y/o someterlas a un proceso de desinfección previo a la extracción del aceite.

En el 2010 la ingeniera Marcela Lilian Martínez, en su tesis Doctoral realiza un estudio sobre la extracción y caracterización del aceite de nuez (*Juglans regia* L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Realizada en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba en Argentina. Se elaboraron ensayos de extracción del aceite mediante disolvente (n-hexano, CO₂ en estado supercrítico) y prensa de tornillo helicoidal (a escala piloto e industrial). Esta última metodología resultó asequible para la obtención de altos rendimientos de aceite, de buena calidad química. No obstante, por su elevado nivel de insaturación, el aceite es altamente susceptible al deterioro termo y foto-oxidativo.

La adición de antioxidantes (TBHQ, palmitato de ascorbilo) y el empleo de procedimientos de protección contra la foto-oxidación, constituyeron alternativas tecnológicas para la conservación del aceite. De cada lote de frutos, se pesaron 10 g de pulpa, se molieron en molino de cuchillas, se deshidrataron en estufa (105°C) y se sometieron a extracción continua sólido-líquido en equipo Soxhlet, durante 12 horas, utilizando como disolvente n-hexano. El contenido de aceite se cuantificó por diferencia de pesos previo y posterior a la extracción.

El rendimiento en aceite se expresa como %, base seca. Las curvas de equilibrio de extracción para las dos temperaturas consideradas (25 y 50 °C) presentaron las siguientes pendientes: 0,8525 ($R^2 = 0,9891$ a 25 °C) y 0,9598 ($R^2 = 0,982$ a 50 °C). En concordancia con los valores de las pendientes de las curvas de equilibrio del hexano fueron cercanas a 1. Este comportamiento indica que el aceite es completamente soluble en hexano, por lo que la fuerza impulsora no es función de la concentración.

En relación al rendimiento de extracción (g de aceite/ml de solución lixiviada), Las granulometrías 0,5 – 1 mm y 1 – 3 mm, resultaron ser las más convenientes. Se observó, además un aumento significativo del rendimiento en los tratamientos con la medida que disminuye el tamaño de partícula, aumenta el daño celular, lo que favorece, por un lado, la remoción del aceite de la superficie de la partícula y, por otro, la difusión que es el factor limitante en una extracción.

1.1. Justificación

Considerando que ya hay estudios dentro el campo de la naranja amarga utilizados para la elaboración de algunos licores, mermeladas, es importante realizar este estudio, ya que tienen propiedades similares la semilla de la naranja dulce y la amarga, teniendo, posiblemente, variedad de utilidades y beneficios para muchas empresas, y su estudio es bastante enriquecedor para el conocimiento humano, debido que en Guatemala es uno de los frutos con mas auge, tanto en la exportación como de consumo interno.

Es importante realizar un archivo en donde se documente que la fracción lipídica de la semilla presente en el fruto (*Citrus sinensis L.*) variedad valencia tipo blanca, presenta propiedades fisicoquímicas determinadas por

técnicas específicas. Este conocimiento dará un mayor enfoque en la utilización de la fracción lipídica en diferentes procesos industriales.

Debido al interés de muchas empresas industriales buscan cada día algo innovador y a la utilidad que del aceite vegetal, tales como: industria alimenticia, producción de biocombustible y jabón, y siendo éste un proyecto donde se puede beneficiar, tanto las industrias como las personas dedicadas al cultivo de la materia prima en la región de Baja Verapaz, permitirá generar más oportunidades de trabajo.

1.3. Determinación del problema

1.3.1. Definición

El fin de este estudio consiste en la obtención y caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) variedad Valencia tipo blanca por lixiviación dinámica, método Soxhlet y expresión a nivel laboratorio que servirá para determinar el método que proporcione mayor rendimiento.

1.3.2. Delimitación

El procedimiento experimental se realizará a nivel laboratorio, empleando como materia prima la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) variedad Valencia tipo blanca, obtenida del cultivo ubicado en el departamento de Baja Verapaz.

Como variables independientes se estableció el método de extracción y el solvente, cada variable presentó dos niveles: métodos de extracción;

lixiviación dinámica a temperatura ambiente y el soxhlet hasta agotamiento. Solventes; etanol al 95% y hexano. La combinación de cada uno de los niveles dio como resultado una matriz de cuatro tratamientos, realizando siete repeticiones para cada uno de ellos, los cuales se analizaron de manera aleatoria en siete bloques de cuatro tratamientos para comparar el rendimiento de la fracción lipídica de cada una de las condiciones propuestas.

Al conocer el rendimiento medio de los tratamientos mencionados se comparó cada uno de ellos con el rendimiento obtenido por el método de expresión, donde a partir de los niveles de confianza obtenidos por el método de Tukey HSD se determinó que rendimientos son mayores o menores al rendimiento de fracción lipídica obtenida por expresión.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aceites vegetales

2.1.1. Definición

Se ha descubierto que muchos componentes que se encuentran de manera natural en los aceites vegetales tienen propiedades beneficiosas para la salud. Una vez aislados y concentrados, algunos de estos principios activos sirven para tratar una gran cantidad de enfermedades, que van desde el síndrome del intestino irritable hasta las enfermedades hepáticas crónicas. Del mismo modo, hace tiempo que se conocen las cualidades de muchos ácidos grasos y otros componentes presentes en los aceites vegetales. Así, la producción de aceites vegetales funcionales constituye un sector con mucho futuro.

2.1.2. Principios activos

Es importante resaltar la gran cantidad de principios activos que se han identificado en las semillas oleaginosas; muchos de estos componentes se encuentran todavía en el aceite de cocina o de ensalada, mientras que otros desaparecen parcial o completamente durante el proceso de refinado.

La vitamina E es un poderoso antioxidante y los aceites vegetales constituyen una de las fuentes principales de esta sustancia. Cada ácido graso tiene, además, propiedades específicas.

El ácido linoléico es un ácido graso polinsaturado que permite reducir el nivel de colesterol, y el ácido alfa-linolénico también tiene efectos en la salud del corazón. El ácido ricinoleico es el principio activo del aceite de ricino y es un poderoso estimulante laxativo, mientras que el ácido gamma-linolénico es el principal responsable de los beneficios del aceite de onagra, que se utiliza entre otras cosas, para tratar el dolor de pecho.

Los fitoesteroles se encuentran en los aceites vegetales, especialmente en los aceites de germen. Recientemente se ha hablado mucho de las margarinas enriquecidas con esteroides, ya que permiten reducir el nivel de colesterol de manera tan efectiva como muchos medicamentos. También se sugiere en la actualidad que los niveles naturales de fitoesteroides presentes en muchos aceites vegetales (aceite de maíz: 968mg/100g, aceite de germen de trigo: 553mg/100g y aceite de oliva: 221mg/100g) pueden contribuir, asimismo, a reducir considerablemente el nivel de colesterol.

Existen otros componentes beneficiosos que se extraen y se concentran a partir de derivados del proceso de refinado, como los betacarotenos, la vitamina K, la fosfatidilcolina, que se usa en el tratamiento de enfermedades hepáticas, y la fosfatidilserina, empleada fundamentalmente en la prevención del deterioro cerebral.

2.1.3. Potencial funcional

Numerosos componentes de semillas oleaginosas ya han demostrado tener propiedades nutricionales beneficiosas, por lo que existen muchas posibilidades de que puedan utilizarse en la elaboración de nuevos aceites vegetales funcionales. Los aceites con niveles reforzados de principios activos beneficiosos podrían tener un impacto notable en la salud, dada la cantidad de

aceite de cocina y de ensalada que se consume en la mayoría de los países industrializados. De hecho, en Japón, ya se encuentran aceites con niveles más elevados de vitamina E y fitoesteroles.

2.1.4. El Método del enriquecimiento

Una manera de producir aceites funcionales, es fortalecer los aceites vegetales ordinarios con cantidades adicionales de ingredientes funcionales específicos. Es un proceso similar al enriquecimiento de la harina blanca, que se introdujo con éxito hace muchas décadas. Este procedimiento permite añadir cantidades precisas de ciertos componentes, manteniendo al mismo tiempo las características originales del alimento, que los consumidores ya conocen y aprecian.

2.1.5. Un proceso menos agresivo

Otra manera de incrementar las propiedades beneficiosas de los aceites vegetales es desarrollar un proceso de producción menos agresivo, de manera que la mayoría de los ingredientes funcionales que se encuentran en forma natural en las semillas vegetales permanezcan en el aceite. Los aceites obtenidos así suelen ser más turbios, tienen un color poco usual y un sabor más característico y fuerte, por lo que puede costar un poco más acostumbrarse a ellos.

2.1.6. Beneficios para la salud

Combinando los conocimientos de científicos expertos en la materia, biólogos, agricultores y empresas alimentarias, es posible elaborar aceites vegetales con un precio razonable y niveles más elevados de ingredientes

funcionales. Teniendo en cuenta que la mayoría de la gente utiliza aceites vegetales para cocinar, los beneficios para la salud, como la reducción de las enfermedades cardiacas, podrían ser considerables.

Quizás en el futuro se consuma con toda naturalidad, aceites vegetales enriquecidos, de la misma manera que hoy se come el pan o aceite de oliva.

2.2. Calidad de los aceites

La calidad de la fracción lipídica es de gran importancia para justificar el cultivo de la especie que lo provee en forma rentable. Existe una serie de propiedades e índices que en su conjunto revelan el grado de calidad y conservación del aceite.

Entre las propiedades que definen la calidad de un aceite están: punto de fusión y de solidificación, densidad, índice de refracción, índice de acidez, índice de yodo, índice de peróxidos, índice de saponificación, entre otros.

El grado de insaturación que presenten los ácidos que constituyen los glicéridos de un aceite, o sea cantidad de dobles ligaduras, determinará el grado de secantabilidad o poder secante de un aceite.

Los que poseen mayor cantidad de dobles ligaduras al ser expuestos al aire se oxidan (absorben O_2) espesándose y endureciéndose rápidamente. Los que poseen esta propiedad se denominan secantes y generalmente son de uso industrial. El más representativo es el aceite de lino, luego le sigue el tung. Uno de los usos del aceite del lino, es en la industria de las pinturas. Los aceites que bajo la acción de oxígeno del aire se oxidan, es decir que se espesan y endurecen lentamente y no por completo, se llaman semisecantes. En esta

clasificación se encuentra la mayoría de los aceites comestibles, por ejemplo: soja, girasol, algodón, maíz, arroz, lino, cartamo, palma.

Los aceites no secantes no solidifican en absoluto, ni después de largo tiempo, por ejemplo: aceite de oliva, maní.

2.2.1. Método de Índice de yodo

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).

- Aplicación: para todas las grasas y aceites normales que no contengan enlaces dobles conjugados.

Tabla I. Clasificación de los aceites según el índice de yodo

No secantes	Semisecantes	Secantes
Oliva: 84-86 Maní: 92-106	Colza: 102-108 Algodón: 104-117 Maíz: 107-120 Girasol: 124 -134 Soja: 125-135	Lino: 165-200 Tung: 165-200

Fuente: Norma para aceites vegetales especificados CODEX-STAN 210 (enmendado 2003,2005).

2.2.2. Método de índice de saponificación

Este índice 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.

2.2.3. Método de índice 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.

2.2.4. Ácidos grasos

Éstos son ácidos orgánicos monoenoicos que se encuentran en las grasas, raramente libres, y casi siempre esterificando al glicerol y eventualmente a otros alcoholes. Son generalmente de cadena lineal y tienen un número par de átomos de carbono. La razón de esto es que en el metabolismo de los eucariotas, las cadenas de ácido graso se sintetizan y se degradan mediante la adición o eliminación de unidades de acetato. No obstante, hay excepciones, ya que se encuentran ácidos grasos de número impar de átomos de carbono en la leche y grasa de los rumiantes, procedentes del metabolismo bacteriano del rumen, y también en algunos lípidos de vegetales, que no son utilizados comúnmente para la obtención de aceites. Los ácidos grasos como tales (ácidos grasos libres), son poco frecuentes en los alimentos, y además son generalmente, producto de la alteración lipolítica. Sin embargo, son constituyentes fundamentales de la gran mayoría de los lípidos, hasta el punto de que su presencia es casi definitoria de esta clase de sustancias.

2.2.4.1. Ácidos grasos saturados

La longitud de la cadena va desde los cuatro carbonos del ácido butírico a los 35 del ácido ceroplástico. Dada su estructura, los ácidos grasos saturados son sustancias extremadamente estables, desde el punto de vista químico.

2.2.4.2. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados tienen en la cadena dobles enlaces, en un número que van de 1 a 6, los que tienen una sola insaturación se llaman monoinsaturados, quedando para el resto el término de polinsaturados, aunque evidentemente, también puede hablarse de diinsaturados, triinsaturados, etc. En los ácidos grasos habituales, es decir, en la inmensa mayoría de los procedentes del metabolismo eucariota que no han sufrido un procesamiento o alteración químicos, los dobles enlaces están siempre en la configuración *cis*.

2.2.4.3. Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados más frecuentes pertenecen a las series n-6 y n-3, Los ácidos grasos poliinsaturados son fácilmente oxidables, tanto más, cuanto mayor sea el número de dobles enlaces. A partir de tres insaturaciones, son francamente inestables, y las grasas en las que abundan solamente pueden utilizarse en buenas condiciones en la industria alimentaria, tras su hidrogenación.

2.2.5. Cromatografía de gases

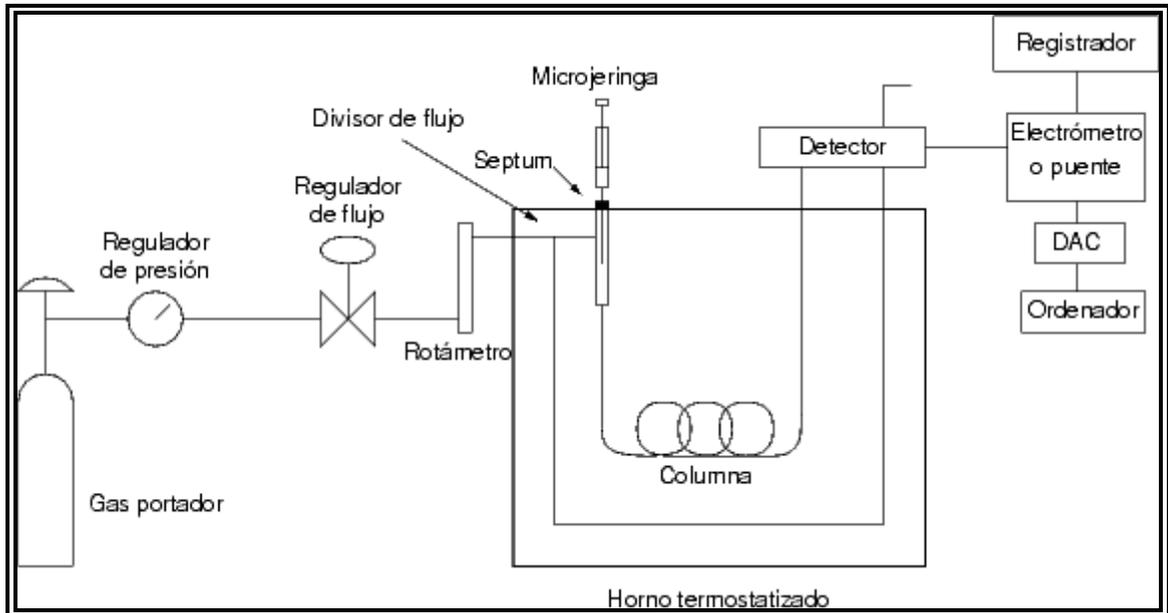
La cromatografía de gases es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Existen dos tipos de cromatografía de gases (GC): gas-sólido (GSC) y la gas-líquido (GLC), siendo ésta última la que se utiliza más ampliamente, y que se puede llamar simplemente cromatografía de gases (GC). En la GSC la fase estacionaria es sólida y la retención de los analitos en ella se produce mediante el proceso de adsorción. Precisamente este proceso de adsorción, que no es lineal, es el que ha provocado que este tipo de cromatografía tenga aplicación limitada, ya que la retención del analito sobre la superficie es semipermanente y se obtienen picos de elución con colas.

Su única aplicación es la separación de especies gaseosas de bajo peso molecular. La GLC utiliza como fase estacionaria moléculas de líquido inmovilizadas sobre la superficie de un sólido inerte.

La GC se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases. Éste consta de diversos componentes como el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector.

Figura 1. **Cromatógrafo de gases**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_gases. 18-09-10.

2.3. Usos de los aceites

Es necesario tomar en cuenta que existen plantas cuyo aceite no tiene un único uso, por lo cual hay que considerar esta división en forma tentativa.

- Como fluido térmico en la industria alimentaria
- Industriales
- Fines diversos

2.3.1. Como fluido térmico en la industria alimentaria

Los aceites vegetales tienen una importancia cada vez mayor en la alimentación, juegan un papel importante en la fijación del calcio, caroteno, tiamina, lactosa con sus vitaminas A, D, y K, contribuyendo a proveer parcialmente a las necesidades de la alimentación humana. Entre las especies que proporcionan aceite comestible están: aceite de girasol, soja, maní, colza, algodón, cártamo, etc.

Es importante considerar la calidad de los aceites comestibles. Ésta se mide por distintos parámetros:

- Grado de estabilidad: es la capacidad de mantener el sabor en el transcurso del tiempo, como también la resistencia a experimentar cambios frente a variaciones de temperaturas, altas o bajas.
- Características organolépticas: sabor, olor color, etc., inciden en la calidad de los aceites, pero las preferencias están asociadas a factores subjetivos del consumidor
- Nivel nutricional: los distintos ácidos grasos que componen el aceite le otorgan características diferenciales, existiendo una relación directa entre dicha composición y el comportamiento en cuanto a la salud humana, especialmente en los problemas cardiovasculares y tasa de colesterol.

Los aceites más indicados son los que contienen un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, particularmente el linoléico. A su vez, la relación de ácidos polinsaturados/grasas saturadas debe ser alta. Contrariamente, el ácido

linolénico (tres enlaces dobles), según algunas investigaciones, resulta pernicioso para la salud. El aceite de lino posee un 60% ácido linolénico.

Es importante señalar el elevado contenido de ácido linoléico (77%) que posee el aceite de cártamo, por eso se lo considera preventivo de colesterol. Dentro de los aceites comestibles comunes se destaca el de girasol con un 68% de linoléico, siendo Argentina un fuerte productor, aunque en los últimos dos o tres años cayó la superficie sembrada, debido a cuestiones económicas, suplantándose esa superficie por soja.

Algunos aceites son ricos en pro-vitamina D, como el de algodón. Otro en vitamina E como el maní. Margarinas: son originadas a partir de la hidrogenación de aceites vegetales, principalmente de soja, palma, algodón y maní. Se utiliza como sustituto de la manteca. Tomando como relevancia que la población se empieza a concientizar respecto a los problemas cardiovasculares generados por el consumo de grasas.

2.3.2. Fines diversos

Se utilizan aceites por ejemplo: de coco, jojoba, palma, entre otros. Se utilizan en preparación de cosméticos, jabones, detergentes, etc. En este caso, existe un alto grado de sustitución con las grasa de origen animal.

2.4. Industrialización

Este proceso comprende las siguientes etapas:

- Almacenamiento y conservación de la semilla
- Limpieza y clasificación
- Descascarado

- Desecación y molienda
- Procesos de extracción del aceite

- Por expresión
- Por solubilidad en solventes no polares
- Sistema combinado (expresión más solvente)
- Refinación
- Envasado

2.4.1. Limpieza y clasificación

La limpieza y clasificación de la semilla es importante porque si el cuerpo extraño posee contaminantes, puede hacer variar los índices característicos del aceite que se va a obtener. Esta tarea se realiza utilizando cernidores.

2.4.2. Descascarado

Esta operación debe realizarse cuando la cáscara impide la extracción de aceite, o bien cuando, por no poseer materia grasa la absorbe en el proceso de extracción, disminuyendo el rendimiento y la calidad del subproducto. Ejemplo: girasol, algodón, se realiza con una descascaradora y luego por medio de una zaranda se separan las cáscaras de la pepa.

2.4.3. Desecación y molienda

El secado se hace usando secadores verticales u horizontales, con la finalidad de que la humedad no supere ciertos límites, sobre los cuales influiría en el proceso de extracción. En la molienda se desgarran las células para dejar en libertad el aceite contenido en ellas.

2.4.4. Procesos de extracción del aceite

2.4.4.1. Por expresión

Una vez que las semillas han sido molidas, se las somete al prensado. Las prensas pueden ser hidráulicas, discontinuas y continuas. En la actualidad la extracción por presión se lleva a cabo casi exclusivamente por prensas continuas, por la economía de sus instalaciones, pero no realiza una profunda extracción de las materias grasas contenidas en sus semillas.

En recipientes calentadores de doble fondo se calienta la harina (semillas molidas) a temperaturas que oscilan entre 90 °C y 95 °C, dependiendo del material con que se trabaje. El calentamiento busca eliminar el exceso de humedad de la harina, con lo cual se aumenta el rendimiento, al lograrse mayores presiones y facilitar la fluidez del material trabajado.

Luego, el material pasa a una cuba de acero, que posee en su interior un tornillo sinfín, en el cual, el número de espiras y el diámetro aumenta de un extremo al otro, viéndose el material obligado a pasar por espacios cada vez más reducidos, aumentando de esa manera la compresión y se logra extraer el aceite.

El aceite obtenido se vierte a tanques de sedimentación, quedando como subproducto el expeller, el cual generalmente, se somete a una segunda presión. El expeller final posee entre el 6-7% de aceite.

Posteriormente, por un proceso de filtración, se elimina del aceite todo lo que no sea materia grasa, (resto de expeller, harina de molienda, materias

mucilaginosas). Se obtiene de esta manera el aceite crudo, el cual se almacena en tanques o depósitos.

Los aceites industriales pueden usarse luego de esta operación, los aceites como fluido térmico en la industria alimentaria deben ser sometidos a una posterior refinación.

2.4.4.2. Por solubilidad en solventes no polares

Este sistema se caracteriza por su gran rendimiento, poco empleo de mano de obra y fuerza motriz. Permitiendo la recuperación del solvente no polar utilizado. Para el eficaz cumplimiento de los fenómenos de ósmosis, difusión y extracción, la materia prima debe recibir una adecuada preparación. Ésta consiste en el laminado de la misma, donde el material, sin sufrir extracción ni molienda, toma forma de láminas delgadas que favorecen la difusión.

La semilla laminada circula por una cinta transportadora, donde queda sometida a un rociado intenso del disolvente. La solución obtenida de aceite-solvente, denominada micela, es enviada a destilación para separar el aceite del solvente. A su vez, la materia prima agotada se seca y tuesta para recuperar el resto del solvente.

El solvente no polar más comúnmente usado, es hexano (constante dieléctrica 1,9), siendo su residualidad la menos tóxica para la salud y el que produce aceites más puros. El subproducto de esta extracción es la harina, con no más de 1 - 2% de aceite. Por prensado de las harinas se obtienen los pellets.

2.4.5. Refinación

La finalidad de la misma es la eliminación de impurezas, tales como: ácidos grasos libres, sustancias proteicas, resinas, algunas aminas estables, carbohidratos y fosfátidos. Las operaciones son:

- Neutralizado: para reducir el grado de acidez de los aceites.
- Decoloración o blanqueado: para la obtención de un aceite claro, límpido y brillante.
- Desodorización: se eliminan del aceite las sustancias que tienen olores y sabores desagradables.
- Desmargarinación: es la eliminación de ciertos lípidos que precipitan a temperatura ambiente, enturbiando el aceite.

El aceite de oliva, generalmente, no se lo somete a este proceso, siendo consumido como aceite crudo.

2.4.6. Envasado

Previo al envasado se estaciona en tanques especiales (de acero inoxidable), para luego realizar las mezclas o bien dejarlo puro.

2.5. Lixiviación

La lixiviación es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer.

En general, la industria química suele hablar de extracciones, mientras que cuando se trata de alimentos, hierbas y otros productos para consumo humano, se emplea el término maceración.

En este caso, el agente extractante (la fase líquida) suele ser agua, pero también se emplean otros líquidos como: vinagre, jugos, alcoholes o aceites aderezados con diversos ingredientes que modificarán las propiedades de extracción del medio líquido.

A veces el producto obtenido es el extracto propiamente dicho y otras el sólido sin los citados compuestos o incluso ambas partes, por ejemplo si se extrae cafeína del café, se puede emplear el café descafeinado para hacer una infusión tradicional y la cafeína para la confección de refrescos u otros usos.

La naturaleza de los compuestos extraídos depende de la materia prima empleada, así como del líquido de maceración. En los casos en que se utilice el producto extraído suele emplearse una etapa de secado bien al sol, con calor o incluso una liofilización.

2.5.1. Tipos de lixiviación

Existen, básicamente, dos tipos de lixiviación:

2.5.1.1. Lixiviación estática

La lixiviación se asemeja a la extracción por disolventes, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido; en este sistema se usa aceite, grasa fundida, y aún alcohol etílico. El proceso clásico de lixiviación consiste en dejar la sustancia en contacto con el disolvente durante varios días, con agitación ocasional.

Este proceso, también conocido como lixiviación simple o estática, es sumamente lento.

2.5.1.2. Lixiviación dinámica

Para abreviar el tiempo de operación, la sustancia y el disolvente deben mantenerse en movimiento constante. Este procedimiento es conocido como lixiviación dinámica.

Tanto la lixiviación simple, como la lixiviación dinámica pueden ser ejecutadas a una temperatura ambiente o a temperaturas elevadas. En este último caso el procedimiento es conocido como digestión. La lixiviación fue un proceso importante antes de la introducción de los métodos modernos de extracción con disolventes volátiles.

2.6. Materia prima

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces, hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones, tanto naturales como producidas por el hombre.

La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente, a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro Magno, expansión del Islam, cruzadas, descubrimiento de América, entre otros.

Mutaciones espontáneas han dado origen a numerosas variedades de naranjas que actualmente se conocen.

2.6.1. Taxonomía y morfología

- Familia: *rutaceae*
- Género: *citrus*
- Especie: *citrus sinensis L.*
- Porte: reducido (6-10 m). ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo), tronco corto.
- Hojas: limbo grande, a las pequeñas y espinas no muy acusadas.

- Flores: ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan.
- Fruto: hesperidio. Consta de: exocarpo (flabelo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo; pomposo y de color blanco) y endocarpo (pulpa; presenta tricomas con jugo). La variedad Navel presenta frutos supernumerarios (ombligo), que son pequeños frutos que aparecen dentro del fruto principal por una aberración genética. Tan sólo se produce un cuaje del 1%, debido a la escisión natural de las flores, pequeños frutos y botones cerrados. Para mantener un mayor porcentaje de cuajado es conveniente refrescar la copa mediante riego por aspersión, dando lugar a una ralentización del crecimiento, de forma que la carga de frutos sea mayor y de menor tamaño. El fenómeno de la partenocarpia es bastante frecuente (no es necesaria la polinización como estímulo para el desarrollo del fruto).

Existen ensayos que indican que la polinización cruzada incrementaría el cuaje, pero el consumidor no desea las naranjas con semillas. Algunos sufren apófisis celular (se produce un embrión sin que haya fecundación).

2.6.2. Importancia económica y distribución geográfica

Se cultiva por sus frutos, de agradable sabor y sin semillas, se consumen preferentemente en fresco, aunque también se comercializan como IV Gama y en forma de zumo (concentrado, fresco, pasteurizado, etc.), mermeladas o jaleas.

2.6.3. Requerimientos Edafoclimáticos

Es una especie subtropical. El factor limitante más importante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a -3 °C, ni las heladas, ya que sufre, tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente. Presenta escasa resistencia al frío (a los 3-5 °C bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración.

No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos.

Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1.200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Necesitan un medio ambiente húmedo, tanto en el suelo como en la atmósfera. Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, que tienen lugar preferentemente, en la parte exterior de la copa y faldas del árbol.

Por tanto, la fructificación se produce en copa hueca, lo cual constituye un inconveniente a la hora de la poda. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en precosecha por transmisión de la vibración.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para una buena nutrición y un crecimiento adecuado.

Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de cambio catiónico. No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general, la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos:

- Alteraciones hídricas producidas por sus efectos osmóticos sobre la disponibilidad de agua.
- Acumulación de iones tóxicos.
- Interferencias con la absorción de elementos nutritivos esenciales, que provocan desequilibrios en el balance de elementos minerales.

2.6.4. Cómo como combatir los efectos dañinos en los cítricos

- Estrategias de riego
- Uso de material vegetal tolerante
- Utilización de sales de calcio

Tabla II. Interpretación de los análisis de suelo

Determinaciones analíticas	Niveles				
	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Reacción pH	<5.5	5.5-6.5	6.6-7.5	7-6-8.5	>8.5
CO ₃ Ca total (%)	<2	2-10	11-20	21-40	>40
CO ₃ Ca activo (%)	<1	1-4	5-9	10-15	>15
CE (dS(/m)	<0.20	0.20-0.40	0.41-0.70	0.71-1.20	>1.20
N total	<0.07	0.07-0.12	0.13-0.18	0.19-0.24	>0.24
Relación C/N	<6	6-8	8.1-10	10.1-12	>12
C.C.C. (meq/100 g)	<5	5-10	11-20	21-30	>30
Ca (%)	<25	25-45	46-75	76-90	>90
Mg (%)	<5	5-10	11-20	21-25	>25
K (%)	<2	2-4	5-8	9-12	>12
Na (%)	<1	1-2	3-9	10-15	>15

Fuente: LEGAZ et al., 1995. p.55.

2.7. Propagación

En los cítricos es posible la propagación sexual mediante semillas que son apomícticas (poliembriónicas) y que vienen saneadas. No obstante la reproducción a través de semillas presenta una serie de inconvenientes: dan plantas que tienen que pasar un período juvenil, que además son bastante más vigorosas y que presentan heterogeneidad. Por tanto, es preferible la propagación asexual y en concreto, mediante injerto de escudete a yema, velando en el mes de marzo, dando prendimientos muy buenos. Si se precisa de reinjertado para cambiar de variedad, se puede hacer el injerto de chapa que también da muy buenos resultados. El estaquillado es posible en algunas variedades de algunas especies, mientras que todas las especies se pueden micropropagar, pero en ambos casos solamente se utilizarán como plantas madre para posteriores injertos.

2.8. Material vegetal

2.8.1. Variedades

2.8.1.1. Factores para la elección de la variedad

- Aspectos comerciales: comportamiento en el mercado, demanda, precios, período de recolección y comercialización.
- Climatología de la zona: posible precocidad, heladas, vientos, etc.
- Características de cultivo de las variedades: productividad, entrada en producción, vigor, características del fruto (tamaño, calidad de la corteza, número de gajos, cantidad de zumo, azúcares (g/l), acidez (g/l), semillas por

fruto, color, rusticidad, resistencia a humedades, aguante en el árbol, problemas productivos, aptitud para consumo en fresco, etc.

- Influencia del pie sobre la variedad: especialmente en aquellos aspectos que sean determinantes en la variedad (precocidad) o problemáticas (piel, características organolépticas, etc.)
- La elección depende en gran medida de la postura o carácter del agricultor: puede inclinarse hacia variedades especulativas, más arriesgadas y con un comportamiento futuro incierto o hacia variedades más estables y arraigadas.

La mayoría de las variedades han surgido como mutaciones estables, estas son muy frecuentes en cítricos y se estabilizan rápidamente.

2.8.1.2. Tres tipos variedades

- Navel: buena presencia, frutos partenocárpicos de gran tamaño, muy precoces. Destacan las variedades: Navelate, Navelina, Newhall, Washington Navel, Lane Late y Thompson. Se caracterizan por tener, en general, buen vigor.
- Blancas: dentro de este tipo destaca la Salustiana y Valencia Late (presenta frutos de buena calidad con una o muy pocas semillas y de buena conservación). Se caracterizan por ser árboles de gran vigor, frondosos, tamaño medio a grande y hábito de crecimiento abierto, aunque tienen tendencia a producir chupones verticales, muy vigorosos, en el interior de la copa.

- Sanguinas: variedades muy productivas, en las que la fructificación predomina sobre el desarrollo vegetativo.

Son variedades con brotaciones cortas y los impedimentos en la circulación de la savia dan lugar al endurecimiento de ramas. Destaca la variedad Sanguinelli.

2.8.1.3. Descripción de algunas variedades

- Navelina
 - Tipo: Navel
 - Árbol: tamaño mediano, forma más o menos redondeada, hojas de color muy oscuro.
 - Frutos: tamaño medio, forma redondeada o ligeramente ovalada, sin semillas, pulpa muy jugosa, piel de color naranja intenso, ombligo poco prominente. Es la variedad de naranjo más resistente al frío y a la cal. Presenta tendencia a la alternancia de cosechas. Se suele desverdizar para adelantar la recolección. Entra rápidamente en producción, y lo hace abundantemente. Es una de las variedades más cultivadas. De gran calidad para consumo en fresco.
- Newhall
 - Tipo: Navel: es una mutación de Washington Navel, variedad muy semejante a Navelina. En algunas zonas se adelanta unos días respecto a ésta.

- Washington Navel.

- Tipo: Navel

- Árbol: tamaño medio, forma redondeada, hojas de color oscuro, tiene tendencia a florecer abundantemente lo que dificulta el cuajado.

- Frutos: medios o grandes, esféricos o algo alargados, color naranja, ombligo visible al exterior, sin semillas.

Es una variedad de recolección temprana a media, durante un período bastante largo, desde diciembre hasta mayo, según la zona. Es una de las variedades más cultivadas en España y en el mundo, debido a su gran calidad para consumo en fresco.

- Navelate

- Tipo: Navel.

- Árbol: tamaño grande y vigoroso, con espinas, especialmente en las ramas más vigorosas. Hojas de color verde poco intenso.

- Frutos: tamaño medio y forma alargada. Piel fina de color naranja pálido, ombligo poco visible al exterior, sin semillas, pulpa muy jugosa de extraordinaria calidad.

Originaria de España (Vinaroz, Castellón), procede de una mutación de Washington Navel, el fruto de esta variedad puede mantenerse en el árbol, sin que se produzcan mermas de calidad tres meses.

- Lane late
 - Tipo: Navel.
 - Árbol: vigoroso, hojas de color verde oscuro y follaje denso.
 - Fruto: muy similar al fruto de Washington Navel, con el ombligo menos pronunciado y la corteza más fina.

Es una variedad de maduración tardía, el fruto se conserva bien en el árbol hasta finales de mayo. Buena y constante productividad. Puede ser una variedad interesante para prolongar el periodo de recolección.

- Valencia late
 - Tipo: blanca.
 - Árbol: vigoroso, de gran tamaño, se adapta bien a diversos climas y suelos
 - Frutos: tamaño mediano, forma redondeada, muy pocas semillas, zumo abundante y de calidad. El origen de esta variedad no se conoce, es una variedad de maduración tardía, se recolecta en marzo, aunque se puede mantener en el árbol varios meses.

Existe una selección mejorada de esta variedad, la Valencia Delta seedless, originaria de Sudáfrica.

- Salustiana
 - Tipo: blanca.
 - Árbol: tamaño muy grande, suelen salir ramas verticales vigorosas, hojas de color verde claro, suele presentar alternancia de cosechas.
 - Frutos: tamaño mediano, forma redonda-achatada, sin semillas, pulpa muy jugosa zumo muy abundante y de calidad.

Recolección desde febrero a marzo. Se conserva bien en cámaras frigoríficas. En árboles vigorosos se evitarán las podas intensas.

- Verna
 - Tipo: Blanca.
 - Árbol: vigoroso y con buen desarrollo; puede florecer fuera de temporada.

2.9. Mejora Genética

La mejora genética de los cítricos mediante métodos convencionales se encuentra muy limitada debido a sus características genéticas y reproductivas. Los cítricos tienen un sistema de reproducción complejo, con muchos casos de esterilidad y de inter y auto-compatibilidad, apomixis, elevada heterozigosis y la

mayoría de las especies presentan un prolongado periodo juvenil. Además, se desconoce el modo de herencia de la mayor parte de caracteres agronómicos de interés.

El desarrollo de técnicas moleculares ha permitido realizar mapas de ligamiento del genoma de los cítricos y se dispone de marcadores de ADN asociados a caracteres de interés, pudiendo ser útiles en la realización de una selección temprana de la progenie con los caracteres deseados en programas de mejora clásica. De cualquier modo el número de marcadores asociados a genes de interés sigue siendo aún muy escaso en citricultura.

Actualmente las investigaciones van dirigidas a la introducción de genes de posible interés agronómico en distintas especies de cítricos:

- Introducción en plantas de naranjo dulce un gen aislado de tomate que produce una proteína antifúngica para tratar de hacerlas más tolerantes a *Phytophthora* spp.
- Introducción de genes implicados en el metabolismo de giberelinas en Citrange Carrizo con el objetivo de controlar el tamaño de las plantas.
- Introducción de genes de insensibilidad a etileno para tratar de controlar la abscisión.
- Introducción de genes del virus de la tristeza de los cítricos para investigar la biología del virus y sus interacciones con el huésped y obtener la resistencia.

Sin embargo, el desarrollo futuro de esta tecnología depende en gran medida del apoyo de agricultores y consumidores

2.10. Particularidades del Cultivo

2.10.1. Diseño de la plantación

La distancia entre plantas está en función de las dimensiones de la maquinaria a utilizar y del tamaño de la copa adulta, que depende principalmente del clima, suelo y el patrón, por lo que, en la mayoría de los casos, habrá que comparar con situaciones ecológicas semejantes con el fin de tomarlas como referencia. Se puede estimar como densidad media de plantación unos 400 árboles/ha.

2.10.2. Abonado

Demandan mucho abono (macro y micronutrientes), lo que supone gran parte de los costes, ya que frecuentemente sufre deficiencias, destacando la carencia de magnesio, que está muy relacionada con el exceso de potasio y calcio y que se soluciona con aplicaciones foliares. Otra carencia frecuente es la de zinc, que se soluciona aplicando sulfato de zinc al 1%. El déficit en hierro está ligado a los suelos calizos, con aplicación de quelatos que suponen una solución escasa y un coste considerable. Plan de abono orientativo en los primeros cuatro años (cantidades de abono expresadas en gramos por árbol y año).

Tabla III. Tipo de abono

TIPOS DE ABONO		1er año	2º año	3er año	4º año
SÓLIDOS	NITRATO AMÓNICO	150	190	270	350
	NITRATO POTÁSICO		70	120	160
	FOSFATO MONOAMÓNICO		40	75	100
	NITRATO MAGNÉSICO		30	60	115
LÍQUIDOS	N-20	250	100	60	50
	12 -4-6		500	850	1150
	NITRATO MAGNÉSICO		30	60	115
QUELATOS DE HIERRO 6%		6	10	15	20

Fuente: <http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>.05-03-11.

2.10.3. Otras consideraciones

- No empezar a abonar hasta el inicio de la segunda brotación desde la plantación.
- Se abonará en cada riego. Con precaución de no sobrepasar los 2 kilos de abono por m³ de agua de riego para evitar un exceso de salinidad.
- Abonar desde marzo hasta septiembre repartiendo el abono total de la como se muestra en la tabla IV.

Tabla IV. **Forma para repartir el abono durante 7 meses del año**

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
%	5	10	10	15	20	20	20

Fuente: <http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>.12.03.11

- Los quelatos de hierro se aportarán en 2 ó 3 aplicaciones, especialmente durante la brotación de primavera. Es aconsejable aportarlos con ácidos húmicos.
- Sólo se indica el abonado en los 4 primeros años, ya que posteriormente es aconsejable un asesoramiento técnico especializado que tenga en cuenta diversos factores como porte, producción esperada, variedad, pie, etc.

2.11. Riego

Las necesidades hídricas de este cultivo oscilan entre 6000 y 7000 m³/ha. En parcelas pequeñas se aplicaba el riego por inundación, aunque actualmente la tendencia es a emplear el riego localizado y el riego por aspersión en grandes extensiones de zonas frías, ya que supone una protección contra las heladas.

El riego es necesario entre la primavera y el otoño, cada 15 a 20 días, si es por inundación y cada 3 a 5 días, si es riego localizado.

Para que el árbol adquiriera un adecuado desarrollo y nivel productivo con el riego por goteo, es necesario que posea un mínimo volumen radicular o superficie mojada, que se estima en un 33% del marco de plantación en el caso de cítricos con marcos de plantación muy amplios, como la mitad de la superficie sombreada por el árbol; aunque la dinámica de crecimiento radicular de los cítricos es inferior a la de otros cultivos, resulta frecuente encontrar problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarillamiento del follaje y pérdida de hojas. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 5 x 5.

Una alternativa es el riego por goteo enterrado, cuyos objetivos son optimizar el riego y mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, dando lugar a una disminución potencial de la contaminación. Con este sistema de riego se produce una reducción de la evapotranspiración del cultivo como consecuencia de la disminución de la pérdida de agua por evaporación y un mayor volumen de suelo mojado.

2.12. Poda

Es una especie que tiene hábito de formación en bola y de producción en la periferia, por lo que se intenta lobular las formas para aumentar la superficie que intercepta luz y así aumentar la producción. La poda de formación ha de ser muy suave cuando las plantas son jóvenes, para favorecer así la entrada en producción. Los árboles se forman con 3 ó 4 ramas principales a unos 50 a 60 cm de suelo. La poda de formación es muy controvertida, ya que la cosecha disminuye de forma proporcional a la intensidad de poda,

debido a que como especie perennifolia acumula las reservas en ramas, brotes y hojas.

Debido a que los cítricos no tienen un órgano fructífero determinado, la poda se adapta bien a la mecanización y suelen realizar el *toping* (cortes superiores con sierra) y el *hedging* (cortes oblicuos).

La forma de actuar en cada uno de los grupos de variedades en cuanto a la poda de fructificación es el siguiente:

Grupo navel: el objetivo es favorecer al máximo la fructificación en el interior de la copa, por lo tanto se eliminarán las ramas internas en cantidad suficiente para que pueden penetrar bien la luz y el aire. También se eliminarán las ramas laterales, procurando abrir al máximo la copa. La renovación de las ramas de producción es fundamental en las variedades de este grupo; se cortarán las ramas débiles y envejecidas.

Grupo blancas: la poda deberá realizarse eliminando aquellas ramas endurecidas, que tengan síntomas de agotamiento; así como aquellas que interfieran en una buena iluminación que llegue a afectar a la producción en el interior de la copa. Al tratarse de variedades propensas a la vecería, el año que hayan tenido una gran cosecha, los árboles estarán más agotados y una vez recogida esa gran cosecha la poda debe ser ligera. Al año siguiente la cosecha deberá ser normal y, si coincide con una floración excesiva, la poda será más severa.

Grupo sanguinas: la poda se limita a suprimir ramas mal dirigidas, resecas y ligeros aclareos que faciliten iluminación y aireación. Hay que respetar las ramas guía, pues facilitan una mayor salida de savia hacia el conjunto de las ramas que forman la copa del árbol.

Los beneficios de la poda no sólo se centran en el aumento del tamaño del fruto, sino también en las mejoras que se producen respecto a la mayor efectividad en la aplicación de los productos fitosanitarios, en la recolección y en la regulación de la producción.

La poda de los cítricos supone un gran volumen de restos vegetales que hay que eliminar, siendo los métodos más utilizados, la extracción y quema, o el triturado e incorporación al terreno. En cuanto a la quema, se trata de una labor peligrosa, así como agresiva desde el punto de vista medioambiental. El triturado e incorporación de los restos al suelo, se traduce en un ahorro en el abonado, una mejora en la estructura del suelo y una eliminación de los riesgos inherentes a la quema de los restos de poda. Para triturar los restos de poda se vienen empleando mayoritariamente trituradoras rotativas de eje horizontal.

2.13. Técnicas para aumentar el tamaño del fruto

Rayado de ramas: produce un estímulo en el crecimiento del fruto. En algunas variedades se realiza durante la floración o después de la caída de pétalos, para mejorar el cuajado. Esta práctica tiene una influencia positiva sobre el contenido endógeno hormonal, atribuidos a los cambios provocados en el transporte y acumulación de carbohidratos. De este modo se mantiene la tasa de crecimiento de los frutos que, consecuentemente, sufren la abscisión en menor proporción, mejorando así el cuajado y la cosecha final.

Aplicación de auxinas de síntesis: aumenta el tamaño final del fruto con aclareos mínimos o nulos. La época de aplicación, independientemente de las variedades, deben efectuarse después de la caída fisiológica de frutos, para aumentar el tamaño final del fruto; es decir para un diámetro del fruto entre 25 y 30 mm para las naranjas (Agustí M. *et al*; 1995) o durante el cambio de color, para facilitar el mantenimiento del fruto en el árbol sin merma de calidad, en cuyo caso se suele adicionar ácido giberélico. En cuanto a su aplicación, se evitarán los días ventosos, horas de mayor insolación y temperatura más elevada.

2.14. Recolección

Tiene lugar cuando la relación de sólidos solubles/acidez es de 8 o más y el color amarillo-naranja en al menos el 25% de la superficie del fruto, o una relación de sólidos solubles/acidez de 10 o más y el color verde-amarillo en al menos 25% de la superficie del fruto.

La recolección es manual y debe realizarse con alicates, evitando el tirón. Supone el 25% de los costes totales de la producción y emplea más del 50% de la mano de obra requerida en el cultivo.

Los envases empleados en la recolección son capazos o cajas de plástico con capacidad, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte.

2.15. Postcosecha

Calidad: intensidad y uniformidad de color, firmeza, tamaño, forma, suavidad de la cáscara, ausencia de pudriciones y libertad de defectos incluyendo daño físico (abrasión y magulladuras), defectos en la cáscara o decoloración, daño por congelamiento y daño de insectos. La calidad del sabor está relacionada a la relación de sólidos solubles/acidez y la ausencia de compuestos que producen sabores indeseables, incluyendo metabolitos producidos por fermentación.

- Temperatura óptima: 3-8 °C hasta 3 meses, dependiendo del cultivar, estado de madurez de la cosecha y área de producción. Algunos cultivares pueden ser mantenidos a 0-1 °C.
- Tasa de respiración
- Tasa de producción de etileno: < 0.1 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 20 °C.
- Efectos del etileno: exposición a 1-10 ppm de etileno durante 1 a 3 días a 20-30 °C puede ser usado para desverdizar naranjas. Este tratamiento no afecta la calidad interna (incluyendo relación sólidos solubles/acidez), pero puede acelerar el deterioro e incidencia de pudriciones.
- Efectos de atmósferas controladas (A.C.): una combinación de 5 a 10% O_2 y 0 a 5% CO_2 puede ser beneficiosa en atrasar la senescencia y retener la firmeza, pero no tiene un efecto significativo en la incidencia y severidad de pudriciones, las cuales son el factor limitante en el almacenaje prolongado de las naranjas. Niveles fungistáticos de CO_2 (10-15%), no son utilizados porque dan sabores indeseables debido a la acumulación de productos de la

fermentación. El uso comercial de la AC en el almacenamiento y transporte de naranjas es muy limitado.

2.16. Fisiopatías

- Daño por congelamiento (*Chilling injury*): los síntomas incluyen depresiones, manchas de color café y mayor incidencia de pudriciones. La temperatura mínima depende del cultivar, área de producción y estado de madurez de la cosecha. La severidad de los síntomas puede ser reducida si es minimizada la pérdida de agua (mediante encerado o envoltura), y si son controlados los hongos causantes de pudriciones (mediante fungicidas y/o antagonistas biológicos).
- Decaimiento del botón (*Stem-end rind breakdown*): los síntomas incluyen la deshidratación y el daño de la cáscara alrededor del pedicelo debido a envejecimiento.
- Manchado de la cáscara (*Rind staining*): este desorden resulta por sobre madurez a la cosecha. Puede ser reducido por aplicaciones de precosecha de ácido giberélico, el cual retrasa la senescencia.
- Mancha de aceite, oleocelosis (*Oil spotting, Oleocellosis*): cosechar y manejar naranjas muy turgentes puede dar lugar a la liberación de aceite que daña los tejidos circundantes. Por lo tanto, las naranjas no deberían ser cosechadas cuando se encuentran muy turgentes, en las primeras horas de la mañana o inmediatamente después de lluvias o de riegos.

2.17. Estrategias de control

- Minimizar el daño físico durante la cosecha y el manejo.
- Tratamientos de postcosecha con fungicidas y/o antagonistas biológicos. Los tratamientos de calor también pueden ser utilizados.
- Rápido enfriamiento y mantenimiento de la temperatura y humedad relativa óptimas a través de la cadena de comercialización.
- Remoción y/o exclusión del etileno.
- Procedimientos efectivos durante todo el manejo de postcosecha.

2.18. Valor nutricional

Tabla V. **Valor nutricional de la naranja dulce**

Valor nutricional de la naranja en 100 g de sustancia comestible	
Agua (g)	87,1
Proteínas (g)	1
Lípidos (g)	0,2

Continuación tabla V.

Continuación de la tabla	200
Vitamina B1 (mg)	0,1
Vitamina B2 (mg)	0,03
Vitamina B6 (mg)	0,03
Ácido nicotínico (mg)	0,2
Ácido pantoténico (mg)	0,2
Vitamina C (mg)	50
Ácido cítrico (mg)	980
Ácido oxálico (mg)	24
Sodio (mg)	0,3
Potasio (mg)	170
Calcio (mg)	41
Magnesio (mg)	10
Manganeso (mg)	0,02
Hierro (mg)	0,4

Fuente: <http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>.16-02.11.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Como variables independientes se estableció el método de extracción y el solvente, cada variable presentó dos niveles: métodos de extracción; lixiviación dinámica a temperatura ambiente y el soxhlet hasta agotamiento. Solventes; etanol al 95% y hexano. La combinación de cada uno de los niveles dio como resultado una matriz de cuatro tratamientos, realizando siete repeticiones para cada uno de ellos, los cuales se analizaron de manera aleatoria en siete bloques de cuatro tratamientos para comparar el rendimiento de la fracción lipídica de cada una de las condiciones propuestas.

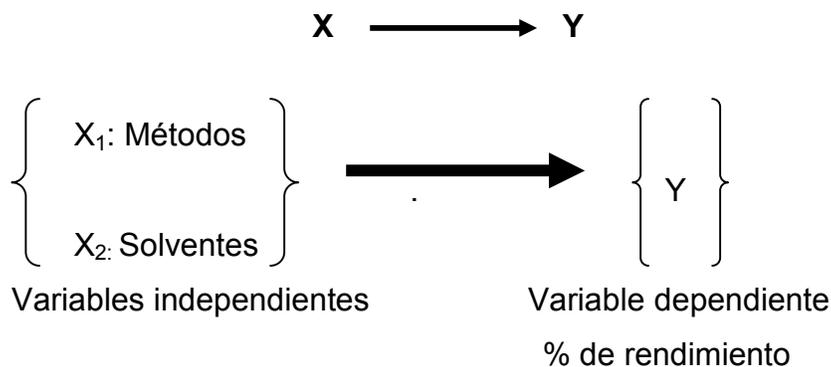
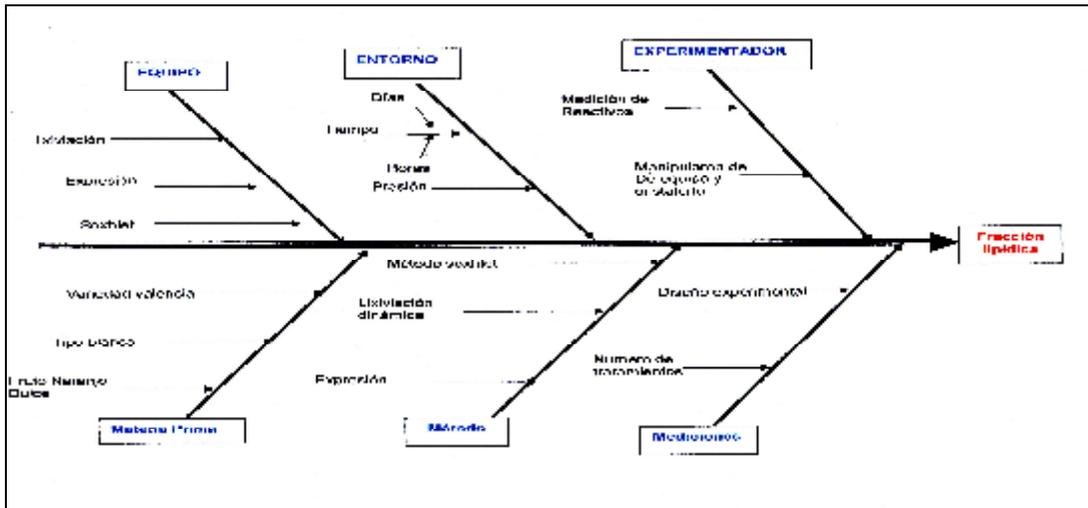


Figura 2. Diagrama causa y efecto de las variables de trabajo en el proceso de extracción de la fracción lipídica de naranja



Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

3.2.1. Ubicación para la obtención de la materia prima

Se recolectó en la aldea El Chol, en el municipio de Santa Cruz el Chol del departamento de Baja Verapaz, con coordenadas geográficas de latitud 14° 57' 40" y longitud 90° 29' 16", ubicada a 199 kilómetros de la ciudad de Guatemala.

3.2.2. Expresión de la fracción lipídica de la semilla del naranjo

La expresión se realizó en la distribuidora Atlántida utilizando un secador para deshidratar la semilla a 40 °C, por cuatro horas para luego agregarlo a un molino de tornillo sin fin.

3.2.3. Análisis de la fracción lipídica

3.2.3.1. Fisicoquímicos

Densidad, potencial de hidrogeno, índice de refracción; se realizarán en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), facultad de ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria zona 12.

3.2.4. Análisis cuantitativo de ácidos grasos

Ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados, por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID). Se realizarán en Instituto de investigación químicas, biológicas, biomédicas, biofísicas, Universidad Mariano Gálvez, (UMG).

3.3. Recurso humano

- Investigador: Jans Amilkar Batres Santizo
- Asesores: Inga. Telma Maricela Cano Morales
Ing. Mario José Mérida Meré
- Revisor: Ing. César Alfonso García Guerra

3.4. Recursos materiales

- Semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.)
- Hexano.
- Alcohol etílico 95%.
- Agua destilada.

3.4.1. Equipo y cristalería

- Plancha de calentamiento marca Corning, modelo: PC-620, voltaje: 120 V, frecuencia: 60, potencia 1113 W.
- Equipo de destilación por reflujo.
- Buretas de 5, 10, 15, 25 ml.
- Erlenmeyer de 50, 100, 250 ml.
- Potenciómetro.
- Beaker de 10, 25, 50, 100, 500, 1000 ml.
- Perillas de succión.
- Pipetas de 1, 5, 10, 25 ml.
- Refractómetro marca Fisher Scientific, modelo Espectroflash SF 300.
- Balanzas analíticas marca Adventure, serie: G1231202040133, voltaje: 8 - 14,5V, frecuencia: 50/60 Hz, máxima capacidad: 150 g lectura mínima 0.001 g
- Soportes universales y pinzas.
- Condensadores
- Balones de 150, 250, 300 mL.

3.4.2. Reactivos

- Hexano
- Alcohol etílico 95%
- Yoduro de potasio A.C.S. o A.R.
- Solución de Wijs
- Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) grado ACS
- Yoduro de potasio grado A.C.S.
- Dicromato de potasio
- Solución soluble de almidón
- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Ácido clorhídrico

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

3.5.1. Método cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)

- Aceite de semilla de naranja valencia.
- Realización de un análisis de ácidos grasos de una muestra de aceite.
- Derivatización de previamente a sus ésteres metílicos.
- Se sometió a una cromatografía con una columna HP-88 de 100 m * 0.25 mm ID * 0.20 μm en fase estacionaria.
- Empleo el detector de ionización de llama (FID).
- Realización de la identificación contra un patrón de 35 ésteres metílicos de ácidos grasos.

3.5.2. Densidad

- Tarar un picnómetro de 1,088 mL limpio y seco.
- Verter la muestra de fracción lipídica en el picnómetro.
- Pesar el picnómetro con la muestra.
- Calcular la densidad dividiendo el peso en gramos respecto el volumen del picnómetro.

Figura 3. **Determinación de la densidad de la fracción lipídica a 25 °C**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de la densidad de fracción lipídica de naranja a 25 °C.

$$\rho = \left(\frac{W_p - W_{po}}{V_p} \right) \times 100$$

Ecuación 1

Donde:

W_p = peso final del picnómetro con fracción lipídica (g)

W_{po} = peso del picnómetro vacío (g)

V_p = volumen del picnómetro; constante para todas las corridas 1,088 mL.

- Los valores de densidad de fracción lipídica se muestran en el apéndice B.

3.5.3. Potencial de hidrógeno

- Calibrar el electrodo con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada.
- Colocar el electrodo en la muestra de fracción lipídica.
- Realizar la lectura de pH.
 - Los valores de potencial de hidrógeno del aceite esencial se muestran en el apéndice B.

3.5.4. Índice de refracción

- Limpiar el lente.
- Colocar una pequeña cantidad de fracción lipídica en la placa del refractómetro.
- Enfocar y la luz en la muestra.
- Realizar la lectura.

Figura 4. **Equipo de Índice de refracción utilizado las pruebas fisicoquímicas de la fracción lipídica.**



Fuente: elaboración propia, laboratorio de investigación de extractos vegetales (LIEXVE) USAC.

- Los valores de índice de refracción de la fracción lipídica se muestran en el apéndice B.

3.5.5. Cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID)

Las muestras obtenidas de fracción lipídica de naranja serán previamente almacenadas en frascos de color ámbar y refrigeradas para evitar que la fracción lipídica se volatilice. Posteriormente, se evaluarán todas las muestras en el Instituto de Investigación Químicas, Biológicas, Biomédicas y Biofísicas de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, para realizar el análisis químico cromatográfico, utilizando el método de cromatografía de gaseosa y detector de llama de ionización (FID).

Este método, básicamente es un quemador de hidrógeno/oxígeno, donde se mezcla el efluente de la columna (gas portador y analito) con hidrógeno. Inmediatamente, este gas mezclado se enciende mediante una chispa eléctrica, produciéndose una llama de alta temperatura. La mayoría de compuestos orgánicos al someterse a altas temperaturas pirolizan y se producen iones y electrones, que son conductores eléctricos. Este hecho se aprovecha estableciendo una diferencia de potencial de unos centenares de voltios entre la parte inferior del quemador y un electrodo colector situado por encima de la llama. La corriente generada es baja (del orden de los 10^{-12} A), por lo tanto debe ser amplificada mediante un amplificador de alta impedancia.

El proceso de ionización que se da en la llama es complejo, pero se puede aproximar el número de iones producidos al número de átomos de carbono transformados en la llama. Esto produce que sea un detector sensible a la masa (al número de átomos de carbono que salen de la columna) más que a la concentración, por lo tanto no le afectan demasiado los cambios en el flujo de salida.

Existen algunos grupos funcionales que no dan respuesta en este detector, como el carbonilo, alcohol, halógeno o amina, y tampoco responden gases no inflamables como el CO_2 , SO_2 , agua y óxidos de nitrógeno. Este hecho, más que limitar el ámbito de aplicación de este detector, permite el análisis de muestras contaminadas con alguno de los compuestos mencionados.

- Ventajas
 - Alta sensibilidad, del orden de 10^{-13} g/s
 - Amplio intervalo lineal de respuesta, 10^7 unidades
 - Bajo ruido de fondo (elevada relación señal/ruido)

- Bajo mantenimiento, fácil de fabricar
- Desventajas
 - Destruye la muestra (la pirolizan)

3.5.6. Expresión de la semilla de naranja dulce

- Obtención las semillas.
- Deshidratación la semilla de naranja en un secador de bandas a 40 °C continuamente por 4 horas
- Se taró 675 gramos de la muestra
- Agregarlo a equipo de expresión
- Se obtuvo la fracción lipídica sin filtrar y se procedió al filtrado con tierra de diatomea para facilitar su paso.
- obtención el rendimiento de la fracción lipídica

Figura 5. **Equipo de expresión de la fracción lipídica**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Fracción lipídica de semilla de naranja, sin filtrar y filtrada**



Fuente: elaboración propia.

3.5.6.1. Rendimiento de la fracción lipídica

$$\%Rendimiento = \left(\frac{W_f - W_o}{W_m} \right) \times 100$$

Ecuación 2

Donde:

Wf = peso final de la fracción lipídica en el vial (g)

Wo = peso del vial vacío (g)

Wm = peso de la materia prima o semilla 675 g.

Determinación del rendimiento de la fracción lipídica para la corrida de soxhlet con hexano.

$$\%Rendimiento = \left[\frac{157,7 - 15,6}{675} \times 100 \right]$$

Wf = 157,7 g

Wo = 15,6 g

Wm = 675 g

Rendimiento= 21,05 %

- Los valores de porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica se muestran en el apéndice B

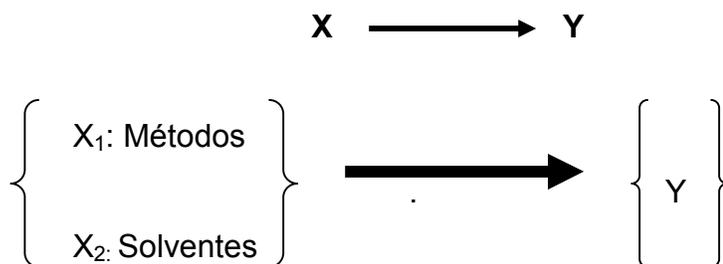
3.6. Análisis estadístico

3.6.1. Diseño experimental

Para el estudio realizado se presenta como método estadístico el de bloques, donde se utilizó una matriz de siete por tres con tres tratamientos, dando $X_{(A)} \longrightarrow Y_{(B)}$ en cada tratamiento (A) se dieron tres niveles $A_1 A_2 A_3$ donde los métodos utilización, y $B_1 B_2$ son los solventes. Obteniendo siete repeticiones específica en cada día, haciendo un sorteo de filas completas. Aquí se tiene que cada bloque se trabaja con condiciones homogéneas de los tres métodos y a cada uno se le aplica sus respectivas pruebas.

3.6.2. Factores y tratamientos

Factores

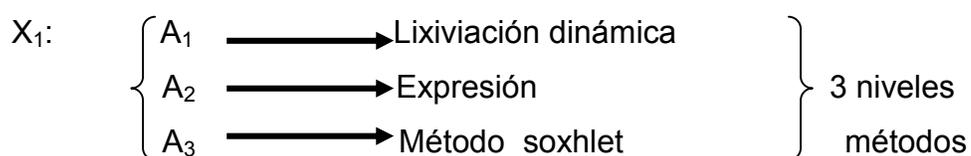


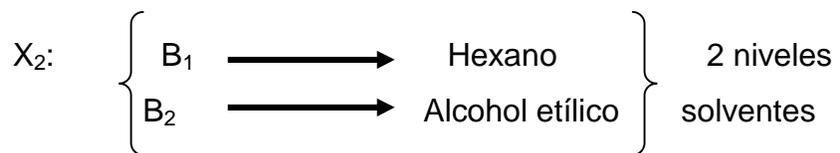
Variables independientes

Variable dependiente

% de rendimiento

Donde:





3.6.3. Diseño a utilizar

Se tiene un método de bloques donde se van a trabajar siete repeticiones cada bloque con condiciones homogéneas.

Tabla VI. Sistema de bloques en condiciones homogéneas

Corridas								
METÓDO	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Promedio método (% R)
MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX	MD+HEX
MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH	MD+AH
EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN	EPRESIÓN
Promedio Solvente (% R)	MD+HEX							
	MD+AH							

Fuente: elaboración propia.

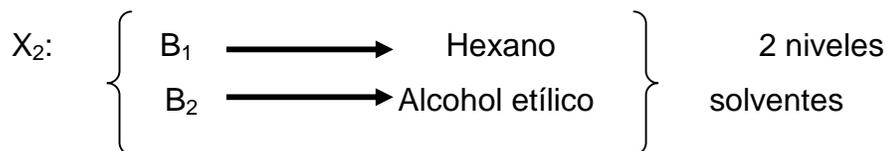
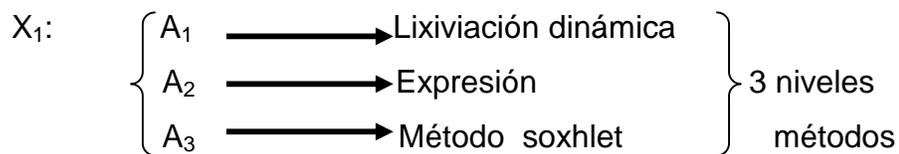


Tabla VII. Posibles combinaciones

CORRIDAS								
MÉTODO	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Promedio método (% R)
MD+HEX	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₂	
MD+AH	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₂	
EXTRUCIÓN	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₂	
Promedio Solvente (% R)								

Fuente: elaboración propia.

3.6.4. Aleatorización

En este proceso se tomó como respectivo análisis estadístico el método de bloques y la forma de sorteo se dio entre columnas, ya teniendo este sorteo se tomarán las filas para su respectivo sorteo, debido a este análisis se obtuvo el mayor rendimiento, ya que se va observar que tan sensible es la extracción de la fracción lipídica respecto a su método de lixiviación, soxhlet con su respectivo solvente y expresión como método directo.

3.6.5. Variables de respuesta

El rendimiento se basa respectivamente en los diferentes tipos de métodos a trabajar y su respectivo método de comparación a diferentes tipos de solventes.

3.7. Plan de análisis de resultados

En los resultados se evaluaron los promedios de cada método y solvente que a la vez se obtuvo el % rendimiento, así al evaluar cada uno de estos promedios se procedió a la obtención de su respectiva varianza promedio, y si dicha varianza se acerca a cero, se puede concluir que, no hay método de comparación y se puede utilizar aleatoriamente cualquier método, ya que se va tener el mayor rendimiento en método de lixiviación, soxhlet o expresión, aceptándose así la hipótesis nula.

Tabla VIII. Rendimiento promedio de fracción lipídica

	Media método	Media solvente	MEDIA
Lix+HEX	Lix+HEX	Lix+HEX	Lix+HEX
Lix+AH	Lix+AH	Lix+AH	Lix+AH
Sox+HEX	Sox+HEX	Sox+HEX	Sox+HEX
Sox+AH	Sox+AH	Sox+AH	Sox+AH
EXPRESIÓN	EXPRESIÓN	EXPRESIÓN	EXPRESIÓN
MEDIA			

Fuente: elaboración propia.

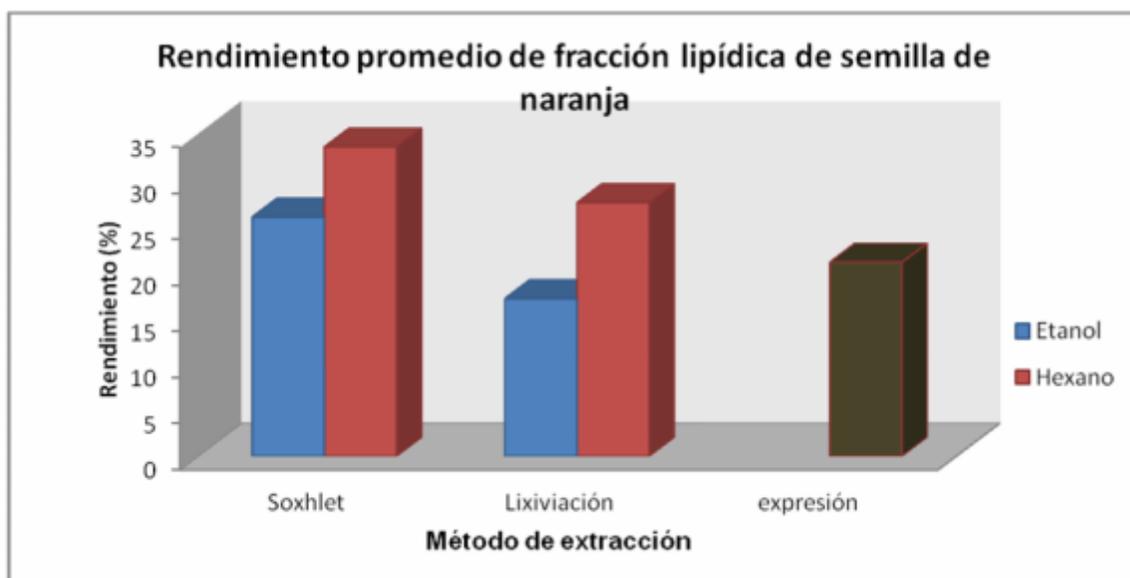
A los valores anteriores se les aplicó el análisis de varianza y por medio de este análisis se rechazó la hipótesis nula, se aceptó tanto la hipótesis alternativa como la hipótesis de trabajo, debido a que la varianza fue mayor a cero para la última columna y fila de la tabla de rendimientos promedio. Se llegó a la conclusión de que, sí influye el método para rendimiento de la fracción lipídica a nivel laboratorio.

La aplicación del método estadístico de Tukey HDS para la comparación de medias del porcentaje de rendimiento mostró que el método con mayor rendimiento es el soxhlet con hexano para la fracción lipídica de la naranja.

4. RESULTADOS

Los presentes datos corresponden al análisis de varianza y criterio de Tukey HSD, aplicado a los rendimientos de fracción lipídica de los tratamientos propuestos. Las muestras de fracción lipídica fueron caracterizadas fisicoquímicamente determinando densidad, índice de refracción y frentes de referencia de los principales componentes: linoleico, oleico.

Figura 7. **Rendimiento promedio de fracción lipídica extraída de semilla de naranja en función de los métodos experimental utilizado**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Análisis de varianza para el rendimiento de la fracción lipídica extraída**

Variable	Varianza
Corrida	27,812
Método	388,517
Solvente	568,814
Método*solvente	13,833
Error	15,584

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Comparación de rendimiento de fracción lipídica extraída respecto el método de extracción analizado por el método Tukey HSD**

Método	Rendimiento promedio	Grupos homogéneos
Soxhlet	29,771	A
Lixiviación	22,321	B

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Comparación de rendimiento de fracción lipídica extraída respecto el solvente de extracción analizado por el método Tukey HSD**

Solvente	Rendimiento promedio	Grupos homogéneos
Hexano	30,553	A
Etanol	21,539	B

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Comparación de rendimiento de fracción lipídica extraída respecto la extracción analizada por el método Tukey HSD**

Método	solvente	Rendimiento medio	Grupos homogéneos
Soxhlet	Hexano	33,575	A
Lixiviación	Hexano	27,531	B
Soxhlet	Etanol	25,966	B
Lixiviación	Etanol	17,111	C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Comparación de método de fracción lipídica extraída respecto la técnica expresión de referencia**

Método	Nivel de confianza		resultado
Lixiviación con Etanol vr Expresión	-15,592	-4,319	Expresión > M.et
Lixiviación con Hexano vr Expresión	-5,172	6,101	Expresión = M.Hex
Soxhlet con Etanol vr Expresión	-6,736	4,537	Expresión = Sx.Et
Soxhlet con Hexano vr Expresión	0,873	12,145	Expresión < Sx. Hex

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Densidad media de la fracción lipídica extraída de semilla de Naranja en función del solvente y del método extractivo utilizado**

Método	Solvente	Densidad (g/mL)
Soxhlet	Hexano	0,8284
Lixiviación	Hexano	0,8525
Soxhlet	Etanol	0,8655
Lixiviación	Etanol	0,8799
Expresión	Ninguno	0,8123
PROMEDIO		0,8477

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Índices de refracción medios de la fracción lipídica de semilla de naranja**

Método	Solvente	IR
Soxhlet	Hexano	1,4627
Lixiviación	Hexano	1,4519
Soxhlet	Etanol	1,4674
Lixiviación	Etanol	1,4752
Expresión	Ninguno	1,4217
PROMEDIO		1,4555

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Potencial de hidrógeno medio de la fracción lipídica de semilla de naranja**

Método	Solvente	pH
Soxhlet	Hexano	6,58
Lixiviación	Hexano	6,43
Soxhlet	Etanol	6,56
Lixiviación	Etanol	6,64
Expresión	Ninguno	6,50
PROMEDIO		6,54

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método de expresión**

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Mirístico (C14:0)	15,03	0,1
Pentadecanoico (C15)	17,17	0,0
Palmítico (C16:0)	20,33	25,9
Palmitoleico (16:1)	22,38	0,5
Margárico (C17:0)	23,85	0,1
Estearico (C18:0)	29,33	5,8
Oleico (cis C18:1)	33,02	26,8
Linoleico (cis C18:2)	39,49	35,7
Araquídico (C20:0)	44,87	0,5
Linolénico (C18:3)	48,04	4,1
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	50,37	0,1
Behénico (C22:0)	72,92	0,1
Lignocérico (C24:0)	105,77	0,3

Fuente: elaboración propia

Tabla XVIII. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Semilla de naranja (%)	Soya (%)	Oliva (%)	Girasol (%)
Ácidos grasos saturados	32,80	16,0	14,0	12
Ácidos grasos monoinsaturados	27,36	22,5	75,5	64
Ácidos grasos polinsaturados	39,85	61,5	10,5	23

Fuente: elaboración propia

Tabla XIX. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método Soxhlet con hexano**

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Mirístico (C14:0)	15,00	0,1
Pentadecanoico (C15)	17,00	0,1
Palmítico (C16:0)	20,11	25,8
Palmitoleico (16:1)	22,13	0,5
Margárico (C17:0)	23,23	0,3
Esteárico (C18:0)	29,17	5,8
Oleico (cis C18:1)	33,00	26,7
Linoleico (cis C18:2)	39,12	35,5
Araquídico (C20:0)	44,23	0,8

Continuación tabla XIX.

Linolénico (C18:3)	48,01	4,1
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	50,19	0,1
Behénico (C22:0)	72,01	0,1
Lignocérico (C24:0)	105,01	0,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Semilla de naranja (%)	Soya (%)	Oliva (%)	Girasol (%)
Ácidos grasos saturados	32,78	16,0	14,0	12
Ácidos grasos monoinsaturados	27,35	22,5	75,5	64
Ácidos grasos polinsaturados	39,87	61,5	10,5	23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método de soxhlet con etanol**

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Mirístico (C14:0)	15,00	0,1
Pentadecanoico (C15)	17,11	0,3
Palmítico (C16:0)	20,19	25,7
Palmitoleico (16:1)	22,21	0,6
Margárico (C17:0)	23,81	0,1
Esteárico (C18:0)	29,17	5,1
Oleico (cis C18:1)	33,00	26,2
Linoleico (cis C18:2)	39,00	35,1
Araquídico (C20:0)	44,34	0,5
Linolénico (C18:3)	48,03	4,1
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	50,47	0,1
Behénico (C22:0)	72,22	0,1
Lignocérico (C24:0)	105,17	0,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Semilla de naranja (%)	Soya (%)	Oliva (%)	Girasol (%)
Ácidos grasos saturados	32,81	16,0	14	12
Ácidos grasos monoinsaturados	27,34	22,5	75,5	64
Ácidos grasos polinsaturados	39,85	61,5	10,5	23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica de semilla de naranja, método de lixiviación con etanol**

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Mirístico (C14:0)	15,10	0,1
Palmitico (C16:0)	20,19	22,7
Palmitoleico (16:1)	19,21	0,6
Margárico (C17:0)	23,81	0,1
Esteárico (C18:0)	29,17	5,1
Oleico (cis C18:1)	33,00	26,2
Linoleico (cis C18:2)	39,10	35,1
Araquídico (C20:0)	39,34	0,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Semilla de naranja (%)	Soya (%)	Oliva (%)	Girasol (%)
Ácidos grasos saturados	32,82	16,0	14,0	12
Ácidos grasos monoinsaturados	27,24	22,5	75,5	64
Ácidos grasos polinsaturados	39,35	61,5	10,5	23

Fuente: elaboración propia

Tabla XXV. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, polinsaturados en la fracción lipídica extraída de semilla de naranja, mediante método de lixiviación con hexano**

Ácido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Esteárico (C18:0)	29,17	5,1
Oleico (cis C18:1)	33,00	22,2
Linoleico (cis C18:2)	38,00	32,1
Araquídico (C20:0)	44,34	0,5
Linolénico (C18:3)	48,03	4,1
Behénico (C22:0)	72,22	0,1
Lignocérico (C24:0)	105,17	0,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Semilla de naranja (%)	Soya (%)	Oliva (%)	Girasol (%)
Ácidos grasos saturados	32,79	16,0	14,0	12
Ácidos grasos monoinsaturados	27,44	22,5	75,5	64
Ácidos grasos polinsaturados	39,77	61,5	10,5	23

Fuente: elaboración propia

Tabla XXVII. **Gama de composición de ácidos grasos de aceites vegetales crudos determinados mediante cromatografía de gases**

Ácido graso	Contenido (%)	Aceites vegetales más comunes
Mirístico (C14:0)	0,1	de maní ND-0.1, de maíz 0.05-0.3, Aceite de sésamo 0.05-0.1, girasol 0.05-0.2
Pentadecanoico (C15)	0,0	Sin referencia.
Palmítico (C16:0)	25,9	.Aceite de semilla de algodón 21.4-26.4
Palmitoleico (16:1)	0,5	Aceite semilla de algodón 0.5-1.2, de palma 0.5-0.6, de pepita de uva 0.5-1.2
Margárico (C17:0)	0,1	Aceite de pepita de uva ND-0.2, de palma ND-0.2, de sésamo ND-0.2 y aceite de girasol ND-0.2.
Esteárico (C18:0)	5,8	Aceite de Babasu 1.8-7.4, de palma 3.5-6, de girasol 2.7-6.5, de pepita de uva 3-6.5, Aceite de sésamo 4.8-6.1.
Oleico (cis C18:1)	26,8	Aceite de pepita de uva 12-28, de maíz 20-42.2, de soja 27-30.

Continuación tabla XXVII.

Linoleico (cis C18:2)	35,7	Aceite de maíz 34-65.6, de girasol de contenido medio de leico 18.7-45.3.
Araquídico (C20:0)	0,5	Aceite de semilla de algodón 0.2-0.5, de palma ND-1, de Maíz 0.3-1, de pepita de uva ND-1.
Linolénico (C18:3)	4,1	Aceite de soja 4.5-11.
cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	0,1	Aceite de coco ND-0.2, de palma ND-0.4, de semilla de algodón ND-0.1, de pepita de uva ND-0.3
Behénico (C22:0)	0,1	Aceite de palma 0-0.2, de sésamo ND-0.3, de colza ND-0.6, de soja ND-0.7.
Lignocérico (C24:0)	0,3	Aceite de uva ND-0.4, de soja y girasol ND-0.5, de Maíz ND-0.5, de sésamo ND-0.3.

Fuente: elaboración propia

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las plantas oleaginosas son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse fracción lipídica, en algunos casos comestibles y en otros casos de uso industrial. Las oleaginosas más sembradas son la soja, la palma, el maní, el girasol, el maíz y el lino. El objetivo del estudio consistió en la extracción de fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis* L.) tipo blanca, variedad valencia empleando tres métodos de extracción dos de ellos indirectos por medio de lixiviación dinámica y el segundo a partir de extracción continua con Soxhlet. Como método directo se realizó expresión a nivel laboratorio.

Los solventes empleados en los métodos indirectos fueron hexano y etanol al 95% para poder extraer de la semilla la fracción lipídica, en el caso de la lixiviación el procedimiento fue realizado a temperatura ambiente. Previo a la extracción por lixiviación se molió la semilla en un molino manual para aumentar el área de contacto entre la semilla y el solvente favoreciendo así el proceso de transferencia de masa del sistema.

La matriz de estudio correspondió a la determinación y comparación del rendimiento de la fracción lipídica de naranja empleando dos métodos de extracción y dos tipos de solvente y un tercer método que fue directo, realizando siete repeticiones para cada uno de los tratamientos propuestos.

. Para la lixiviación dinámica se pesaron 30 gramos de semilla molida por corrida, se introdujo en un matraz con agitación magnética constante aproximadamente 1,5 horas, para luego dejarlo reposar y filtrarlo al vacío, posteriormente se realizó el proceso de rotavaporación a 60 °C hasta eliminar el solvente y obtener la fracción lipídica. En el método de extracción con soxhlet se pesó la misma cantidad de material y se introdujo en un dedal tapado con algodón, para el proceso de extracción con soxhlet se armó el equipo empleando un balón acoplado al sistema de condensación sobre una plancha de calentamiento, utilizando agua a 10 °C para el sistema de enfriamiento.

Para la obtención de la fracción lipídica se procedió a verter el solvente en un balón y aplicando calor directo hasta su temperatura de ebullición en el caso del etanol al 95% fue de 76 °C y 61 °C para el hexano. Los vapores del solvente hicieron contacto con el sistema de enfriamiento condensándose para caer sobre la semilla de naranja. En el momento en que la cámara de extracción se saturó con solvente condensada éste rebosó al balón cumpliendo un ciclo, este proceso se repitió continuamente, de tal manera que con cada ciclo la cantidad de fracción lipídica en el solvente aumentó.

En ambos solventes, la extracción con soxhlet se realizó hasta el agotamiento determinando el índice de refracción del solvente condensado antes de completar cada ciclo hasta obtener un índice de refracción constante.

Para las extracciones con hexano se realizaron en promedio 10 ciclos correspondiente a 2,7 horas de extracción y con etanol aproximadamente 7 ciclos por corrida para un período de extracción de 2,1 horas. El solvente de cada extracto obtenido se destiló empleando el equipo de rotavaporación hasta obtener la fracción lipídica con mayor pureza y se almacenó en refrigeración para su posterior caracterización.

Para la obtención de fracción lipídica por el método de expresión la semilla se deshidrató en un secador eléctrico de flujo transversal a una temperatura constante de 40 °C por 4 horas hasta obtener un porcentaje de humedad del 8,45%. El material deshidratado nuevamente se pesó hasta un valor de 675 gramos, luego de ello la semilla deshidratada se colocó en la tolva del molino para ingresarla al extrusor y realizar la obtención de fracción lipídica. Se filtró el lodo al vacío empleando tierra de diatomea debido a que ésta facilita la filtración en niveles de micras a décimas, ya que los microporos actúan como tamices microscópicos, acelerando la separación de partículas no deseadas en la fracción lipídica.

Según la figura 7, al comparar los rendimientos de fracción lipídica de semilla de naranja el método de extracción continua con soxhlet empleando hexano como solvente, presentó el mayor rendimiento con 33,575%. Mientras que al emplear etanol al 95% con el mismo método el rendimiento fue de 25,96% esto dio como resultado un 7,61% menos de rendimiento de fracción lipídica únicamente bajo efecto del solvente.

En el caso de la extracción efectuada por lixiviación dinámica los rendimientos medios se encuentran por debajo de los rendimientos con soxhlet con valores de 27,53 y 17,11% para hexano y etanol, respectivamente. El resultado se debe a que el proceso de lixiviación a temperatura ambiente no permite una transferencia completa de masa de fracción lipídica de la semilla al solvente, mientras que en el caso de la extracción con soxhlet la transferencia de fracción lipídica se realiza hasta el agotamiento, lo que indica que el proceso permite esta muy cercano al equilibrio, dando como resultado una concentración de fracción lipídica cercana a la saturación.

De acuerdo con la tabla XIII, el análisis de Tukey HSD mostró que el grupo A más representativo, corresponde a la extracción con el método de soxhlet y hexano, por presentar un rendimiento significativamente mayor. El grupo B lo integró la extracción con el método de soxhlet y etanol, así como la extracción por lixiviación dinámica y hexano dado a que entre ellos existe una diferencia no significativa del 1,35% de rendimiento entre los dos métodos. En el grupo C se ubicó la extracción por lixiviación dinámica empleando como solvente etanol con un rendimiento medio significativamente menor de 11,77% y con una diferencia del 16,46% respecto el grupo A que corresponde al método más eficiente.

No catalogado como grupo homogéneo, el método de expresión presentó un rendimiento de fracción lipídica del 21,05% y realizando una comparación de su rendimiento con cada uno de los métodos anteriores en función de sus niveles de confianza obtenidos por el método de Tukey HSD, se apreció que la expresión presenta mayor rendimiento que la lixiviación dinámica con etanol, mientras que la expresión respecto a la lixiviación dinámica con hexano y soxhlet con etanol son insignificantes, ya que los rendimientos de los tres métodos oscilan entre 21,05 y 27,53%. Mientras que el rendimiento de fracción lipídica por expresión es menor que la extracción empleando soxhlet con hexano.

El solvente más efectivo fue hexano, que tiene una constante dieléctrica de 1,9 por el método soxhlet, este compuesto no polar es el mejor solvente extractor, y producir fracción lipídica con mejor nivel de pureza, el método se caracterizó por su alto rendimiento, poco empleo de mano de obra y fuerza motriz.

Para obtener un rendimiento óptimo en la extracción por los tres métodos realizados, la materia prima debe recibir una adecuada preparación, la semilla tiene que pasar por un proceso de secado separando el tegumento que no contengan semilla para tener mayor efectividad. Luego se agrega a un molino la semilla, para que su área de contacto sea mayor durante la interacción con el solvente, y así favorecer el rendimiento de fracción lipídica.

De acuerdo con las tablas apéndices, los valores promedio de densidad (ρ), índice de refracción (IR) y potencial de hidrogeno (pH) fueron 0,8477 g/mL, 1,4555 y 6,54 respectivamente. La fracción lipídica extraída de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis L*) tipo blanca, variedad valencia, no presenta referencias de sus propiedades fisicoquímicas, por ello con los datos obtenidos se realizó una analogía entre el aceite de palma y aceite de almendra que tiene un rango de densidad de 0,891 a 0,914 índice de refracción de 1,454 a 1,456 y potencial de hidrogeno de 6,5 a 6,8, los rangos tiene características químicas y físicas de aceites crudos

En el análisis por cromatografía de gases se utilizó una columna de 88 100 m x 0.25 μ m de fase estacionaria, empleando un detector de ionización de llama fotométrica (FID), dicho estudio se realizó contra un patrón de 35 ésteres metílicos de ácidos grasos dividiéndolos en ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados, en la tabla XIX se aprecian los resultados de ácidos grasos saturados con un 32,80%, monoinsaturados en un 27,36% y con mayor composición los ácidos grasos polinsaturados con un 39,85%.

Este resultado se puede observar con más detalle en la tabla XXI, donde el ácido de mayor composición corresponde al linoleico; ácido graso polinsaturado, presente sobre todo en semillas y aceites vegetales (girasol, maíz).

CONCLUSIONES

1. El mayor rendimiento de fracción lipídica de la semilla del fruto del naranjo dulce (*Citrus sinensis L.*) tipo blanca, variedad valencia, se obtuvo por el método soxhlet con hexano con un 33,57%.
2. El menor rendimiento de fracción lipídica de semilla de naranja se obtuvo por el método de lixiviación con etanol con un valor de 17,11%.
3. Entre los métodos de soxhlet con etanol y lixiviación con hexano, no existe diferencia significativa en el rendimiento de la fracción lipídica.
4. El método de expresión considerado método directo para obtener fracción lipídica, presentó un rendimiento del 21,05%
5. El rendimiento promedio de fracción lipídica con el método de soxhlet y lixiviación dinámica, según el criterio estadístico de Tukey fueron 29,77% y 22,33%.
6. Respecto al efecto del solvente el hexano resultó ser el solvente extractor más efectivo con rendimientos promedio de 30,55%.
7. El etanol como solvente extractor presentó los menores rendimientos de fracción lipídica en los métodos de lixiviación y soxhlet con valores medios de 21,53%

8. Existe diferencia significativa en el rendimiento de los métodos de soxhlet con hexano y lixiviación con etanol con resultados de 33,57% y 17,11%.
9. La densidad media de la fracción lipídica de la semilla naranja fue de 0,8477 g/mL, la cual se encuentra dentro del rango propuesto por la Norma para Aceites Vegetales especificados CODEX-STAN 210 (enmendado 2003,2005). Y el Reglamento Técnico Centroamericano en Alimentos y bebidas procesados. Grasas y aceites. RTCA 67.04.40:07.
10. El índice de refracción medio de la fracción lipídica de semilla naranja es de 1,4555 valor que encuentra dentro del rango propuesto por la Norma para Aceites Vegetales especificados CODEX-STAN 210 (enmendado 2003,2005). Y el Reglamento Técnico Centroamericano en Alimentos y bebidas procesados. Grasas y aceites. RTCA 67.04.40:07.
11. Los ácidos grasos poliinsaturados son las especies más abundantes, con un valor de 39,85%
12. Los ácidos grasos monoinsaturados correspondieron a las especies menos abundante con un 27,36.
13. El ácido graso de mayor abundancia fue el linoleico (cis C18:2) con un valor de 35,7%, siendo de la familia de ácidos grasos poliinsaturados.
14. Los ácidos grasos de menor abundancia fueron mirístico (C14:0), margárico (C17:0), behénico (C22:0), con un 0,1%, correspondientes a la familia de ácidos grasos saturados.

15. El ácido graso en segundo lugar de abundancia fue el Oleico (cis C18:1) con un valor de 26,8% siendo de la familia de ácidos grasos monoinsaturados.

16. Las propiedades fisicoquímicas como densidad, índice de refracción y potencial de Hidrógeno de la fracción lipídica obtenida de la semilla de naranja dulce se encontraron dentro los rangos de las propiedades del aceite de palma y aceite de almendra, con valores de 0,891 a 0,914, 1,454 a 1,456, 6,5 a 6,8.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre la extracción de la fracción lipídica de la semilla del naranjo dulce (*citrus sinensis L*), variedad valencia, tipo blanca a nivel industrial.
2. Realizar la extracción de la fracción lipídica, empleando otra variedad de naranja como Valencia late por método de soxhlet y expresión con solvente hexano.
3. Promover un estudio sobre la obtención de la fracción lipídica de la semilla de la naranja amarga (*citrus aurantium*) por método de expresión para evaluar el perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados por cromatografía gaseosa y detector de llama de ionización (FID) para comparar con el perfil de la fracción lipídica de la naranja dulce (*citrus sinensis L*).
4. Darle seguimiento al estudio de la caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica de la semilla de naranja dulce, para establecer los diferentes usos industriales que este valioso producto puede tener en el mercado.

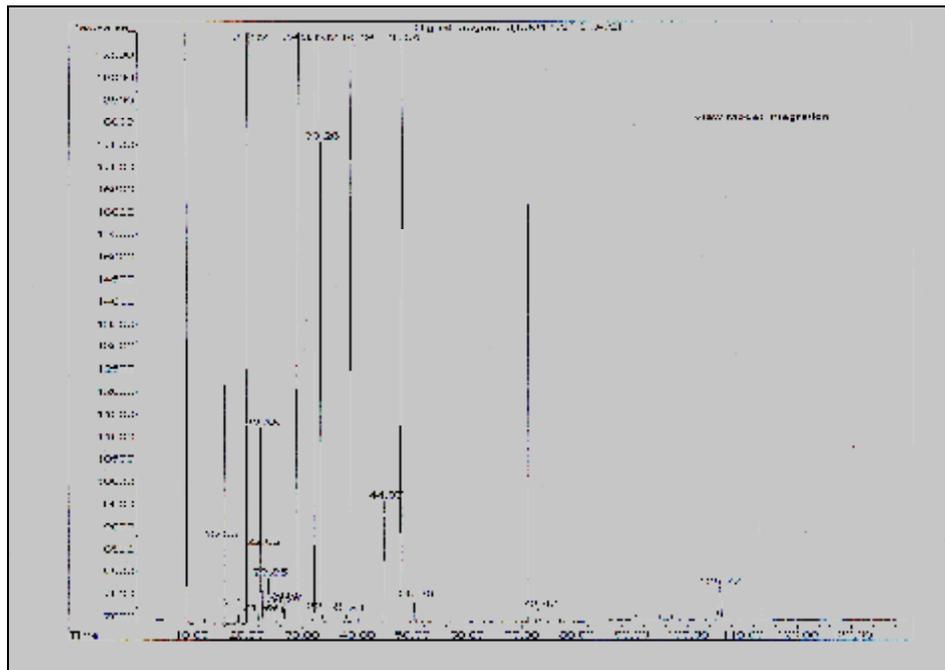
BIBLIOGRAFÍA

1. GEANKOPLIS, Christie J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México: Continental, 1998. p. 579-581.
2. KIRK RAYMOND. *Enciclopedia de tecnología química*. Tomo I. México: Person Educación 1961. p. 452-534.
3. KRUSTER, H. *Importancia de los aceites esenciales y sus perspectivas para el futuro*. México: Dragoco Report, 1971. 369. p.
4. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Ruralidad dimensión privilegiada del desarrollo*. Unidad de Políticas e Información estratégica. Guatemala: MAGA, 2009. p. 98-105.
5. Norma para aceites vegetales especificados CODEX-STAN 210 [en línea] México 2005. Disponible en Web:<http://www.colpos.mx.bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-061978.PDF>. [Consulta: 3 de septiembre de 2010].
6. Reglamento Técnico *Alimentos y bebidas procesados grasas y aceites*. Centroamérica, 2007. p. 54-68.
7. *Revista Bimestral de la Universidad Autónoma, Chapingo*. México: Número 25 y 26. 1980.

8. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial Norma mexicana NMX-F-063-1978 [en línea] México, 1978, p. 2. Disponible en Web: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMXF0631978.PDF3> [Consulta: 15 de octubre de 2010]
9. WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6ª ed. México: Person Educación, 1999. 227 p.
10. WOOT, Tsuen; WU, Leung. *Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina*, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Ciudad de Guatemala, Guatemala, Oficial de Nutrición Comité Interdepartamental de Nutrición de la Defensa Nacional, Institutos Nacionales de la Salud Bethesda, Maryland, Estados Unidos: 2005. p. 233-133.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cromatograma de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados en fracción lipídica de semilla de naranja



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica por el método de lixiviación con hexano y etanol**

Corrida	Peso de semilla (g)	Peso final de frasco con aceite (g)	Tara inicial de frasco vacío (g)	% de rendimiento
1	30,0680	52,8680	43,2912	31,8505
2	30,0944	51,2339	43,0347	27,2449
3	30,0613	49,4560	43,1228	21,0676
4	30,0527	49,0914	41,8478	24,1030
5	30,0552	51,2338	43,0348	27,2798
MEDIA	30,0605	51,0277	42,7518	27,5309

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica por el método de lixiviación con etanol**

Corrida	Peso de semilla (g)	Peso final de frasco con aceite (g)	Tara inicial de frasco vacío (g)	% de rendimiento
1	30,0444	46,4191	43,1807	10,7787
2	30,0172	47,7813	42,1720	18,6870
3	30,0222	48,1080	42,6750	18,0966
4	30,0025	46,3190	43,1501	10,5621
5	30,0555	48,9008	42,7605	20,4299
MEDIA	30,0262	47,6765	42,5387	17,1107

Fuente: elaboración propia

Apéndice 4. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica por el método de soxhlet con hexano**

Corrida	Peso de semilla (g)	Peso final de frasco con aceite (g)	Tara inicial de frasco vacío (g)	% de rendimiento
1	30,0088	50,8278	41,7512	30,2465
2	30,1180	52,4168	42,2360	33,8030
3	30,1255	53,4717	43,2858	33,8116
4	30,2470	53,7266	43,2608	34,6011
5	30,1220	54,0133	43,1871	35,9412
MEDIA	30,1180	52,5591	42,4463	33,5751

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica por el método de soxhlet con etanol**

Corrida	Peso de semilla (g)	Peso final de frasco con aceite (g)	Tara inicial de frasco vacío (g)	% de rendimiento
1	30,0155	54,2583	45,3150	29,7956
2	30,0348	48,2777	41,8961	21,2474
3	30,1879	52,2374	43,0324	30,4923
4	30,0144	53,7348	43,3340	34,6527
5	30,0224	48,4917	43,0720	17,9318
MEDIA	30,1232	51,1641	43,3443	25,9679

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Porcentaje de rendimiento de la fracción lipídica por el método de expresión**

Corrida	Peso de semilla (g)	Peso final de frasco con aceite (g)	Tara inicial de frasco vacío (g)	% de rendimiento
1	675	157,7	15,6	21,0519

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Densidad de la fracción lipídica por el método de soxhlet con hexano**

Corrida	Peso de la muestra	Tara del picnómetro	Volumen (mL)	Densidad (g/mL)
1	4,20930	3,2951	1,088	0,8403
2	4,16620	3,2951	1,088	0,8006
3	4,20010	3,2951	1,088	0,8318
4	4,19900	3,2951	1,088	0,8308
5	4,21000	3,2951	1,088	0,8409
6	4,19950	3,2951	1,088	0,8312
7	4,19040	3,2951	1,088	0,8229
Promedio	4,19636	3,2951	1,088	0,8284

Fuente: elaboración propia

Apéndice 8. **Densidad de la fracción lipídica por el método de soxhlet con etanol**

Corrida	Peso de la muestra	Tara del picnómetro	Volumen (mL)	Densidad (g/mL)
1	4,2517	3,2951	1,088	0,8792
2	4,2775	3,2951	1,088	0,9029
3	4,2033	3,2951	1,088	0,8347
4	4,2185	3,2951	1,088	0,8487
5	4,2055	3,2951	1,088	0,8368
Promedio	4,2368	3,2951	1,088	0,8655

Fuente: elaboración propia

Apéndice 9. **Densidad de la fracción lipídica por el método de lixiviación con etanol**

Corridas	Peso de la muestra	Tara del picnómetro	Volumen (mL)	Densidad (g/mL)
1	4,23500	3,2951	1,088	0,8639
2	4,23020	3,2951	1,088	0,8595
3	4,21920	3,2951	1,088	0,8494
4	4,29020	3,2951	1,088	0,9146
5	4,27060	3,2951	1,088	0,8966
Promedio	4,25246	3,2951	1,088	0,8799

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Densidad de la fracción lipídica por el método de lixiviación con hexano**

Corrida	Peso de la muestra	Tara del picnómetro	Volumen (mL)	Densidad (g/mL)
1	4,2034	3,2951	1,088	0,8348
2	4,2825	3,2951	1,088	0,9075
3	4,1727	3,2951	1,088	0,8066
4	4,1841	3,2951	1,088	0,8171
5	4,2565	3,2951	1,088	0,8836
Promedio	4,2227	3,2951	1,088	0,8525

Fuente: Datos calculados

Apéndice 11. **Densidad de la fracción lipídica por el método de expresión**

Corridas	Peso de la muestra	Tara del picnómetro	Volumen (mL)	Densidad (g/mL)
1	4,0129	3,2951	1,088	0,6597
2	4,0230	3,2951	1,088	0,6690
3	4,0554	3,2951	1,088	0,6988
4	4,0123	3,2951	1,088	0,6592
5	4,0456	3,2951	1,088	0,6898
Promedio	4,0295	3,2951	1,088	0,6750

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Índice de refracción (IR) de la fracción lipídica por el método de lixiviación con hexano**

Corrida	IR
1	1.4500
2	1.4510
3	1.4520
4	1.4510
5	1.4500
6	1.4530
7	1.4560
Promedio	1.4519

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Índice de refracción (IR) de la fracción lipídica por el método de lixiviación con etanol**

Corrida	IR
1	1,4669
2	1,4667
3	1,4668
4	1,4664
5	1,4965
6	1,4967
7	1,4667
Promedio	1,4752

Fuente: elaboración propia

Apéndice 14. **Índice de refracción (IR) de la fracción lipídica por el método de soxhlet con Hexano**

Corrida	IR
1	1,4600
2	1,4630
3	1,4650
4	1,4620
5	1,4650
6	1,4630
7	1,4610
Promedio	1,4627

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Índice de refracción (IR) de la fracción lipídica por el método de soxhlet con etanol**

Corrida	IR
1	1,4665
2	1,4676
3	1,4678
4	1,4689
5	1,4678
6	1,4655
7	1,4678
Promedio	1,4674

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Índice de refracción (IR) de la fracción lipídica por el método de expresión**

Corrida	IR
1	1,3890
2	1,3456
3	1,3478
4	1,3985
5	1,3452
Promedio	1,3702

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. **Potencial de hidrógeno (pH) de la fracción lipídica por el método de lixiviación con etanol**

Corrida	pH
1	6,4300
2	6,4400
3	6,4300
4	6,4200
5	6,4500
Promedio	6,4357

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. **Potencial de hidrógeno (pH) de la fracción lipídica por el método de lixiviación con hexano**

Corrida	pH
1	6,33
2	6,30
3	6,32
4	6,31
5	6,38
6	6,33
7	6,34
Promedio	6,33

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Potencial de hidrógeno (pH) de la fracción lipídica por el método de soxhlet con hexano**

Corrida	pH
1	6,38
2	6,39
3	6,35
4	6,40
5	6,38
6	6,39
7	6,37
Promedio	6,38

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 20. **Potencial de hidrógeno (pH) de la fracción lipídica por el método de soxhlet con etanol**

Corrida	pH
1	6,270
2	6,280
3	6,270
4	6,250
5	6,240
6	6,290
7	6,280
Promedio	6,269

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. **Potencial de hidrógeno (pH) de la fracción lipídica por el método de expresión**

Corrida	pH
1	5,989
2	5,789
3	6,123
4	5,981
5	6,230
6	5,789
7	5,926
Promedio	5,975

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 22. **Análisis de perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturado, polinsaturados en aceites y grasas**

Acido graso	Tiempo de retención (min)	Contenido (%)
Mirístico (C14:0)	15,03	0,1
Margárico (C17:0)	23,85	0,1
Esteárico (C18:0)	29,33	5,8
Oleico (cis C18:1)	33,02	26,8
Linoleico (cis C18:2)	39,49	35,7
Araquídico (C20:0)	44,87	0,5
Linolénico (C18:3)	48,04	4,1
Behénico (C22:0)	72,92	0,1
Lignocérico (C24:0)	105,77	0,3

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 23. **Composición por categoría de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados**

Composición por categoría	Total (%)
Ácidos grasos saturados	32,8
Ácidos grasos monoinsaturados	27,36
Ácidos grasos polinsaturados	39,85

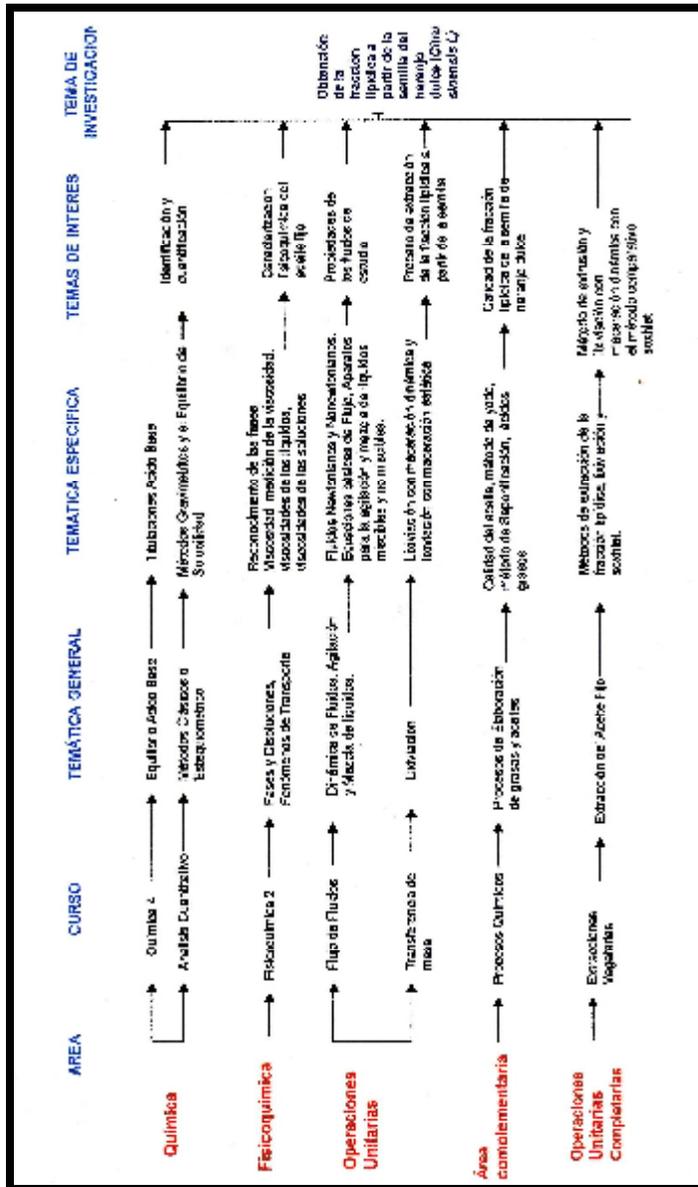
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 24. **Peso de la fracción lipídica de naranja previo a la extracción por sus diferentes métodos para cada tratamiento**

Peso materia prima (g)					
Repetición/ Tratamiento	Soxhlet- hexano	Soxhlet- etanol	Lixiviación -hexano	Lixiviación- etanol	Expresión
1	30,0088	30,0155	30,0680	30,0444	675
2	30,1180	30,0348	30,0944	30,0172	675
3	30,1255	30,1879	30,0348	30,0170	675
4	30,1874	30,0144	30,0570	30,0243	675
5	30,0175	30,1759	30,0613	30,0222	675
6	30,2470	30,1224	30,0527	30,0025	675
7	30,1220	30,2096	30,0552	30,0555	675
Media	30,1180	30,1232	30,0605	30,0262	675

Fuente: elaboración propia, laboratorio de Investigación de extracto vegetales (LIEXVE).

Apéndice 25. Cuadro de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.