

**OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE DURAZNO POR MÉTODO
SOXHLET Y ARRASTRE DE VAPOR**

MARIA PAULA ANGARITA RUIZ

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019**

**OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE DURAZNO POR MÉTODO
SOXHLET Y ARRASTRE DE VAPOR**

MARIA PAULA ANGARITA RUIZ

**Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019**

Nota de Aceptación

Ing. Mario Andrés Noriega Valencia

Ing. Duvian Alberto Vera Romero

Bogotá D.C., noviembre de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Ing. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Ing. LEONARDO de JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las Directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor

DEDICATORIA

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme la oportunidad de llegar a este lugar, de compartir este logro con las personas que más amo, por guiarme y darme la sabiduría en cada toma de decisiones. Solo por Él y gracias a Él llegué hasta donde estoy y sé que me tiene preparada para muchas cosas más.

También quiero agradecer a mis padres Fanny y John. La vida no me alcanzara para devolverles todo lo que han hecho por mí. Gracias por enseñarme que cuando se quiere de corazón lograr las cosas, nada será imposible, son mis más grandes ejemplos a seguir. Sin la enseñanza de ustedes, el esfuerzo, el amor y la educación que me han brindado no hubiera podido llegar hasta aquí. Gracias por siempre darme alientos cuando ya no podía más, gracias por sus palabras tan sabias y por creer en mí. Gracias por no solo ser mis padres, sino mis amigos y mis más grandes consejeros. Los amo con todo mi corazón y este logro es tan suyo como mío. Soy la mujer que soy por ustedes.

A mis hermanos Sara y David, diciéndoles que son las personas más capaces, porque sé que el futuro que les espera es enorme y deseo que lleguen muy lejos, siendo felices con lo que hacen porque se merecen lo mejor. Siempre estaré para ustedes porque no solo tiene una hermana mayor sino una amiga que los cuidará, protegerá y estará para ustedes toda la vida. Los amo muchísimo.

A mi Abuela Blanca, por ser una de las dos mujeres que formaron lo que soy, gracias por ser mi otra mamá, por siempre haber estado pendiente de mí, aconsejándome y guiándome.

A ti Federico, por haber sido un hombre sabio en cada momento crítico de este proceso, por animarme con tu forma de ser tan única y creer en mí, más de lo que yo puedo creer. Gracias por ser parte de este proceso, por ir conmigo de la mano sumando más logros y queriendo crecer a la par, tú sabes cuántas lagrimas derramadas, semanas trasnochando y momentos críticos costo esto, y siempre estuviste para mí. Sabes lo mucho que te amo y lo mucho que ansío ver lo que tiene Dios para nosotros. Eres uno de mis mayores regalos.

Gracias al Tecnoparque, sobre todo a Anita, Claudia y Marthis, por su conocimiento, paciencia y amor que me brindaron, este proyecto no hubiera sino ni la mitad de lo que es sin su ayuda. Las quiero con todo mi corazón y siempre estaré infinitamente agradecida con ustedes.

A mi amigo David, gracias por tu amistad tan sincera y tan pura, por ayudarme y guiarme en varias etapas de este proceso. A mis amigas, que saben cada una quienes son, gracias por hacer parte de estos casi 5 años de aprendizajes, luchas y batallas. Son mujeres increíbles, capaces y extraordinarias, quiero lleguen lejos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 DEFINICIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS	21
1.2 SEMILLAS OLEAGINOSAS.	21
1.2.1 Composición de semillas oleaginosas.	21
1.2.2 Producción de aceites de semillas oleaginosas.	22
1.2.3 Usos de los aceites esenciales en la industria.	23
1.3 ACEITES ESENCIALES	25
1.3.1 Clasificación de aceites esenciales.	25
1.3.2 Composición química de los aceites esenciales.	26
1.4 ÁCIDOS GRASOS	27
1.4.1 Clasificación de ácidos grasos.	28
1.5 CARACTERIZACION DE ACEITES VEGETALES	30
1.5.1 Propiedades Fisicoquímicas	30
1.5.1.1 Índice de Yodo	30
1.5.1.2 Índice de Peróxidos	30
1.5.1.3 Índice de Saponificación.	31
1.5.1.4 Índice de Acidez.	31
1.5.1.5 Índice de Refracción	31
1.5.2 Densidad	31
1.5.3 Cromatografía de gases	32
1.6 GENERALIDADES DEL DURAZNO	32
1.6.1 Clasificación y descripción botánica	33
1.6.1.1 Tallo.	34
1.6.1.2 Árbo	34
1.6.1.3 Hojas	35
1.6.1.4 Flor	35
1.6.1.5 Fruto	36
1.6.1.6 Clasificación del fruto	38
1.6.2 Variedades de Durazno en Colombia	39
1. 7 EXTRACCION DE ACEITES VEGETALES	41
1.7.1 Métodos Clásicos y Convencional	41
1.7.2 Técnicas Innovadoras de Extracción de Aceites Esenciales	43
1.8 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE SOLIDOS.	44
1.8.1 Tamaño de Partícula	44
1.8.2 Area Superficial	44
1.8.3 Densidad de Partícula	45
1.8.4 Factor de Forma	45
1.8.5 Densidad aparente aireada	46
1.8.6 Densidad aparente empacada	46
1.8.7 Índice de Compresibilidad	47
1.8.8 Angulo de Reposo	47

2. METODOLOGÍA	49
2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN	49
2.1.1 Factores Experimental	50
2.1.1.1 Método Soxhlet	53
2.1.1.2 Método Arrastre de Vapor	54
2.1.1.3 Tipo de Solventes	55
2.1.1.4 Tamaño de Partícula	58
2.1.1.5 Tiempo de Extracción	58
2.1.2 Obtención y tratamiento de la muestra	60
2.1.3 Caracterización semilla de Durazno	63
2.2 ELABORACIÓN DE DISEÑO EXPERIMENTAL	68
2.2.1 Diseño experimental método Soxhlet	69
2.2.2 Diseño experimental método Arrastre de Vapor	69
2.3 CARACTERIZACION DEL ACEITE DE SEMILLA DE DURAZNO	70
2.3.1 Procesos de extracción a nivel laboratorio	70
2.3.2 Caracterización del aceite de semilla de Durazno	73
2.3.2.1 Índice de Yodo	73
2.3.2.2 Índice de Peróxidos	74
2.3.2.3 Índice de Saponificación	75
2.3.2.4 Índice de Refracción.	76
2.3.2.5 Densidad.	76
2.3.2.6 Cromatografía de gases	77
2.3.2.7 Rendimiento.	77
3. RESULTADOS Y ANALISIS	78
3.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE DURAZNO	78
3.1.1 Caracterización de la semilla de Durazno	78
3.1.2 Extracción por método Soxhlet.	85
3.1.3 Análisis estadístico método Soxhlet	91
3.1.4 Extracción por método Arrastre de Vapor.	94
3.1.5 Análisis estadístico método Arrastre de vapor	96
3.1.6 Caracterización aceite de semilla de Durazno	99
3.2 ESCALADO PLANTA PILOTO	106
3.2.1 Descripción General	106
3.2.2 Especificaciones del proceso	108
3.2.3 Balance de materia	109
3.2.4 Balance de energía	113
3.2.5 Especificaciones técnicas de equipos	116
3.2.6 Requerimientos energéticos	121
3.3 ANALISIS FINANCIERO	121
3.3.1 Materia prima	122
3.3.2 Valor de aceite de semilla de Durazno	122
3.3.3 Potencial económico.	123
3.3.4 Costos variables.	123
3.3.5 Costos de inversión.	125
3.3.6 Flujo de caja.	126
3.3.7 Indicadores financieros.	127

4. CONCLUSIONES	130
5. RECOMENDACIONES	132
BIBLIOGRAFIA	133
ANEXOS	147

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ejemplos de ácidos grasos saturados presentes en algunos alimentos	28
Tabla 2. Composición de ácidos grasos para aceite de semilla de Durazno	30
Tabla 3. Clasificación Botánica del Durazno	33
Tabla 4. Contenido nutricional del Durazno en 100 gramos de pulpa fresca.	37
Tabla 5. Listado de artículos y parámetros semilla de Durazno y otras	49
Tabla 6. Variable de respuesta método Soxhlet	69
Tabla 7. Variables controlables método Soxhlet	69
Tabla 8. Diseño experimental método Soxhlet	69
Tabla 9. Variables controlables método Arrastre de Vapor	70
Tabla 10. Proporción de masa para ensayo Índice de Yodo	73
Tabla 11. Proporción de masa para ensayo Índice de Peroxidos	74
Tabla 12. Caracterización de semillas de Durazno	78
Tabla 13. Escala de Índice de Compresibilidad	82
Tabla 14. Clasificación escala de fluidez según su ángulo de reposo	83
Tabla 15. Resultado diseño experimental Soxhlet	86
Tabla 16. Análisis de varianza n-Hexano Soxhlet	92
Tabla 17. Análisis de varianza Etanol Soxhlet	93
Tabla 18. Resultado diseño experimental Arrastre de Vapor	94
Tabla 19. Análisis de varianza n-Hexano Arrastre de Vapor	98
Tabla 20. Análisis de varianza Etanol Arrastre de Vapor	98
Tabla 21. Tabla de valores caracterizaciones aceite de semilla de Durazno	99
Tabla 22. Componentes con mayor porcentaje en GC/MS	103
Tabla 23. Análisis organoléptico aceite de semilla de Durazno	102
Tabla 24. Resumen de resultados experimentales para el método más eficiente	103
Tabla 25. Valores de Cp para diferentes compuestos	114
Tabla 26. Especificaciones técnicas equipo de molienda	117
Tabla 27. Especificaciones técnicas equipo extracción	114
Tabla 28. Especificaciones técnicas equipo filtro prensa	119
Tabla 29. Especificaciones técnicas equipo destilador	116
Tabla 30. Especificaciones técnicas equipo de almacenamiento	117
Tabla 31. Requerimientos energéticos	121
Tabla 32. Precio materia prima	122
Tabla 33. Valor precio de aceite de Durazno	123
Tabla 34. Potencial económico	123
Tabla 35. Costo energético por equipo	124
Tabla 36. Costos mensuales mano de obra	124
Tabla 37. Costos anuales mano de obra	125
Tabla 38. Costos de inversión	125
Tabla 39. Tabla de amortización del proyecto	126
Tabla 40. Valores a utilizar en flujo de caja	127

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Grafica de columnas metodo Soxhlet	86
Grafica 2. Superficie de respuesta para n-Hexano Soxhlet	91
Grafica 3. Superficie de respuesta para Etanol Soxhlet	92
Grafica 4. Grafica de columnas metodo Arrastre de Vapor	95
Grafica 5. Superficie de respuesta para n-Hexano Arrastre de Vapor	97
Grafica 6. Superficie de respuesta para Etanol con Arrastre de Vapor	97

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Estructura microscópica del cotiledón y endospermo grano de soja	22
Ilustración 2. Principales países productores de aceites y grasas	23
Ilustración 3. Árbol del Durazno	34
Ilustración 4. Hojas del árbol de Durazno	35
Ilustración 5. Flor del árbol de Durazno.	36
Ilustración 6. Partes del fruto de Durazno	38
Ilustración 7. Montaje proceso Soxhlet	53
Ilustración 8. Proceso de Destilación por Arrastre de Vapor	54
Ilustración 9. Proceso de tratamiento de semilla de Durazno	61
Ilustración 10. Separación del endocarpio y semilla de Durazno	61
Ilustración 11. Almacenamiento de semillas en frascos de vidrio	62
Ilustración 12. Clasificación de tamices	62
Ilustración 13. Clasificación de semillas en bolsas con cierre hermético	63
Ilustración 14. Montaje equipo Soxhlet	71
Ilustración 15. Rotaevaporador Heidolph	71
Ilustración 16. Montaje proceso Arrastre de Vapor	73
Ilustración 17. Muestra extraída de aceite por método Soxhlet	87
Ilustración 18. Diagrama de bloques proceso obtención aceite de Durazno	107
Ilustración 19. Diagrama de bloques planta piloto extracción	104
Ilustración 20. Balance de materia proceso reducción de partícula	110
Ilustración 21. Balance de materia proceso reducción de tamizaje	110
Ilustración 22. Balance de materia proceso extracción	111
Ilustración 23. Balance de materia proceso filtración.	112
Ilustración 24. Balance de materia proceso evaporación	112
Ilustración 25. Balance energía proceso extracción	114
Ilustración 26. Balance de energía proceso evaporador	115
Ilustración 27. Balance de energía proceso condensador	115
Ilustración 28. Equipo de molienda	116
Ilustración 29. Equipo de extracción	117
Ilustración 30. Equipo de filtro prensa	118
Ilustración 31. Equipo de destilación	119
Ilustración 32. Equipo de almacenamiento de aceite	120

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Nomenclatura para ácidos grasos	27
Ecuación 2. Diámetro medio geométrico	64
Ecuación 3. Diámetro medio aritmético	64
Ecuación 4. Area superficial	64
Ecuación 5. Esfericidad	65
Ecuación 6. Densidad	65
Ecuación 7. Factor de forma.	65
Ecuación 8. Volumen de partícula	66
Ecuación 9. Densidad aparente aireada	66
Ecuación 10. Densidad aparente empacada.	66
Ecuación 11. Índice de compresibilidad	67
Ecuación 12. Angulo de reposo estático	67
Ecuación 13. Humedad	68
Ecuación 14. Ecuación Índice de Yodo	74
Ecuación 15. Ecuación Índice de Peróxido	75
Ecuación 16. Ecuación de Índice de Saponificación	76
Ecuación 17. Ecuación de Densidad	77
Ecuación 18. Rendimiento.	77
Ecuación 19. Ecuación para Energía Libre de Gibbs	87
Ecuación 20. Balance de materia proceso de reducción de partícula	110
Ecuación 21. Ecuación balance de materia proceso reducción de partícula	110
Ecuación 22. Ecuación de balance de materia proceso extracción	111
Ecuación 23. Ecuación de balance de materia proceso filtración	112
Ecuación 24. Ecuación balance de materia evaporación	112
Ecuación 25. Ecuación de balance de energía	113
Ecuación 26. Ecuaciones de Choi y Okos	113
Ecuación 27. Ecuación balance energía proceso de extracción	115
Ecuación 28. Ecuación balance de energía evaporador	115
Ecuación 29. Balance de energía condensador	116
Ecuación 30. Tasa de interés de oportunidad	127
Ecuación 31. Valor Presente Neto	128

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Tabla polaridades de distintos solventes	148
Anexo B. Ficha técnica del n-Hexano	144
Anexo C. Ficha técnica del Etanol	147
Anexo D. Encuesta para caracterización organoléptica aceite de Durazno	150
Anexo E. Resultado cromatografía GC/MS	156
Anexo F. Matriz PUGH para la selección de solvente	153
Anexo G. Balance de materia por componente	159
Anexo H. Tarifa de energía eléctrica	156
Anexo I. Flujo de caja	161

LISTA DE ABREVIATURAS

cm: Centímetro
Ton: Tonelada
°C: Grados Celsius
°Brix: Grados Brix
G: Gramo
Kg: Kilogramo
mg: Miligramo
µg: Microgramo
MUFAS: (monounsaturated fatty acids)
g/cm³: Gramos por centímetro cúbico
h: Hora
min: Minutos
s: Segundos
%: Porcentaje
L: Litros
mL: Mililitros
ρ: Densidad
kHz: Kilo Herz
MHz: Mega Herz
W: Watts
V: Volumen
T: Temperatura
VPN: Valor Presente Neto
TIO: Tasa de interés de oportunidad
TIR: Tasa interna de retorno
R B/C: Relación beneficio - costo
COP: Peso Colombiano
USD: Dólar Estadounidense
. : Separador de decimales
, Separador de miles
' : Separador de millones
AGI: (Ácidos Grasos Insaturados)
MUFAS: (monounsaturated fatty acids)
SFA (Ácidos Grasos Saturados)

GLOSARIO

ACIDOS GRASOS ESENCIALES: denominados esenciales, ya que el organismo los requiere para su correcto funcionamiento debido a que el cuerpo no los puede sintetizar por sí mismo, siendo adquiridos a través de la alimentación. Dentro de estos se puede encontrar los ácidos poliinsaturados (omega-3 y omega-6), teniendo como precursores, los ácidos alfa-linolénico y linoleico.

BATCH: en este modo de operación la alimentación es cargada al comienzo de la operación dentro de un recipiente y luego de un cierto tiempo, el contenido de este es removido o descargado.

CROMATOGRAFIA DE GASES: la cromatografía es un método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una de las cuales es la fase estacionaria, de gran área superficial, y, la otra es un fluido (fase móvil) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria. En este método ocurren dos fenómenos de gran importancia: la adsorción, la cual es una retención de una especie química en los sitios activos de la superficie de un sólido, quedando delimitado el fenómeno a la superficie que separa las fases o superficie interfacial; y, la absorción, la cual es la retención de una especie química por parte de una masa y depende de la tendencia que tiene ésta a formar una mezcla o reaccionar químicamente con la misma.

PRUNUS PERSICA: proveniente de China e introducido en Europa desde Persia, es un pequeño árbol frutal caducifolio, con una altura de hasta 7 metros y con ramas que nacen muy cerca del suelo. Tiene una corteza lisa de color grisáceo y en sus ramas, hojas que suelen ser simples y de forma lanceolada de color verde vivo de tamaño entre 7 a 15 cm de longitud. Su fruto, que es el Durazno, es una drupa globosa que tiene diferentes colores tales como desde amarillo hasta rojo-granate, con tamaños desde 7 cm de diámetro. Este posee un hueso duro y rugoso llamado endocarpio, el cual contiene una semilla en su interior.

TRANSFERENCIA DE MASA: es la tendencia de uno o más componentes de una mezcla a transportarse desde una zona de alta concentración del o de los componentes a otra zona donde la concentración es menor.

RESUMEN

Este trabajo evaluó la obtención de aceite de semilla de durazno, la semilla se obtuvo como desecho en una empresa de jugos naturales y pulpas. El aceite se extrajo mediante los métodos Soxhlet y Arrastre de Vapor. Las variables de proceso fueron el tamaño de partícula, el tipo de solvente y el tiempo de extracción, la variable de respuesta fue el rendimiento. El diseño de experimentos se realizó acorde a la revisión bibliográfica previa, se estableció una proporción de sólido: líquido de 1:4 con unas temperaturas de extracción de entre 50-60°C para n-Hexano y 60-70°C para Etanol.

Los mejores porcentajes de rendimiento del método Soxhlet fueron 54% y 16,80% utilizando n-Hexano y Etanol respectivamente. Con tamaños de partícula de 0,425 mm y tiempo de extracción de 4 horas. En cuanto al método de Arrastre de Vapor, los rendimientos obtenidos fueron 17,19% y 9,04% utilizando n-Hexano y Etanol correspondientemente, extraídos con un tamaño de partícula de 0,425 mm y tiempo de operación de 2 horas.

La caracterización fisicoquímica de la muestra de mayor rendimiento reveló un índice de yodo de 97,75 g I/g, índice de saponificación de 200,08 mgKOH/g, índice de peróxidos de 23,64 meq/g, índice de acidez de 0,98 mgKOH/g, índice de refracción de 1,38 nD y densidad de 0,89 g/mL

A partir de los resultados obtenidos en las extracciones, se propuso un diseño de planta piloto con el método de mayor rendimiento (Soxhlet) utilizando Etanol como solvente. Estableciendo una capacidad de producción de 0,84 kg/h de aceite de semilla de durazno, con un ingreso de materia prima de 5 kg/h y un consumo energético de 26,9484 kWh/día.

Finalmente se estableció la factibilidad financiera del proyecto utilizando una proyección de 10 años, mediante una inversión de \$44'141.860 COP. Teniendo costos variables para la parte energética y mano de obra de \$38'499.457 COP y \$46'685.176 COP en materia prima. El Valor Presente Neto fue de -\$120'640.000 COP, con una Tasa Interna de Retorno negativa y Relación Beneficio/Costo de -1,72. Obteniendo una **no** viabilidad financiera para el proyecto.

PALABRAS CLAVE: semilla de Durazno, aceite esencial, Soxhlet, Arrastre de vapor.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Colombia es uno de los mayores productores de frutas a nivel mundial, posicionándose así en el tercer lugar de los países latinoamericanos con mayor cantidad de hectáreas cultivadas en frutales, con una participación de 759.231 hectáreas (ha)¹. Dentro de esta cantidad de frutas se encuentra el Durazno, el cual para el 2011, el portal Agronet² reportó cifras de 1.489 ha, con una producción de 18.848 toneladas de Durazno teniendo así un incremento para el 2016 de 2.057 ha y una producción de 27.290 toneladas pronosticando su continuo crecimiento dentro del país para ser una de las mayores frutas producidas gracias a los factores climáticos que se ofrece en diferentes regiones tales como Santander y Boyacá.

El Durazno ha sido utilizado en diferentes industrias, dentro de ellas en refrescos a base de productos naturales y néctares los cuales su producción ha venido aumentando cerca del 80% en el país. Como la producción aumenta, paralelamente aumenta la disposición de sus residuos, entre ellos la semilla de Durazno. Con este panorama se plantea una oportunidad de investigación debido a empresas que utilizan la pulpa del Durazno, desechando la semilla. Por tal motivo, se realizó la búsqueda de fuentes bibliográficas enfocadas para este proyecto, las cuales reportan que, usando la semilla de Durazno mediante métodos de extracción como Arrastre de Vapor y Soxhlet, se logró obtener aceite esencial siendo un producto con un valor atractivo para diversos usos en industrias como la alimenticia, farmacéutica, de cosméticos, entre otras.

En el presente proyecto se realizó la obtención de aceite de semilla de Durazno proveniente de la familia *Prunus Pérsica*, mediante el planteamiento de variables influyentes en el desarrollo experimental para obtener un valor de respuesta, el cual fue el rendimiento. Estas variables fueron utilizadas para el desarrollo de un diseño experimental seleccionando dos métodos: Soxhlet y Arrastre de Vapor. Dichas variables fueron el tamaño de partícula de la semilla de Durazno, tipo de solvente y tiempo de extracción del proceso, las cuales permitieron identificar el comportamiento de cada una de estas en el desarrollo experimental, estableciendo que, a menor tamaño de partícula, se logró obtener un mejor rendimiento. Una vez obtenido el aceite, se procedió a realizar la caracterización de la muestra, de acuerdo a parámetros y normas establecidos para aceites esenciales tales como índice de yodo, saponificación, peróxidos, acidez y refracción, densidad y propiedades organolépticas.

Habiendo establecido el método con el que se obtuvo un mayor rendimiento, se realizó la propuesta de planta piloto mediante el cálculo de balances de materia y energía, junto

¹ FAO. 12 claves para una agenda de transformación rural en Colombia. [PDF]. Colombia: FAO. [Consultado 24 septiembre 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Colombia/docs/Mayo_2018/12_claves_para_una_agenda_de_transformaci%C3%B2n_rural_en_Colombia.pdf

² Agronet, Min. Agricultura. Durazno. [PDF]. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado 24 septiembre 2018]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/Documents/31-DURAZNO_2017.pdf

con sus respectivas especificaciones de equipos intervinientes en el proceso, determinando así, por último, la viabilidad financiera del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la obtención de aceite de semilla de Durazno mediante los métodos de extracción soxhlet y arrastre de vapor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las condiciones de operación para la extracción.
- Realizar la extracción de aceite mediante un desarrollo experimental a escala laboratorio.
- Establecer las especificaciones técnicas del método de extracción más eficiente a escala piloto.
- Determinar viabilidad financiera del proyecto del método de extracción más eficiente.

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se realizó una introducción mediante la ayuda de fuentes bibliografías sobre conceptos generales de semillas oleaginosas, composiciones, clasificaciones de ácidos grasos y métodos de extracción de aceites vegetales. Se explicará la composición de la semilla de Durazno y sus características como semilla oleaginosa. Adicional a lo anterior, se describirán los métodos de caracterización para aceites esenciales.

1.1 DEFINICIÓN DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

Son aquellas plantas en las cuales su semilla o fruto permite la extracción de aceite, los cuales, pueden ser utilizados tanto para el consumo humano como para el uso industrial transformados gracias a la Oleoquímica en productos como jabones, cosméticos, detergentes, sustitutos de otros aceites, entre otros. La principal característica de las células de semillas oleaginosas es que posee cuerpos lipídicos y proteicos, en donde se puede encontrar la mayoría de aceite y proteínas presentes.³

1.2 SEMILLAS OLEAGINOSAS.

A continuación, se hablará con mayor profundidad acerca de la composición de las semillas oleaginosas, su producción y diversos usos dentro de la industria.

1.2.1 Composición de semillas oleaginosas. Las semillas oleaginosas se componen de dos partes esenciales, las cuales son los cuerpos lipídicos y los cuerpos proteicos.

- **Cuerpos lipídicos:** se conocen como oleosomas o esferosomas, estas son el lugar principal en donde las semillas oleaginosas reservan sus lípidos en las cuales se almacenan grandes cantidades de triglicéridos en forma de aceites. El tamaño de estas, es aproximadamente entre 1 a 2 μm , pero este puede variar dependiendo del caso que se hable⁴. Los oleosomas son los únicos gránulos rodeados por una monocapa de fosfolípidos, los cuales pueden ser divididos en tres secciones principales: una sección anfipática cercana al amino terminal asociado a la superficie del cuerpo lipídico, una segunda sección central hidrofóbica con alrededor de 70 residuos de aminoácidos no polares y por último, una sección anfipática cercana al carboxilo terminal que tienen contacto con la superficie de la monocapa de fosfolípidos que rodea la matriz de los triglicéridos.⁵

³ GRASSO, Florencia Verónica. Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. [en línea] Tesis doctoral. Argentina. Universidad Nacional de La Plata, 2013. 19 p. [Consultado: 10 enero 2019]. Disponible en:

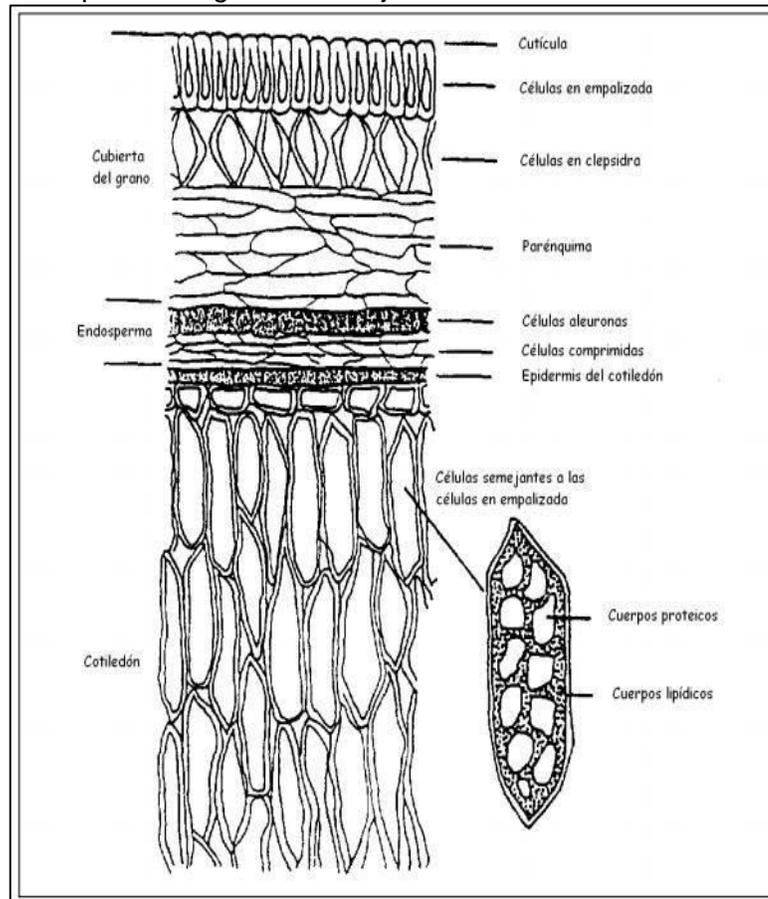
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26889/Documento_completo_.pdf?sequence=1

⁴ Ibid., p. 20.

⁵ Ibid., p. 21.

- **Cuerpos Proteicos:** son vacuolas especializadas en la reserva de proteínas⁶, aproximadamente el 80% de las proteínas de la semilla es de almacenamiento y reserva. Los cuerpos proteicos son solubles en alcohol, pero no en agua. Dependiendo del tipo de semilla oleaginosa, los cuerpos proteicos varían y así también su tamaño.

Ilustración 1. Estructura microscópica del cotiledón y endospermo de granos de soja



Fuente: ROSENTHAL, A; PYLE, D.L y NIRANJAN, K. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction: Review. En: Elsevier Science Inc. [en línea]. Volumen 19, 1 noviembre 1996 P. 401

1.2.2 Producción de aceites de semillas oleaginosas. El comercio internacional a nivel de los aceites esenciales es controlado por dos sectores importantes: el primero incluye las compañías de sabores y fragancias, y el segundo sector por las grandes acopiadoras de materias primas, las cuales están establecidas en un alto volumen en

⁶ TAIZ, Lincon y ZEIGER, Eduardo. Fisiología Vegetal. España: Universidad de Jaume, 2006. 576 p. ISBN 978-84-8021-601-2

Estados Unidos, Europa y Japón⁷. De acuerdo con Forero⁸ la demanda de los aceites esenciales en el transcurso de los años ha sido estable a excepción de algunos momentos, en especial los aceites esenciales tradicionales que continúan ayudando en el crecimiento, lento pero constante del mercado de los productos naturales.

La permanencia en el mercado puede depender de características como la calidad, cantidad y continuidad del producto. Sumado a estas características, también depende los precios internacionales, los cuales varían por factores políticos y/o climáticos ya que muchos aceites esenciales dependen principalmente de la región en donde este se produzca. El aceite de soja se puede considerar como uno de los de mayor importancia y producción a nivel mundial al cual le sigue el aceite de palma, colza y girasol.

Dentro de los principales países productores de aceites y grasas para el periodo de 2014 y 2015, se encuentra en primer lugar Indonesia, seguido de China y en tercer lugar la Unión Europea.

Ilustración 2. Principales países productores de aceites y grasas (en miles de toneladas).

Cuadro N°1. Principales países productores de aceites y grasas (en miles de toneladas)				
Rank	Producto	2014/2015 (oct/set) 000 t	2015/2016e (oct/set) 000 t	Variación
1°	Indonesia	37.664	37.991	0,9%
2°	China	26.484	27.112	2,4%
3°	Unión Europea (UE28)	23.960	23.925	-0,1%
4°	Malasia	22.300	22.264	-0,2%
5°	EE.UU.	17.604	17.993	2,2%
6°	Brasil	10.241	10.531	2,8%
7°	Argentina	9.259	10.203	10,2%
8°	India	8.540	8.298	-2,8%
	Otros	47.812	48.740	1,9%
	Total mundial	203.864	207.057	1,6%

Fuente: Oil World. Oil World Annual 2015 (2015)

1.2.3 Usos de los aceites esenciales en la industria. Los aceites esenciales son productos naturales valiosos utilizados como materias primas en muchos campos, tales como en perfumes, cosméticos, aromaterapia, fitoterapia, especias y nutrición e

⁷ AGENCIA DEL GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. Aceites esenciales: Análisis de la cadena de valor. [sitio web]. Paraguay: USAID/Paraguay. [Consultado: 25 enero 2019]. Disponible en: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites_esenciales.pdf

⁸ FORERO-PEÑUELA, Lury, *et al.* Análisis exploratorio de las exportaciones de aceites esenciales en Brasil: evidencia desde 2000 hasta 2015. IDESIA (Chile) [en línea]. 2016, Vol. 35, nro. 3. [Consultado 15 febrero 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n3/0718-3429-idesia-00301.pdf>

insecticidas⁹. Otro gran uso de estos es en la industria de alimentos para la producción de refrescos y la mejora de propiedades sensoriales en productos alimenticios¹⁰.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos del uso de los aceites esenciales en diferentes industrias:

- Productos para la belleza: la utilización de aceites esenciales en esta industria se ha visto reflejada en la producción de jabones, cremas, tratamientos, perfumes, etc. Para la parte de perfumería y fragancias se ha expandido exponencialmente a nivel mundial¹¹.
- Farmacéutica y terapéutica: los aceites esenciales se utilizan como parte de esta industria por su gran potencial en agentes terapéuticos gracias a aceites tales como de menta, salvia, anís, eucalipto, clavo y árbol de té. Estos aceites se utilizan como expectorante para tratar la bronquitis y la tos, como agentes antibacterianos y como descongestionante del tracto respiratorio.¹²
- Agroalimentario: en esta industria se pueden utilizar en una amplia gama de productos alimenticios como refrescos de confitería y bebidas alcohólicas. También se emplean como material de condimentación, en la parte de la agricultura y la industria alimenticia gracias a sus cualidades antimicrobianas, antivirales, antifúngicos, insecticidas y anticancerígenos; por ello se ha permitido su uso como conservantes en alimentos.¹³
- Industria microbiana: se ha comprobado que los aceites esenciales son de gran uso para el control microbiano. Estos se fabrican para dirigirse a determinados microorganismos con la finalidad de proporcionar una mayor actividad antibacteriana y por ende mantener la calidad y el almacenamiento de productos alimenticios.¹⁴
- Otras industrias: se utilizan en la elaboración de adhesivos, pastas, colas, vendajes quirúrgicos, artículos quirúrgicos, guantes, compuestos a prueba de agua, artículos de goma para uso general, papelería especial y tintas. También en materiales de envoltura, materiales de embalaje, cintas adhesivas y utensilios de cocina. En la

⁹ BUCHBAUER, Gerhard. The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. Institute of Pharmaceutical Chemistry [en línea]. University of Vienna. 2000. Vol. 25. [Consultado 26 febrero 2019]. Disponible en: <https://media.allured.com/documents/0011.pdf>

¹⁰ NAEEM, Ayeza, *et al.* Essential Oils: Brief Background and Uses. Department of Microbiology. Remedy Publications LLC [en línea]. 2018. Vol. 1 [Consultado 7 mayo 2019]. Disponible en: http://www.remedypublications.com/annals-of-short-reports/pdfs_folder/asrs-v1-id1006.pdf

¹¹ *Ibid.*, p. 3

¹² *Ibid.*, p. 3

¹³ *Ibid.*, p. 3

¹⁴ *Ibid.*, p. 4

industria de pulimentos, limpiadores, pinturas, quemadores; en la del petróleo en solventes de la nafta, aceites lubricantes, destilados especiales del petróleo y ceras. En la elaboración de polímeros, pinturas (caseras y diluidas) y barnices. En la industria del cuero, materiales de tapicería, preparaciones de tintes y pigmentos en la industria textil.¹⁵

1.3 ACEITES ESENCIALES

Son compuestos formados por diferentes sustancias orgánicas volátiles, las cuales pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres y aldehídos. Los aceites esenciales son mezclas que pueden tener hasta 100 componentes tales como compuestos de bajo peso molecular, monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos.¹⁶

1.3.1 Clasificación de aceites esenciales. Para definir las clasificaciones de los aceites esenciales, es importante tener en cuenta que estos se dividen basándose en diferentes criterios como lo son la consistencia, origen y naturaleza química de los componentes¹⁷.

- **Consistencia:** de acuerdo a esto, los aceites esenciales se pueden clasificar en¹⁸:
 1. Esencias: líquidos volátiles a temperatura ambiente.
 2. Bálsamos: extractos obtenidos por parte de un árbol o un arbusto. Estos se caracterizan por poseer un alto contenido de ácido benzoico y cinámico. Su consistencia es espesa y poco volátil, los cuales están propensos a sufrir reacciones de polimerización.
 3. Resinas: las cuales se dividen en posibles combinaciones o mezclas.
- **Resinas:** productos amorfos sólidos o semisólidos.
- **Oleoresinas:** mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales. También se emplea este término para nombrar los extractos vegetales obtenidos mediante el uso de solventes, los cuales deben estar libre de dichos solventes en un alto grado.
- **Gomoresinas:** son extractos naturales obtenidos de árboles o plantas.
- **Origen:** clasificándose en¹⁹:

¹⁵ MONTOYA, Giraldo de Jesus. Aceites Esenciales. Una alternativa de diversificación para el Eje Cafetero [PDF]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 174 p. ISBN 958-8280-26-4. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>

¹⁶ MARTÍNEZ, Alejandro. Aceites Esenciales. Facultad Química Farmacéutica. Medellín [en línea]. 2003. [Consultado 15 junio 2019]. Disponible en: http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

¹⁷ Ibid., p. 2

¹⁸ Ibid., p. 2

¹⁹ Ibid., p. 2

1. Naturales: se obtienen de manera directa de la planta, sin sufrir modificaciones físicas ni químicas.
2. Artificiales: mediante procesos de enriquecimiento de la misma esencia de uno o varios de sus componentes.
3. Sintéticos: son producidos por combinaciones de sus componentes lo cual la mayoría son producidos por procesos de síntesis química. Son más económicos por lo cual se utilizan como aromatizantes y saborizantes.

- **Naturaleza Química:** el porcentaje de contenido de aceites esenciales en una planta es generalmente bajo, aproximadamente inferior al 1%, pero mediante extracción se puede obtener en una forma muy concentrada lo cual se puede emplear para diversos usos industriales²⁰.

1.3.2 Composición química de los aceites esenciales. Los aceites esenciales poseen más de 200 componentes, dentro de los cuales están presentes mezclas de terpenos y derivados de fenilpropanoide. Los constituyentes de los aceites esenciales, pueden estar clasificados como fracciones volátiles y no volátiles.²¹

La composición química para la fracción volátil de los aceites aromáticos incluye componentes mono y sesquiterpenos, y varios derivados oxigenados junto con alcoholes, aldehídos alifáticos y esterers.

1. Hidrocarburos: el hidrocarburo es un compuesto químico que se encuentra en los aceites esenciales con sus partes fundamentales conectadas por enlaces de hidrógeno y carbono²². Un ejemplo de hidrocarburos básicos encontrados en los aceites esenciales es el isoterpeno. Los mono-, sesqui- y diterpenos se clasifican bajo el grupo de los terpenos. El monoterpeno es el resultado de combinar dos unidades de isopreno, de la cabeza a la cola, mientras que los sesquiterpenos se forman si tres isoprenos se unen, mientras que los diterpenos se estructuran a partir de cuatro unidades de isopreno enlazadas²³.

²⁰ Ibid., p. 2

²¹ ABDUL AZIZ, Zarith Asyikin, *et al.* Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical and Therapeutic Potential – A Review. Bentham Science Publishers [en línea]. 2018. Vol.19. [Consultado 9 julio 2019]. Disponible en: http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

²² ESPINA, Laura, *et al.* Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes, Food Control. ScienceDirect [en línea]. 2011. Vol. 22. [Consultado 4 marzo 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713510003944>

²³ NTALLI, Nikolleta, *et al.* Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematocidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. Pest Management Science [en línea]. 2011. Vol. 67. [Consultado 11 Agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/49824608_Synergistic_and_antagonistic_interact

2. Alcoholes: los alcoholes en los aceites esenciales presentan excelentes propiedades tales como antisépticos, antivirales, antibacteriano y germicida. La formación de los alcoholes ocurre naturalmente como un solo compuesto o combinado con un terpeno o éster. La interacción de terpenos con oxígeno e hidrógeno pueden resultar en la formación de alcoholes.²⁴

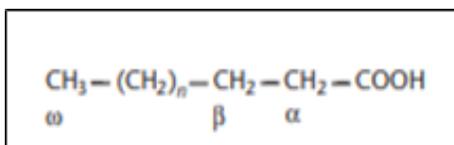
3. Esteres: la formación de ésteres es debido a la interacción entre alcoholes y ácidos. Gracias a la presencia de los grupos alcohólicos dentro de los ésteres, son capaces de dar una actividad antiinflamatoria. Los ésteres más comunes, encontrados dentro de los aceites esenciales son acetato de linilo y acetato de geranilo presentes en los aceites esenciales de bergamota y lavanda, y geranio.²⁵

4. Cetonas: los aceites que poseen grupos con cetonas tienen beneficios para la cicatrización de heridas y mejora la cicatrización en tejidos.²⁶

1.4 ÁCIDOS GRASOS

Cadenas de carbono unidas con un grupo metilo en un extremo de la molécula designados como omega (ω) y un carboxilo al otro extremo. Los ácidos grasos se clasifican en función de la cadena carbonada, diferenciándose los ácidos grasos saturados, los monoinsaturados con un doble enlace y los poliinsaturados con dos o más dobles enlaces.²⁷

Ecuación 1. Nomenclatura para ácidos grasos



Fuente: RUSTAN, Arild y DREVON, Christian. Fatty Acids: Structures and Properties. University of Oslo. Encyclopedia of Life Sciences [en línea]. 2005. [Consultado 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1038/npg.els.0003894>

ions_of_terpenes_against_Meloidogyne_incognita_and_the_nematicidal_activity_of_essential_oils_from_seven_plants_indigenous_to_Greece

²⁴ ABDUL AZIZ. Op. cit., p. 3

²⁵ Ibid., p. 3

²⁶ Ibid., p. 3

²⁷ RUSTAN, Arild y DREVON, Christian. Fatty Acids: Structures and Properties. University of Oslo. Encyclopedia of Life Sciences [en línea]. 2005. [Consultado 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1038/npg.els.0003894>

1.4.1 Clasificación de ácidos grasos. Estos se clasifican en ácidos grasos saturados, insaturados y trans-insaturados.

- **Ácidos grasos saturados:** son una cadena lineal de átomos de carbono unidos mediante enlaces sencillos. Se clasifican de acuerdo a la longitud de la cadena siendo así para cadenas cortas, menor a seis carbonos, para medias entre 6 a 10 carbonos y para largas igual a 12 o más carbonos.²⁸

Las grasas de los alimentos con mayor cantidad de estos ácidos grasos permanecen en estado sólido a temperatura ambiente. Estos ácidos son más resistentes a la oxidación, al calor y a la luz. El grado de saturación de la grasa, indica la dureza y punto de fusión de las grasas y aceites. Algunos ejemplos de ácidos grasos saturados presentes en los alimentos se presentan en la siguiente tabla²⁹:

Tabla 1. Ejemplos de ácidos grasos saturados presentes en algunos alimentos

<i>Nombre del ácido graso</i>	<i>Denominación</i>	<i>N.º de carbonos</i>	<i>Alimentos fuente</i>
Butírico	Butanoico	4	Mantequilla de vaca
Caproico	Hexanoico	6	Mantequilla de vaca
Caprílico	Octanoico	8	Aceite de coco
Cáprico	Decanoico	10	Aceite de coco
Láurico	Dodecanoico	12	Aceite de coco y de palma
Mirístico	Tetradecanoico	14	Aceite de coco y de palma
Palmítico	Hexadecanoico	16	Aceite de palma y de grasa animal
Estearico	Octadecanoico	18	Mantequilla de cacao y grasa animal
Arcaico	Eicosanoico	20	Mantequilla de maní

Fuente: VELÁSQUEZ, Gladys. Lípidos: esenciales para la salud. En: Fundamentos De Alimentación Saludable. Antioquia: Universidad de Antioquia, 2006. p. 46 -63.

- **Ácidos grasos insaturados:** se clasifican según el número de dobles enlaces y de hidrógenos en la cadena de carbono, lo cual, a menos número de hidrógenos, menor saturación. Estos dobles enlaces generan que sean más reactivos químicamente que los ácidos grasos saturados. También poseen una unión flexible en los dobles enlaces, esta característica de su configuración, junto con la presencia de dobles enlaces, contribuyen a que sean más líquidos a temperatura ambiente.³⁰
- **Ácidos grasos cis-monoin saturados:** llamados *MUFAS* (monounsaturated fatty acids). Estos ácidos contienen un único doble enlace, su denominación cis significa que tiene los dos hidrógenos ubicados al mismo lado de los carbonos del doble enlace. Del total de estos ácidos grasos encontrados en los alimentos,

²⁸ VELÁSQUEZ, Gladys. Lípidos: esenciales para la salud. En: Fundamentos De Alimentación Saludable. Antioquia: Universidad de Antioquia, 2006. p. 46 -63.

²⁹ *Ibid.*, p. 47

³⁰ *Ibid.*, p. 47

aproximadamente el 92% es ácido oleico el cual está presente en aceites de oliva y canola junto con el maní, el aguacate, la nuez y los pistachos.³¹

- **Ácidos grasos cis-poliinsaturados:** tienen como denominación el acrónimo PUFAS (polyunsaturated fatty acids), los cuales poseen más de un doble enlace. Dentro de este grupo se encuentran los ácidos grasos linoleico con dos dobles enlaces y el alfa-linolénico de tres dobles enlaces. En los alimentos, el ácido graso alfa-linolénico es el principal ácido graso de la familia omega-3, el ácido linoleico del grupo de los omega-6 y el oleico de los omega-9. Los ácidos alfa-linolénico y el linolénico son ácidos grasos esenciales que el organismo no sintetiza y por ellos se deben consumir por medio de la dieta.³²
- **Ácidos grasos trans:** los ácidos grasos trans (AGT) son ácidos grasos que contienen al menos un doble enlace no conjugado en la configuración trans, lo que da como resultado una forma más lineal. El principal proceso que contribuye a la formación del AGT industrial es la hidrogenación de los aceites vegetales³³. Estos ácidos tienen la característica de ser estables al enranciamiento oxidativo lo que les permite tener un tiempo prolongado de conservación, además, tienen un punto de fusión intermedio entre las grasas saturadas y las insaturadas, por esta razón han sido ampliamente utilizadas por la industria de alimentos³⁴.

El aceite de semilla de Durazno posee altos beneficios, dentro de los cuales se encuentran cantidades importantes de ácidos grasos que contribuyen a la salud, teniendo composiciones de SFA (Ácidos Grasos Saturados) de 8.84 g/ 100 g, AGI (Ácidos Grasos Insaturados) de 91.16 g/100g MUFA (Ácidos Grasos Monoinsaturados) 65.64 g/100 g y PUFAS (Ácidos Grasos Poliinsaturados) 25.52 g/ 100 g³⁵. A continuación, se puede ver las cantidades de diferentes ácidos grasos presentes en el aceite de semilla de Durazno extraído con diferentes solventes:

³¹ Ibid., p. 48

³² Ibid., p. 48

³³ BALLESTEROS VÁSQUEZ *et al.* Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutrición Hospitalaria* [en línea]. 2012, Vol. 27, nro. 1. [Consultado 24 Octubre 2019] Disponible: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100007. ISSN 1699-5198

³⁴ BHARDWAJ, Swati; PASSI, Santosh Jain y MISRA, Anoop. Overview of trans fatty acids: Biochemistry and health effects. *PubMed* [en línea]. 2011, Vol. 5, nro. 3. [Consultado 24 Octubre 2019]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/229425726_Overview_of_trans_fatty_acids_Biochemistry_and_health_effects/link/5b9d7cd9299bf13e60343e79/download

³⁵ WU, Hao, *et al.* Essential oil extracted from peach (*Prunus persica*) kernel and its physicochemical and antioxidant properties. *LWT- Food Science and Technology*. [en línea]. 2011. [Consultado 16 septiembre 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/232372132_Essential_oil_extracted_from_peach_Prunus_persica_kernel_and_its_physicochemical_and_antioxidant_properties

Tabla 2. Composición de ácidos grasos para aceite de semilla de Durazno con diferentes solventes

Table 2
Fatty acid composition (%w/w) of oils extracted with different solvents (means \pm S.D.).

Fatty acid	Petroleum ether extract	Chloroform extract	Ethyl ether extract	Hexane extract
Decanoate(10:0)	0.026 \pm 0.001 ^a	0.021 \pm 0.005 ^b	0.026 \pm 0.001 ^a	0.027 \pm 0.003 ^a
Myristic(14:0)	0.023 \pm 0.002 ^a	0.024 \pm 0.004 ^a	0.023 \pm 0.005 ^a	0.027 \pm 0.007 ^a
Pentadecanoate(15:0)	0.010 \pm 0.002 ^a	0.011 \pm 0.001 ^a	0.010 \pm 0.003 ^a	0.018 \pm 0.004 ^b
Palmitic(16:0)	5.632 \pm 0.013 ^a	5.634 \pm 0.114 ^a	5.691 \pm 0.086 ^a	6.355 \pm 0.035 ^b
Palmitoleic(16:1,n-7)	0.276 \pm 0.051 ^a	0.277 \pm 0.098 ^a	0.280 \pm 0.016 ^a	0.252 \pm 0.001 ^a
Heptadecanoic(17:0)	0.064 \pm 0.014 ^a	0.063 \pm 0.008 ^a	0.064 \pm 0.004 ^a	0.060 \pm 0.012 ^a
Stearic(18:0)	1.966 \pm 0.231 ^a	1.965 \pm 0.089 ^a	1.983 \pm 0.007 ^a	1.917 \pm 0.011 ^a
Oleic(18:1,n-9)	65.77 \pm 1.293 ^a	65.74 \pm 0.361 ^a	65.76 \pm 2.034 ^a	61.87 \pm 0.068 ^b
Linoleic(18:2,n-6)	25.98 \pm 1.970 ^a	26.02 \pm 0.892 ^a	25.89 \pm 0.999 ^a	29.07 \pm 0.013 ^b
Linolenic(18:3,n-3)	0.131 \pm 0.011 ^a	0.131 \pm 0.002 ^a	0.132 \pm 0.007 ^a	0.161 \pm 0.000 ^b
Arachidic(20:0)	0.034 \pm 0.002 ^a	0.034 \pm 0.005 ^a	0.034 \pm 0.006 ^a	0.038 \pm 0.003 ^a
Eicosaeonic(20:1,n-9)	0.032 \pm 0.006 ^a	0.034 \pm 0.005 ^a	0.034 \pm 0.001 ^a	0.042 \pm 0.001 ^b
Behenic(22:0)	0.023 \pm 0.007 ^a	0.024 \pm 0.004 ^a	0.024 \pm 0.006 ^a	0.030 \pm 0.006 ^b
Lignoceric(24:0)	0.016 \pm 0.001 ^a	0.017 \pm 0.003 ^a	0.041 \pm 0.004 ^b	0.118 \pm 0.013 ^a
SFA	7.891 \pm 0.147 ^a	7.889 \pm 0.089 ^a	8.620 \pm 0.154 ^b	8.713 \pm 0.168 ^b
MUFA	66.08 \pm 1.891 ^a	66.05 \pm 2.138 ^a	66.07 \pm 1.332 ^a	62.16 \pm 0.979 ^b
PUFA	26.01 \pm 1.001 ^a	26.06 \pm 0.798 ^a	25.92 \pm 0.089 ^a	29.11 \pm 2.371 ^b
UFA	92.10 \pm 1.873 ^a	92.10 \pm 2.504 ^a	91.99 \pm 0.956 ^a	91.27 \pm 3.112 ^a
S/U	0.086 \pm 0.000 ^a	0.086 \pm 0.002 ^a	0.094 \pm 0.002 ^b	0.095 \pm 0.001 ^b

SFA: Total saturated fatty acids; MUFA: Total monounsaturated fatty acids; PUFA: Total polyunsaturated fatty acids; UFA: Total unsaturated fatty acids; S/U: values of ratio saturated/unsaturated fatty acids.

^{a-b} Means within the same row not followed by the same letter differ significantly ($p < 0.05$). Each experiment was performed in triplicates.

Fuente: WU, Hao, *et al.* Essential oil extracted from peach (*Prunus persica*) kernel and its physicochemical and antioxidant properties. LWT- Food Science and Technology

1.5 CARACTERIZACION DE ACEITES VEGETALES

1.5.1 Propiedades Fisicoquímicas. Para conocer las características del aceite a extraer, es necesario realizar las siguientes caracterizaciones, dentro de las cuales se encuentran:

1.5.1.1 Índice de Yodo. De acuerdo con la NTC 283³⁶, define el índice de yodo como la determinación del grado de insaturación de una grasa, expresado como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 g de muestra. Su principio se basa en la dilución de la porción de ensayo en un solvente y adición del reactivo de Wijs. Después de un tiempo específico, se adiciona yoduro de potasio y agua y se titula la liberación de yoduro con una solución de tiosulfato sódico.

1.5.1.2 Índice de Peróxidos. La NTC 236³⁷, define el índice de peróxidos como la cantidad de estas sustancias en la muestra, expresada en términos de miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo, el cual el yoduro de potasio oxida bajo las condiciones del ensayo descrito. El valor de peróxido usualmente se expresa en miliequivalentes (meq) de oxígeno activo por kilogramo de aceite, pero también se puede expresar (en las unidades SI) en milimoles (mmol) de oxígeno activo por kilogramo de aceite.

El valor expresado en milimoles de oxígeno activo por kilogramo es la mitad de la que se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo. La multiplicación del valor de peróxido (meq de oxígeno activo por kilogramo) por la masa equivalente de oxígeno (que es igual a 8) suministra los miligramos de oxígeno activo por kilogramo de

³⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de yodo. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 283)

³⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de peróxido. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 236)

aceite. Su principio se basa en disolver la muestra del ensayo en isooctano o cloroformo y ácido acético glacial se añade yoduro de potasio. El yodo liberado por los peróxidos se determina yodométricamente con un indicador de almidón y una solución normalizada de tiosulfato de sodio. El punto final de la titulación se determina visualmente.

1.5.1.3 Índice de Saponificación. De acuerdo con la NTC 335³⁸, el índice de saponificación es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requiere para saponificar 1 g del producto ensayado. El principio de esta caracterización consiste en que la muestra de ensayo se saponifica por ebullición a reflujo mediante un exceso de hidróxido de potasio con solución normalizada de ácido clorhídrico.

1.5.1.4 Índice de Acidez. La NTC 218³⁹ especifica que la acidez se expresa preferiblemente como índice de acidez o alternativamente como acidez calculada convencionalmente. Siendo así la acidez el contenido de ácidos grasos libres determinados con el procedimiento especificado en esta norma, expresado como porcentaje en masa. Para esto, también es necesario definir el índice de acidez, el cual es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 g de grasa, cuando se determina de acuerdo con el procedimiento especificado en esta norma.

1.5.1.5 Índice de Refracción. La NTC 289⁴⁰, define que el índice de refracción es la relación de la velocidad de la luz de una longitud de onda definida, en el vacío, con su velocidad en el medio. El principio de esta caracterización es la medición del índice de refracción de una muestra líquida a una temperatura especificada, por medio de un refractómetro adecuado.

1.5.2 Densidad. Tomando la como referencia NTC 336⁴¹, la densidad es la relación de la masa de una grasa en el aire con su volumen a una temperatura dada, la cual esta expresada en kilogramos por litro. Su principio se basa en la medida de la masa, a una temperatura específica, de volumen de grasa líquida en un picnómetro calibrado.

³⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de saponificación. Bogotá: ICONTEC, 2019. (NTC 335)

³⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 218)

⁴⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de refracción. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 289)

⁴¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación de la densidad (masa por volumen convencional). Bogotá: ICONTEC, 2016. (NTC 336)

1.5.3 Cromatografía de gases. Para este análisis, se propone de este tipo de cromatografía con acople a espectrometría de masa. De acuerdo a lo mencionado por la Universidad de Mexico⁴² es una técnica analítica de gran potencial que permite elucidar estructuras químicas, se basa en la medición de la relación masa/carga de especies moleculares.

Las determinaciones requieren de la generación de especies cargadas eléctricamente, lo cual se logra por diferentes metodologías como pueden ser el impacto electrónico, el bombardeo de átomos rápidos (FAB), el análisis directo en tiempo real (DART) y la generación de iones enlazados. La medición de la relación masa/carga nos permite también saber el peso molecular exacto de la molécula. Esta técnica analítica es imprescindible para varias ramas de la industria química como: petroquímica, farmacéutica, cosmetológica, de alimentos, entre otras. Entre algunas aplicaciones podemos nombrar el análisis de muestras de: productos organometálicos, productos naturales, productos de síntesis, contaminantes ambientales, productos del área bioquímica, polímeros, biomoléculas pequeñas, etc. Dentro del análisis cualitativos de esta muestra se encuentra perfil cromatográfico de aceites esenciales y perfil cromatográfico de ácidos grasos en grasas y o aceites

1.6 GENERALIDADES DEL DURAZNO

El Durazno a lo largo del tiempo, se ha convertido en una fruta con una producción que ha crecido, siendo así, utilizado en diferentes industrias. Es consumida como fruta fresca, también se puede procesar y obtener mermeladas, jaleas, almíbares y pulpa concentrada; además de obtener jugos y bases para otros productos agroindustriales.⁴³

Los distintos órganos de la planta (hojas, flores y frutos) poseen múltiples propiedades medicinales, útiles contra afecciones hepáticas, tiñas, herpes, trastornos nerviosos, perlesías, tullimientos y decaimientos, además de excelentes propiedades vermífugas.⁴⁴ La madera obtenida de las podas y resepas se utiliza como leña de buenas propiedades calóricas.⁴⁵

La producción de Durazno a nivel mundial es una de las actividades que ha registrado el mayor incremento, en relación con los demás frutales caducifolios (manzanos,

⁴² Universidad Nacional de Mexico. Espectrometría de Masas. 2016. [Consultado 25 octubre 2018] Disponible en: <https://www.iquimica.unam.mx/labserv/lab-cert?id=180>

⁴³ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Guía Técnica del Cultivo del Melocotón. [En línea]. El Salvador: Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura. Frutal Es [Consultado 16 julio 2019]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0220e/B0220e.pdf>

⁴⁴ ROJO, G. Durazno. Prunus pérsica. En: Siembra y cultivo de árboles frutales. México D. F., México: Gómez Gómez Hnos. Editores. 1986. p. 25- 29.

⁴⁵ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Op.cit., p. 7.

perales, duraznero y ciruelo)⁴⁶. La mayor producción de Durazno en el mundo es de China, seguido de Italia y Estados Unidos. A nivel latinoamericano y del hemisferio sur, Chile lidera la producción de este cultivo, dirigiendo sus exportaciones principalmente a Estados Unidos con más de la mitad del total exportado (58.941 toneladas de un total de 97.564,5 toneladas), Holanda, Reino Unido, México y en el hemisferio sur a Brasil, principalmente enlatado⁴⁷.

1.6.1 Clasificación y descripción botánica. El durazno, duraznero o melocotonero (*Prunus pérsica* (L.) Batsch.) Pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Prunoideae, subgénero Amygdalus (L.) Focke.⁴⁸ Es originario de China y fue cultivado en Persia (actualmente Irán) antes de ser introducido en Europa⁴⁹. El duraznero pertenece a los frutos de hueso (stonefruit) que incluyen centenares de especies del género Prunus.⁵⁰ Este se clasifica botánicamente como: que incluyen centenares de especies del género Prunus. Este se clasifica botánicamente como:

Tabla 3. Clasificación Botánica del Durazno

CLASE	Dicotyledoneae
FAMILIA	Rosacea
SUBFAMILIA	Prunoidea
GENERO	Prunus
ESPECIE	Pérsica

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Guía Técnica del Cultivo del Melocotón. [En línea]. El Salvador: Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura. [Consultado 16 julio 2019]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0220e/B0220e.pdf>.

⁴⁶ LLAMAS *et al.* Diseño y establecimiento de modelos para la producción competitiva de Durazno en Zacatecas. En: Clientes, A.C. (ed). Memorias II Congreso. Consejo de Productores de Durazno de Aguas, Mexico D.F.: Universidad Autónoma de Zacatecas. 2006.

⁴⁷ ASVID LTDA. Sector Fruticultura Informe para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. [En línea]. Santiago, Chile: CNIC Chile, 2009. [Citado el 16 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/42006978-Sectores-emergentes-en-fruticultura.html>

⁴⁸ MIRANDA, Diego; FISCHER, Gerhard y CARRANZA, Carlos. Los frutales caducifolios. Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo en Colombia. [En línea]. Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. [Citado el 16 de agosto de 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/259339482_Los_frutales_caducifolios_en_Colombia_Situacion_actual_caracterizacion_de_sistemas_de_produccion_y_plan_de_desarrollo/links/00b7d52b194cb4eb31000000/Los-frutales-caducifolios-en-Colombia-Situacion-actual-caracterizacion-de-sistemas-de-produccion-y-plan-de-desarrollo.pdf

⁴⁹ WESTWOOD, Melvin. Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture. 3 ed. Portland, Oregon: Timber Press, 2009. 536 p. ISBN: 978-160-4690-70-5

⁵⁰ LOONEY, N.E y JACKSON, David. Stonefruit. En: Temperate and Subtropical Fruit Production. 2 ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1999. p. 171-188.

1.6.1.1 Tallo. Árbol pequeño, su copa mide de 5 a 6 metros, es ovalada y aplomada. Las ramas gruesas son divergentes, cambian de color rojizo a parduzco, se resquebrajan a una edad avanzada;⁵¹ las ramas jóvenes son verdes, se vuelven rojizas y de color pardo (café-grisáceo) a medida envejecen.

1.6.1.2 Árbol. El tronco es medianamente grueso y corto, con corteza de color pardo que se desprende en láminas.⁵² En climas tropicales de altura, alcanzan un porte mediano; en las tierras altas de Colombia, se encuentran árboles de hasta 8 metros de altura.⁵³

Ilustración 3. Árbol del Durazno



Fuente: BIODIVERSIDAD ALIMENTARIA, Alianza Nacional. [En línea] [Consultado 4 agosto 2019] Disponible en: <https://www.biodiversidadalimentaria.cl/Durazno/>

Genéticamente, los durazneros son mucho menos variables que los manzanos y perales⁵⁴ y los cultivares son bastante homocigóticos porque han sido autofecundados por muchas generaciones.⁵⁵ La vida del duraznero es relativamente corta, hasta máximo 30 años, en cultivos comerciales solamente de unos 12 a 15 años y la producción de fruto inicia al segundo o tercer año.⁵⁶

⁵¹ SILVA LEZAMA, Antonio. Cultivo de árboles frutales. /Cultivos especiales. El Duraznero. En: Granja. Arboricultura. Frutales e Industrialización de los productos de La Granja. Buenos Aires, Argentina: Hobby, 1968. p. 7.

⁵² ROMERO, A. Guía de producción de Durazno en Honduras. Honduras: La Lima, HN, FHIA, 2002. 19 p.

⁵³ CASTRO SILVA, Alvaro *et al.* Manejo post-cosecha y comercialización del Durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch). Serie de paquete de Capacitación sobre Manejo de Post-cosecha de frutas y Hortalizas. Colombia: NRI, DFID, SENA, Convenio SENA Reino Unido. OP Graficas, 1998. p. 372

⁵⁴ WESTWOOD. Op.cit., p.110.

⁵⁵ RYUGO, Kay. Fruticultura: ciencia y arte. Mexico: AGT Editor, 1993. 460 p. ISBN: 978-968-4630-71-0

⁵⁶ MIRANDA, Diego; FISCHER, Gerhard y CARRANZA, Carlos. Op.cit., p.24-25.

1.6.1.3 Hojas. Son simples, lanceoladas, de 7.5 a 20 cm de longitud y de 2 a 5 cm. de ancho, largamente acuminadas, con el margen o bordes finamente aserrados. Poseen haz verde claro a brillante, lampiñas por ambas caras; pecíolo de 1 a 1.5 cm de longitud, con 2 a 4 glándulas cerca del limbo.⁵⁷ Se encuentran espaciadas, colocadas en forma alterna en las ramas, aisladas o unidas en grupos de dos o tres, siendo la hoja central la más desarrollada.⁵⁸

Ilustración 4. Hojas del árbol de Durazno



Fuente: BIODIVERSIDAD ALIMENTARIA, Alianza Nacional. [En línea] [Consultado 4 agosto 2019] Disponible en: <https://www.biodiversidadalimentaria.cl/Durazno/>

1.6.1.4 Flor. Son generalmente solitarias, a veces en parejas, casi sentadas, de color rosa a rojo (según la variedad) y de 2 a 3.5 cm. de diámetro.⁵⁹ Cada yema floral produce una flor axilar, completa y hermafrodita; el cáliz es gamosépalo, caduco; la corola está compuesta por cinco pétalos dispuestos alternadamente con los sépalos. Los estambres son de 25 a 30, insertos en el borde del receptáculo, nacen en el fondo de la copa, por lo cual el ovario fecundado forma una drupa sípera monosperma.⁶⁰

⁵⁷ INFOAGRO. El Cultivo del melocotón. [En línea]. Madrid, España, 2012. [Consultado 5 febrero 2019]. p. 23. Disponible en: https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melocoton.htm

⁵⁸ ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Manual del cultivo del Melocotón. Guatemala: PROFRUTA-MAGA, 1999. 38 p.

⁵⁹ INFOAGRO. Op. cit., 12.

⁶⁰ ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Op. cit., p 29.

Es una especie considerada como autocompatible en su polinización, quizás autógena, no alternante. La fecundación tiene lugar de 24 a 48 horas después de la polinización.⁶¹ Esta característica permite la plantación en grandes lotes de variedades autofructíferas, sin necesidad de otras variedades para la polinización. Algunas variedades no poseen polen viable y no son autofructíferas, por lo que necesitan plantarse junto a otra de polen viable para permitir la polinización.⁶²

Ilustración 5. Flor del árbol de Durazno



Fuente: BIODIVERSIDAD ALIMENTARIA, Alianza Nacional. [En línea] [Consultado 4 agosto 2019] Disponible en: <https://www.biodiversidadalimentaria.cl/Durazno/>

1.6.1.5 Fruto. El fruto es una drupa de forma globosa u ovoide con diámetro de 4 a 10 cm, de colores entre amarillos y rojos.⁶³ Posee una epidermis delgada, lisa o pubescente, de color verde amarillenta, rojiza o púrpura. La pulpa carnosa o mesocarpo es de color blanca, amarilla o rojiza, es succulenta, dulce y perfumada; adherida o no a la semilla o hueso, dependiendo de la variedad.

⁶¹ INFOAGRO. Op. cit., 12.

⁶² ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Op. cit., p 30.

⁶³ BAUGHER, Tara. Anatomy and taxonomy. En: Concise encyclopedia of temperate tree fruit. New York: Food Products, 2003. p. 3-8.

El endocarpo, de hueso o carozo contiene una semilla.⁶⁴ El exocarpo del fruto puede ser tomentoso en el caso del durazno. De piel lisa que lo hace propenso al rayado mecánico y al daño por plagas.⁶⁵

Tabla 4. Contenido nutricional del melocotón en 100 gramos de pulpa fresca.

COMPONENTE	CANTIDAD	COMPONENTE	CANTIDAD
Proteína (g)	06-1	Acido Cítrico (mg)	370
Grasas (%)	0.1	Tiamina	0.03
Azúcar (g)	5	Sodio (mg)	1.0
Lípidos (g)	0.1	Potasio (mg)	160
Agua (g)	86.6	Calcio (mg)	8.0-9.0
Carbohidratos (g)	6-118	Magnesio (mg)	10.0
Fibra Dietética	1-16	Manganeso (mg)	0.11
Caloría (Kcal)	24-46	Hierro (mg)	0.4-0.5
Ceniza (%)	0.6	Cobre (mg)	0.01
Coolesterol (mg)	0	Fósforo (mg)	19.0-29.0
Vitamina A	(30 mg) 660 UI	Azufre (mg)	7.0
Vitamina B6 (mg)	0.02	Cloro (mg)	5.0
Acido Pantoténico (mg) (B2)	0.12	Vitamina C (mg)	7.0-28.0
Acido Nicotínico (mg)	1.0	Acido Málico (mg)	370

Fuente: CASTRO SILVA, Alvaro *et al.* Manejo post-cosecha y comercialización del Durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch). Serie de paquete de Capacitación sobre Manejo de Post-cosecha de frutas y Hortalizas. Colombia: NRI, DFID, SENA, Convenio SENA Reino Unido. OP Graficas, 1998. p. 372

Los duraznos blancos son apreciados por su sabor y aroma distintos, sin embargo, debido a que son muy blandos y susceptibles a daño mecánico y al pardeamiento de la pulpa no son competitivos con los duraznos amarillos en los cuales los carotenoides pueden enmascarar la oxidación de los tejidos⁶⁶. El durazno se compone de cinco partes fundamentales como lo muestra la siguiente imagen:

⁶⁴ ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Op. cit., p 31.

⁶⁵ BAUGHER, Tara. Op. cit., p.5.

⁶⁶ LAYNE, Desmond y BASSI, Daniele. Botany and taxonomy. En: The peach: botany, production and uses. Wallingford, UK: CABI, 2008. p.1-36

Ilustración 6. Partes del fruto de durazno



Fuente: MORALES, Juan. Introducción a la Producción de cultivos. [dispositivas]. Puerto Rico, 2015. Universidad de Puerto Rico. 13 diapositivas, color. [Consultado 4 septiembre 2019].

1.6.1.6 Clasificación del fruto Existen dos grupos de melocotones de acuerdo a la pubescencia de la piel, la adherencia de la semilla a la pulpa y el color de la pulpa⁶⁷. Los frutos con carne blanda, con pulpa sin adherencia al endocarpo, se suelen utilizar para el consumo en fresco ya que poseen poca resistencia a la manipulación. Por otro lado, los que poseen carne dura con su pulpa adherida al endocarpo, se emplean para el consumo y tienen un alto potencial para la agroindustria.⁶⁸

1. De piel pubescente: nombrados pubescente o peludos, por lo general tienen vellosidades, pelusas o una superficie aterciopelada.⁶⁹

- **Pulpa adherida al hueso o semilla:** pueden ser de pulpa blanca (conocidos como Duraznos blancos o criollos), de pulpa amarilla (conocidos como melocotones o Duraznos amarillos) y de pulpa rojiza (llamados de corazón colorado).⁷⁰

- **Pulpa no adherida al hueso:** conocidos como Duraznos priscos. Pueden ser de pulpa blanca, amarilla y rojiza.⁷¹

2. De piel lisa: las nectarinas se consideran frutos sin importancia en Centroamérica. En Guatemala se han realizado pruebas con diferentes variedades, que demuestran adaptabilidad y aceptación en los mercados locales.⁷²

⁶⁷ ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Op. cit., p. 30.

⁶⁸ INFOAGRO. Op. cit., p. 12.

⁶⁹ CASTRO SILVA, Alvaro *et al.* Op. Cit., p. 89.

⁷⁰ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Op.cit., p.6

⁷¹ *Ibid.*, p. 6.

⁷² ALVARADO, Q, H. y GONZALEZ R., I. Op.cit., p. 15.

1.6.2 Variedades de Durazno en Colombia. Los frutales de hoja caduca (Duraznos-melocotón, ciruelas, peras y manzanas fueron introducidos al país, por los españoles, ubicándolos principalmente en el departamento de Boyacá, donde han tenido relativamente una buena adaptación. Posteriormente, se establecieron en departamentos como Nariño, Putumayo, Cundinamarca, Caldas, Santanderes y Valle entre otros, con los mismos resultados.⁷³

Estos frutales que son originarios de zonas templadas que corresponden a latitudes entre 30° a 55° en el hemisferio norte y 30° a 45° en el hemisferio sur, se han adaptado a nuestro medio estableciéndolos en zonas de altitud, pero se han presentado algunos problemas debido principalmente a la climatología tan inestable que se presenta en nuestras zonas frías.⁷⁴

Los durazneros se clasifican por la presencia de tricomas en la piel y por la adherencia de la pulpa al hueso. Duraznos propiamente dichos (*Prunus Pérsica* L.) son aquellos que tienen la piel aterciopelada y la pulpa está unida al hueso. El melocotón (*Prunus persica* L.) es de piel aterciopelada, pero la pulpa no está unida al hueso. Se llaman también Duraznos abridores o priscos. El nectarino (*Prunus persica* var. Nectarino) es de piel lisa y pulpa no unida al hueso. Se les denomina además como Duraznos calvos.⁷⁵

1. Variedades de Durazno propiamente dichos

- *Blanco Común*: de piel amarilla clara y pulpa blanca amarillenta. Forma ligeramente redonda y de tamaño mediano con peso promedio de 130 g. La pulpa posee un ligero sabor insípido y se utiliza básicamente en la industria de mermeladas, compotas y otras. Adaptación de 1.800 a 3.000 msnm.⁷⁶
- *Flor Blanca*: piel amarilla pálida y pulpa blanca de buen sabor. Forma redondeada y de tamaño mediano con un peso promedio de 130 g. Como característica principal tiene la de poseer la flor pétalos de color blanco y no defoliar. En este Durazno existe también el tipo melocotón. Adaptación de 2.200 a 2.700 msnm.⁷⁷
- *Floridas*: el de color rojo con fondo amarillo y pulpa amarilla de sabor insípido. Forma redondeada, ligeramente achatada hacia la zona distal. Tamaño mediano a grande con un peso promedio de 140 g. De producción prolífica y precoz. Es muy delicado para el transporte. En estas características se trata de condensar las de las diferentes variedades de Florida, que pueden variar básicamente en la intensidad del color de la piel y algunas que poseen pulpa blanca. Adaptación de 1.800 a 2.700 msnm.⁷⁸

⁷³ MIRANDA, Diego; FISCHER, Gerhard y CARRANZA, Carlos. Op. cit., p. 47.

⁷⁴ Ibid., p. 47.

⁷⁵ Ibid., p. 52.

⁷⁶ Ibid., p. 53.

⁷⁷ Ibid., p. 53.

⁷⁸ Ibid., p. 53.

- *Camuezo*: de piel amarilla encendida y pulpa amarilla encendida. Forma redondeada, de tamaño mediano con un peso promedio de 125 g. Producción prolífica pero ligeramente tardía. Susceptible a la manipulación postcosecha. Se utiliza con buenos resultados como portainjerto de todas las variedades de duraznero y algunas de ciruelo. Las características del fruto de este Durazno son muy parecidas al Jarillo, que se produce en Venezuela y que se importa en gran cantidad. Adaptación de 2.000 a 2.700 msnm.⁷⁹
- *Conservero Amarillo*: de piel amarilla y pulpa amarilla con coloración rojiza al rededor del hueso. Forma redondeada. De tamaño mediano con peso promedio de 135 g. Fue introducido del Ecuador. Adaptación de 2.500 a 2.700 msnm.
- *Riograndense*: proviene del cruzamiento entre 'Brillante' y 'NJC 97'. De piel amarilla con coloración rojiza hasta un 50%. Pulpa amarilla viva firme, con sabor moderadamente dulce. La pulpa se utiliza también en la industrialización con óptimo rendimiento. De forma redonda, sin punta y con sutura levemente desarrollada. Tiene un peso promedio de 100 a 110 g. Extremadamente susceptible a la manipulación postcosecha. Adaptación de 2.200 a 2.700 msnm.⁸⁰
- *Dorado*: de piel amarilla con ligera pigmentación roja, pulpa amarilla oro con coloración rojiza al rededor del hueso. Forma redondeada, con sutura levemente desarrollada, con un peso promedio de 150 g. Posee buenas características para la industrialización, lo mismo que por su buen contenido de azúcar, para el consumo en fresco. Adaptación de 2.200 a 2.700 msnm.⁸¹
- *Diamante*: piel amarilla con ligera pigmentación rojiza. Pulpa amarilla oro. De forma redondeada sin embargo la parte distal termina en forma ligeramente puntiaguda. De tamaño mediano a grande (promedio 100 g). La planta se caracteriza por ser vigorosa y muy productiva. Adaptación de 1.800 a 2.700 msnm.⁸²

2. Variedades de durazno-melocotón

- *Rubidoux*: piel amarilla con tonalidades rojizas fuertes. Pulpa amarilla con coloración rojiza al rededor del hueso. Forma ligeramente redondeada y de tamaño grande con peso promedio de 150 g. Resistente al manipuleo postcosecha. Posee flor de tipo campanulácea (pétalos rosados encendidos y ligeramente cerrados). Adaptación de 2.400 a 2.800 msnm.⁸³

⁷⁹ Ibid., p. 53-54.

⁸⁰ Ibid., p. 54.

⁸¹ Ibid., p. 54.

⁸² Ibid., p. 54.

⁸³ Ibid., p. 56.

- *Gran Jarillo*: piel rojiza con tonalidades amarillas. Pulpa amarilla con coloración rojiza alrededor del hueso. Forma ligeramente redondeada y de tamaño grande con peso aproximado de 150 g. Presenta buena resistencia a la manipulación postcosecha. Este Durazno proveniente de Venezuela (Colonia Tovar, Jarillo), se estableció con buena adaptación en el departamento de Norte de Santander especialmente en los municipios de Pamplona, Chitagá, Silos y de Cácuta. Las plantas son de gran tamaño debido a la distancia de plantación establecida de 6 a 7 m entre plantas y surcos. Adaptación de 2.400 a 2.800 msnm.⁸⁴
- *Rey Negro*: piel amarilla clara con manchas rojas opacas. Pulpa blanca con coloración rojiza alrededor del hueso, de sabor dulce. Forma ovalada con presencia de pezón muy pronunciado. Tamaño grande con un peso promedio de 160 g. Adaptación de 2.200 a 2.700 msnm.⁸⁵

1.7 EXTRACCION DE ACEITES VEGETALES

La producción y el consumo mundial de aceites esenciales y perfumes están aumentando muy rápidamente. La tecnología de producción es un elemento esencial para mejorar el rendimiento general y la calidad del aceite esencial. Las tecnologías tradicionales relacionadas con el procesamiento de aceites esenciales son de gran importancia y todavía se utilizan en muchas partes del mundo⁸⁶. En la industria se han empleado diversos mecanismos de extracción, los cuales pueden ser físicos o químicos; la aplicación de cada uno de los métodos depende estrictamente del tipo de material vegetal, de la estabilidad del aceite contenido en ella y de las facilidades operacionales con las cuales se cuenten⁸⁷. A continuación, se hace la explicación de cada uno de los métodos de acuerdo a su clasificación:

1.7.1 Métodos Clásicos y Convencionales. Existen varios métodos de acuerdo al comportamiento de extracción de los aceites esenciales. Los métodos clásicos sobre el procesamiento de los aceites esenciales son de gran importancia y todavía se utilizan en muchas partes del mundo. Hidrodestilación (HD), Destilación por vapor (SD),

⁸⁴ Ibid., p. 56.

⁸⁵ Ibid., p. 56.

⁸⁶ TALATI, Ali. Extraction Methods of Natural Essential Oils. Shiraz University of Medical Sciences [en línea]. 2017. [Consultado 5 agosto 2019]. DOI: 10.13140/RG.2.2.18744.34564. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313638030>

⁸⁷ USAQUÉN, María José y ZAFRA, María Alejandra. Evaluación Del Proceso De Obtención De Aceite Esencial De Semilla De Mango A Nivel Laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 14 septiembre 2018]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

Extracción con disolventes, Enfloración, y Prensado en Frio son los métodos más o menos tradicionales y de uso general.⁸⁸

1. Hidrodestilación: el método convencional para la extracción de aceites esenciales es la hidrodestilación (HD), en la que los aceites esenciales son evaporados por calentamiento de una mezcla de agua u otros disolventes y materias vegetales, seguido de la licuefacción de los vapores en un condensador y un decantador para recolectar el condensado y separar el aceite esencial del agua respectivamente.⁸⁹

2. Destilación por arrastre de vapor: las moléculas de agua tienen la particularidad de que pueden asociarse con las moléculas de aceite en estado vapor, aprovechando esta propiedad, la extracción tiene lugar cuando el material vegetal entra en contacto con el vapor y haciendo que los aceites se difundan de las membranas hacia afuera, generando una mezcla de vapores que posteriormente se condensa, generando una diferenciación entre las dos fases, lo cual permite una fácil extracción por medio de separación física (decantación)⁹⁰.

3. Extracción con disolventes: la extracción por solvente, también conocida como extracción líquido-líquido o división, es un método para separar un compuesto basado en la solubilidad de sus partes. Esto se hace usando dos líquidos que no se mezclan, por ejemplo, agua y un solvente orgánico⁹¹. La extracción con solventes se utiliza en el procesamiento de perfumes, aceite vegetal o biodiesel; se utiliza en plantas delicadas para producir mayores cantidades de aceites esenciales a un menor costo⁹².

4. Enfloración: esta práctica es ampliamente usada cuando la materia vegetal fuente del producto e interés es muy costosa y sensible a altas temperaturas, el método consiste en poner en contacto el material vegetal con una delgada capa de grasa, haciendo que la esencia de éste se absorba, toma mucho tiempo y es muy costoso⁹³.

5. Prensado en frío: el término prensado en frío significa teóricamente que el aceite es prensado por expulsor a bajas temperaturas y presión. Es uno de los mejores métodos para extraer los aceites esenciales. Este proceso se utiliza para la mayoría de los aceites portadores y muchos aceites esenciales. El prensado en frío, asegura que el

⁸⁸ RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Techniques for Extraction of Essential Oils from Plants: A Review. Australian Journal of Basic and Applied Sciences [en línea]. 2016. [Consultado 11 enero 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sadiq_Mareai/post/How_to_we_seperate_essential_oils_and_terpenes_from_isoparaffin_solvent/attachment/5bbcd7353843b006753d7ba0/

⁸⁹ Ibid., p. 119.

⁹⁰ USAQUÉN, María José y ZAFRA, María Alejandra. Op.cit., p. 33.

⁹¹ RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Op.cit., p. 120-121.

⁹² WILDWOOD, Chrissie. The Encyclopedia of Aromatherapy. Estados Unidos: Vermont: Healing Arts Press, 1996. 320 p. ISBN 978- 089-2816-38-5

⁹³ USAQUÉN, María José y ZAFRA, María Alejandra. Op.cit., p. 33.

aceite resultante sea 100% puro y conserve todas las propiedades de la planta. La capa exterior de las plantas que contiene el aceite se elimina por medio de un lavado y luego se presiona toda la planta para exprimir el material de la pulpa y liberar el aceite esencial de las bolsas. El aceite esencial sube a la superficie del material y se separa del material por centrifugación⁹⁴.

1.7.2 Técnicas Innovadoras de Extracción de Aceites Esenciales (no tradicionales). Una de las desventajas de las técnicas convencionales está relacionada con la termolabilidad de los componentes de los aceites esenciales que sufren alteraciones químicas (hidrolización, isomerización, oxidación) debido a las altas temperaturas aplicadas. Por lo tanto, la calidad de los aceites esenciales extraídos se ve muy perjudicada, sobre todo si el tiempo de extracción es largo⁹⁵.

Con ello se ha vuelto necesario la invención de nuevas técnicas en donde se reduzcan los tiempos de extracción, consumo de energía, uso de disolventes y reduzca emisiones de CO₂. Dentro de estas técnicas se puede encontrar:

1. Extracción con fluidos supercríticos: este método también es conocido como (EFS) o por sus siglas en inglés (SFE) y requiere condiciones de temperatura y presión específicas. El material vegetal y el líquido supercrítico hacen contacto en una cámara de acero, por donde fluye este último solubilizando en él el aceite contenido. La solución líquido-aceite se descomprime progresivamente para obtener un aceite puro⁹⁶. En la práctica, más del 90% de toda la extracción analítica de fluidos supercríticos se realiza con dióxido de carbono (CO₂) por varias razones prácticas. Aparte de tener una presión crítica relativamente baja (74 bares) y temperatura (32 °C), el CO₂ es relativamente no tóxico, no inflamable, no corrosivo, seguro, disponible en alta pureza a un costo relativamente bajo y se elimina fácilmente del extracto.⁹⁷ Esta técnica es muy costosa debido al precio de este equipo para este proceso es muy caro y no es fácil de manejar.⁹⁸

2. Hidrodestilación asistida por microondas: es una técnica avanzada de hidrodestilación que utiliza un horno de microondas en el proceso de extracción. La alta y rápida capacidad de extracción con menor consumo de disolvente y la protección ofrecida a los componentes termolábiles son algunas de las características atractivas de esta nueva y prometedora técnica de hidrodestilación asistida por microondas. La hidrodestilación asistida por microondas es una tecnología actual para la extracción de materiales biológicos y ha sido considerada como una alternativa

⁹⁴ RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Op.cit., p.121.

⁹⁵ Ibid., p. 122.

⁹⁶ USAQUÉN, María José y ZAFRA, María Alejandra. Op.cit., p. 33.

⁹⁷ ROZZI, Nicholas *et al.* Supercritical Fluid Extraction of Essential Oil Components from Lemon-Scented Botanicals. LWT - Food Science and Technology [en línea]. 2002, Vol. 35. nro. 4. [Consultado 17 septiembre 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643801908734#>

⁹⁸ RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Op.cit., p.122.

importante en las técnicas de extracción debido a sus ventajas, que consisten principalmente en la reducción del tiempo de extracción, disolventes, selectividad, calentamiento volumétrico y proceso de calentamiento controlable.⁹⁹

1.8 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE SÓLIDOS.

Basándonos en los que McCabe, Smith y Harriott¹⁰⁰ mencionan, se puede afirmar que los sólidos son, en general, más difíciles de tratar que los líquidos, vapores o gases. En los procesos, los sólidos pueden presentarse de diversas formas: grandes piezas angulares, anchas láminas continuas o polvos finamente divididos. Pueden ser duros y abrasivos, resistentes o gomosos, blandos o frágiles, polvorientos, plásticos o pegajosos. Con independencia de su forma, es preciso encontrar medios para manipular los sólidos tal como se presentan, y si es posible mejorar sus características de manipulación.

Ya que los sólidos se pueden encontrar de diferentes formas y tamaños, la partícula más pequeña es la más importante viéndolo desde la ingeniería. Por ello es imprescindible un conocimiento a fondo de las características de masas de sólidos en forma de partículas para procesos o equipos que puedan contener dichas partículas¹⁰¹. Por ello es necesario realizar una caracterización de partículas, las cuales son:

1.8.1 Tamaño de Partícula. En general, se pueden especificar “diámetros” para cualquier partícula equidimensional. Las partículas que no son equidimensionales, es decir, que son más largas en una dirección que en otras, con frecuencia se caracterizan por la segunda dimensión de mayor longitud. Generalmente, los tamaños de las partículas gruesas se expresan en unidades como pulgadas (in) o milímetros (mm); en el caso de las partículas finas, se expresan en función de la abertura del tamiz y para aquellas muy finas en unidades de micrómetros (μm) o nanómetros (nm).¹⁰²

1.8.2 Area Superficial. Según Berk¹⁰³ es una característica física importante que está ligada al tamaño y la forma de la partícula, pero ésta es compleja de medir en sólidos cuya forma es irregular, por lo que muchas veces se recurre a calcularla asumiendo la semejanza con formas geométricas comunes, aunque también son usados métodos de proyección a través de fotografías o imágenes que permiten establecer el contorno del objeto. El cálculo de esta propiedad para un conjunto de partículas, es indispensable para las operaciones de enfriamiento y calentamiento, debido a que la transferencia de

⁹⁹ Ibid., p. 123.

¹⁰⁰ MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C. y HARRIOTT, Peter. Operaciones en las que intervienen partículas de sólidos. En: Operaciones unitarias en ingeniería química. 7 ed. México: Editorial McGraw-Hill, 2007. p.867.

¹⁰¹ Ibid., p. 869.

¹⁰² Ibid., p. 870.

¹⁰³ BERK, Zeki. Physical Properties of Food Materials. En: Food Process Engineering and Technology. Ed. 2. Academic Press- Elsevier, 2013. p. 28. Disponible en ScienceDirect.

calor es proporcional a dicho parámetro, favoreciendo el desarrollo de procesos industriales.

1.8.3 Densidad de Partícula. Oginni¹⁰⁴ define la densidad de partícula como la relación entre la masa media y el volumen medio de partículas que forman los sólidos a granel. Adicionado a lo anterior, Ileleji y Rosentrater¹⁰⁵ definen que la densidad de partículas mide la densidad de la materia particulada, excluyendo los poros de aire, de ahí que se le llame densidad verdadera. Por otro lado, pero con la misma importancia de lo anteriormente establecido, de acuerdo al trabajo Fasina y Sokhansanj¹⁰⁶ y Cenkowski y Jayas¹⁰⁷ aclaran que, aunque la densidad de partícula no es un parámetro importante en el diseño de silos de almacenamiento, si es imprescindible para el diseño de sistemas de ventilación y enfriamiento de la biomasa durante la etapa de almacenamiento

1.8.4 Factor de Forma. Kudra y Strumillo¹⁰⁸ definen comentan que la forma física de una partícula depende de la estructura del material, es decir, celular, amorfo, cristalino, etc.; así como también del método para la obtención de las partículas, como, por ejemplo: molienda, cristalización, aglomeración, entre otros. Junto con lo anterior,

¹⁰⁴ OGINNI, Oluwatosin Jerry. Contribution of Particle Size and Moisture Content to Flowability of Fractioned Ground Loblolly Pine. Tesis presentada a la Facultad de Graduados de la Universidad de Auburn en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencia. Auburn, Alabama. Universidad de Auburn. Departamento de Ingeniería de Biosistemas. 2014. p. 16. [Consultado: 20 de mayo de 2018]. Disponible en: Electronic Theses and Dissertations Auburn University. <https://etd.auburn.edu/xmlui/bitstream/handle/10415/4178/Final%20Thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

¹⁰⁵ ILELEJI, Klein y ROSENTRATER, Kurt A. On the physical properties of distillers dried grains with solubles (DDGS). En: ASABE Annual International Meeting. (2008: 19, Junio-2, Julio, 2008: Rhode Island). Paper written for presentation at the 2008 ASABE annual international meeting. Rhode Island. Patrocinado por ASABE: 2008. p. 12.

¹⁰⁶ FASINA, Oladiran y SOKHANSANJ, Shahab. Modelling the bulk cooling of alfalfa pellets. En: Drying Technology: An International Journal. 1995, Vol. 13, No. 8-9. p. 1881-1904. Citado por: OGINNI, Oluwatosin Jerry. Contribution of Particle Size and Moisture Content to Flowability of Fractioned Ground Loblolly Pine. Tesis presentada a la Facultad de Graduados de la Universidad de Auburn en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencia. Auburn, Alabama. Universidad de Auburn. Departamento de Ingeniería de Biosistemas. 2014. p. 16. [Consultado 20 de mayo 2019]. Disponible en: Electronic Theses and Dissertations Auburn University. <https://etd.auburn.edu/xmlui/bitstream/handle/10415/4178/Final%20Thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y123>,

¹⁰⁷ PABIS, Stanislaw; CENKOWSKI, Stefan y JAYAS, Digvir S. Grain Drying: Theory and Practice [en línea]. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. 1998. [Consultado 20 de mayo 2019]. Capítulo 6. Thermophysical properties of grains and oilseeds. p. 156.

¹⁰⁸ KUDRA y STRUMILLO, Op. cit., p. 55.

McCrone y Delly¹⁰⁹ la variedad en formas de dichas partículas, suelen identificarse a través de términos descriptivos como: esférico, irregular, escamoso, fibroso, angular, etc., por lo que se puede tener en cuenta, que comúnmente aquellos sólidos con longitud, ancho y grosor del mismo orden de magnitud, serán denominados como voluminosos y si por el contrario hay divergencia en el valor de estas magnitudes, se conocerán como escamosos o en forma de aguja.

1.8.5 Densidad aparente aireada. Según Woodcock y Mason¹¹⁰, la densidad aparente aireada se define como una masa de material dividida por su volumen total (partículas y espacios). Para el caso de materiales granulares y biológicos, esta propiedad se ve afectada por el tamaño de partícula y el contenido de humedad. También Sokhansanj y Fenton¹¹¹, mencionan que es de gran importancia ya que afecta el diseño de ingeniería, la operación de equipos de transporte y los sistemas de manejo de materiales y procesamiento en la bio-refinería, puesto que este valor es usado para la estimación de la capacidad de almacenamiento y la cantidad de espacio necesario durante el procesamiento y logística de la materia prima.

La densidad aparente aireada suele disminuir con el aumento del tamaño de partícula, ya que las partículas grandes ocupan más volumen de poro que las partículas pequeñas; del mismo modo, esta propiedad tiende a disminuir a medida que el contenido de humedad aumenta, debido al incremento de masa a raíz de la ganancia de humedad.¹¹²

1.8.6 Densidad aparente empacada. Según United States Pharmacopeia¹¹³, define este término como aquella que es alcanzada luego de golpear mecánicamente el

¹⁰⁹ MCCRONE, Walter y Delly, John Gustav. The Particle Atlas: An encyclopedia of techniques for small particle identification. 1973. Vol.1. Michigan: Ann Arbor Science Publishers. Citado por: KUDRA, Tadeusz y STRUMILLO, Czeslaw. Thermal Processing of Bio-materials [en línea]. Vol. 10. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers. 1998. [Consultado: Mayo 20 de 2019]. Parte 1, Basic information on thermal processing of bio-materials. p. 55.

¹¹⁰ WOODCOCK, C.R y MASON, J.S. Bulk Solids Handling: An Introduction to the Practice and Technology. Países Bajos: Blackie Academic & Professional. 1987. Capítulo 1. The nature of bulk solids. p. 8. Disponible en SpringerLink.

¹¹¹ SOKHANSANJ, Shahab y FENTON, Jim. Cost Benefit of Biomass Supply and pre-processing [PDF]. En: A BIOCAP Research Integration Program Synthesis Paper. Marzo, 2006. Ottawa, Canadá. p. 2. [Consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: http://www.cesarnet.ca/biocap-archive/rif/report/Sokhansanj_S.pdf 130 ABDULLAH, E.C. y GELDART, D. The use of bulk density measurements as flowability indicators. En: Powder Technology. Marzo, 1999. Vol. 102, No. 2, p. 151-152. Disponible en ScienceDirect.

¹¹² OGinni, Op. cit., p. 14-15.

¹¹³ UNITED STATES PHARMACOPEIA, USP. Bulk Density and Tapped Density Powders [PDF]. En: Stage 6. Harmonization. The United States Pharmacopeial Convention. Agosto, 2015. Vol. 6, p. 2-3. [Consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en Internet:

recipiente que contiene la muestra a medir. Ésta se obtiene observando el volumen inicial y el volumen conseguido una vez se realice el golpe mecánico.

1.8.7 Índice de Compresibilidad. Oginni¹¹⁴ lo define como una medida del aumento de la resistencia o densidad de los materiales que son similares al polvo cuando son sometidos a un aumento de presión y que en ocasiones se usa como un parámetro para determinar la fluidez de un material a granel. Existen dos tipos de compresibilidad cuando de materiales biológicos se habla, los cuales ocurren de forma simultánea o individual¹¹⁵:

- **Mecánica:** ocurre debido al peso aplicado sobre el material. Ésta se usa generalmente como una medida de fluidez.
- **Vibratoria:** ocurre cuando un material sólido a granel es sometido a golpeteo o vibración.

1.8.8 Angulo de Reposo. Según Ospina¹¹⁶, establece que cuando un conjunto de sólidos es depositado sobre una superficie horizontal plana, éstos forman un montículo similar a la forma de un cono invertido, en donde el ángulo situado entre la horizontal y el talud, es conocido como ángulo de reposo. Esta propiedad de los sólidos, a su vez es afectada, por el tamaño, forma, volumen, superficie del grano, contenido de humedad y orientación de las partículas que conforman la masa de granos. El ángulo de reposo se puede clasificar en¹¹⁷:

- **Angulo de reposo estático:** es considerado como el ángulo que forma el material granular cuando se desliza sobre sí mismo.
- **Angulo de reposo dinámico:** éste a diferencia del ángulo de reposo estático, es mucho más importante, ya que se presenta en todos los casos en los que la masa de sólidos se encuentra en movimiento, como por ejemplo en las operaciones de carga y descarga de silos, en bodegas o máquinas.

1.8.9 Humedad. De acuerdo a las “Prácticas análisis químico de los alimentos” de la Universidad de Zaragoza¹¹⁸, la determinación de humedad es una de las técnicas más

https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/harmonization/gen-chapter/bulk_density.pdf

¹¹⁴ OGinni, Op. cit., p. 19.

¹¹⁵ Ibid., p. 19.

¹¹⁶ OSPINA MACHADO, Julio Ernesto. Ángulo de reposo. En: Características Físico Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos. Bogotá D.C: Unidad de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 2002. p. 87.

¹¹⁷ Ibid., p. 87.

¹¹⁸ UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Prácticas análisis químico de los alimentos. Práctica 1: Determinación De Humedad En Alimentos [en línea]. España: Universidad de Zaragoza. [Consultado: 11 septiembre 2019] Disponible en:

importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua. El contenido de humedad en un alimento es, frecuentemente, un índice de estabilidad del producto. Por otra parte, el control de la humedad es un factor decisivo en muchos procesos industriales. Para este procedimiento, se hizo uso de la NTC 287.

https://ppcta.unizar.es/sites/ppcta.unizar.es/files/users/ARCHIVOS/Videos_y_otros/Documentos/PRACTICAS_ANALISIS/practica_1_humedad.pdf

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se realizó el desglose de la metodología para el desarrollo del segundo objetivo y así dar paso al desarrollo del tercer objetivo. Explicando las condiciones de operación, las cuales serán de base fundamental para permitir un buen desarrollo experimental descrito en el siguiente capítulo. Con lo anterior, se mostrará el procedimiento para planteamiento del diseño experimental con cada uno de los métodos propuestos en este trabajo y junto con esto la caracterización que se realizó para el aceite obtenido según el mejor rendimiento.

2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Para el apropiado desarrollo de la fase experimental, es necesario establecer condiciones de operación para así poder obtener un resultado positivo, por ello a continuación se realizará una descripción de los diferentes factores que influyen en la extracción del aceite. Para cumplir esta tarea, se realizaron búsquedas bibliográficas que permitieron seleccionar los parámetros que afectarían a la variable de respuesta que se desea, en este caso únicamente el rendimiento del aceite obtenido.

Se realizó la búsqueda bibliográfica mediante la ayuda de bases de datos como ScienceDirect, Elsevier, Scielo entre otras para ambos métodos, seleccionando artículos de diferentes países como Perú, Grecia, Argentina, Canada, Portugal, Estados Unidos, Venezuela, Indonesia y China, desglosados en la tabla 5. Ya que la información para el método por Arrastre de Vapor para extracción de aceite de semilla de Durazno no se encuentra aún disponible, se tomaron referentes bibliográficos con diferentes tipos de semillas oleaginosas para complementar la selección de los parámetros de este método:

Tabla 5. Listado artículos y parámetros semilla de Durazno y otras

#	TITULO	AUTOR	PAÍS	AÑO	PARAMETRO	VALOR	METODO
1	Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (anacardium occidentale l)	Jennifer J. Lafont, Manuel S. Páez y Alfonso A. Portacio	Colombia	2010	Solvente Temperatura (°C)	Hexano 65	Soxhlet
2	Proceso de extracción del aceite vegetal de las almendras de Durazno (Prunus pérsica) a nivel de laboratorio	Leonardo Felix Machaca Gonzales	Perú	2019	Solvente	Hexano	Soxhlet

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Continuación.

#	TITULO	AUTOR	PAIS	AÑO	PARAMETRO	VALOR	METODO
3	Converting apricot seed oil (prunus armeniaca) and peach seed oil (prunus persica) into biodiesel	Schinas, P, <i>et al.</i>	Grecia	2017	Solvente Temperatura (°C) Rendimiento (%) Tiempo de Extracción (h)	Hexano 65-70 44,04 24	Soxhlet
4	Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación	Sandra A. Hernández y Flavia C. M. Zacconi	Argentina	2009	Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción (h)	Hexano 69 1	Soxhlet
5	Essential oil extracted from peach (prunus persica) kernel and its physicochemical and antioxidant properties	Hao Wu, John Shi y Sophia Xue	Canada	2010	Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción (h)	Hexano 50 24	Soxhlet
6	Comparison between ethanol and hexane for oil extraction from quercus suber l. Fruits	Suzana Ferreira-Dias, Dina G. Valente Y José M.F. Abreu	Portugal	2003	Solvente Temperatura (°C) Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción (h)	Etanol 78 Hexano 67-69 5	Soxhlet
7	Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent	Erica R. Bäumlér, María E. Carrín y Amalia A. Carelli	Estados Unidos	2015	Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción (h)	Etanol 50-60 1-16	Soxhlet

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. (Continuación)

#	TITULO	AUTOR	PAIS	AÑO	PARAMETRO	VALOR	METODO
8	Extracción y caracterización del aceite crudo de la almendra de Durazno (<i>Prunus pérsica</i>)	Peggy Londoño, Alberto Mieres-Pitre, Carlos E. Hernández	Venezuela	2011	Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción (h) Tamaño de partícula (mm) Rendimiento (%)	Hexano 60 3-5 0,71 y 0,85 56,60	Soxhlet
9	Influencia del tiempo, tamaño de partícula y proporción sólido líquido en la extracción de aceite crudo de la almendra de Durazno (<i>prunus persica</i>)	Matos Chamorro, Alfredo; Acuña Huamán, Janeth	Perú	2010	Solvente Temperatura (°C) Tiempo de Extracción Tamaño de partícula (mm) Rendimiento (%) Proporción solido/liquido	Hexano 65 1-2 0,5;1,0;2,0 44,20 1:4	Soxhlet
10	Essential Oil Extraction of Fennel Seed (<i>Foeniculum vulgare</i>) Using Steam Distillation	Astrilia Damayanti y Eko Setyawan	Indonesia	2012	Tamaño de Particula (mm) Solvente Rendimiento (%)	0,2 Agua 2,04	Arrastre de Vapor
11	Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil	Archana Gawdea <i>et, al.</i>	Canada	2014	Tiempo de Extracción Rendimiento (%) Solvente	30-720 min 2,7-30,7 Agua	Arrastre de Vapor
12	"Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods"	Guan Wenqiang <i>et, al.</i>	China	2007	Tiempo de Extracción (h)	8-10	Arrastre de Vapor

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. (Continuación)

#	TITULO	AUTOR	PAIS	AÑO	PARAMETRO	VALOR	METODO
13	Métodos De Extracción De Aceite Esencial De La Semilla De Moringa (Moringa Oleífera)	Maylin Zulema y Valencia Oseida	Perú	2018	Tiempo de Extracción (h) Rendimiento (%) Solvente	7-9 30,10% Agua	Arrastre de Vapor
14	Evaluación Del Proceso De Obtención De Aceite Esencial De Semilla De Mango A Nivel Laboratorio	Usaquen Maria José y Zafra Maria Alejandra	Colombia	2018	Solvente Rendimiento (%) Solvente	Etanol 14,53 Etanol	Arrastre de Vapor Soxhlet
15	Extraction Parameters and Analysis of Apricot Kernel Oil	Ayas Nezihe y Elif Demirel	Turquía	2012	Solvente Rendimiento (%)	n-Hexano 37,9-47,8	Soxhlet
16	Physico-chemical characteristics of seed oils extracted from different apricot (Prunus armeniaca L.) varieties from Pakistan	M.Manzo or et all.	Pakistan	2012	Solvente Rendimiento (%) Tiempo de Extracción (h)	n-Hexano 32,2-42,5 6	Soxhlet
17	Some characteristics and fatty acids composition of wild apricot (Prunus pseudoarmeniaca L.) kernel oil	Cemal Kaya et all.	Turquia	2008	Solvente Rendimiento (%) Tamaño de particular (mm) Tiempo de Extracción (h)	n-Hexano 48,79% 0,4-0,6 8	Soxhlet

Fuente: elaboración propia.

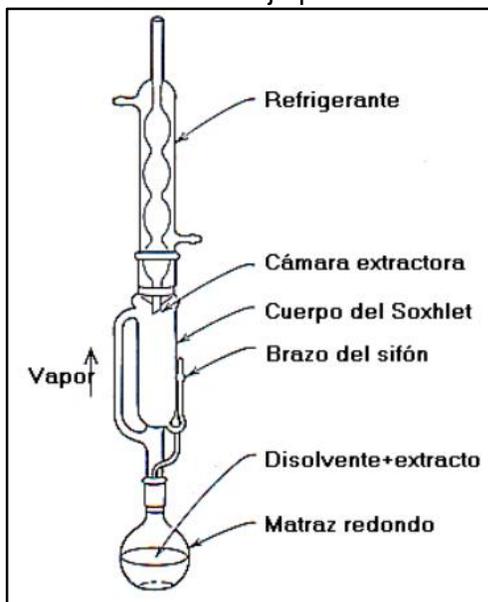
2.1.1 Factores Experimental. Mediante la información proporcionada de la tabla 5 se explicarán los diferentes parámetros o factores a tener en cuenta para el desarrollo experimental. Con estos se realizó un diseño experimental el cual se menciona en la sección 2.3.

2.1.1.1 Método Soxhlet. En los procesos de extracción de aceites esenciales, como se mencionó en el la sección 1.7, existen diferentes métodos para su obtención, dentro de los cuales se encuentra la extracción por solventes que permite separar un compuesto basado en la solubilidad de sus partes¹¹⁹. Este es el método de mayor uso para muestras de origen vegetal.

La extracción Soxhlet implica el contacto sólido: líquido para la remoción de uno o varios compuestos de un sólido por disolución en una fase líquida de reflujo. Para dicho montaje, la parte sólida se colocó en una cavidad que, mediante el paso del tiempo, se llenó gradualmente con la fase líquida de extracción por la condensación de los vapores en un matraz de destilación.

Cuando el líquido alcance un nivel preestablecido, un sifón vuelve a introducir el contenido que se encontraba en la cavidad dentro del matraz de destilación, llevando dentro los compuestos extraídos de la materia sólida que se empleó.¹²⁰ Este proceso se repitió hasta obtener una completa extracción. La ilustración 7, muestra el montaje de este método con cada una de sus partes

Ilustración 7. Montaje proceso Soxhlet



Fuente: VIAN, Angel y OCÓN, Joaquin. Elementos de ingeniería química. 5 ed. Madrid: Aguilar, 1973. 836 p.

¹¹⁹ WILDWOOD, Chrissie. Op. cit., p. 15.

¹²⁰ SCHANTZ, Michele *et al.* Comparison of supercritical fluid extraction and Soxhlet extraction for the determination of polychlorinated biphenyls in environmental matrix standard reference materials. Journal of Chromatography A. 1996. [Consultado 21 abril 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967398005287>

2.1.1.2 Método Arrastre de Vapor. El segundo método que se empleó para esta investigación es el Arrastre de Vapor, el cual es un tipo de destilación normalmente utilizado para materiales sensibles a la temperatura como los compuestos aromáticos naturales. Aunque ha sido desplazado por los nuevos tipos de destilación, la destilación por vapor sigue siendo importante en diversos países industrializados¹²¹.

El procedimiento que se realizó para este método consistió en iniciar poniendo el material fresco en la cámara de destilación, permitiendo que el vapor pase a través de este bajo presión, lo que generó que sus células se ablandaran y dieran paso a que el aceite esencial se escape en forma de vapor. La temperatura del vapor tiene ser lo suficientemente alta para evaporar la muestra, pero teniendo la precaución de que esta temperatura no destruya o dañe el material causando que este se pueda quemar junto con sus aceites esenciales, lo que impediría que las gotas de vapor de aceite viajen a través de un tubo hacia la cámara de condensación¹²². En la ilustración 8, se muestra el montaje a realizar para el desarrollo experimental.

Ilustración 8. Proceso de Destilación por Arrastre de Vapor



Fuente: FIGUERO, Selene, *et al.* Práctica No. 1 destilación por arrastre de vapor [diapositivas]. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional De Ciencias Biológicas, 2016. [Disponible en: <https://vdocuments.mx/practica1-destilacion-por-arrastre-de-vapor.html>]

Habiendo realizado el desglose de la explicación de cada uno de los métodos a emplear, se procedió a definir los factores que, según los referentes bibliográficos mencionados en la tabla 5, afectaron al rendimiento del aceite que se extrajo. Esta

¹²¹ FAHLBUSCH, Karl-Georg *et al.* Flavors and Fragrances. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Alemania: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2012. 192 p. DOI: 10.1002/14356007.a11_141

¹²² RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Op. cit., p. 120

información será útil para seleccionar las variables controlables del diseño experimental para cada uno de los métodos, el cual se mencionará en la sección 2.2.

2.1.1.3 Tipo de Solventes. Un principio general que se aplica para la disolución de materiales se basa en “lo igual disuelve a igual” es decir, un soluto no polar es más soluble en un solvente no polar, como en el caso del n-Hexano en aceites; así mismo, un soluto polar es más soluble en un disolvente polar. La solubilidad de un líquido en otro suele aumentar con el incremento de la temperatura, al contrario de que, si la temperatura es baja, la solubilidad será baja.¹²³ En el anexo 1 se muestra una tabla de los disolventes más usados en orden de polaridad.

Las propiedades deseadas para un solvente adecuado en la extracción de aceites vegetales de semillas oleaginosas son numerosas¹²⁴. La mayoría de plantas enfocadas en este tipo de extracción, utilizan n-Hexano, sin embargo, la industria está en una constante búsqueda de un mejor disolvente.¹²⁵

Cuando se habla de un “mejor” disolvente se debe tener en cuenta cuáles son nuestros objetivos y la disponibilidad de recursos. Se puede decir que un “mejor” disolvente es uno abundante y de precio más bajo. También, si se ve desde el lado de la generación de incendios o explosiones en una planta de extracción, un “mejor” disolvente es aquel que no es inflamable, o cuando se desea disminuir las emisiones de este, un “mejor” disolvente es aquel que no genera grandes cantidades. Sin embargo, al hablar de un “mejor” disolvente no se refiere a “mejor a cualquier precio”, sino que, al seleccionar el mejor, es necesario tener en cuenta otros requisitos, tales como las posibilidades de utilizar el nuevo disolvente en el equipo con que se trabajara incluyendo sus costos de adaptación y posibles efectos en la rentabilidad de las operaciones¹²⁶.

Otras características que se pueden mencionar para la selección del solvente, es que este no sea tóxico para los trabajadores de la fábrica y no sea tóxico para animales si la torta que quede del proceso, se destina como alimento. La selectividad de un disolvente es otra característica importante, pero esta puede variar para diferentes cultivos de semillas oleaginosas. El disolvente debe ser fácilmente recuperado, ya que por propiedades físicas como calor específico, calor latente de vaporización, punto de ebullición, viscosidad, entre otras, afectan la facilidad y cantidad de energía necesaria para recuperar el disolvente; sin embargo, cuanto más polar sea el disolvente, este puede ser fuertemente absorbido por las proteínas a través de los enlaces de hidrógeno, lo que dificulta la obtención de niveles bajos en la residualidad del disolvente¹²⁷.

¹²³ JOHNSON, L.A y LUSAS, E.W. Comparison of alternative solvents for oils extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [en línea]. 1983, Vol. 60, nro. 2. [Consultado 10 agosto 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02543490/8>

¹²⁴ JORDAN, O. *The Technology of Solvents*. Leonard Hill Ltda., Londres, 1937. P. 94-95

¹²⁵ JOHNSON, L.A y LUSAS. Op, cit. p. 230.

¹²⁶ *Ibid.*, p. 230.

¹²⁷ *Ibid.*, p. 230.

Otra característica importante es la estabilidad del disolvente, el cual debe ser estable al calor, a la luz y al agua. El reciclaje es necesario y el solvente debe resistir ciclos repetidos de calentamiento, vaporización y enfriamiento. La estabilidad también es necesaria para evitar contaminación de la torta y aceites con sustancias peligrosas.

También, el disolvente no debe ser reactivo con el aceite, ni ser corrosivo para el equipo que se vaya a utilizar en la destilación¹²⁸. De acuerdo a los artículos mencionados en la tabla 5 y con lo establecido anteriormente, se procedió a la selección de los solventes. Los artículos de los autores tales como Lafont, Páez y Portacio¹²⁹; Machaca¹³⁰, Schinas, P, *et al*¹³¹; Hernandez y Zacconi¹³²; Wu *et al*¹³³; Londoño, Mieres-Pitre y Hernandez¹³⁴ y Matos y Acuña¹³⁵ emplearon el n-Hexano como solvente para su extracción, reportando rendimientos entre 44,04 y 56,60%, esto debido a la polaridad del n-Hexano y sus características previamente nombradas. Con lo anterior, se decide seleccionar el n-Hexano como uno de los solventes en proceso de extracción, teniendo en cuenta las normativas de seguridad para la manipulación de este solvente.

¹²⁸ Ibid., p. 231.

¹²⁹ LAFONT, Jennifer; PAÉZ, Manuel y PORTACIO, Alfonso. Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). Información Tecnológica [en línea]. 2011, Vol. 22. [Consultado 5 mayo 2019]. DOI: 10.4067/S0718-07642011000100007 Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071807642011000100007&lng=es&nrm=iso

¹³⁰ MACHACA, Leonardo. Proceso de extracción del aceite vegetal de las almendras de Durazno (*Prunus pérsica*) a nivel de laboratorio [en línea] Tesis Pregrado. Universidad Nacional del Callao, 2018. [Consultado 11 julio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2522>

¹³¹ SCHINAS, P, *et al*. Converting Apricot Seed Oil (*Prunus Armeniaca*) and Peach Seed Oil (*Prunus Persica*) into Biodiesel. SciFed Journal of Biofuel and Bioenergitcs [en línea]. 2017. [Consultado 12 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322021085>

¹³² HERNANDEZ, Sandra y ZACCONI, Flavia. Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. Química Nova [en línea]. 2009, Vol. 32, nro. 5. [Consultado 8 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/244751190_Aceite_de_almendras_dulces_extraccion_caracterizacion_y_aplicacion

¹³³ WU, Hao, *et al*. Op., cit. p. 2032-2039.

¹³⁴ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ, Carlos. Extraction and characterization of crude oil of peach kernel (*Prunus pérsica*). Avances en Ciencias e Ingeniería [en línea]. 2012. [Consultado 5 mayo 2019]. ISSN: 0718-8706. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627688004.pdf>

¹³⁵ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (*Prunus Persica*). 2010. [Consultado 21 julio 2019]. ISSN: 2218-3310. Disponible en: <https://docplayer.es/18014108-Influencia-del-tiempo-tamano-de-particula-y-proporcion-solido-liquido-en-la-extraccion-de-aceite-crudo-de-la-almendra-de-Durazno-prunus-persica.html>

Por otro lado, de acuerdo a lo citado por Wan *et al*¹³⁶ y Hanmoungjai, Pyle y Niranjan¹³⁷, sé sabe que el n-Hexano puede emitirse durante la extracción y recuperación del mismo, lo cual ha sido identificado como un contaminante del aire ya que puede reaccionar con otros contaminantes para producir ozono y oxidantes. Por ello, una de las alternativas más factibles a la extracción con n-Hexano es el uso de disolventes orgánicos reconocidos como ecológicos y más seguros, como por ejemplo el Etanol. Según Ferreira, Valente y Abreu¹³⁸, el Etanol es un valioso candidato a investigar como disolvente alternativo ya que su costo es bajo y puede ser producido a partir de diversas variedades de materiales biológicos con simples tecnologías. Aunque este alcohol sea inflamable (Punto de Inflamabilidad= 8,9 °C y temperatura de ignición= 425°C), es reconocido como no toxico y tiene un menor riesgo de inflamación que el n-Hexano. De acuerdo a la tabla 5, se puede observar distintas investigaciones en las cuales emplearon Etanol como solvente de extracción de aceites esenciales tales como en Bäumlér, Carrin y Careli¹³⁹; Ferreira, Valente y Abreu¹⁴⁰; Usaquen y Zafra¹⁴¹, lo cual permitió escoger al Etanol como segundo solvente.

Estos dos solventes se utilizarán tanto para Soxhlet como para Arrastre de Vapor; cabe aclarar que, aunque para este último método, se realizan las extracciones con agua como solvente como lo muestra Valencia¹⁴²; Damayanti y Setyawan¹⁴³; Gawdea *et*

¹³⁶ WAN, P, *et al*. Alternative hydrocarbon solvents for cottonseed extraction: plant trials. J. Am. Oil Chem. Soc [en línea]. 1995. [Consultado 4 abril 2019]. Disponible en: <https://naldc.nal.usda.gov/download/22986/PDF>.

¹³⁷ HANMOUNGJAI, Prasert; PYLE, Leo y NIRANJAN, Keshavan. Extraction of rice bran oil using aqueous media. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. [en línea]. 2000 [Consultado 7 julio 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%2910974660%28200005%2975%3A5%3C348%3A%3AAID-JCTB233%3E3.0.CO%3B2-P>

¹³⁸ FERREIRA-DIAS, Suzana; VALENTE, Dina y ABREU, Jose. Comparison between ethanol and hexane for oil extraction from *Quercus suber* L. fruits. Grasas y Aceites [en línea]. 2003, Vol. 54. [Consultado 4 julio 2019] Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/225>

¹³⁹ BAÜMLER, Erica; CARRIN, Maria y CARELLI, Amalia. Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent. Journal of Food Engineering [en línea] 2016, Vol. 178. [Consultado 4 julio 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877416300206>

¹⁴⁰ FERREIRA-DIAS, Suzana; VALENTE, Dina y ABREU, Jose. Op. cit. p. 378-383.

¹⁴¹ USAQUEN, Maria y ZAFRA, Maria. Op.cit. p. 177.

¹⁴² VALENCIA, Maylin. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad Rafael Landívar, 2018. [Consultado 14 julio 2019]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>

¹⁴³ DAMAYANTI, Astrilia y SETYAWAN, Eko. Essential Oil Extraction of Fennel Seed (*Foeniculum vulgare*) Using Steam Distillation. Int. J. Sci. Eng [en línea] 2012, Vol. 3. [Consultado 9 de julio 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270682198_Essential_Oil_Extraction_of_Fennel_Seed_Foeniculum_vulgare_Using_Steam_Distillation

a¹⁴⁴ y Wenqiang et, al.¹⁴⁵, se decidió utilizar n-Hexano y Etanol para poder realizar una comparación entre ambos métodos según el rendimiento obtenido. Las fichas técnicas para el n-Hexano y Etanol se encuentran en los anexos B y C respectivamente.

2.1.1.4 Tamaño de Partícula. El tamaño de partícula, según Martínez y Ceballos¹⁴⁶ es una medida de granulometría que influye en los procesos de transferencia de calor y de masa, de manera que, a menor tamaño de partícula, mayor es el área expuesta a determinado proceso y mayor es el rendimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, el efecto que genera el tamaño de partícula en el rendimiento se puede observar en el trabajo del artículo nro. 9 de Matos y Acuña¹⁴⁷, en el que se trabajó con tamaños de 0,5 mm, 1,0 mm y 2,0 mm en donde a menor tamaño de partícula (0,5 mm) se obtuvo un rendimiento de 44%. Para el artículo nro. 8, de Londoño, Mieres-Pitre y Hernández¹⁴⁸ donde se analiza el efecto del tamaño de partícula, seleccionando tamaños de 0.71 mm y 0.85 mm, dando así un mayor rendimiento de 57.8% con 0,71mm y para 0,85 mm un rendimiento de 50,8%. Machaca¹⁴⁹ propone un tamaño de partícula de 0,3 mm y 0,5 mm, los cuales presentaron un rendimiento de 48,73% y 37,79% respectivamente. Con la información proporcionada del tamaño de partícula, se procedió a establecer este parámetro dentro del diseño de experimentos, teniendo en cuenta los referentes bibliográficos y la disponibilidad de tamices en el SENA Tecnoparque, en el cual se realizará la parte experimental. Por esto, se establecieron los tamaños de partícula de 0,425 mm, 0,850 mm y 2,00 mm; estos permitirán en el siguiente capítulo, analizar la importancia de esta variable en el proceso de extracción de ambos métodos.

2.1.1.5 Tiempo de Extracción. Como última variable a tener en cuenta para la construcción del diseño experimental se estableció el tiempo de extracción. De

¹⁴⁴ GAWDE, Archana *et al.* Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products* [en línea] 2014, Vol. 58. [Consultado 12 julio 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669014001927>

¹⁴⁵ WENQUIANG, Guan *et al.* Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry* [en línea]. 2008, Vol.101, nro.4. [Consultado 10 julio 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606003256>

¹⁴⁶ MARTINEZ, Carlos y CEBALLOS, Chistian. Determinación de actividad antioxidante en aceite de semillas de uva isabella (*vitis labrusca*) extraído con CO2 supercrítico [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad Del Valle, 2012. [Consultado 15 julio 2019]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7090/1/CB-0470332.pdf>

¹⁴⁷ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op.cit. p. 5-6.

¹⁴⁸ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ, Carlos. Op.cit., p. 44.

¹⁴⁹ MACHACA, Leonardo. Op.cit., p. 74

acuerdo con Hosni *et al*¹⁵⁰, los parámetros de destilación como el procesamiento del material, el método y el tiempo de extracción pueden afectar la calidad del aceite. Según Cannon *et al*¹⁵¹, la duración del tiempo de destilación afectaba significativamente el rendimiento y la composición de diversos aceites esenciales, lo cual generaría un efecto a nivel económico permitiendo aumentar la producción y poder disminuir la energía requerida para la destilación.

Con los artículos mencionados en la tabla 5, se pudo observar que trabajos en los que utilizaron método Soxhlet como lo es el artículo nro. 2 de Machaca¹⁵², establecieron tiempos de extracción de un rango de entre 1-2 horas, en los cuales con un tiempo de 1 hora se obtuvo un rendimiento de 51,91% y para 2 horas de extracción obtuvo un valor de rendimiento de 36,7%. Londoño, Mieres-Pitre y Hernández¹⁵³ reportan tiempos de extracción de 3 y 5 horas con unos de los mejores rendimientos de acuerdo a las fuentes bibliográficas de 57.8% usando el menor tamaño de partícula para 3 horas y 52,9% para 5 horas. Matos y Acuña¹⁵⁴ en su trabajo emplearon tiempos de 30 minutos y 1-2 horas, obteniendo así 42% en un tiempo de 2 horas.

El artículo nro. 3 de Schinas *et al*¹⁵⁵ y el nro. 5 Wu *et al*¹⁵⁶ muestra un tiempo de extracción de 24 horas para ambos, con un rendimiento de 44,04% para el trabajo de Schinas y sin rendimientos reportados para Wu *et al*. El tiempo de extracción sugerido por estos autores no es viable, ya que el gasto energético que implica trabajar durante 24 horas a nivel laboratorio no lo hace factible.

Para los artículos consultados con Arrastre de Vapor, podemos ver el trabajo de Gawdea *et al*.¹⁵⁷ con el cual trabajo con manzanilla mediante unos tiempos de entre 30 min a 12 horas, teniendo así, rendimientos de 2,75%-30,7%. Wenqiang *et al*.¹⁵⁸ reporta tiempos de 8-10 horas obteniendo 10,10% de rendimiento al trabajar con yemas de clavo. Así mismo, Valencia¹⁵⁹ emplea tiempos de extracción de 7-9 obteniendo un rendimiento de 30,10%.

¹⁵⁰ HOSNI, Karim *et al*. Volatile oil constituents of Rosa canina L.: quality as affected by the distillation method. *Organic Chemistry International* [en línea]. 2010. [Consultado 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/oci/2010/621967/>

¹⁵¹ CANNON, Jeffery *et al*. Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2013, Vol.41. [Consultado 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012002117>

¹⁵² MACHACA, Leonardo. *Op.cit.*, p. 74.

¹⁵³ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. *Op.cit.*, p. 41-42.

¹⁵⁴ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. *Op.cit.*, p. 5

¹⁵⁵ SCHINAS *et al*. *Op.cit.*, p. 2-8.

¹⁵⁶ WU *et al*. *Op.cit.*, p. 2033.

¹⁵⁷ GAWDE, Archana *et al*. *Op.cit.*, p. 66.

¹⁵⁸ WENQUIANG, Guan *et al*. *Op.cit.*, p. 1559.

¹⁵⁹ VALENCIA, Maylin. *Op.cit.*, p.33.

De acuerdo con los datos obtenidos de la búsqueda bibliográfica, se puede ver que tanto para Soxhlet como para Arrastre de Vapor se utilizan intervalos de tiempo muy amplios, por lo cual analizando el rendimiento con el tiempo y junto con esto la disponibilidad que se puede utilizar los equipos en los laboratorios de SENA Tecnoparque, sin tener que interrumpir el proceso, se decidió para Soxhlet tiempos de 4, 5 y 6 horas y para Arrastre de Vapor intervalos de 2,5 y 7 horas.

Otro factor que no se incluyó en las variables para el diseño experimental, fue la proporción de sólido: líquido más, sin embargo, se estableció un único valor, el cual será necesario para las especificaciones de la propuesta de planta piloto. De acuerdo al trabajo de Matos y Acuña¹⁶⁰, concluyen que obtuvieron mejores resultados de rendimiento con una proporción de 1:4, mostrando así que, los factores tiempo de extracción, tamaño de partícula y proporción sólido: líquido, influyen sobre el porcentaje de aceite extraído.

2.1.2 Obtención y tratamiento de la muestra. Con lo descrito en la sección 1.6.2 del primer capítulo, se mencionó las distintas clases de Durazno existentes en Colombia. Para la obtención de la materia prima, se contactó con una empresa destinada a la producción de jugos naturales, lo cual, para la fabricación de sus productos en donde se utiliza Durazno, se desechan aproximadamente entre 15 a 25 kg de semilla por mes.

El tipo de Durazno que esta empresa maneja proviene de la ciudad de Boyacá, en la cual según Agronet¹⁶¹, se concentra el 42% de su producción en todo el territorio nacional, teniendo el más alto porcentaje de todos los productores del país. En 2016 la producción de este fruto llegó a las 27.290 toneladas, siendo la región número uno en la producción de Durazno *Gran Jarillo*. De acuerdo a la capacidad de producción de la empresa de jugos, se seleccionaron 15 kg como materia prima a la cual se le hizo un previo tratamiento para poder preparar la semilla. Se siguió el procedimiento propuesto por Usaquén y Zafra¹⁶², el cual consiste en los siguientes pasos:

¹⁶⁰ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op.cit., p. 6.

¹⁶¹ Agronet, Min. Agricultura. Conozca cómo funciona el negocio del Durazno en el mercado colombiano [sitio web]. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado 24 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Conozca-c%C3%B3mo-funciona-el-negocio-del-Durazno-en-el-mercado-colombiano.aspx>

¹⁶² USAQUEN, Maria y ZAFRA, Maria. Op.cit. p.46.

Ilustración 9. Proceso de tratamiento de semilla de Durazno



Fuente: elaboración propia.

1. Separación y limpieza: la semilla recibida por parte de la empresa venía dentro de su respectivo endocarpio, la cual era necesario separar. Por esto, se empleó el uso de un martillo para poder quebrar el endocarpio y obtener únicamente la semilla. Para la limpieza de esta, se eliminaron las partículas que hubieran quedado adheridas del proceso de separación.

Ilustración 10. Separación del endocarpio y semilla de Durazno



Fuente: elaboración propia

2. Acondicionamiento: se dispusieron de frascos de vidrio para el almacenamiento de las semillas para poder conservarlas y usarlas a medida que la experimentación lo requiriera, esto con el fin de evitar que factores externos como la humedad pudieran generar la presencia y el crecimiento de bacterias que dañaran la muestra.

Ilustración 11.
Almacenamiento de semillas en frasco de vidrio



Fuente: elaboración propia

- 3. Molienda:** con lo especificado al tamaño de partícula en la sección 2.1 del presente capítulo, se redujo el tamaño de las semillas mediante el uso de un molino de matillo. Después de realizar la molienda, se procedió a pasar la muestra por tamices nro.10 (2,00 mm), nro. 20 (0.850 mm) y nro.40 (0,425).

Ilustración 12. Clasificación de tamices



Fuente: elaboración propia.

4. Clasificación de tamaño: de acuerdo con los tamices, se procedió a realizar la clasificación de tamaño de partícula haciendo uso de bolsas con cierre hermético para así evitar el daño de la materia prima.

Ilustración 13. Clasificación de semillas en bolsas con cierre hermético



Fuente: elaboración propia.

2.1.3 Caracterización semilla de Durazno. De acuerdo a la sección 1.8 de determinación de propiedades de sólidos, se realizará la respectiva caracterización de la semilla de Durazno utilizada para la extracción.

2.1.3.1 Tamaño de semilla de Durazno. Para realizar este procedimiento, Mohsenin¹⁶³ propone el cálculo de esta propiedad utilizando la ecuación de diámetro medio geométrico (Ecuación 2) y la ecuación de diámetro aritmético (Ecuación 3) de los tres ejes para poder obtener una aproximación real del tamaño de la partícula. Para esto, se tomaron 10 semillas para determinar un tamaño promedio de acuerdo a lo dicho por Dursun, Tugrul y Dursun¹⁶⁴. Este procedimiento se realizó con un calibrador pie de rey, de marca Truper graduado en milímetros y pulgadas en un rango de medida de 0-152,4 mm; este instrumento permitió un cálculo de mayor precisión evitando un rango de error alto, midiendo así de acuerdo a las ecuaciones establecidas a continuación la longitud (L, eje mayor), ancho (W, eje medio) y espesor (T, eje menor)

¹⁶³ MOHSENIN, Nuri. Physical Characteristics. En: Physical Properties of Plant and Animal Materials. Nueva York: Gordon and Breach Science Publishers. 1970. Citado por: DURSUN, I., TUGRUL, K.M. y DURSUN, E. Some physical properties of sugarbeet seed. En: Journal of Stored Products Research. 2007. Vol. 43, No. 2, p. 150. [Consultado 15 agosto 2019] Disponible en ScienceDirect.

¹⁶⁴ DURSUN, I., TUGRUL, K.M. y DURSUN, E. Some physical properties of sugarbeet seed. En: Journal of Stored Products Research. 2007. Vol. 43, No. 2, p. 150. [Consultado 15 agosto 2019] Disponible en ScienceDirect.

Ecuación 2. Diámetro medio geométrico

$$Dg = (LWT)^{1/3}$$

Fuente: MOHSENIN, Nuri. Op.cit., p. 150

Donde:

Dg = Diámetro geométrico (mm)

L = Longitud (Eje mayor) (mm)

W = Ancho (Eje medio)(mm)

T = Espesor (Eje menor)(mm)

Ecuación 3. Diámetro medio aritmético

$$Da = \frac{(L + W + T)}{3}$$

Fuente: Ibid., p. 150.

Donde:

Da = Diámetro aritmético (mm)

L = Longitud (Eje mayor) (mm)

W = Ancho (Eje medio)(mm)

T = Espesor (Eje menor)(mm)

2.1.3.2 Area superficial semilla de Durazno. El cálculo de esta propiedad se realizó mediante la ecuación 4, teniendo en cuenta el valor de la longitud, ancho y espesor medidas previamente. Adicionalmente, estas dimensiones permiten determinar la esfericidad presentada, tomando lo descrito por la ecuación 5, factor que según Pantano y Urrego¹⁶⁵, brinda información acerca de la forma del material que se está estudiando.

Ecuación 4. Area superficial

$$S = \frac{\pi B a^2}{2L - B}$$

Fuente: PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 10 enero 2019]. Disponible en: Universidad de América.

Donde:

B = $(WT)^{0.5}$ (cm)

L = Eje mayor (cm)

¹⁶⁵ PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 10 enero 2019]. Disponible en: Universidad de América.

Ecuación 5. Esfericidad

$$\phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{a}$$

Fuente: MOHSENIN, Nuri. Op.cit., p. 150

Donde:

L = Longitud (Eje mayor) (mm)

W = Ancho (Eje medio)(mm)

T = Espesor (Eje menor)(mm)

2.1.3.3 Densidad de partícula. Así como se estableció en la sección 1.8.3, esta propiedad es la relación de masa sobre volumen sin tener en cuenta los espacios presentes entre estos. Para realizar el cálculo de esta propiedad, se siguió el procedimiento propuesto por Ramírez¹⁶⁶, el cual consiste en tomar una probeta graduada de 25 mL, la cual se llenó con agua hasta alcanzar un volumen inicial, luego de esto, se adicionaron las semillas de Durazno provocando así, un desplazamiento del volumen en la probeta pudiendo calcular el volumen final luego de este procedimiento.

Ecuación 6. Densidad

$$\rho = \frac{\text{masa}}{V_{\text{total}} - V_{\text{inicial}}}$$

Donde:

ρ = Densidad g/mL

V_{total} = Volumen final luego del desplazamiento (mL)

V_{inicial} = Volumen inicial (mL)

2.1.3.4 Factor de forma. Así como se estableció en la sección 1.8.4, esta propiedad permite hallar la regularidad de las partículas. En este caso, se tuvieron en cuenta el dato del volumen inicial y el volumen desplazado de acuerdo a lo obtenido en el cálculo de la densidad, con esto fue posible determinar el volumen de partícula (Ecuación 8); después de esto, se calculó el factor de forma (Ecuación 7) teniendo en cuenta las dimensiones ortogonales y el área superficial de la semilla.

Ecuación 7. Factor de forma.

$$\lambda = \frac{V_p}{D_p^3}$$

Fuente: MCCABE, SMITH y HARRIOTT, Op. cit., p. 1015.

Donde:

λ = Factor de forma

V_p = Volumen de partícula (cm³)

D_p = Diámetro de partícula (cm³)

¹⁶⁶ RAMÍREZ, Iván. Guías de prácticas de laboratorio para propiedades de los sólidos. Fundación Universidad de América. 2014.

Ecuación 8. Volumen de partícula

$$V_p = \frac{(V_{final} - V_{inicial})}{\text{Número de partículas}}$$

Donde:

V_p = Volumen de partícula (mL)

V_{final} = Volumen final luego del desplazamiento (mL)

$V_{inicial}$ = Volumen inicial (mL)

Número de partículas = Número total de partículas

2.1.3.5 Densidad aparente aireada. Así como se estableció en la sección 1.8.5, esta propiedad corresponde a la densidad del material sin tener en cuenta las fuerzas externas. Para esto, se realizó el procedimiento propuesto por Ramírez¹⁶⁷, llevando así una parte de la muestra de las semillas a la balanza analítica que se utilizó para la densidad de partícula, luego de esto se tomó una probeta de 25 mL vacía y se procedió a realizar la lectura del volumen inicial aparente ocupado.

Ecuación 9. Densidad aparente aireada

$$\rho_{Apar(air)} = \frac{\text{masa de semillas de Durazno}}{\text{volumen aireado}}$$

Fuente: OSPINA MACHADO, Op. cit., p. 62.

Donde:

$\rho_{Apar(air)}$ = Densidad aparente aireada (g/mL)

Masa de semillas = Masa de la muestra (g)

Volumen air. = Volumen ocupado de muestra en la probeta con los espacios (mL)

2.1.3.6 Densidad aparente empacada. Así como se estableció en la sección 1.8.6, esta propiedad corresponde a la densidad que adquiere un material cuando se le ejerce una fuerza externa. Para esto, se siguió el procedimiento propuesto por Ramírez¹⁶⁸. Con una probeta de 25 mL, llena de semillas de Durazno, se realizó una agitación manual durante un minuto con el propósito de generar una organización dentro del recipiente a causa de la fuerza ejercida sobre ellas.

Ecuación 10. Densidad aparente empacada.

$$\rho_{Apar(emp)} = \frac{\text{masa de semillas}}{\text{volumen empacado}}$$

Donde:

$\rho_{Apar(emp)}$ = densidad aparente empacada (g/mL)

Masa de semillas = Masa de la muestra (g)

Volumen empa. = Volumen ocupado de muestra en la probeta luego de agitación (mL)

¹⁶⁷ RAMÍREZ, Op. cit., p. 2.

¹⁶⁸ RAMÍREZ, Op. cit., p. 2.

2.1.3.7 Índice de compresibilidad. Así como se estableció en la sección 1.8.7, es la medida del aumento de la resistencia o densidad de los materiales que son similares al polvo cuando son sometidos a un aumento de presión dada en porcentaje. Ya que anteriormente se hallaron las propiedades de densidad empacada y aireada, se pudo realizar el cálculo de esta propiedad.

Ecuación 11. Índice de compresibilidad

$$\%Compresibilidad = \left(\frac{\rho_{Apar}(emp) - \rho_{Apar}(air)}{\rho_{Apar}(emp)} \right) * 100$$

Fuente: RAMÍREZ, Op. cit., p. 2.

Donde:

$\rho_{Apar}(emp)$ = Densidad aparente empacada (g/mL)

$\rho_{Apar}(air)$ = Densidad aparente aireada (g/mL)

2.1.3.8 Angulo de reposo. Así como se estableció en la sección 1.8.8, esta propiedad consiste en que cuando un conjunto de sólidos es depositado sobre una superficie horizontal plana, éstos forman un montículo similar a la forma de un cono invertido, en donde el ángulo situado entre la horizontal y el talud, es conocido como ángulo de reposo¹⁶⁹. Teniendo en cuenta los dos tipos de ángulo, se realizó el siguiente procedimiento.

1. Estático: para determinar esta propiedad, se siguió el procedimiento propuesto por Ramírez¹⁷⁰, descargando así la materia prima en forma directa de una altura no mayor a 5 cm, generando una acumulación de semillas en forma de cono. Luego, se calcularon las dimensiones de diámetro de base y altura, determinando así el ángulo de reposo estático. Para eso, se empleó la expresión matemática dada por Jha¹⁷¹, mostrada en la ecuación 12:

Ecuación 12. Angulo de reposo estático

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{2H}{D}$$

Donde:

α = Angulo de reposo

\tan^{-1} = arcotangente

H = altura sobre la superficie (cm)

D = diametro del material depositado sobre la superficie (cm)

¹⁶⁹ OSPINA MACHADO. Op.cit., p.87.

¹⁷⁰ RAMÍREZ, Op. cit., p. 2.

¹⁷¹ JHA, S.N. Physical and hygroscopic properties of Makhana. En: Journal of Agricultural Engineering Research. Febrero, 1999. Vol. 72, No. 2, p. 147. [Consultado julio 15 2019] Disponible en ScienceDirect

2. Dinámico: para esta propiedad se prosiguió con el proceso propuesto por Ramírez¹⁷², el cual consiste en colocar las semillas en un plano inclinado de madera, que contiene un transportador para poder establecer el ángulo de reposo. Una vez colocadas las semillas en el cajón del plano inclinado, cambio su posición, marcando el ángulo de reposo dinámico de las semillas de Durazno.

2.1.3.9 Humedad. Para la determinación de esta prueba, así como ya se mencionó en el capítulo anterior en la sección 1.8.9, se basó en la NTC 287¹⁷³. Como primer paso para realizar este procedimiento, se tomaron 5 gramos de la muestra en una capsula de crisol previamente secada y pesada. Teniendo esta capsula lista, se dejó durante 1 hora en la mufla a una temperatura de 103°C. Posterior a esto, la capsula se dejó enfriar en el desecador a temperatura ambiente para poderla pesar en la balanza analítica. Este proceso se repitió con periodos de intervalos de cada 30 minutos hasta que la pérdida de la masa entre dos pesajes sucesivos no excedió entre 2 a 4 mg de acuerdo con el peso de la porción tomada inicialmente. El contenido de humedad (H), se expresó como porcentaje en peso siendo igual a:

Ecuación 13. Humedad

$$H = \frac{m1 - m2}{m1 - m0} * 100$$

Donde:

m0 = masa en gramos de la capsula de crisol

m1 = masa en gramos de la capsula y la porcion de semilla antes de la mufla

m2 = masa en gramos de la capsula y la muestra despues del calentamiento

2.2 ELABORACIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

La elaboración del diseño experimental, es esencial e imprescindible si se desea tener resultados confiables. Este permite mediante referentes bibliográficos, crear una base acerca de las variables que pueden llegar a influir dentro del desarrollo experimental, evitando así, la pérdida de material, tiempo y recursos económicos.

Como se dijo en la sección 2.1, se establecieron las condiciones de operación a las cuales se trabajaron para el desarrollo experimental, por ello, mediante la ayuda del programa Statgraphics se pudo llevar a cabo la elaboración del diseño experimental. Este se realizó para cada uno de los métodos puesto que variaba en los rangos de una de sus variables controladas.

¹⁷² RAMÍREZ, Op. cit., p. 2.

¹⁷³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: determinación del contenido de humedad y materia volátil. NTC 336, Op. cit, p. 1-15

Con esto, se menciona nuevamente que las variables a controlar dentro de ambos procesos serán: tipo de solvente, tamaño de partícula y tiempo de extracción, teniendo así como variable de respuesta única el rendimiento.

2.2.1 Diseño experimental método Soxhlet. De acuerdo a lo dicho anteriormente, usando el programa Statgraphics se logró obtener el diseño experimental siguiendo los pasos mostrados a continuación:

- 1. Selección de la variable de respuesta a ser medida:** se procedió a fijar el rendimiento teniendo en cuenta el rango que este podría tener, al cual se decidió darle los valores de entre 0 a 100%.

Tabla 6. Variable de respuesta método Soxhlet

NOMBRE	UNIDADES	RANGO
<i>Rendimiento</i>	%	0% a 100%

Fuente: elaboración propia

- 2. Establecer variables controlables:** como se mencionó anteriormente se seleccionaron dichas variables teniendo en cuenta los referentes bibliográficos junto con sus rangos, que en este caso se denominan niveles.

Tabla 7. Variables controlables método Soxhlet

NOMBRE	UNIDADES	PAPEL	BAJO	ALTO	NIVELES
<i>A: Tiempo</i>	Horas	Controlable	4	6	-
<i>B: Tamaño de Partícula</i>	mm	Controlable	-	-	0,425; 0,850; 2,000
<i>C: Solvente</i>	Tipo	Controlable	-	-	Etanol; Hexano

Fuente: elaboración propia

- 3. Diseño experimental:** se estableció un diseño factorial 2^3 , con 4 puntos centrales por bloque dando así un total de 12 ejecuciones para este método.

Tabla 8. Diseño experimental método Soxhlet

TIPO DE	Diseño	Puntos Centrales	Diseño	Total
<i>Factores</i>	<i>Tipo</i>	<i>Por Bloque</i>	<i>Colocación</i>	<i>Ejecuciones</i>
<i>Proceso</i>	Factorial 2^3	4	Aleatorio	12

Fuente: elaboración propia

2.2.2 Diseño experimental método Arrastre de Vapor: así como se diseñó para Soxhlet, para Arrastre de Vapor también se realizó con el programa Statgraphics. En ambos métodos, el primer paso fue el mismo en cuanto a sus datos, pero en el segundo paso se cambiaron los rangos de la variable *tiempo de extracción* así como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 9. Variables controlables método Arrastre de Vapor

NOMBRE	UNIDADES	PAPEL	BAJO	ALTO	NIVELES
<i>A: Tiempo</i>	Horas	Controlable	2	7	-
<i>B: Tamaño de Partícula</i>	mm	Controlable	-	-	0,425; 0,850; 2,000
<i>C: Solvente</i>	Tipo	Controlable	-	-	Etanol; Hexano

Fuente: elaboración propia

Habiendo mencionado esta diferencia entre ambos diseños, se obtuvo el mismo diseño experimental para Arrastre de Vapor, el cual fue factorial 2^3 , con 4 puntos centrales por bloque dando así un total de 12 ejecuciones.

2.3 CARACTERIZACION DEL ACEITE DE SEMILLA DE DURAZNO

2.3.1 Procesos de extracción a nivel laboratorio. A continuación, se hará un desglose para cada uno de los métodos utilizados en el laboratorio con su respectiva explicación.

- **Soxhlet.** Habiendo mencionado las características y el proceso, junto con la selección de condiciones de operación en la sección 2.1, se procede a describir el montaje realizado en las instalaciones de los laboratorios del SENA Tecnoparque. Como primera instancia, se estableció una proporción de 1:4 de sólido: líquido (semilla/solvente). Se utilizaron 25 gramos de semilla previamente tamizada y clasificada en la balanza analítica Nimbus marca Adam Equipment. Luego de esto, mediante una probeta graduada de 100 mL con la ayuda de un vaso precipitado de 50 mL en la cabina de extracción de gases, se midió 100 mL del solvente a utilizar en la extracción.

Teniendo estas proporciones listas tanto de semilla como de solvente, primero se procedió a utilizar papel filtro, el cual se envolvió junto con la semilla para introducirla dentro del digestor Soxhlet. Luego, se tomó la cantidad medida de solvente para adicionarla en un balón esmerilado de 250 mL del fabricante Schott Duran, poniéndola encima de una plancha de calentamiento que se encontraba sobre una estufa marca Sueco con una potencia de 1,19 kW lo cual permitirá elevar la temperatura hasta el valor deseado. El balón junto con el digestor se debe unir mediante la ayuda de un soporte universal y de pinzas para darles un mejor soporte y evitar caídas.

Por último, se colocó encima del digestor el condensador Allihn (de bolas), el cual se conectó el canal de salida y el de entrada mediante manguera, lo que permitió el paso del agua para refrigerar, manteniendo la temperatura del proceso y evitar una explosión de los equipos. Habiendo tenido preparado el montaje, se dio paso a que el flujo del refrigerante pasara a través de las mangueras conectadas al condensador para llenarlo. Por último, se encendió la estufa, tomando la temperatura colocando un vaso precipitado de 50 mL lleno de agua con un termómetro dentro. En la ilustración 14, se muestra el resultado del montaje habiendo seguido la descripción anterior.

Ilustración 14. Montaje equipo Soxhlet



Fuente: elaboración propia

Al completar el nivel máximo del digestor, este genera un “sifón” que es la descarga del solvente junto con el aceite extraído hacia el balón esmerilado a través de un tubo interior del digestor. Este proceso se repitió varias veces de acuerdo al tiempo establecido para cada experimento. Al completarse este tiempo, se procedió a apagar la estufa, dejando que la temperatura disminuyera. Luego que la temperatura bajó, se procedió a separar cuidadosamente el balón esmerilado del digestor Soxhlet. El contenido presente en el balón se llevó hacia un rotaevaporador de marca Heidolph el cual se trabajó para n-Hexano a 175 mbar, 60 rpm y 60 °C y para Etanol a 175 mbar, 60 rpm y 75°C.

Ilustración 15.

Rotaevaporador Heidolph



Fuente: elaboración propia

- **Arrastre de Vapor:** para el montaje de este método, se estableció así como en el montaje para Soxhlet una proporción de 1:4 de sólido: líquido teniendo en cuenta la capacidad de los materiales a utilizar. Para el primer balón esmerilado de dos bocas de 1000 mL se seleccionó una cantidad de solvente de 400 mL. Se hizo uso de un segundo balón esmerilado de tres bocas al cual se le introdujo 100 gramos de semilla previamente pesada para poder cumplir con la proporción de sólido: líquido.

Teniendo estas cantidades en cada uno de los balones esmerilados se procedió a realizar el montaje. Para el primer balón esmerilado de dos bocas se colocó encima de una plancha de calentamiento la cual estaba sobre una estufa de marca Sueco con una potencia de 1,19 kW lo cual permitió elevar la temperatura hasta el valor deseado. Este balón se aseguró mediante el uso de un soporte universal y pinzas que pudieran mantenerlo estable. Ya que el balón tiene dos bocas, la boca superior se colocó un tapón para evitar el escape del solvente con un termómetro en la mitad para poder monitorear la temperatura y que esta no pase del punto de ebullición del solvente que se esté utilizando. Para la otra boca disponible, se procedió a poner también un tapón, pero con una manguera que permitiera el paso del solvente en forma gaseosa hacia el otro balón.

Para el segundo balón esmerilado de tres bocas, también se procedió a colocarlo encima de una estufa para que el paso del solvente no sufra un cambio de estado debido al choque térmico. Se aseguró así mismo como el anterior balón para evitar caídas del equipo. En la boca izquierda de este balón se conectó la manguera proveniente de la boca del otro balón mediante un tapón para evitar pérdidas de solvente. El solvente que provenía del primer balón en forma de gas, entra en contacto con la semilla para poder realizar el proceso de extracción. Para la boca de la parte del centro, se puso un termómetro con ayuda de un tapón para controlar la temperatura y evitar que la semilla se quemara por el calentamiento de la plancha. Finalmente, para la boca del lado derecho, se puso una manguera con ayuda de un tapón que permitió conectarse con un condensador Graham o en espiral para realizar el cambio de estado de gas a líquido.

El condensador Graham posee una espiral que recorre todo el largo dentro de este el cual, el tubo exterior permite el paso del flujo del refrigerante por medio de sus canales de entrada y salida, así generando que la condensación se genere dentro de la espiral. Este tipo de condensador permite que la recuperación de la condensación sea mayor puesto que los vapores fluyen por toda la espiral teniendo así un mayor tiempo de contacto con el líquido refrigerante. El líquido que sale de este condensador, el cual es el solvente recuperado junto con el aceite extraído de las semillas, será recolectado en un Erlenmeyer de 250 mL para poder, luego de que se termine el tiempo de extracción determinado, separar el solvente del aceite mediante el uso del rotaevaporador Heidolph.

A continuación, se muestra una imagen con el montaje realizado para el proceso de Arrastre de Vapor en las instalaciones de Tecnoparque SENA

Ilustración 16. Montaje proceso Arrastre de Vapor



Fuente: elaboración propia.

2.3.2 Caracterización del aceite de semilla de Durazno. De acuerdo a lo mencionado en la sección 1.5, se planteó realizar varios análisis establecidos en dicha sección, con el propósito de proporcionar una caracterización al aceite. Cabe aclarar que esta caracterización, únicamente se le realizó al aceite que tuvo mayor rendimiento entre los dos métodos. Todos los procedimientos de caracterización se realizaron por triplicado para tener mayor precisión al momento del resultado final.

2.3.2.1 Índice de Yodo. Para la determinación de esta prueba, así como se citó en el capítulo anterior en la sección 1.5.1, se basó en la NTC 283¹⁷⁴. Se tomó la muestra para llevarla a una balanza analítica por medio de un vidrio reloj según el índice de yodo previsto, que para este caso fueron 0,2 gramos. A continuación, se muestra el peso establecido de acuerdo al índice de yodo para diferentes muestras siguiendo a la NTC.

Tabla 10. Proporción de masa para ensayo Índice de Yodo

<i>Índice de Yodo Previsto</i>	<i>Peso de la Muestra (g)</i>
<5	3
5 a 20	1
21 a 50	0,4
51 a 100	0,2
101 a 150	0,13
151 a 200	0,1

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de Yodo. NTC 283.

¹⁷⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de Yodo. NTC 283, Op. cit., p. 1-12.

Luego de haber establecido el peso de la muestra, esta se adiciono en un matraz cónico de 500 mL, adicionándole 10 mL de cloroformo dentro de la cabina de extracción de gases. Posterior a esto, se agregó 10 mL de reactivo Wijs para luego tapar, agitar y dejar reposar en un lugar oscuro durante 1 hora.

Se preparó un blanco siguiendo el mismo procedimiento anterior, exceptuando la porción del aceite, tapándolo y agitándolo para dejarlo del mismo modo en un lugar oscuro.

Habiendo pasado el tiempo establecido, se procedió a adicionar a la muestra tanto de aceite como al blanco de manera simultánea, 10 mL de yoduro de potasio y 75 mL de agua. Se procedió a titular con la solución estandarizada de tiosulfato de sodio con una concentración de 0,1 mol/L hasta que la coloración amarilla proveniente del yodo, hubiese desaparecido casi en su totalidad. Después de esto, se midió el volumen gastado de la solución de tiosulfato de sodio en la titulación. El cálculo del índice de yodo dado en g l/g, se obtuvo de la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Ecuación Índice de Yodo

$$I = \frac{12,69 * C * (V1 - V2)}{m}$$

Donde:

I = Índice de Yodo

C = valor numerico de la concentracion de tiosulfato de sodio en mol/L

V1 = valor numerico del volumen en mL de tiosulfato de sodio con el blanco

V2 = valor numerico del volumen en mL de tiosulfato de sodio en la muestra

m = masa de la muestra

2.3.2.2 Índice de Peróxidos. Para la determinación de esta prueba, así como ya se mencionó en el capítulo anterior en la sección 1.5.1.2, se basó en la NTC 236¹⁷⁵. Como primer paso para realizar esta prueba, se tomó un matraz cónico de 250 mL debidamente limpio y seco, pesando una cantidad de 0,8 gramos de aceite teniendo en cuenta el índice de peróxidos esperado de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 11. Proporción de masa para ensayo Índice de Peróxidos

<i>I. de peróxido (meq/kg)</i>	<i>Masa de muestra (g)</i>
0 a 6	2 a 5
6 a 10	1,2 a 2
10 a 15	0,8 a 1,2
15 a 25	0,5 a 0,8
25 a 45	0,3 a 0,5

Fuente: elaboración propia

¹⁷⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de peróxido. NTC 236, Op. cit., p. 1-7.

Habiendo pesado la cantidad de muestra dicha, se adiciono 30 mL de solución de ácido acético: cloroformo en una relación de 3:2 para poder disolver la muestra de ensayo. Mediante agitación vigorosa se añade 0,5 mL de solución de yoduro de potasio, tapando el matraz y de nuevo se agito manteniéndolo en reposo por 1 minuto sobre una plancha de calentamiento a una temperatura entre 15° y 25 °C, adicionando inmediatamente 30 mL de agua.

Posteriormente, se tituló la solución con tiosulfato de sodio a 0.01 N mediante una agitación vigorosa hasta que el color amarillo presente, desapareció. Seguido, se adiciono 0.5 mL de solución de almidón continuando la titulación sin dejar de agitar con el fin de liberar el yodo. Luego, se adiciono gota a gota la solución de tiosulfato hasta que el color azul desapareció.

Se procedió a realizar un blanco siguiendo el procedimiento anterior sin la muestra de aceite. Si el resultado de la titulación con tiosulfato a 0.01 N, excede en 0.1 mL, se debía repetir la determinación. El cálculo de índice de peróxidos dado en meq/g, se halló mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 15. Ecuación Índice de Peróxido

$$I.P = \frac{(V1 - V0) * T * 1000}{2m}$$

Donde:

I.P = Índice de Peroxidos

T = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

V1 = Valor en mL de tiosulfato de sodio empleado en la titulación con la muestra

V0 = Valor en mL de tiosulfato de sodio empleado en la titulación con el blanco

m = masa de la porción de aceite

2.3.2.3 Índice de Saponificación. Para la determinación de esta prueba, así como ya se citó en el capítulo anterior en la sección 1.5.1.3, se basó en la NTC 335¹⁷⁶. En primer lugar, se pesaron 2 gramos de la muestra de aceite en un matraz cónico de 250 mL, a este se le añadieron 25 mL de la solución de hidróxido de potasio a 0,5 mol/L. Se conecto el matraz junto a un condensador de reflujo sobre una plancha de calentamiento para dejarlo ebulir ligeramente a una temperatura de 120-140°C por 1 hora, el cual se debió agitar esporádicamente.

Se retiró la solución de la placa de calentamiento con precaución y se añade 0,5 mL de solución de fenolftaleína. Luego se tituló con la solución volumétrica de ácido clorhídrico de 0,5 mol/L hasta que desapareció el color rosa de la fenolftaleína. Finalmente, se midió el volumen usado en la titulación de ácido clorhídrico. Se procedió a realizar el mismo procedimiento sin tomar en cuenta la porción de aceite para realizar el blanco,

¹⁷⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de saponificación. NTC 335, Op. cit., p. 1-8.

teniendo esto, se calcula el índice de saponificación dado en mgKOH/g, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Ecuación de Índice de Saponificación

$$I.S = \frac{(V0 - V1) * C * 56,1}{m}$$

Donde:

I.S = índice de saponificación

V0 = volumen gastado de ácido clorhídrico para la titulación en el blanco

V1 = volumen gastado de ácido clorhídrico para la titulación de la muestra

c = concentración en moles/L de la solución de HCl

m = masa en gramos de la muestra

2.3.2.4 Índice de Refracción. Para la determinación de esta prueba, así como ya se mencionó en el capítulo anterior en la sección 1.5.1.4, se basó en la NTC 289¹⁷⁷. Como primera instancia, se midió el índice de refracción de la muestra a 20°C ya que, según la norma, esta temperatura se emplea para aceites que son completamente líquidos a esta temperatura.

Para este caso, se utilizó un refractómetro tipo Abbé el cual tiene un índice de refracción de $n_D = 1,300$ a $n_D = 1,700$. Se empezó el procedimiento poniendo en cero el equipo, para esto se puso un par de gotas de acetona en la superficie del prisma fijo, doblando el brazo móvil y fijándolo para poder verificar mediante el ocular si se puede ver la diferencia de escala, esto indicara que el dispositivo está listo para ser usado. Se retiró el dispositivo fijador, desplegando el prisma plegable hacia adelante, limpiando la superficie de ambos prismas con un paño húmedo con acetona para poder poner sobre el prisma la muestra de aceite.

2.3.2.5 Densidad. Para la determinación de esta prueba, así como ya se nombró en el capítulo anterior en la sección 1.5.2, se siguió la NTC 336¹⁷⁸. Para este procedimiento, se hizo uso de un picnómetro Gay-Lussac. Para la calibración de este, se limpió y se secó llenando el picnómetro con agua destilada. Se colocó la tapa para poder sumergirla en un baño de agua a temperatura de 25°C durante 30 minutos.

Posterior a esto, se extrajo el picnómetro del baño de agua, nuevamente secándolo para dejarlo enfriar por 30 minutos para poder pesarlo. El peso del agua presente en el picnómetro se halló restando el peso del picnómetro del peso del picnómetro con agua. Habiendo realizado esto, se llenó el picnómetro con la muestra evitando la formación

¹⁷⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de refracción. NTC 289, Op. cit., p. 1-8.

¹⁷⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación de la densidad (masa por volumen convencional). NTC 336, Op. cit, p. 1-10

de burbujas de aire, poniéndolo nuevamente en un baño de agua a 25°C durante 30 minutos.

Por último, se sacó el picnómetro del baño de agua, limpiándolo cuidadosamente para poder pesarlo. La siguiente ecuación establece como determinar la densidad de la muestra:

Ecuación 17. Ecuación de Densidad

$$\rho = \frac{m1 - m0}{Vd}$$

Donde:

ρ = densidad de la muestra g/mL

$m1$ = masa del picnómetro lleno con la muestra de ensayo (g)

$m0$ = masa del picnómetro vacío (g)

Vd = volumen del picnómetro (mL)

2.3.2.6 Cromatografía de gases. Para la determinación de esta prueba, así como ya se mencionó en el capítulo anterior en la sección 1.5.4, se analizó mediante acople a Espectrometría de Masas, con el fin de determinar la cantidad de ácidos grasos y compuestos presentes en la muestra de aceite obtenido, realizando el análisis una única vez por motivos de disponibilidad del equipo y de recursos. Esta determinación se realizó en los laboratorios de Química de la Universidad Javeriana.

2.3.2.7 Rendimiento. De acuerdo a lo propuesto en este trabajo, dentro de las caracterizaciones para llevar a cabo un completo análisis de la muestra obtenida en el desarrollo experimental es el rendimiento. Esta caracterización se le realizó a todas las muestras que se obtuvieron de las destilaciones para así poder establecer la de mayor rendimiento. Este se puede hallar mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 18. Rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa aceite extraído (g)}}{\text{Masa semilla alimentada (g)}} * 100$$

3. RESULTADOS Y ANALISIS

En el presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de acuerdo al desarrollo experimental con sus respectivos análisis, realizando las caracterizaciones respectivas del aceite obtenido para poder establecer la propuesta de planta piloto y así, finalmente el análisis financiero de esta misma.

3.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE DURAZNO

Como se estipulo, se procedió a realizar la extracción por el método Soxhlet y Arrastre de Vapor para poder obtener le producto de interés.

3.1.1 Caracterización de la semilla de Durazno. De acuerdo a la sección 2.1.2 “Caracterización de la semilla de Durazno”, se establecieron ciertas propiedades para poder realizar una descripción física de las semillas de Durazno provenientes del *Gran Jarillo*, utilizadas para la extracción del aceite. Esto con el objetivo de proporcionar un registro ya que no se encontró suficiente información para las caracterizaciones del tipo de semilla *Prunus Persica*.

Se tomaron 10 semillas al azar para poder obtener una aproximación real de cada uno de los valores. Estas semillas se limpiaron previamente y se procedió a realizar las caracterizaciones propuestas en la sección 2.1.2, dando así los siguientes resultados:

Tabla 12. Caracterización de semillas de Durazno

PROPIEDAD	VALOR
<i>Diámetro Aritmético (mm)</i>	9,1523
<i>Diámetro Geométrico (mm)</i>	8,1231
<i>Esfericidad</i>	0,5789
<i>Densidad de Partícula (g/mL)</i>	0,2147
<i>Densidad Aparente Aireada (g/mL)</i>	0,1252
<i>Densidad Aparente Empacada (g/mL)</i>	0,123
<i>% Compresibilidad</i>	1,7699
<i>Factor de Forma</i>	0,158
<i>Area Superficial (mm²)</i>	175,59
<i>Humedad en Base Seca (%)</i>	10,9341
<i>Angulo de Reposo Estático (°)</i>	31,80
<i>Angulo de Reposo Dinámico (°)</i>	30,5

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.1 Tamaño semilla de Durazno. Como se puede ver en la tabla 12, se obtuvo un valor para el diámetro geométrico de 8,1235 mm y para el diámetro aritmético de 9,1523 mm. Si comparamos el diámetro geométrico de acuerdo a los valores establecidos por

Gezer *et al.*¹⁷⁹, el cual trabajo con semilla de Durazno "*Prunus Amenia*", muestra un resultado para 5 cultivos diferentes de semilla de Durazno de las cuales el mayor diámetro geométrico de estos fue de 10,2 mm y el menor de 9,75 mm, lo cual indicaría que la muestra con que se trabajó no se encuentra dentro de los rangos establecidos por Gezer *et al.*, esto pudo ser debido al tipo de Durazno con los cuales trabajaron o los pretratamientos que se le pudieron haber realizado a estos, ya que dependiendo del origen, cambia las propiedades tanto del fruto como de su semilla.

Otro factor del cual puede variar el valor del diámetro, es debido a que según, autores como Milani *et al.*¹⁸⁰ mencionan un incremento de ambos diámetros de manera proporcional al contenido presente de humedad, para este caso en tres variedades de semillas de calabaza, lo cual, esto mismo reportan en trabajos de Durun *et al.*¹⁸¹.

3.1.1.2 Area superficial semilla de Durazno. De acuerdo a lo citado en la sección 1.8.2, es una característica física importante que está ligada al tamaño y la forma de la partícula, la cual es esencial para las operaciones de enfriamiento y calentamiento. Según la tabla 12 se calculó el valor del área superficial para la semilla de Durazno mediante la ecuación 4, arrojando un valor de 1,7559 cm² el cual se comparó, de acuerdo a los datos reportados para esta caracterización con el trabajo de Gezer *et al.*¹⁸² en 5 cultivos diferentes de semilla de Durazno de área superficial de 1,13 cm² siendo el menor tamaño y de 1,60 cm² para el mayor tamaño.

Como se puede evidenciar, el valor del área superficial para la muestra que se trabajó no se encontró dentro de los intervalos mencionados por Gezer *et al.*, esta variación en estos valores puede ser debido a que, según Rojas Barahona¹⁸³ al realizar un análisis del área superficial en semillas de vitabosa, este incrementó en un promedio de 11,5% aumentando su humedad, lo que indica que la humedad es un factor que influye significativamente sobre el área superficial debido al dilatamiento de las semillas cuando absorben humedad generando así una mayor área de contacto. Otros trabajos que

¹⁷⁹ GEZER, Ibrahim *et al.* Physico-chemical properties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernels. South Western Journal of horticulture, Biology and Environment [en línea]. 2011, Vol. 2. [Consultado 26 septiembre 2019] Disponible en: <http://www.biozoojournals.ro/swjhbe/v2n1/01.swjhbe.v2n1.Gezer.pdf>

¹⁸⁰ MILANI, E., *et al.* Moisture dependent physical properties of cucurbit seeds. En: International Agrophysics, 2007. Vol. 21, p. 160-162.

¹⁸¹ DURSUN, TUGRUL y DURSUN, Op. cit., p. 151.

¹⁸² GEZER, Ibrahim *et al.* Op.cit., p. 9.

¹⁸³ ROJAS BARAHONA, Ángel Francisco. Caracterización Físico-Mecánica de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*) [PDF]. Trabajo de Investigación como requisito parcial, para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. 2010. p. 27. [Consultado: 14 agosto 2019]. Disponible en Internet: Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>

soportan esta afirmación, son los de Fathollahzadeh *et al*¹⁸⁴, Garnayak *et al*¹⁸⁵ y Karababa¹⁸⁶, en donde el área superficial de semillas de Durazno "*Prunus Armenia*", *Jatropha* y semillas de maíz "popcorn" respectivamente, aumentó de acuerdo al contenido de humedad. Para el trabajo de Fathollahzadeh *et al*, muestran que con un contenido de humedad de 2,86%, 4,1%, 8,81% y 13,03% se obtuvieron áreas superficiales de 282,35, 284,23, 289,88 y 297,25 mm², comprobando así la dependencia del área superficial con la humedad.

3.1.1.3 Densidad de partícula. Así como se estableció en la sección 1.8.3, esta propiedad mide la densidad de la materia particulada, excluyendo los poros de aire. Por ello, se siguió el procedimiento descrito en la sección 2.1.2.3 para definir el valor de densidad de partícula para la semilla de Durazno "*Prunus Persica*" dando el resultado visto en la tabla 12 de 0,2147 g/mL comparándolo con los datos ofrecidos por Garnayak *et al*¹⁸⁷, los cuales dieron para el menor valor de los 5 cultivos, 0,9309 g/mL y el mayor valor 1,1170 g/mL.

Como es evidente, la densidad entre ambos trabajos difiere de sus valores, por lo cual, según Jha¹⁸⁸ define que la densidad de partícula suele incrementar de acuerdo al incremento de la humedad presente en la semilla, ya que, el peso de ésta es proporcional al contenido de humedad siendo así mayor en el volumen. Incluyendo nuevamente, la posibilidad de la diferencia entre ambos tipos de semilla con la cual se trabajaron, teniendo variaciones en las propiedades de cada una.

3.1.1.4 Factor de forma. Retomando lo descrito anteriormente en la sección 1.8.4, esta propiedad permite establecer la regularidad de las partículas. De acuerdo a la tabla 12 para la muestra trabajada dio como resultado 0,158. Según Pantano y Urrego¹⁸⁹ se dice que el factor o coeficiente de forma, se define cuantitativamente como la divergencia de la forma de una partícula con respecto a la de una esfera, por lo cual cabe resaltar que cuando dicho parámetro posee un valor superior a uno, las partículas se alejan de la posibilidad de tener la apariencia de una esfera y por lo tanto tienen otro tipo de configuración.

¹⁸⁴ FATHOLLAHZADEH *et al*. Some Physical Properties of Tabarzeh Apricot Kernel. Pakistan Journal of Nutrition [en línea]. 2008. [Consultado 27 septiembre 2019]. ISSN: ISSN 1680-5194. Disponible en:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.444&rep=rep1&type=pdf>

¹⁸⁵ GARNAYAK *et al*. Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). Industrial Crops and Products [en línea]. 2008. [Consultado 27 septiembre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

¹⁸⁶ KARABABA, Erşan. Physical properties of popcorn kernels. Journal of food Engineering [en línea]. 2006, Vol.72. [Consultado 27 septiembre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

¹⁸⁷ GARNAYAK *et al*. Op. cit., p.

¹⁸⁸ JHA, Op. cit., p. 147-148.

¹⁸⁹ PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Op.cit., p. 57.

Tomando lo descrito por Pantano y Urrego, se comprueba que, establecido al factor de forma de la semilla de Durazno, siendo este inferior a 1, se aleja de que la partícula sea esférica. Junto con esto, tampoco entra en la categoría de forma cilíndrica o cubica puesto que estos valores a nivel teórico en cuanto factor de forma, son 0,785 y 1,0¹⁹⁰.

3.1.1.5 Densidad aparente aireada. Con el procedimiento establecido para la sección 2.1.2.4, se obtuvo el valor de esta propiedad, la cual fue de 0,1252 g/mL para la muestra de semillas "*Prunus Persica*". A falta de información sobre esta propiedad, no se puede realizar una comparación entre valor del mismo tipo se semilla, aun así, algo que es importante mencionar es que según Rojas Barohana¹⁹¹, esta propiedad disminuye a medida que el contenido de humedad aumenta.

Estudios como los proporcionados por Dursun y Dursun¹⁹² y Littlefield¹⁹³ en los cuales hacen uso de semillas de alcaparra y cascaras de árbol pacano, confirman el enunciado anterior dado por Rojas Barohana.

3.1.1.6 Densidad aparente empacada. De acuerdo al procedimiento descrito en la sección 2.1.2.5, se pudo obtener un valor de 0,123 g/mL. Debido a que no se tiene referentes para comparar con este tipo de semilla, es importante resalta que, para esta propiedad, Oginni¹⁹⁴ menciona que la densidad aparente empacada, incrementa proporcionalmente al aumento del tamaño de partícula y disminuirá cuando la humedad incrementa teniendo así, que esta será mayor con la densidad aireada debido a que el empaquetamiento dentro de la muestra genera una disminución de volumen.

3.1.1.7 Índice de Compresibilidad. Con lo dicho en la sección 1.8.7 esta propiedad mide el aumento de la resistencia o densidad de los materiales que son similares al polvo cuando son sometidos a un aumento de presión, permitiendo saber cuánta cantidad de fluidez poseen estas partículas. De acuerdo a lo anterior, el valor arrojado para esta propiedad fue de 1,76% para la muestra de "*Prunus Persica*". Para entender el porcentaje de este valor, Unidad States Pharmacopeia¹⁹⁵ proporciona una escala sobre las diferentes clasificaciones del índice de compresibilidad y lo que estas significan.

¹⁹⁰ MCCABE, SMITH y HARRIOTT, Op. cit., p. 894.

¹⁹¹ ROJAS BARAHONA, Op. cit., p. 35-36.

¹⁹² DURSUN, I. y DURSUN, E. Some physical properties of caper seed. En: Biosystems Engineering. Octubre, 2005. Vol. 92, No. 2, p. 240. Disponible en ScienceDirect.

¹⁹³ LITTLEFIELD, B., *et al.* Physical and flow properties of pecan shells-Particle size and moisture effects. En: Powder Technology. Septiembre, 2011. Vol. 212, No. 1, p. 173-180. Disponible en ScienceDirect.

¹⁹⁴ OGINNI, Op. cit., p. 51-52.

¹⁹⁵ UNITED STATES PHARMACOPEIA, USP. Powder Flow [PDF]. En: Stage 6. Harmonization. The United States Pharmacopeial Convention. Noviembre, 2016. Vol. 30, p. 1-7. [Consultado: 15 de marzo de 2018]. Disponible en Internet: https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/harmonization/gen-chapter/g05_pf_30_6_2004.pdf

Tabla 13. Escala de Índice de Compresibilidad

ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD (%)	CARACTERÍSTICA
≤10	Excelente
11-15	Bueno
16-20	Justo
21-25	Transitable
26-31	Pobre
32-37	Muy Pobre
>38	Altamente Pobre

Fuente: United States Pharmacopeia.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede establecer que el índice de compresibilidad para “*Prunus Persica*”, nos indica que su fluidez está en la categoría de “excelente”. Con esto según, Pantano y Urrego¹⁹⁶ es importante resaltar que a su vez los factores de densidad aparente, tamaño, área superficial, contenido de humedad y forma de las semillas, son propiedades influyentes en la fluidez favorable del material. Teniendo así un efecto por parte de los diámetros geométricos y aritméticos, la densidad aparente y empacada, generando así un aumento que se relaciona con el índice de compresibilidad, favoreciendo la fluidez del material.

El trabajo de Littlefield¹⁹⁷ para las cascarras de pacano, muestra que el índice de compresibilidad disminuyó cuando el tamaño de partícula aumentó, generando así que la fluidez de este material disminuyera en su valor cuando la humedad presente en el material aumentara.

3.1.1.8 Angulo de reposo. De acuerdo a lo establecido en la sección 2.1.2.8, se realizó el cálculo para los dos tipos de ángulos previamente dichos, dando así los siguientes resultados:

- **Estático:** para este, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, se obtuvo un resultado de 31,80°, comparándolo con el valor dado por Kate *et al*¹⁹⁸ para semilla de Durazno de 32,98° con un porcentaje de humedad de 12% siendo así un valor similar al obtenido de la muestra empleada para este trabajo. Cabe resaltar que para el trabajo de Kate *et al*, utilizaron dos porcentajes de humedad, tomando como segundo porcentaje un 16%, generando que el ángulo de reposo estático aumente a 33,23%, mostrando nuevamente que la humedad es una propiedad importante al hallar

¹⁹⁶ PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Op.cit., p. 121.

¹⁹⁷ LITTLEFIELD, *et al.*, Op. cit., p. 177.

¹⁹⁸ KATE, A.E *et al.* Moisture Dependent Engineering Properties of Wild Apricot (*prunus armeniaca L.*) Pits. Department of Post-Harvest Process & Food Engineering. International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology [en línea]. 2014. DOI 10.5958/j.2230-732X.7.1.024. [Consultado 29 agosto 2019] Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/a5a3/50fc603ca60c32837efc776b11c6fb401fe6.pdf>

diferentes propiedades físicas. Para este caso en especial, se podría decir que el incremento de humedad en la muestra, genera un aumento en el valor del ángulo de reposo estático.

Es importante indicar, así como lo afirma Mohsenin¹⁹⁹, que el ángulo de reposo determina el ángulo máximo de una pila de grano en el plano horizontal, y es significativo en el llenado de una instalación de almacenamiento plano cuando el grano no se apila a una profundidad de lecho uniforme, sino que alcanza su punto máximo.

- **Dinámico:** así como se dijo en la sección 2.1.2.8 para establecer el valor del ángulo de reposo estático y dinámico se realizó el mismo procedimiento, dándonos así un valor de 30,5°, lo que nos indica que cada vez que se le realice algún movimiento a la semilla, habiendo estado en reposo, se formara este ángulo.

Para saber el flujo que posee las semillas de acuerdo a su ángulo de reposo, United States Pharmacopeia²⁰⁰ nos proporciona una tabla con dicha clasificación:

Tabla 14. Clasificación escala de fluidez según su ángulo de reposo

<i>FLUJO</i>	<i>ANGULO DE REPOSO</i>
Excelente	25-30
Bueno	31-35
Justo	36-40
Pasable	41-45
Pobre (necesita agitación)	46-55
Muy pobre	56-65
Muy muy pobre	>66

Fuente: United States Pharmacopeia.

Seguendo lo proporcionado por la tabla anterior, la semilla de Durazno se encuentra entre la escala de flujo excelente y bueno al ser sometidas al movimiento, lo cual nos afirma que, de acuerdo a los resultados y a la parte experimental, estas semillas al ponerlas en movimiento, generando que cambie su posición, se desplazarán fácilmente y sin dificultad.

Analizando lo anterior y teniendo en cuenta referentes como Rojas Barahona²⁰¹, el ángulo de reposo tiene influencia por parte de la humedad, siendo a mayor ángulo de

¹⁹⁹ MOHSEIN, Nuri. Physical properties of plant and animal materials Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical. 2 ed. Estados Unidos: Gordon and Breach Science Publishers, 1970. 742 p. ISBN: 9780677023007.

²⁰⁰ UNITED STATES PHARMACOPEIA, Op. cit., p. 2.

²⁰¹ ROJAS BARAHONA, Op. cit., p. 94.

reposo, esta semilla tendrá una mayor proporción de humedad. Este aumento se verá cuando el intervalo de humedad entre semilla y semilla sea significativo, de lo contrario, la variación entre ellas no será alta.

El bajo ángulo de reposo de una semilla, se debe a características tales como el tipo de superficie lisa que esta posea, presentando una menor adhesión entre semillas para permitir una mayor fluidez²⁰². Al contrario de aquellas semillas que posean un alto ángulo de reposo tendrán una mayor área de estas, las cuales pueden incrementar la fricción interna de las semillas.²⁰³ Así también lo establece Pradhan *et al*²⁰⁴, indicando que el aumento del ángulo de reposo debido a la humedad, es gracias a una capa superficial en las semillas formando agregados de las semillas por la tensión superficial.

3.1.1.9 Humedad. De acuerdo con lo mencionado en la sección 1.8.9, la determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesamiento, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua. Adicionando a lo anterior, según Ospina Machado²⁰⁵, el contenido de humedad es el factor de mayor importancia en el comportamiento de las semillas, en especial en su almacenamiento y procesamiento. Estas deben tener un control adecuado, ya que, de lo contrario, puede producir un calentamiento en la masa de las semillas, generando un daño en estas a nivel microbiológico.

Para la obtención de este valor, se siguió el procedimiento establecido en la sección 2.1.2.9 con la NTC 287, dando así un porcentaje de humedad de 10,93%. Dicho valor se puede comparar con datos reportados por parte de Fathollahzadeh *et al*²⁰⁶ y Kate *et al*²⁰⁷ los cuales reportan valores de entre 2,86 a 13,03% y 12 % a 16% respectivamente, con esto, podemos decir que el valor de la muestra tomada de estudio no difiere de los valores proporcionados por estos autores estando dentro de los rangos mencionados.

²⁰² Ibid. p. 95.

²⁰³ DURSUN y DURSUN. Op. cit., p.237-245.

²⁰⁴ PRADHAN *et al*. Moisture-dependent physical properties of Karanja (*Pongamia pinnata*) kernel. Industrial Crops and Products. Citado por: ROJAS BARAHONA, Ángel Francisco. Caracterización Físico-Mecánica de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*) [PDF]. Trabajo de Investigación como requisito parcial, para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010. p. 27. [Consultado: 14 agosto 2019]. Disponible en Internet: Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>

²⁰⁵ OSPINA MACHADO, Op. cit., p. 33.

²⁰⁶ FATHOLLAHZADEH *et al*. Op.cit., p.7.

²⁰⁷ KATE *et al*. Op. cit., p.1.

De acuerdo a Emir, Güneser y Yilmaz²⁰⁸, las semillas que poseen una humedad inferior o igual al 12% no existe la necesidad de pasarlas por un tratamiento de calentamiento ya que este porcentaje de humedad es el adecuado para lograr un buen rendimiento de aceite. Adicionando a lo anterior, es importante tener en cuenta que las semillas oleaginosas con contenidos de humedad inferiores al 13% son poco susceptibles al ataque de microorganismos en cualquier medio ya que reduce la actividad enzimática que genera degradaciones de los aceites así como lo establece Ospina Machado²⁰⁹.

Así como se mencionó, la densidad aparente aumentará de acuerdo al incremento de la humedad presente en las semillas, como lo establece Singh y Goswami²¹⁰ para semillas de comino y Gupta y Das²¹¹ para semillas de girasol. Esta propiedad según Pantano y Urrego²¹², es determinante para el análisis de transferencia de materia y calor, para el control de calidad, la evaluación, cálculo y diseño de sistemas de transporte, limpieza y clarificación, así como en el diseño de sistemas de almacenamiento, empaque y deshidratación. La humedad afectará al ángulo de reposo en cuanto a su desplazamiento y operaciones de carga y descarga.

Con lo descrito previamente y con los análisis para cada una de las propiedades anteriores, la humedad afecta también al tamaño de partícula así como lo citan Dursun y Dursun²¹³ en los cuales este autor cita una relación lineal entre el tamaño de partícula y el contenido de humedad, estableciendo así que las semillas tienden a hincharse de acuerdo al porcentaje de humedad presente en ellas.

3.1.2 Extracción por método Soxhlet. Para la obtención de aceite de semilla de Durazno, se realizó siguiendo el procedimiento mencionado en la sección 2.2.1. De acuerdo al diseño de experimentos, se realizaron 12 extracciones teniendo en cuenta el tamaño de partícula, el tiempo de extracción y el tipo de solvente, estableciendo que no se realizaron repeticiones en las extracciones para este trabajo. Con esto, se obtuvieron los valores de rendimiento para cada una de estas extracciones mostrados en la siguiente tabla:

²⁰⁸ EMIR, D.D., GÜNESER, O. y YILMAZ, E. Cold pressed poppy seed oils: Sensory properties aromatic profiles and consumer preferences. En: Grasas y Aceites. Julio-septiembre, 2014. Vol. 65, No. 3, p. 1-13. Disponible en Grasas y aceites. International Journal of Fats and Oils.

²⁰⁹ OSPINA MACHADO, Op. cit., p. 33

²¹⁰ SINGH, K.K y GOSWAMI, T.K. Physical properties of Cumin seed. En: Journal of Agricultural Engineering Research. Junio, 1996. Vol. 64, No. 2, p. 95. Disponible en ScienceDirect.

²¹¹ GUPTA, R.K. y DAS, S.K. Fracture resistance of sunflower and kernel to compressive loading. En: Journal of Food Engineering. Octubre, 2000. Vol. 46, No. 1, p. 3-7. Disponible en ScienceDirect.

²¹² PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Op.cit., p. 57.

²¹³ DURSUN y DURSUN, Op. cit., p. 240.

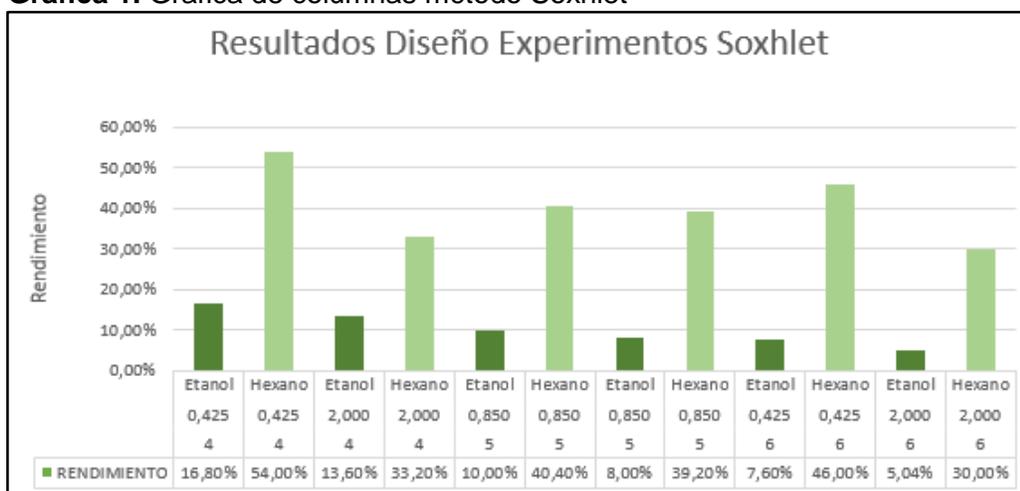
Tabla 15. Resultado diseño experimental Soxhlet

HORAS	TAMAÑO DE PARTICULA (mm)	SOLVENTE	RENDIMIENTO
4	0,425	Etanol	16,80%
4	0,425	Hexano	54,00%
4	2,000	Etanol	13,60%
4	2,000	Hexano	33,20%
5	0,850	Etanol	10,00%
5	0,850	Hexano	40,40%
5	0,850	Etanol	8,00%
5	0,850	Hexano	39,20%
6	0,425	Etanol	7,60%
6	0,425	Hexano	46,00%
6	2,000	Etanol	5,04%
6	2,000	Hexano	30,00%

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla, hablando del rendimiento se puede observar que se tuvo un porcentaje del 54% para un tiempo de 4 horas, con un tamaño de partícula de 0,425 mm empleando n-Hexano como solvente. Es importante aclarar que se pudieron presentar perdidas de aceite mínimas al momento de pasar del recipiente del montaje de Soxhlet al rotaevaporador. El rendimiento obtenido para cada una de las muestras se halló mediante la ecuación 18. A continuación, se muestra una gráfica de columnas con los resultados obtenidos de la anterior tabla:

Grafica 1. Grafica de columnas método Soxhlet



Fuente: elaboración propia.

Obtenida la muestra de la extracción, esta se llevó al rotaevaporador como se mencionó en la sección 2.3.1 para separar el solvente del aceite. Ya que la muestra contenía

presencia de partículas sobrenadantes no deseadas, se le realizó un proceso de centrifugación, trabajando durante 15 minutos por 600 rpm. Este proceso fue esencial para poder realizar los análisis correspondientes al aceite obtenido, evitando que partículas interfirieran en dichos análisis. En la ilustración 17 se muestra el aceite obtenido de la extracción por método Soxhlet con n-Hexano. Al tener la muestra final, separada del solvente y sin partículas, se almacenó en frascos de vidrio puestos en refrigeración para disminuir su degradación.

Ilustración 17. Muestra extraída de aceite por método Soxhlet



Fuente: elaboración propia.

Aun con los tratamientos realizados para ambas muestras, estas presentaban trazas de solventes, por esto, la única manera para retirarlas en su totalidad es mediante procesos de refinación de aceite tales como el desgomado, neutralización, clarificación y desodorización, las cuales no se realizaron en el presente trabajo puesto que no se contemplaron, recomendando así para estudios posteriores, realizar dichos tratamientos de refinación con el fin de darle un mayor valor a la muestra siendo apta para usos de consumo.

De acuerdo a los datos presentados en la tabla 15, una de las grandes características que se puede presenciar, es el porcentaje del rendimiento de las extracciones trabajadas con n-Hexano. Este resultado se presentó por varios factores, como lo explica Sekine y Hasegawa²¹⁴ en la teoría de disolución de extracción por solvente, basada en las leyes de termodinámica, durante la disolución, dos sustancias separadas, el soluto y el solvente forman una mezcla molecular. La disolución siempre va acompañada por un cambio de energía libre de Gibbs negativa. La energía libre (ΔG) está relacionada por la ecuación de Gibbs para entalpía (o contenido de energía (ΔH)), temperatura absoluta (T) y la entropía (ΔS), lo cual formarían la siguiente ecuación para ΔG :

Ecuación 19. Ecuación para Energía Libre de Gibbs

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

²¹⁴SEKINE, T., y HASEGAWA, T. Solvent Extraction Chemistry: Fundamentals and Applications. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, 1977, p. 564-5673

Agregando lo que Johnson y Lusas citan²¹⁵, ya que la disolución implica la mezcla de dos sustancias, esto producirá un aumento en su desorden, siendo así un cambio positivo de entropía. La disolución implica dos procesos endotérmicos y uno exotérmico. En primer lugar, las moléculas de soluto (ya sean sólidas o líquidas), se separan en moléculas aisladas, lo que implicaría un proceso endotérmico. Su energía se llama “calor de vaporización” y es pequeña cuando las moléculas de soluto son no polares. Las moléculas de soluto separadas, se dispersan en el disolvente, lo cual es necesaria la energía para disociar las moléculas del disolvente permitiendo acomodar las moléculas del soluto.²¹⁶

La energía requerida aumenta con el incremento de las interacciones intermoleculares en el disolvente puro en el siguiente orden: disolvente no polar < disolventes polares < disolventes a base de hidrógeno. La energía requerida también es mayor cuando la molécula de soluto es más grande, ya que se deben interrumpir mayor cantidad de enlaces intermoleculares entre las moléculas del solvente para hacer espacio para el soluto.²¹⁷

Para el tercer proceso, que es exotérmico, las moléculas de soluto interactúan con las moléculas de disolvente más cercanas. La energía liberada para una interacción de soluto-solvente aumenta en el siguiente orden: tanto moléculas de solvente como las de soluto no polares < una siendo polar y la otra no polar < moléculas de soluto con disueltas por las moléculas del solvente.²¹⁸

El cambio global de entalpía es más negativo (exotérmico), si las pérdidas de energía entre soluto-soluto y solvente-solvente son mayores que la ganancia de energía en la interacción de soluto-solvente. Cuando las moléculas del soluto están fuertemente unidas entre sí, son altamente solubles únicamente en disolventes cuyas interacciones de soluto-solvente también sean grandes sus moléculas.²¹⁹

Cuando las moléculas de los disolventes están altamente asociadas, como es en el caso del agua, el soluto se disuelve correctamente solo si la disolución resulta en una interacción más fuerte entre el soluto y el disolvente. Por lo tanto, la solubilidad de triglicéridos en agua es pequeña ya que las moléculas de este solo interactúan débilmente con el agua y la energía que se gana por la interacción entre triglicérido-agua no puede ser compensada por la gran cantidad de energía que se requiere para romper los enlaces del hidrógeno intermolecular del agua. Pero, por otro lado, la solubilidad del aceite en el n-Hexano es alta debida a la fuerte interacción de soluto-solvente la cual es compensada por la pérdida de energía en el primer y segundo proceso ya mencionados.²²⁰

²¹⁵ JOHNSON, L.A y LUSAS, E.W. Op, cit. p. 230

²¹⁶ Ibid., p. 229.

²¹⁷ Ibid., p. 229.

²¹⁸ Ibid., p. 229.

²¹⁹ Ibid., p. 229.

²²⁰ Ibid., p. 230.

Por ello, las extracciones obtenidas con Etanol, no dieron un resultado igual o parecido, más sin embargo el porcentaje obtenido es útil para procesos a un mayor escalado si se desea trabajar con un solvente verde.

Los resultados obtenidos de los rendimientos, para las extracciones con n-Hexano, se puede comparar con los referentes proporcionados en la tabla 5, los cuales trabajos como el de Machaca²²¹, Schinas *et al*²²², Londoño, Mieres-Pitre y Hernandez²²³ y Matos y Acuña²²⁴, obtuvieron porcentajes de extracción, haciendo uso del n-Hexano como solvente, de 51,91%, 44,04%, 56,60% y 44,20% respectivamente, lo cual podemos afirmar que el porcentaje obtenido del proceso experimental fue exitoso, dando así un porcentaje alto comparándolo con la mayoría de los autores mencionados.

Para las extracciones que se realizaron con Etanol, no se encontró mucha información ya que el uso de solventes verdes en procesos de extracción es algo hasta ahora se está empezando a estudiar, mas, sin embargo, trabajos como el de Baümler, Carrín y Carelli²²⁵ los cual obtuvieron un rendimiento para semillas de girasol de 32,2% y así también valores obtenidos por Usaquén y Zafra²²⁶ de 11,39%, 15,55% y 12,07% para semilla de mango. Estos valores que, aunque no provienen de la misma fuente de materia prima, proporcionan evidencias de porcentajes de rendimiento que pueden ser útiles en la industria sabiendo que se emplea un solvente el cual no es afín al aceite, mostrando que la continuación de investigaciones usando solventes verdes, puede ser una alternativa mucho más ecológica para generar una disminución en el uso de solventes provenientes de hidrocarburos.

Para el tamaño de partícula, así como se mencionó en la sección 2.1, este parámetro fue esencial para poder obtener un resultado de acuerdo a los referentes bibliográficos. Con esto, se pudo comprobar lo dicho por Martínez y Ceballos²²⁷, estableciendo que es una medida que influye en los procesos de transferencia de calor y de materia, de manera que, a menor tamaño de partícula, mayor es el área expuesta a determinado proceso y mayor es el rendimiento. Al ver los resultados de rendimiento obtenidos en la tabla 11, se puede ver que tanto para n-Hexano como para etanol, el menor tamaño de partícula que es 0,425 mm permitió obtener mayores rendimientos. Con ello, se puede afirmar que el tamaño de partícula es esencial al momento de realizar proceso de extracción así como lo muestra en el trabajo de Matos y Acuña²²⁸ y Machaca²²⁹ los cuales, utilizaron 0,5 mm y 0,3 mm respectivamente como tamaño de partícula para ambos trabajos dando así, los mayores porcentajes de rendimiento registrados en cada

²²¹ MACHACA, Leonardo. Op. cit., p. 15.

²²² SCHINAS *et al*. Op.cit., p. 2-8.

²²³ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ, Carlos. Op.cit., p. 44.

²²⁴ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op.cit., p. 3.

²²⁵ BAÜMLER, Erica; CARRIN, Maria y CARELLI, Amalia. Op. cit., p.10.

²²⁶ USAQUEN, Maria y ZAFRA, Maria. Op.cit. p.105.

²²⁷ MARTINEZ, Carlos y CEBALLOS, Chistian. Op. cit., p. 68.

²²⁸ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op. cit., p. 6.

²²⁹MACHACA, Leonardo. Op.cit., p. 74

uno de sus trabajos. De acuerdo a lo anterior, se concluye para el tamaño de partícula, que, mediante el uso de menores tamaños, se podrá obtener mejores resultados en cuanto al rendimiento. Según Tavera²³⁰, menciona que, a menor tamaño, este puede generar un enturbiamiento al aceite, produciendo partículas que son difíciles de separar.

En cuanto al tiempo de extracción, retomando lo dicho en la sección 2.1 este parámetro fue fundamental para la calidad, el rendimiento y la composición del aceite. De acuerdo a la tabla 11 se puede ver que el incremento en cuanto al tiempo de extracción generaba una disminución en el rendimiento obtenido de aceite. Este resultado difiere de la influencia que tiene el comportamiento del tiempo en los procesos de extracción, debido que a mayores tiempos de operación, se podrá generar un contacto más prolongado entre el solvente y la semilla generando la obtención de un mayor porcentaje de rendimiento, teniendo en cuenta la cantidad de aceite contenido dentro de la semilla, puesto que se llegará a un punto en el que no se obtenga más extracto, permaneciendo invariable de acuerdo a lo mencionado por Sayyar *et al*²³¹. Según Wesolowska, Jadczyk y Grzeszczuk²³² y Fernandez-Sanches²³³, si el tiempo de destilación es demasiado corto, es posible que no se obtenga toda la cantidad de compuestos, ya que, si la muestra se encuentra en un contacto continuo con la temperatura, esto permitirá que se de paso a la extracción de los diferentes componentes presentes en la esta. Por consiguiente, se determina que los resultados obtenidos para la variable de tiempo, no son confiables, ya que se necesita realizar un mayor número de replicas en cuanto al diseño experimental, estableciendo diferentes rangos de tiempo para poder analizar el verdadero efecto que esta variable genera en el rendimiento obtenido, logrando así,

²³⁰ TAVERA, Javier. Extracción solido- liquido. En: Operaciones y procesos de separación. Universidad Autonoma de Madrid, 2005. Citado por: MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (*Prunus Persica*). 2010. [Consultado 21 julio 2019]. ISSN: 2218-3310, Disponible en: <https://docplayer.es/18014108-Influencia-del-tiempo-tamano-de-particula-y-proporcion-solido-liquido-en-la-extraccion-de-aceite-crudo-de-la-almendra-de-Durazno-prunus-persica.html>

²³¹ SAYYAR, Sepidar *et al*. Extraction of Oil from *Jatropha* Seeds-Optimization and Kinetics. American Journal of Applied Sciences [en línea]. 2009. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26625514_Extraction_of_Oil_from_Jatropha_Seeds-Optimization_and_Kinetics. ISSN 1546-9239

²³² WESOLOWSKA, Aneta; JADCZYK, Dorota y GRZESZCZUK, Monika. Influence of distillation time on the content and composition of Essential oil isolated from lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). West Pomeranian University of Technology [en línea]. 2010, Vol. 56, nro. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26625514_Extraction_of_Oil_from_Jatropha_Seeds-Optimization_and_Kinetics

²³³ FERNANDEZ-SANCHEZ, Félix *et al*. Extraction Condition Evaluation of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Essential Oil Foliage (Dry Drug) by Hydrodistillation-Cohobation. Revista Cubana de Química. [en línea]. 2012, Vol. 25. [Consultado 31 octubre 2019] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543730013.pdf>

extraer la totalidad de la cantidad de aceite presente en la semilla y proporcionando una mayor certeza en los resultados.

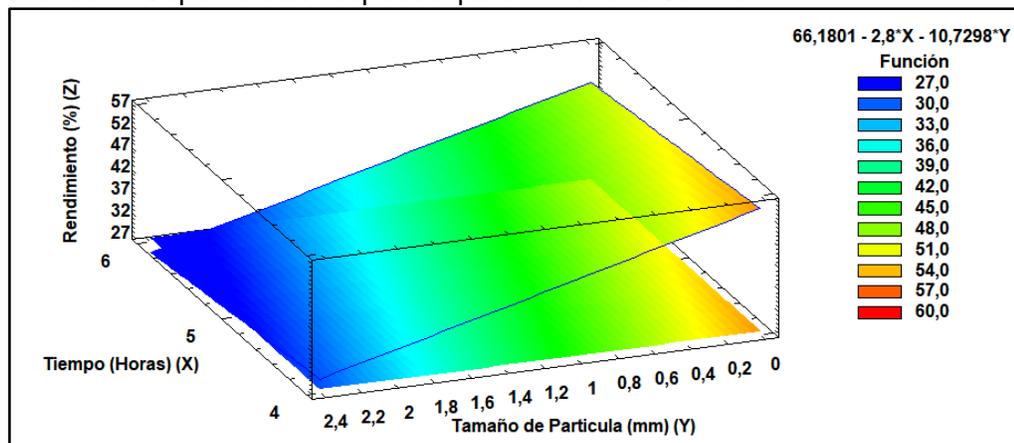
De acuerdo a lo descrito en cada uno de los parámetros empleados para la extracción de aceite de semilla de Durazno, se concluye que las características como el tipo de solvente a utilizar, permitirá mostrar previamente un parámetro de predicción sobre el comportamiento que generara este en la extracción, siendo así, corroborado por referentes bibliográficos, que el n-Hexano tiene una muy buena afinidad con los aceites al momento de extraerlos de semillas oleaginosas, más sin embargo, solventes orgánicos como Etanol en este caso, merecen ser estudiados por sus propiedades no dañinas con el medio ambiente y así mismo, que estos pueden proporcionar porcentajes de rendimiento atractivos para la industria.

En cuanto al tamaño de partícula se establece que, a menor tamaño, se podrán obtener un incremento del porcentaje de extracción, ya que facilita la transferencia de materia dentro de la semilla, generando así un punto de referencia en cuanto a la selección de condiciones de operación al momento de llevar el proceso de escala laboratorio a escala piloto e incluso a escala industrial.

3.1.3 Análisis estadístico método Soxhlet. Así como se mencionó en la sección 2.3.1, se realizó un análisis previo sobre las variables a utilizar mediante la ayuda del programa Statgraphics. Gracias a este, se pudo establecer la relación a nivel estadístico de las variables con las cuales se trabajaron para el diseño experimental de 2^3 obtenido por el mismo programa.

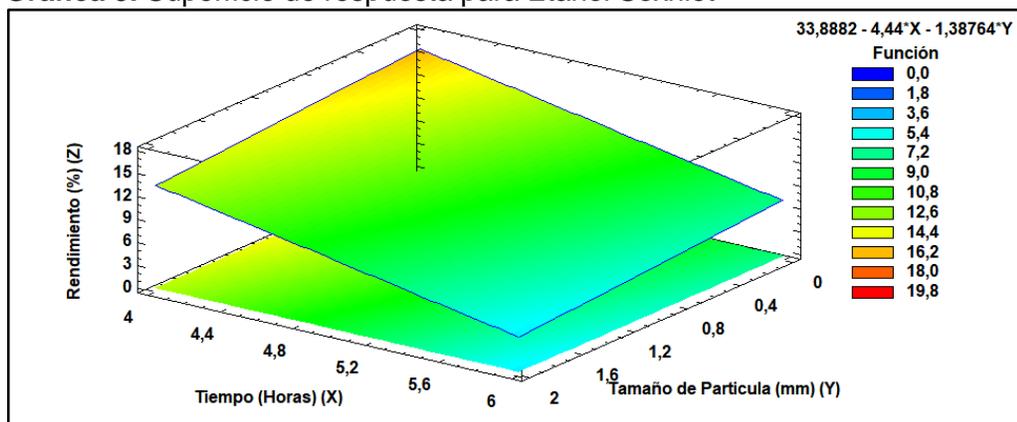
Dentro de las herramientas que ofrece este programa, se realizó un análisis mediante la construcción de una superficie de respuesta la cual se dividió en dos, una para las extracciones realizadas mediante n-Hexano y otra para las extraídas con Etanol, esto para analizar la relación entre rendimiento siendo esta la función, junto la variable de tiempo de extracción y el tamaño de partícula. A continuación, se mostrarán las gráficas de superficie de respuesta para los dos tipos de solvente:

Grafica 2. Superficie de respuesta para n-Hexano Soxhlet



Fuente: programa Statgraphics.

Grafica 3. Superficie de respuesta para Etanol Soxhlet



Fuente: programa Statgraphics.

Haciendo un análisis para ambas gráficas, se puede observar el comportamiento a nivel estadístico sobre la influencia que genera el tamaño de partícula junto con el tiempo de extracción. Así como se determinó en la sección anterior, en donde se evidenció gracias al desarrollo experimental afirmando que a menor tamaño de partícula se obtendrá mayores rendimientos, con la excepción de que a mayores tiempos se debieron obtener mayores valores.

En las gráficas 2 y 3 muestran una escala de diferentes colores dependiendo de la zona y el valor de la función que se esté indicando. Para la gráfica con n-Hexano, se puede ver que el color azul muestra un menor valor para rendimiento, subiendo así hasta rojo indicando un mayor rendimiento. Lo anterior aplica también para la gráfica con Etanol, donde los colores varían, pero el análisis es el mismo. Esto aplica así mismo para la superficie de respuesta de Etanol. Para saber que en qué porcentaje exactamente cumple la correlación entre la ecuación proporcionada para cada una de las gráficas de superficie y los datos establecidos, el programa Statgraphics muestra un análisis de varianza donde presenta la relación estadística a nivel numérico.

Tabla 16. Análisis de varianza n-Hexano Soxhlet

Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	337,125	2	168,562	12,45	0,0352
Residuo	40,6087	3	13,5362		
Total (Corr.)	377,733	5			

R-cuadrada = 89,2494 por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 82,0823 por ciento

Fuente: programa Statgraphics

Tabla 17. Análisis de varianza Etanol Soxhlet

Análisis de Varianza					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	83,9683	2	41,9842	13,38	0,0320
Residuo	9,41303	3	3,13768		
Total (Corr.)	93,3813	5			

R-cuadrada = 89,9198 por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 83,1997 por ciento

Fuente: programa Statgraphics

De acuerdo a lo mostrado en la anterior tabla, para el análisis de varianza de la gráfica de superficie de respuesta para n-Hexano y Etanol, muestra un valor de p , expresando la significancia de las variables y el efecto que estas generan en la variable de respuesta, por ello, si el valor de p es inferior al nivel de confiabilidad estipulado el cual para este caso es $\alpha = 0,05$ significa que no existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, de lo contrario, si este valor es superior al nivel de confiabilidad, mostraría que el tratamiento realizado entre las variables tiene una relación estadísticamente significativa entre ellas.

Habiendo dicho lo anterior, para la tabla 16 y en la tabla 17, puesto que el valor- p en la tabla de varianza (ANOVA) es menor que 0,05 se establece que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95%, lo cual muestra que el tamaño de partícula y el tiempo de extracción tienen un alto porcentaje de influencia al momento de realizar un proceso de extracción. Esta afirmación la realiza también Matos y Acuña²³⁴, los cuales también realizaron un análisis de superficie de respuesta teniendo como función el rendimiento y siendo el tiempo y tamaño de partícula las variables controlables. Estos autores enfatizan en que dichas variables son significativas y tienen una gran influencia sobre el rendimiento, lo que ayuda a corroborar lo mencionado en la sección 3.1.2 y lo obtenido en las gráficas de superficie de respuesta.

En cuanto al porcentaje de exactitud de las ecuaciones mostradas en las gráficas, se puede observar que en la tabla 16 el R-Cuadrado indica que el modelo propuesto de acuerdo a los datos obtenidos, explica 89,25% de la variabilidad en rendimiento y el estadístico R-cuadrado ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con diferente número de variables independientes en este caso, tamaño de partícula y tiempo de extracción, es 82,08%. Para la tabla 17, el R-Cuadrado dio un 89,91% y su R-Cuadrado ajustado, 83,19%. El porcentaje entre la extracción con n-Hexano y Etanol pudo variar en la exactitud en que se tomaron los datos para cada uno, lo cual para aumentar el porcentaje de este R-Cuadrado en futuros estudios, es recomendable realizar un mayor número de extracciones que permitan tener una mayor área de análisis.

²³⁴ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op.cit. p. 5-6.

3.1.4 Extracción por método Arrastre de Vapor. Como segundo método establecido, se siguió el procedimiento propuesto en la sección 2.2.1 para Arrastre de Vapor de acuerdo al diseño experimental proporcionado por Statgrafics el cual arrojó 12 extracciones con este método según el tamaño de partícula establecido en los parámetros de operación, el tiempo de extracción y con los dos solventes propuestos. Con esto, se obtuvieron los siguientes resultados de rendimiento para cada una de las extracciones:

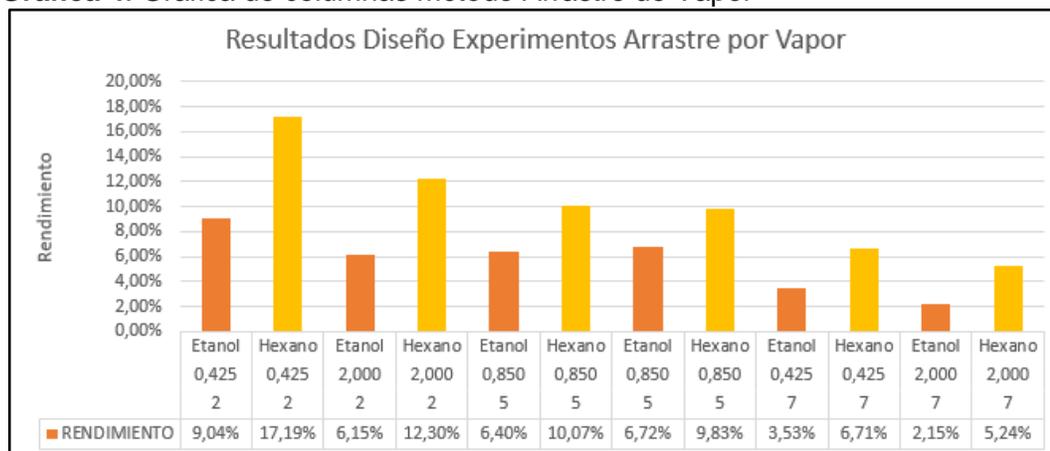
Tabla 18. Resultado diseño experimental Arrastre de Vapor

<i>HORAS</i>	<i>TAMAÑO DE PARTICULA (mm)</i>	<i>SOLVENTE</i>	<i>RENDIMIENTO</i>
2	0,425	Etanol	9,04%
2	0,425	Hexano	17,19%
2	2,000	Etanol	6,15%
2	2,000	Hexano	12,30%
5	0,850	Etanol	6,40%
5	0,850	Hexano	10,07%
5	0,850	Etanol	6,72%
5	0,850	Hexano	9,83%
7	0,425	Etanol	3,53%
7	0,425	Hexano	6,71%
7	2,000	Etanol	2,15%
7	2,000	Hexano	5,24%

Fuente: elaboración propia.

Según los datos proporcionados por la anterior tabla, así como se esperaba en el proceso de extracción Soxhlet, el n-Hexano permitió tener mayores rendimientos, para este caso a un tiempo de 2 horas de extracción, con un tamaño de partícula de 0,425 mm dando así un 17,19% de rendimiento. Para las extracciones realizadas con Etanol, el mayor rendimiento fue de 9,04%, con 0,425 mm y 2 horas de extracción. A continuación, se muestra una gráfica de columnas con los resultados obtenidos de la anterior tabla:

Grafica 4. Grafica de columnas método Arrastre de Vapor



Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó, para el proceso de extracción de Arrastre de Vapor no se logró obtener suficiente información bibliográfica para realizar una comparación completa con otros trabajos que hubiesen realizado procesos con Arrastre de Vapor usando n-Hexano y Etanol, más, sin embargo, se comparó con trabajos como el de Valencia²³⁵ el cual realiza extracción mediante este método para semilla de moringa usando agua como solvente obteniendo 31,10% de rendimiento. Otro trabajo a mencionar es el de Damayanti y Setyawan²³⁶, los cuales obtuvieron un 2,04% de rendimiento usando agua para semillas de hinojo; estos autores afirman que el bajo rendimiento obtenido se debe a que el material base (semilla) y el fraccionamiento en un hervidor de destilación afecta al contenido de aceite. Por otra parte, Wenqiang *et al*²³⁷, obtuvieron un rendimiento para extracción de aceite de yema de clavo, teniendo así un 10,10% empleando agua como medio de extracción.

Analizando lo dicho anteriormente, se puede observar que definir un comportamiento exacto para el proceso de Arrastre de Vapor es incierto, puesto que aunque se trabajó con n-Hexano, si lo comparamos con el trabajo de Valencia el cual empleo agua como solvente, vemos que este último obtiene un porcentaje de rendimiento más alto que el del presente trabajo, haciendo uso de primas diferentes, lo cual se podría decir que para este método, el rendimiento influye no solo de acuerdo al tipo de solvente sino al tipo de materia prima.

Otro factor que pudo generar que el rendimiento no fuera más alto, fue el montaje realizado para este proceso, ya que el uso de tapones para los balones que se utilizaron, dejaba escapar ciertas cantidades de vapor, lo cual no permitía que el proceso de arrastre de vapor se mantuviera en su totalidad dentro de estos balones. Mas, sin embargo, es evidente que, para ambos métodos, el tamaño de partícula y el

²³⁵ VALENCIA, Maylin. Op.cit., p.33.

²³⁶ DAMAYANTI, Astrilia y SETYAWAN, Eko. Op.cit., p. 13.

²³⁷ WENQUIANG, Guan *et al*. Op. cit., p. 1562.

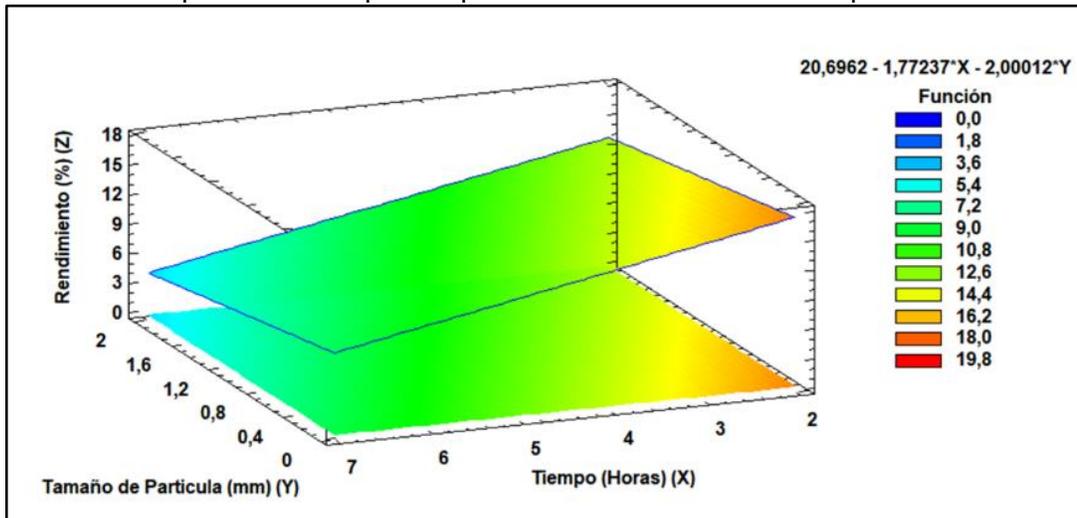
tiempo de extracción siguen siendo factores importantes al momento de realizar un proceso de extracción.

Por ello, se concluye que, para este proceso, el tipo de materia prima es esencial puesto que, según referentes bibliográficos, el comportamiento de la extracción aun utilizando solventes afines a las semillas oleaginosas, no logró establecer un parámetro que indicase el mejor solvente para este proceso. Junto con esto, es importante realizar un montaje que garantice que el paso de vapor de recipiente a recipiente no se vaya a filtrar, generando así una pérdida al momento del contacto entre el solvente y la semilla. Estableciendo aun así, que el tamaño de partícula y tiempo de extracción fueron factores esenciales para el desarrollo experimental de este trabajo; esto se explicara a continuación mediante graficas de superficie así como se realizó para Soxhlet.

3.1.5 Análisis estadístico método Arrastre de Vapor. Con la ayuda del programa Statgraphics, para el presente método se pudo proporcionar un análisis estadístico. Así como se mostró para el método anterior, a continuación, se mostrarán dos graficas de superficie de respuesta, una para las extracciones realizadas con n-Hexano y con Etanol. Con estas graficas de superficie, se podrá corroborar lo dicho en cuanto la influencia del tamaño de partícula y el tiempo en el resultado de rendimiento para extracción para este método. Los datos utilizados en estas graficas fueron tomadas del diseño experimental proporcionado por Statgraphics dado como 2^3 de acuerdo a las variables establecidas y a los datos obtenidos experimentalmente.

Como primer grafica a analizar, se presenta la superficie de respuesta con solvente n-Hexano, la cual así como se explicó en la sección 3.1.3, esa superficie se desglosa en una escala de colores, indicando así un incremento de color mostrando desde 0% de rendimiento hasta un 19,8% estando presente de color rojo. Estas escalas fueron tomadas de acuerdo a los valores máximos y mínimos de rendimiento según los datos obtenidos del desarrollo experimental.

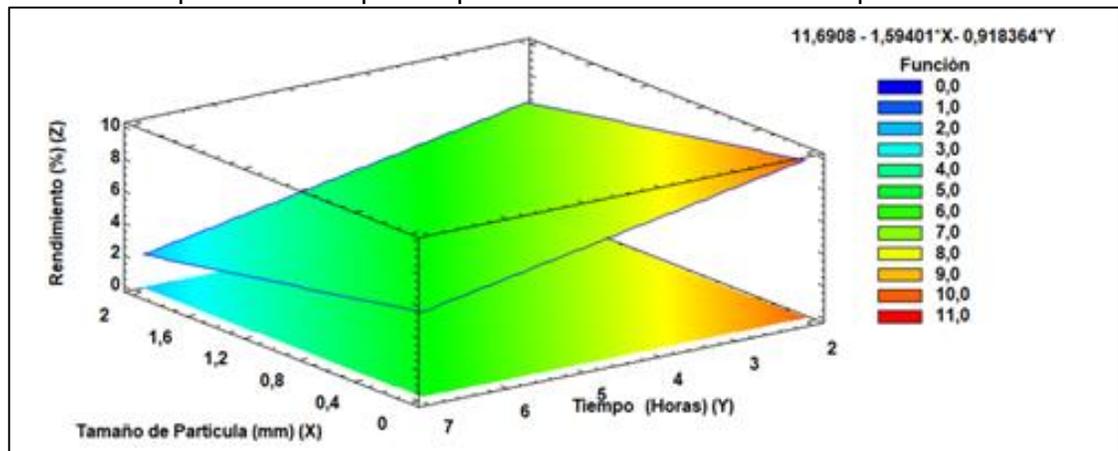
Grafica 5. Superficie de respuesta para n-Hexano Arrastre de Vapor



Fuente: elaboración propia.

La segunda grafica realizada para este método, muestra la superficie de respuesta con Etanol. Esta, así como la gráfica anterior, establece el porcentaje de rendimiento mediante una escala de colores, la cual, para esta empieza también en un 0% hasta llegar al 11%.

Grafica 6. Superficie de respuesta para Etanol con Arrastre de Vapor



Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en cada gráfica, cada una tiene una ecuación, la cual está en función del rendimiento. Así como para el análisis estadístico para el método de Soxhlet en cada una de sus gráficas, se pudo establecer el porcentaje de exactitud de la ecuación junto con el análisis de varianza (ANOVA). A continuación, se mostrarán dos imágenes, las cuales fueron tomadas de los resultados obtenidos por el programa de Statgraphics.

Tabla 19. Análisis de varianza n-Hexano Arrastre de Vapor

Análisis de Varianza					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	87,1631	2	43,5816	43,02	0,0062
Residuo	3,03922	3	1,01307		
Total (Corr.)	90,2023	5			

R-cuadrada = 96,6307 por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,3844 por ciento

Fuente: programa Statgraphics

Tabla 20. Análisis de varianza Etanol Arrastre de Vapor

Análisis de Varianza					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	27,4066	2	13,7033	14,76	0,0280
Residuo	2,78599	3	0,928664		
Total (Corr.)	30,1925	5			

R-cuadrada = 90,7726 por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 84,621 por ciento

Fuente: programa Statgraphics

De acuerdo como se mencionó en la sección 3.1.3, retomando lo dicho sobre el valor de p , el cual expresa la significancia de las variables y el efecto que estas generan en la variable de respuesta, podemos ver que tanto para el análisis ANOVA de n-Hexano como para Etanol, ambos tienen este valor por debajo de 0,05 lo que indica que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables representadas con un nivel de confianza del 95%.

En cuanto al R-Cuadrado y R-Cuadrado ajustado para n-Hexano, se puede decir que el porcentaje de exactitud de ambos experimentos fue muy buena ya que describe casi en su totalidad el comportamiento de la influencia de las variables de tamaño de partícula y tiempo de extracción para la función rendimiento. Para el caso de Etanol, aunque el porcentaje obtenido no es bajo, este podría ser mejor, por lo tanto, se recomienda realizar un diseño experimental en el cual se pueda realizar mayor número de extracción con el fin de tener una mayor área de análisis pudiendo mejorar el porcentaje de exactitud para grafica de superficie de respuesta.

De acuerdo con los resultados mostrados para esta sección y para la sección 3.1.3, se puede concluir que estadísticamente existe una alta correlación entre el tamaño de partícula y el tiempo de extracción si estas se encuentran en función del rendimiento. Esta relación es debida a que cuanto menor tamaño tenga la partícula de la semilla, las trazas de aceite presente en esta se podrán desplazar con mayor facilidad ya que el recorrido que realiza para salir de la partícula, será mucho más corto generando así una reducción en la transferencia de materia. Así mismo, esta relación la establece Matos y Acuña²³⁸, los cuales mediante el desarrollo

²³⁸ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op. cit., p. 6.

experimental definen que, a menor tamaño de partícula lograron mejores rendimientos. Por lo tanto, dichas variables son importantes al momento de realizar un proceso de extracción, ya que al definir las permiten mejores resultados, logrando así la optimización en tiempos de operación, materia prima y energía lo que se traduce en un mayor control de costos disminuyendo las pérdidas en el proceso.

3.1.6 Caracterización aceite de semilla de Durazno. Así como se estableció en la sección 2.2.2, la cual habla de los diferentes procedimientos de caracterización para la muestra obtenida de aceite de semilla de Durazno, siendo estas: densidad, características organolépticas, índice de saponificación, yodo, peróxidos y acidez y cromatografía de gases acoplada a masas gases. Este análisis únicamente se realizó para la muestra que generó un mayor rendimiento de entre los dos métodos, siendo esta, la obtenida con n-Hexano en Soxhlet, con 54% de rendimiento. En la tabla 21 se muestra los resultados obtenidos para cada caracterización.

Tabla 21. Tabla de valores de caracterizaciones aceite de semilla de Durazno

Caracterización	Valor
<i>Índice de Yodo (g l/g)</i>	97,7512
<i>Índice de Saponificación (mgKOH/g)</i>	200,0867
<i>Índice de Peróxidos (meqO₂/kg)</i>	23,6458
<i>Índice de Acidez (mgKOH/g)</i>	0,9838
<i>Índice de Refracción (nD)</i>	1,38
<i>Densidad (g/mL)</i>	0,8910

Fuente: elaboración propia.

- **Índice de Yodo:** este análisis se realizó con la NTC 283²³⁹, la cual establece el grado de insaturación del aceite obtenido según los gramos de yodo absorbidos por la muestra. El valor obtenido fue de 97,7512 g l/g el cual se comparó con referentes tales como Londoño, Mieres-Pitre y Hernández²⁴⁰ y Mena Alonca²⁴¹ reportando valores de índice de yodo de 92,2 g l/g y 96,64 g l/g respectivamente. Al comparar los valores de referencia con el valor del aceite obtenido para este trabajo, se puede decir que, aunque el valor del índice de yodo de la muestra extraída está por encima de los intervalos dados, su valor es muy cercano. Analizando el resultado, este aceite presenta un elevado grado de insaturaciones si se compara con aceites como el de

²³⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de yodo. Op. cit., p. 8.

²⁴⁰ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. Op.cit., p. 41-42.

²⁴¹ MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Extracción y caracterización del aceite crudo de la semilla de Durazno (prunus pérsica) Universidad Mayor de San Andrés [en línea]. 2015. [Consultado 16 agosto 2019] Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9269>.

Palmiste el cual tiene entre 14,1-21 g l/g²⁴² y el de Palma que tiene 50-55 g l/g²⁴³. Con esta comparación, se puede concluir que el valor obtenido del índice de yodo para el aceite de semilla de Durazno es muy bueno, sabiendo que según Alemida *et al*²⁴⁴, este índice permite determinar la capacidad de oxidación de los aceites, sin relacionarse directamente con la estabilidad, ya que esta depende de los ácidos grasos presentes²⁴⁵. Este valor sugiere que este aceite se puede utilizar en el sector alimenticio de acuerdo a Bozdogan, Arlan y Oksuz²⁴⁶ ya que posee un alto nivel de ácidos grasos insaturados tales como oleico, linoleico, linolenico, entre otros²⁴⁷, que son muy importantes desde el punto de vista nutricional, aportando beneficios para una buena salud de acuerdo a lo establecido por Marcus²⁴⁸, ya que la presencia de estos ácidos grasos favorece de manera significativa a la salud y la digestión.

- **Índice de Saponificación:** siguiendo las indicaciones proporcionadas por la NTC 335²⁴⁹, lo define como el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requiere para saponificar 1 g del producto ensayado. De acuerdo a la tabla 21, el valor para esta propiedad fue de 200,0867 mgKOH/g. Este valor se comparó con los proporcionados por Londoño, Mieres-Pitre y Hernández²⁵⁰ y Mena Alonca²⁵¹ los cuales fueron 188,28 mgKOH/g y 200,63 mgKOH/g respectivamente. Analizando lo

²⁴² MINISTERIO DE SALUD. Resolución 2154 de 2012. D.O. 48.516. Bogotá D.C: Ministerio de Salud, 2012.p. 47

²⁴³ Ibid., p. 25.

²⁴⁴ ALMEIDA, D.S *et al*. Characterization of vegetable oil through scattered radiation and multivariate analysis. Radiation Physics and Chemistry. [en línea]. 2018. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969806X18301452>

²⁴⁵ GOMNA, Aboubakar *et al*. Review of vegetable oils behaviour at high temperature for solar plants: Stability, properties and current applications. Solar Energy Materials and Solar Cells. [en línea]. 2019. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

²⁴⁶ BOZDOGAN, Dilsat; ARSLAN, Mehmet y OKSUZ, Abdullah. Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region. Saudi Journal of Biological Sciences. [en línea]. 2018. Vol. 26. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

²⁴⁷ HASHIM, Ayat *et al*. Antioxidant and antibacterial activities of omega-3 rich oils/curcumin nanoemulsions loaded in chitosan and alginate-based microbeads. International Journal of Biological Macromolecules. [en línea]. 2019. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

²⁴⁸ MARCUS, Jacqueline. Culinary Nutrition: The Science and practice of Healthy Cooking. 1 ed. Academic Press. Marzo, 2013. Citado por: PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 10 enero 2019]. Disponible en: Universidad de América.

²⁴⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de saponificación. Op.cit., p. 11

²⁵⁰ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. Op.cit., p. 41-42.

²⁵¹ MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Op. cit., p.54.

anterior, se puede observar que, de acuerdo a los referentes mencionados, el valor obtenido de la muestra, se encuentra dentro de estos rangos.

Remitiéndose a la NTC 335, el valor obtenido de índice de saponificación es bajo, basándose en esto, según Chatterja y Shinde²⁵², los aceites que poseen ácidos grasos de cadena larga tales como el esteárico, palmítico y oleico, tendrán un menor valor de índice de saponificación, generando así una mayor concentración de ácidos grasos de alto peso molecular²⁵³.

Al consumir menor cantidad de KOH, se tendrá valores menores de índice de saponificación, concluyendo así que el aceite de semilla de Durazno obtenido posee altas cantidades de ácidos grasos así como se muestra en trabajos como los de Wu *et al*²⁵⁴ y Machaca²⁵⁵.

- **Índice de Peróxidos:** siguiendo el procedimiento establecido en la NTC 236²⁵⁶, define esta propiedad como la cantidad de estas sustancias presentes en la muestra, expresada en términos de miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo. Bajo este principio, se obtuvo un valor de 23,64 meqO₂/kg pudiendo compararse con Mieres-Pitre y Hernández²⁵⁷ proporcionando un resultado de 23,1 meqO₂/kg el cual es muy cercano a la muestra del presente trabajo.

El valor obtenido del índice de peróxidos para el aceite extraído fue alto de acuerdo a la NTC 236, siendo este método aplicable para grasas, aceites animales y vegetales, estableciendo unos rangos de índice de peróxido desde 0 meqO₂/kg hasta 30 meqO₂/kg, lo que se traduce en que el aceite obtenido tiene una resistencia muy baja. Este resultado pudo ser debido a que la muestra estuvo expuesta a la luz por largos periodos de tiempo según Lima *et al*²⁵⁸, generando que este se enrancie fácilmente afectando así su estabilidad como lo menciona Medina²⁵⁹. Cuando se presenta rancidez, cambian los valores del índice de acidez y saponificación.

²⁵² CHATTERJA, M y SHINDE, Rana. Textbook of Medical Biochemistry 8 ed. Japon: Jp Medical Ltda, 2011. 876 p. ISBN 978-93-5025-484-4.

²⁵³ MANRIQUE, Guillermo. Caracterización de grasa y aceites. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires [en línea]. 2013. [Consultado 30 septiembre 2019]. Disponible en: https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas_y_Aceites.pdf

²⁵⁴ WU, Hao, *et al*. Op., cit. p. 2032-2039.

²⁵⁵ MACHACA, Leonardo. Op.cit., p. 74.

²⁵⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de saponificación. Op. cit., p. 5

²⁵⁷ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. Op.cit., p. 41-42

²⁵⁸ LIMA, Josilene *et al*. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. Food Research International. [en línea]. 2018. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

²⁵⁹ MEDINA, Gilma. Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquia [en línea]. 2014. [Consultado 30 septiembre 2019]. Disponible en:

- **Índice de Acidez:** siguiendo la NTC 218²⁶⁰, siendo este el contenido de ácidos grasos libres expresado como porcentaje en masa. De acuerdo a esto, se pudo obtener el valor del índice de acidez para la muestra presente en el trabajo, dando así 0,9836 mgKOH/g, este valor se comparó con el reportado por Mena Alonca²⁶¹, el cual fue de 1,654 mgKOH/g, teniendo una pequeña diferencia entre ambos valores.

Analizando el resultado anteriormente obtenido, según Medina²⁶², los ensayos de acidez permiten asegurar y mantener un estándar de calidad y frescura deseados para aceites y grasas. Este valor se encuentra entre 0,2 a 1, lo que indicaría que el valor de índice de acidez de la muestra de aceite extraída para este trabajo, se encuentra en el rango siendo así un buen valor para mantener estándares de calidad y frescura, teniendo una baja descomposición o degradación de lípidos. Mas sin embargo ya que el valor está muy cercano a los rangos estipulados, siendo 1 el límite superior, es probable que este aceite requiera de un cuidado al momento de su almacenamiento para evitar la degradación de los ácidos grasos.

- **Índice de Refracción:** este procedimiento se realizó con la ayuda de la NTC 289²⁶³ mediante un refractómetro tipo Abbe. Este índice es la relación de la velocidad de la luz de una longitud de onda definida en el vacío, con su velocidad en el medio. De acuerdo al análisis realizado, se obtuvo un valor de $n_D=1,38$, este valor se comparó con el proporcionado por Mena Alonca²⁶⁴, el cual fue de $n_D=1,46$, siendo así ambos valores cercanos entre ellos.

Este índice permite evaluar la pureza del aceite obtenido para poder detectar posibles adulteraciones, por ello se comparó con el Codex Alimentarius²⁶⁵ el cual establece los rangos permitidos para índice de refracción de distintos aceites vegetales, dentro de estos se encuentra aceite de maní, babasú, coco, etc. Como no se reporta el de aceite de semilla de Durazno, se comparó el valor obtenido con los del Codex y se concluye que está por debajo de dichos valores, estableciendo que el índice de refracción de la muestra extraída es bajo pudiendo existir presencia de impurezas dentro del aceite extraído.

http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma_Medina/Grasasyaceites/Documento_Grasas_y_aceites.pdf

²⁶⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de acidez. Op. cit., p. 10

²⁶¹ MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Op. cit., p.54

²⁶² MEDINA, Gilma. Op. cit., p. 2.

²⁶³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de refracción. Op. cit., p. 10.

²⁶⁴ MEDINA, Gilma. Op. cit., p. 8.

²⁶⁵ FAO y OMS, Comisión del Codex Alimentarius. Informe de la 15° reunión del comité del codex sobre grasas y aceites. Londres, Reino Unido, 1997, 80.

- **Densidad:** siguiendo el proceso propuesto por la NTC 336²⁶⁶, se obtuvo un valor de 0,8910 g/mL. Dicho valor se comparó con trabajos como los de Londoño, Mieres-Pitre y Hernández²⁶⁷, Mena Alanoca²⁶⁸ y Machaca²⁶⁹ los cuales obtuvieron valores de 0,90 g/mL, 0,87 g/mL y 0,88 g/mL mostrando así que el valor hallado de la muestra del presente trabajo, se encuentra dentro del rango de los referentes bibliográficos proporcionados.
- **Cromatografía de gases:** como se mencionó en la sección 1.5.4, este análisis se realizó con ayuda de los laboratorios de la Facultad de Química de la Universidad Javeriana. De acuerdo a esto se pudo obtener el espectro de masas para la muestra, la cual arrojó 45 compuestos presentes. Este espectro se muestra adjunto en el anexo E junto con su respectiva tabla de compuestos en la cual se encuentra la sumatoria total de estos. Según el espectro de masas, los componentes más relevantes fueron los siguientes:

Tabla 22. Componentes con mayor porcentaje en GC/MS

COMPUESTO	% PRESENTE EN ANÁLISIS
Ácido Palmítico C16:0	1,66
Ácido Oleico C18:1	45,05
Acido Linoleico C18:2	2,31
Vitamina E	4,75
Fucoesterol	6,85

Fuente: elaboración propia.

Dentro de los componentes más importantes que muestra este espectro, se encuentra el ácido oleico con el mayor porcentaje de todos los componentes presentes, en un 45,05%. Este valor, es de gran importancia puesto que este es un ácido graso monoinsaturado, el cual posee un efecto beneficioso, reduciendo los niveles de colesterol malo (LDL) y aumentando así el nivel del colesterol bueno (HDL) haciéndolo beneficioso para la salud, pudiendo sustituir aceites que generen un efecto contrario²⁷⁰.

²⁶⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación de la densidad (masa por volumen convencional). Op. cit., p. 9.

²⁶⁷ LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. Op.cit., p. 41-42.

²⁶⁸ MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Op. cit., p.54

²⁶⁹ MACHACA, Leonardo. Op.cit., p. 74

²⁷⁰ CARBAJAL, Ángeles. Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid [en línea]. Madrid. [Consultado 12 agosto 2019] Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>

Este porcentaje obtenido se comparó con estudios como el de Mena Alanoca²⁷¹ y Londoño, Mieres-Pitre y Hernández²⁷² con valores del 66,2% y 77,9% respectivamente. Como se puede evidenciar el valor que se obtuvo de aceite oleico, se encuentra por debajo de los referentes bibliográficos, esto pudo ser debido a que al momento en que se realizó la caracterización, la muestra seleccionada había estado en almacenamiento hace 3 semanas y en continuo contacto con la luz, lo que indica que se recomienda emplear un aceite recién extraído para evitar la degradación por factores ambientales.

Así también, como se muestra en la tabla 22, se encontró presencia de 6,85% de Fucoesterol, este es un esteroles vegetal el cual presenta diversas actividades biológicas incluyendo propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antidiabéticas, anticancerígena, entre otras²⁷³. Este esteroles ha sido investigado en la industria alimenticia, la cual, según estudios concluyen que el fitoesteroles puede utilizarse como antioxidante²⁷⁴.

La vitamina E presento un porcentaje del 3,72%, la cual citando la NIH,²⁷⁵ es un nutriente liposoluble presente en muchos alimentos. En el cuerpo, actúa como antioxidante, al ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres. Junto con lo anterior, el organismo necesita vitamina E para estimular el sistema inmunitario a fin de que éste pueda combatir las bacterias y los virus que lo invaden, ayuda a dilatar los vasos sanguíneos y evita la formación de coágulos de sangre en su interior. Además, las células emplean la vitamina E para interactuar entre sí y para cumplir numerosas funciones importantes.

Como se puede observar dentro de lo descrito en la tabla 22, el porcentaje de ácidos grasos principales, siendo estos el ácido oleico, linoleico y palmítico para la presente muestra, se obtuvieron en porcentajes muy bajos, por lo cual no se tomó en cuenta el resultado de este análisis. Esto pudo ser debido a como se mostró en la sección 3.1.6 en la caracterización del aceite de semilla de Durazno, dicha muestra se pudo haber degradado en varios ácidos grasos no solo por el mal almacenamiento y el tiempo que había pasado de su extracción, sino también debido a su alto índice de peróxidos generando una menor resistencia a enranciarse, disminuyendo su estabilidad.

²⁷¹ MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Op. cit., p.54

²⁷² LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ. Op.cit., p. 41-42.

²⁷³ ABDUL, Q.A *et al.* Health benefit of fucosterol from marine algae: A review. J Sci Food Agriculture [en línea]. 2016. DOI 10.1002/jsfa.7489. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26455344>

²⁷⁴ KIM, Se-Won y VAN TA, Quan. Potential Beneficial Effects of Marine Algal Sterols on Human Health. Advances in Food and Nutrition Research [en línea]. 2011, Vol. 64. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00014-4. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: Elsevier Inc.

²⁷⁵ Nationa Institutes of Health. Datos sobre la vitamina E [en línea]. 2016. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminE-DatosEnEspañol.pdf>

Habiendo dicho lo anterior, es recomendable tener un correcto cuidado al momento del almacenamiento de la muestra, evitando cambios bruscos de temperatura, especificando así la importancia de seleccionar un recipiente adecuado para que el material de este no influya en la degradación del aceite. Adicional a esto, es preferible realizar la caracterización del perfil lipídico usando una muestra fresca, así se evitará que factores como el índice de peróxidos, generen que la muestra pierda su calidad y con esto, el valor real de sus ácidos grasos.

- **Caracterizaciones Organolépticas.** Para este análisis, se realizó una encuesta mostrada en el anexo D, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 23. Análisis organoléptico aceite de semilla de Durazno

<i>PARAMETRO</i>	<i>CARCATERISTICA</i>
<i>Olor</i>	Almendras con ligero olor a solvente
<i>Textura</i>	Líquido, aceitoso
<i>Color</i>	Amarillo muy claro

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la tabla 23, permitieron ratificar que el aceite aun presentaba trazas de solvente, más sin embargo las caracterizaciones fueron positivas ya que se esperaba que este aceite fuese físicamente similar al aceite de semilla de almendras. La textura obtenida fue gracias a la densidad casi aproximada a la del agua, haciéndolo poco viscoso y con apariencia muy líquida.

Concluyendo la sección 3.1, podemos afirmar que el mejor método para la obtención de aceite de semilla de Durazno en este trabajo fue Soxhlet basándonos en el porcentaje del rendimiento obtenido en el desarrollo experimental. En la tabla 24 se muestra un resumen de la información obtenida de los mayores rendimientos con cada uno de los solventes y sus respectivas variables.

Tabla 24. Resumen de resultados experimentales para el método más eficiente

<i>PARAMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Método	Soxhlet
Solvente	Hexano
Rendimiento	54%
Tamaño de Partícula	0,425 mm
Tiempo de Extracción	4 horas
Solvente	Etanol
Rendimiento	16,8%
Tamaño de Partícula	0,425 mm
Tiempo de Extracción	2 horas

Fuente: elaboración propia.

Dentro de las ventajas más importantes para este método, se puede mencionar el contacto casi permanente entre el solvente y la muestra, los cuales permitirán una mayor interacción entre estos para poder obtener el mayor rendimiento posible evitando que se generen pérdidas del solvente y con esto provocando que su eficiencia disminuya. Otra ventaja encontrada, es la calidad presentada en el producto final, ya que, a diferencia del método de Arrastre de Vapor, las partículas presentes eran mucho menores, lo que permitió realizar una separación fácil entre el aceite y el solvente mediante al rotaevaporador.

Adicionando a las ventajas ya mencionadas, también incluye la posibilidad de utilizar diferentes tipos de solventes, incluyendo solventes verdes, los cuales se recomiendan ser más estudiados por sus propiedades tales como ser amigables con el medio ambiente, seguro para el uso humano puesto que los vapores que puedan generar, no afectarían a la salud de quien tenga contacto con estos, así mismo, el producto obtenido podría ser utilizado en diferentes industrias tales como la alimenticia, cosmética y farmacéutica de acuerdo a los estándares de residualidad para cada una de las industrias mencionadas. Adicionando a estas ventajas, el montaje del método Soxhlet fue mucho más práctico que el del método de Arrastre de Vapor, lo cual evito pérdidas de solvente.

Dentro de las desventajas presentadas para el método Soxhlet, se puede decir que el factor de control de temperatura es importante, ya que se debía estar en un constante monitoreo, pues el incremento de esta podría generar pérdidas del solvente debido a que superaría su temperatura de evaporación. Junto con lo mencionado, las altas temperaturas provocarían una degradación o desnaturalización en la materia prima lo que afectaría en la composición final del aceite obtenido disminuyendo así su valor ante otros aceites.

3.2 ESCALADO PLANTA PILOTO

Para esta sección, se procederá a establecer los requerimientos técnicos necesarios para el planteamiento de una planta a escala piloto para extracción de aceite de semilla de Durazno mediante el método que a nivel experimental arrojó un mejor rendimiento de acuerdo a lo mostrado en la tabla 24. Se tomará como punto de partida los datos obtenidos mediante el desarrollo experimental, tomando referentes bibliográficos para escalamiento de planta piloto. Junto con esto, se realizará balances de materia y energía para los diferentes procesos involucrados en el escalamiento y de acuerdo a los resultados obtenidos de estos balances, se procederá a establecer las especificaciones técnicas de los equipos, mencionando así sus características principales y las funciones que cumplirán dentro del proceso con los requerimientos necesarios.

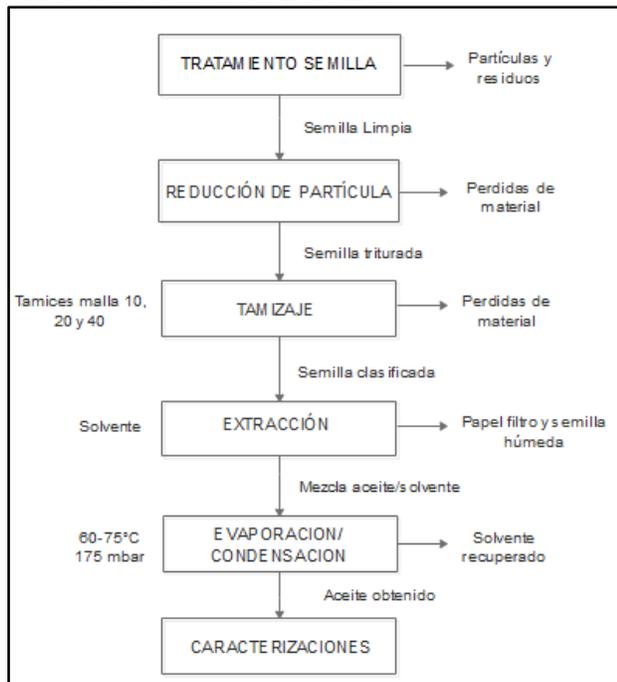
3.2.1 Descripción General. La obtención de aceite de semilla de Durazno (*Prunus Pérsica*) debe pasar por un tratamiento y procesamiento en cuanto a su materia prima, en este caso la semilla, para así poder obtener un producto final de calidad con características específicas que permitan su uso en alimentos como conservantes, aderezos y sustitutos de otros aceites, así como su uso en la industria de perfumería como uno de sus ingredientes principales permitiendo así una mayor duración de estos

y en la parte cosmética ya que proporciona antioxidantes, antiinflamatorios y cicatrizantes.

Las especificaciones técnicas son base fundamental para el desarrollo del planteamiento de la planta, las cuales fueron establecidas gracias al análisis obtenido por parte del desarrollo experimental que permitió realizar el escalamiento mediante balances de materia en cada parte del proceso junto con sus requerimientos energéticos.

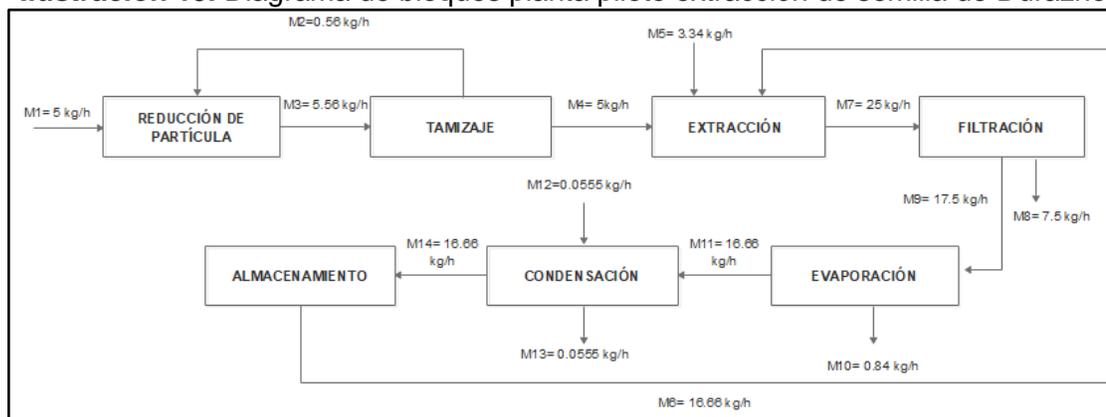
Partiendo de lo anterior, en la ilustración 18 se muestra el diagrama de bloques de los procesos realizados a nivel experimental, los cuales se tomaron como punto de partida para establecer el diagrama de bloques de la planta piloto de extracción de semilla de Durazno junto la explicación de cada corriente, plasmado en la ilustración 19.

Ilustración 18. Diagrama de bloque proceso obtención aceite de Durazno



Fuente: elaboración propia

Ilustración 19. Diagrama de bloques planta piloto extracción de semilla de Durazno



CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	CORRIENTE	DESCRIPCIÓN
M1	Semilla no Tratada	M5	Etanol	M9	Miscelas	M13	Agua
M2	Particulas de Semilla	M6	Etanol Recirculado	M10	Aceite	M14	Etanol Recirculado
M3	Semilla Triturada	M7	Mezcla sol/liq	M11	Etanol Vapor		
M4	Semilla Tamizada	M8	Torta	M12	Agua		

Fuente: elaboración propia.

El proceso del diseño de escala piloto según Islam²⁷⁶ permite plasmar un panorama del comportamiento de un producto o un proceso mediante la investigación de este en una escala intermedia para la toma de decisiones al momento de llevarlo a escala industrial, lo que evitaría pérdidas de altas cantidades de dinero. También es importante aclarar que el escalamiento a planta piloto no permite predecir los efectos de un incremento de varias medidas en la escala ya que los datos con los cuales se basan, son netamente experimentales.

3.2.2 Especificaciones del proceso. Como primera especificación de diseño del proceso, de acuerdo con la cantidad de semilla obtenida por la empresa, se sabe que producen de 15 a 25 kg de desecho de semilla de Durazno por mes, lo que puede variar dependiendo de la producción. Mas, sin embargo, para el escalamiento piloto Edwards²⁷⁷ sugiere una cantidad de materia de 1 a 5 kg por hora por lo cual se decidió establecer 5 kg/h de base de cálculo como entrada de semilla al proceso de reducción de partícula para realizar el acondicionamiento de esta. Otro parámetro importante a mencionar que se tuvo en cuenta, fue el rendimiento obtenido en el proceso Soxhlet. Aunque se sabe que para este método se obtuvo un mayor rendimiento con el solvente n-Hexano, se decidió realizar el diseño utilizando Etanol como solvente, esto se dio por varios factores dentro de los cuales se encuentra la toxicidad de n-Hexano puesto que si se tiene en cuenta los trabajadores que estarán en contacto con la planta, estos estarían expuestos a probables fugas de solvente las cuales serían un riesgo al ser un solvente proveniente de hidrocarburos.

²⁷⁶ ISLAM, Khairul. Pilot Plant Scale-up Technique. Department of Applied Chemistry & Chemical Engineering. Rajshahi university. 2016. p. 5

²⁷⁷ EDWARDS, David. Scaling up step by step. Biofuels commercialisation. Green Power Conferences. 2012. p. 45

Otro parámetro importante que se tomó de acuerdo a lo citado por Johnson y Lusas²⁷⁸, fueron las preocupaciones medioambientales y varias explosiones e incendios catastróficos han motivado la búsqueda de disolventes alternativos como lo es el Etanol, por lo cual, la baja inflamabilidad es imprescindible para reducir el riesgo de incendio o explosión. También se tiene en cuenta que los precios para el n-Hexano son altos a comparación del precio para el Etanol, lo cual, a nivel de viabilidad financiera, el uso del n-Hexano no sería una buena opción. La alta pureza también es importante desde el punto de toxicidad del producto obtenido, por ello se tomó como referencia lo establecido en documento "International Council For Harmonisation Of Technical Requirements For Pharmaceuticals For Human Use"²⁷⁹ la cual cita el porcentaje de residualidad de productos obtenidos con solventes destinados para uso farmacéutico.

Esta guía habla de tres tipos de clasificación de solventes en los cuales el n-Hexano entra en la clase dos, siendo permitidos, pero en muy pequeñas cantidades con la advertencia de tener repercusiones cancerígenas por su toxicidad, por ello, exigen una cantidad máxima presente en los productos de 2,9 mg/día o 290 ppm. Dicha cantidad, requiere de muchos procesos de refinamiento para asegurar este valor, lo que equivale a un mayor costo de producción. Por otro lado, para el caso del Etanol, este se encuentra dentro de la categoría 3, en la cual se encuentran los solventes menos tóxicos y de menos riesgo a la salud humana, por lo cual se establece que las cantidades de residualidad para estos serían de 50 mg/día lo que corresponde a 5000 ppm. De acuerdo a lo anterior, se estableció tomar los datos obtenidos para el mayor porcentaje de rendimiento con Soxhlet utilizando Etanol. En el anexo F se muestra una tabla realizada por el método PUGH para la selección del solvente, no solo teniendo en cuenta los anteriores factores sino valores seleccionados de precio, residualidad, entre otros, tomando en cuenta las fichas técnicas de seguridad mostradas en los anexos B y C.

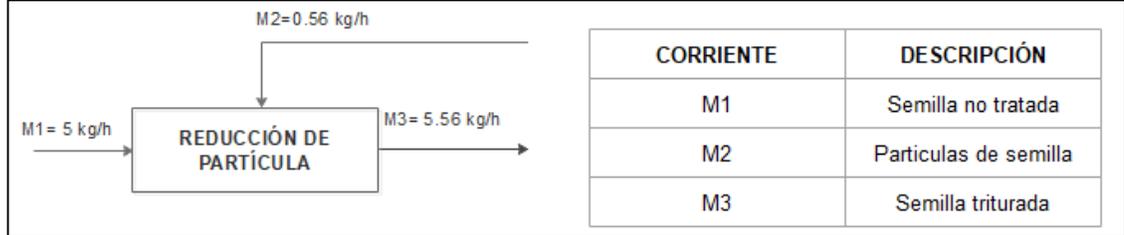
3.2.3 Balance de materia. Este conjunto de cálculos de balances de materia se realizó para cada operación unitaria que está presente dentro del proceso tomando los valores establecidos a nivel experimental y partiendo del valor de base de cálculo de 5 kg/h de ingreso de materia prima. Dentro de los cálculos, se tendrá en cuenta las pérdidas de semilla después del tamizaje, la proporción de sólido: líquido en el extractor y el porcentaje de rendimiento del aceite.

3.2.3.1 Reducción de tamaño de partícula. El proceso empieza desde esta operación unitaria, el ingreso de semilla al proceso será de 5 kg/h. Esta etapa permite que el tamaño de la semilla sea disminuido para en el siguiente proceso poder clasificarla de acuerdo al tamaño de partícula que se vaya a establecer. Las corrientes están descritas en la ilustración 20 en donde menciona la descripción y la cantidad de entrada o salida de cada una.

²⁷⁸ JOHNSON, L.A y LUSAS. Op, cit. p. 230.

²⁷⁹ International Council For Harmonisation Of Technical Requirements For Pharmaceuticals For Human Use.

Ilustración 20. Balance de materia proceso reducción de partícula



Fuente: elaboración propia.

En la ecuación 20 se muestra la ecuación de balance de materia para el proceso de reducción de partícula:

Ecuación 20. Balance de materia
proceso de reducción de partícula

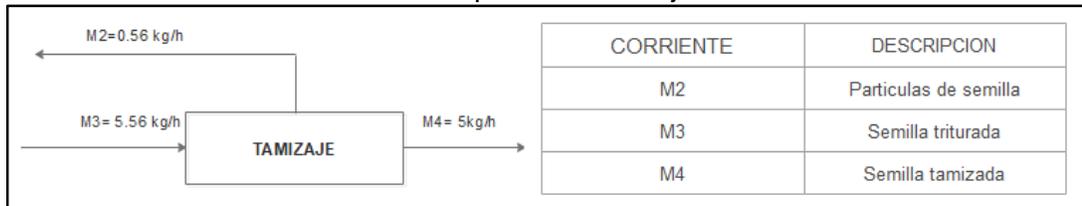
$$M1 + M2 = M3$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.2 Tamizaje. En este proceso se establece la separación y clasificación de partícula de acuerdo a los resultados de la extracción con mayor rendimiento para Soxhlet con Etanol, el cual se obtuvo con un tamaño de partícula de 0,425 mm, contemplando un 10% de recirculación de partículas que no cumplan este parámetro de tamaño. Este proceso se muestra en la ilustración 21.

Esta etapa es importante ya que como se estableció, el tamaño de partícula cumple un factor esencial al momento de obtener el rendimiento deseado.

Ilustración 21. Balance de materia proceso tamizaje



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la figura anterior, se estableció la ecuación de materia para el proceso de reducción de partícula teniendo en cuenta la especificación de recirculación en la corriente M2 del 10%.

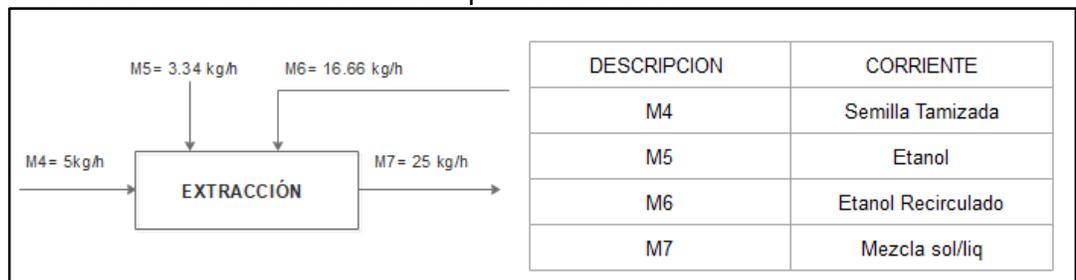
Ecuación 21. Ecuación balance de materia
proceso reducción de partícula

$$M3 = M2 + M4 \quad \text{donde } M3 = M2 * 0,1$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.3 Extracción. Esta es la etapa más importante de todo el proceso, puesto que según las especificaciones de operación que se manejen, se podrá lograr obtener el porcentaje de rendimiento de aceite requerido. Este proceso es de tipo Batch o por lotes aun sin tener reacción química, ya que la semilla permanece durante un tiempo t en la unidad de proceso. Según lo especificado en la sección 2.2.1, para el proceso de la planta piloto se seleccionó una proporción de 1:4 de sólido: líquido, haciendo que la corriente de entrada de Etanol puro y del Etanol recirculado cumpla con esta especificación. Otra especificación de diseño, fue establecer el porcentaje deseado de rendimiento de acuerdo al desarrollo experimental, siendo este de 16,8%, teniendo en cuenta la cantidad entrante de semilla tamizada en la corriente de entrada M4 y la de salida del aceite final de la corriente M10, la cual se encuentra en el proceso de evaporación que se mostrara más adelante. A continuación, se muestra el proceso:

Ilustración 22. Balance de materia proceso extracción



Fuente: elaboración propia.

Con ello, también se estableció una ecuación de balance de materia para este proceso con sus especificaciones de diseño respectivas, la cual se muestra a continuación:

Ecuación 22. Ecuación de balance de materia proceso extracción

$$M4 + M5 + M6 = M7 \text{ donde } M4 * 4 = M5 + M6 \text{ y } M10 = M4 * 0,168$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.4 Filtración. Para el balance de materia de este proceso, se estableció una de las especificaciones de diseño para el equipo de filtración a utilizar, la cual debe asegurar que, al realizarse este proceso, se retenga un 30% de torta siendo el otro porcentaje las micelas compuestas por el aceite y el solvente. Esto evitara que se genere perdidas tanto de producto como de solvente quedando un porcentaje dentro de la torta, provocando así una disminución en el rendimiento de aceite obtenido. Con esto, se proporciona el siguiente diagrama para el balance de materia del proceso de filtración.

Ilustración 23. Balance de materia proceso filtración.



Fuente: elaboración propia.

Con el planteamiento de este balance de materia, se obtuvo la siguiente ecuación junto con la especificación mencionada en el filtrador.

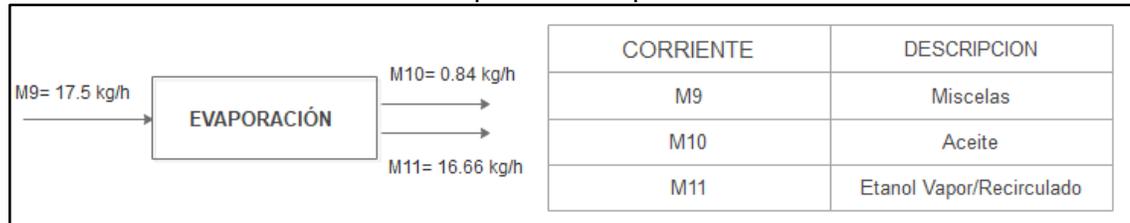
Ecuación 23. Ecuación de balance de materia proceso filtración

$$M7 = M8 + M9 \text{ donde } M8 = M7 * 0.30$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.3.5 Evaporación. En este proceso, se separa la mayor cantidad posible del producto de interés, obteniendo el aceite final el cual debe cumplir con la especificación de diseño en el extractor. Por ello, se planteó el siguiente diagrama de balance de materia para este proceso:

Ilustración 24. Balance de materia proceso evaporación



Fuente: elaboración propia.

Con este balance de materia, se estableció la ecuación 24:

Ecuación 24. Ecuación balance de materia evaporación

$$M9 = M10 + M11$$

Fuente: elaboración propia

El Etanol saldrá en fase gaseosa por la corriente M11, la cual entrará al proceso del condensador en la misma cantidad, logrando un cambio de fase de gas a líquido. Por ello ya que en el condensador entrará y saldrá la misma cantidad de solvente y de agua que interviene en el proceso, no se realizó balance de materia para el condensador.

3.2.3.6 Balance por componente. Se realizó el cálculo de balance por componente para semilla, aceite y Etanol, con el fin de conocer el porcentaje presente de cada uno de estos en las diferentes corrientes en las que intervengan. Los valores obtenidos para cada uno de estos componentes se muestran en el anexo G. Estos datos servirán para el desarrollo del balance de energía el cual se explicará en la siguiente sección.

3.2.4 Balance de energía. Habiendo realizado el balance de materia como primer paso dentro de las especificaciones de diseño, se procede a realizar el balance de energía en cada uno de los equipos del proceso tales como extracción, evaporación y condensación de acuerdo a los flujos masicos obtenidos. La obtención del valor del balance de energía permitirá determinar la cantidad de calor que se transfiere o se retira, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 25. Ecuación de balance de energía

$$Q = (\text{Flujo Masico} * H) \text{ expresado en J/s} = w$$

$$H = C_p * \Delta T \text{ expresado en J/kg * K}$$

Teniendo en cuenta que, para cada uno de los equipos mencionados anteriormente, intervienen compuestos tales como la semilla y el aceite, los valores de Cp para cada uno de estos no se encontraran en tablas como lo es en el caso contrario para el Etanol. Por esto, se hace uso de las ecuaciones planteadas por Choi y Okos²⁸⁰, logrando así, hallar el valor de Q para cada uno de los equipos.

Tanto el Cp total como el de cada proporción establecida dentro de las ecuaciones, está dado en J/kg*K, el cual se halla mediante la sumatoria de cada uno de los Cp por la fracción presente de proteína, grasa, carbohidrato, etc, del componente que se quiere halla el valor.

Ecuación 26. Ecuaciones de Choi y Okos

$$C_{p_p} = 2008.2 + 1208.9E-03 T - 1312.9E-06T^2 \quad \text{Proteína}$$

$$C_{p_f} = 1984.2 + 1473.3E-03 T - 4800.8E-06T^2 \quad \text{Grasa}$$

$$C_{p_c} = 1548.8 + 1962.5E-03T - 5939.9E-06T^2 \quad \text{Carbohidratos}$$

$$C_{p_{f|}} = 1845.9 + 1930.6E-03T - 4650.9E-06T^2 \quad \text{Fibra}$$

$$C_{p_a} = 1092.6 + 1889.6E-03T - 3681.7E-06T^2 \quad \text{Cenizas}$$

$$C_{p_w} = 4176.2 - 9.0862E-05T + 5473.1E-06T^2 \quad \text{Agua}$$

Fuente: CHOI Y OKOS, M.R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. 1986. [Consultado 14 Agosto 2019]. Disponible en: Elsevier Applied Science.

En la tabla 25 se muestran los resultados del valor de Cp para los componentes en los cuales se desconozca su valor.

²⁸⁰ CHOI Y OKOS, M.R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. 1986. [Consultado 14 Agosto 2019]. Disponible en: Elsevier Applied Science.

Tabla 25. Valores de C_p para diferentes compuestos

Compuesto	Valor C_p (J/kg*K)
Semilla de Durazno	2102,63
Aceite de Durazno	1928,62
Micelas	2377,37
Mezcla	2360,90

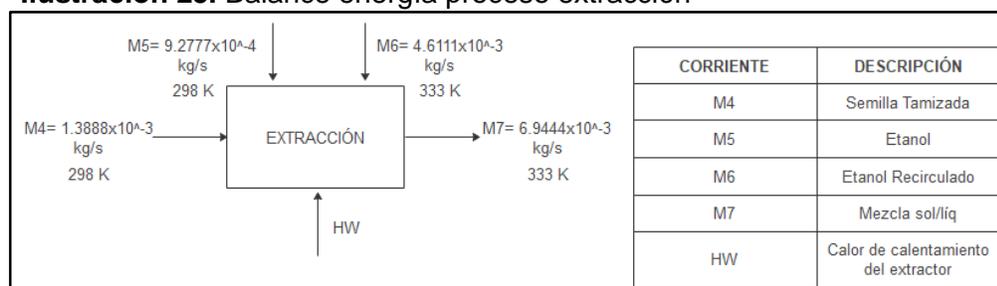
Fuente: elaboración propia.

Los valores de C_p obtenidos para semilla de Durazno y aceite de Durazno se hallaron con las fracciones de composición de proteína, grasa, carbohidratos, fibra, cenizas y agua presentes en cada uno de estos, mediante los datos proporcionados por parte de Matos y Acuña²⁸¹ y Machaca²⁸² respectivamente. Para los valores de las micelas y mezcla, se realizaron según el porcentaje de los datos obtenidos en el balance por componente, por ejemplo, para la mezcla se establecieron las fracciones de semilla de Durazno, aceite y Etanol multiplicando cada uno por el C_p previamente hallado de semilla de Durazno, aceite y para Etanol mediante tablas, posterior a eso, se sumó todos los C_p de estos componentes para halla un C_p total de la mezcla.

3.2.4.1 Extractor. Para este caso, la extracción de aceite de semilla de Durazno de acuerdo al proceso realizado a escala laboratorio, consiste en la interacción directa entre el solvente y la semilla por un tiempo determinado y una temperatura establecida de 60°C, permitiendo así poder extraer el material de interés mediante el calentamiento.

Para la temperatura de entrada de las corrientes M4 y M5 se les asigna una temperatura ambiente, dada como 25°C. Se tomo el valor de C_p de Etanol de 2400 J/kg*K²⁸³ para las corrientes de entrada M5 Y M6 ya que ambas se encuentran en estado líquido. En la ilustración 25, se muestra el diagrama establecido para el balance de energía del extractor.

Ilustración 25. Balance energía proceso extracción



Fuente: elaboración propia

²⁸¹ MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Op.cit., p. 6.

²⁸² MACHACA, Leonardo. Op. cit., p. 15.

²⁸³ CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinámica. Apéndice 1, Tablas de Propiedades, Figuras y Diagramas (Unidades SI). 7ma Ed. Editorial McGrawHill. ISBN 978-607-15-0743-3. 2012. p. 912.

En la ecuación 27, se muestra la ecuación de balance de energía para establecer el valor de Q para la plancha de calentamiento descrita como Hw,

Ecuación 27. Ecuación balance energía proceso extracción

$$M4H4 + M5H5 + M6H6 + Hw = M7H7 \text{ donde, } H = Cp\Delta T$$

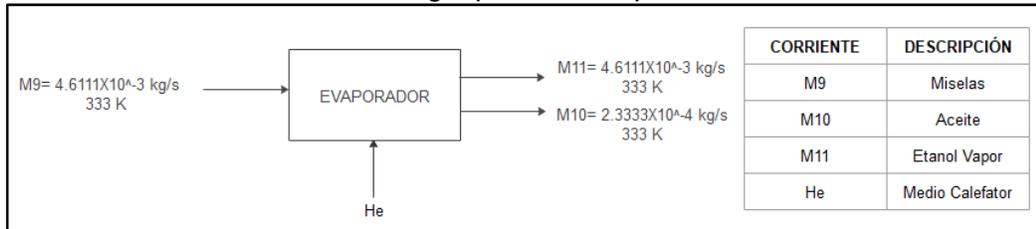
$$Hw = 240,634 W$$

$$Q = 5459,566 W$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.2 Evaporador. Para el proceso de separación del solvente y del aceite, se utilizará un destilador, por ello se procedió a realizar el balance de energía para los dos procesos internos que realiza este equipo, siendo la evaporación y condensación. Con esto, en la ilustración 26 se muestra el diagrama del balance de energía para el evaporador. La temperatura con la que se trabajara dentro de este será de 60°C, la cual permite que el Etanol se evapore para ser enviado hasta el proceso de condensación.

Ilustración 26. Balance de energía proceso evaporador



Fuente: elaboración propia.

Con esto, se halló el valor de Q para el medio calefactor dentro del destilador que permitirá realizar la separación del solvente y del aceite, siguiendo la ecuación mostrada a continuación:

Ecuación 28. Ecuación balance de energía evaporador

$$M9H9 + He = M10H10 + M11H11$$

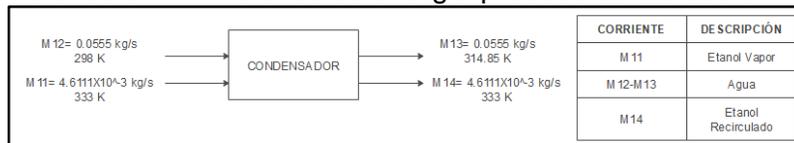
$$He = 425,6811 W$$

$$Q = 3848,310 W$$

Fuente: elaboración propia.

3.2.4.3 Condensador. Para el último proceso dentro del destilador, mostrado en la ilustración 27, se encuentra el cambio de fase del Etanol para obtenerlo en estado líquido y así poderlo reutilizar en el proceso de extracción.

Ilustración 27. Balance de energía proceso condensador



Fuente: elaboración propia.

Para establecer el calor transferido dentro de este proceso, se realizó mediante el valor del cambio de fase (Hfg) del Etanol el cual es 846 kJ/kg²⁸⁴ mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 29. Balance de energía condensador

$$Q = Hf g_{etanol} * flujo\ masico$$
$$Q = 3910\ W$$

Con el cálculo de transferencia de energía para la etapa de evaporación y condensación, se obtiene un Q_{total} para el destilador de 7758,31 W.

3.2.5 Especificaciones técnicas de equipos. Habiendo realizado las especificaciones de los requerimientos de materia y energía para los equipos intervinientes en la propuesta de planta piloto de la extracción de aceite de semilla de Durazno, se procede a establecer las especificaciones técnicas de estos equipos partiendo desde el proceso de acondicionamiento de materia prima (molienda), seguido por el tanque de extracción, pasando por el filtroprensa y por último el equipo de destilación, siendo seleccionados de acuerdo a la necesidad y especificaciones de cada uno. Es importante aclarar que no se realizara ingeniería de diseño puesto que no está contemplado para este trabajo.

3.2.5.1 Molienda. Mediante el resultado del desarrollo experimental, la extracción que mayor rendimiento se obtuvo usando Etanol como solvente, se realizó con un tamaño de partícula de 0,425 mm, equivalente a la malla 40. Siendo esta la característica más importante de este proceso, se propone utilizar una máquina de molienda de la empresa Wuhan HDC Technology Co., Ltd modelo HDC-2000.

Ilustración 28. Equipo de molienda



Fuente: Alibaba.

Dentro de los detalles técnicos proporcionado por dicha compañía se encuentran los siguientes:

²⁸⁴ CENGEL, Yunus A. Op. cit., p. 912.

Tabla 26. Especificaciones técnicas equipo de molienda

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Potencia</i>	2,2 kW
<i>Velocidad del motor</i>	1500/min
<i>Peso</i>	48 kg
<i>Finura de molienda</i>	Malla 20-200
<i>Capacidad</i>	5-70 kg/h
<i>Uso</i>	Granos y semillas
<i>Material</i>	Acero inoxidable 304
<i>Dimensión (L*W*H)</i>	580*290*450 mm

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver dentro de los detalles técnicos, la capacidad disponible del equipo de molienda tiene un rango de entre 5-70 kg/h. Con esto, se cumple el valor establecido de entrada de semilla al proceso de molienda, adicional a esto, este equipo permite obtener el tamaño de partícula deseado para la extracción teniendo así un rango de entre malla 20 a 200 permitiendo trabajar con tamaños de partícula sin necesidad de cambiar el equipo. Otra característica importante, es el tipo de material con el cual está fabricado, siendo de acero inoxidable permitiendo tener contacto sin riesgo a contaminación.

3.2.5.2 Extractor. Para este equipo, se propone un tanque extractor de marca LENO modelo LNT-7170, fabricado por la empresa Wenzhou Jinbang Light Industry Machinery Co. Ltd mostrado en la ilustración 29, el cual permitirá realizar la extracción del aceite de semilla de Durazno, fabricado de acero inoxidable ideal para productos del sector alimenticio. Dentro de las facilidades de este equipo encontramos que, ya que este tanque deberá trabajar a una potencia de calentamiento de mínimo 240,63 W de acuerdo al balance de energía, el proveedor permitirá personalizar las características del equipo para cumplir con los requerimientos establecidos. En la siguiente tabla se muestra las condiciones de operación con las que se maneja el equipo de extracción teniendo en cuenta los parámetros de balance de materia y energía para este proceso.

Tabla 27. Especificaciones técnicas equipo extracción

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Volumen</i>	150 L
<i>Presión del tanque</i>	Presión Estándar
<i>Presión de chaqueta</i>	0,3 MPa
<i>Area de calefacción</i>	3 m ²
<i>Orificio de alimentación</i>	400 mm
<i>Potencia</i>	240,63 W (min)

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 29. Equipo extracción



Fuente: Alibaba.

3.2.5.3 Filtro prensa. Este equipo permitirá realizar la separación del solvente con el aceite y la semilla obtenida en forma de torta. Como se especificó dentro de los balances de materia, se recomienda un equipo que obtenga un 30% de residuo sólido y el restante sea la mezcla Etanol/aceite. Por consiguiente, se propone el uso de un equipo filtro prensa marca Gaodetec del fabricante Shanghai Dazhang Filtrate Equipment.Co. Ltd mostrado en la siguiente ilustración.

Ilustración 30. Equipo de filtro prensa



Fuente: Shanghai Dazhang Filtrate Equipment.Co. Ltd

Dentro de los detalles técnicos proporcionado por dicha compañía se encuentran los siguientes:

Tabla 28. Especificaciones técnicas equipo filtro prensa

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Cantidad de capas</i>	10
<i>Area de filtro</i>	0,078 m ²
<i>Precisión de filtración</i>	2,2 ⁻⁴ -0,1 mm
<i>Presión de filtración</i>	0,3 MPa
<i>Potencia de bomba de alimentación</i>	0,37 kW
<i>Peso</i>	50 kg

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta las especificaciones mostradas en la tabla anterior y comparándolas con las especificaciones establecidas para la etapa de filtración en el proceso, se cumpliría la especificación del porcentaje de filtrado mínimo ya que dentro de este filtro prensa entrarían partículas con un tamaño de 0,425 mm, pudiendo ser así retenidas gracias a la precisión de filtración del equipo de 2,2⁻⁴ a 0,1 mm evitando que las micelas obtenidas estén mezcladas con partículas provenientes de las semillas

3.2.5.4 Equipo destilador. Para el proceso de recuperación del solvente, se propone el uso de un equipo destilador que permite la separación de este del aceite para poder reutilizarlo, llevándolo a un proceso de ebullición el cual que tiene lugar dentro de un hervidor generando así que el solvente pase de fase líquida a vapor para luego enfriarlo mediante una condensación y así obtener el solvente puro nuevamente. Este equipo se tomó de la empresa Shanghai Sepsed Machinery Co., Ltd. de referencial *SolventX* mostrado en la siguiente ilustración:

Ilustración 31. Equipo destilador.



Fuente: Shanghai Sepsed Machinery Co., Ltd.

Las especificaciones técnicas proporcionadas por la empresa se muestran en la tabla 29, siendo un equipo el cual se puede utilizar en la industria de alimentos, fabricado de acero inoxidable proporcionando un mayor cuidado a la muestra que se vaya a separar.

Tabla 29. Especificaciones técnicas equipo destilador

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Capacidad de hervidor</i>	20 L
<i>Volumen recipiente de reciclaje</i>	15 L
<i>Tiempo de proceso</i>	2 horas
<i>Temperatura de calentamiento</i>	50-200 °C
<i>Voltaje</i>	220 v/50 Hz
<i>Dimensiones</i>	62*52*142 cm
<i>Bomba de Vacío</i>	
<i>Capacidad de almacenamiento</i>	30 L
<i>Presión</i>	≤0,05
<i>Flujo máximo de succión</i>	55 L/min
<i>Dimensiones</i>	53*32*113 cm

Fuente: elaboración propia.

3.2.5.5. Tanque de almacenamiento. Para almacenar el aceite obtenido después de la separación con el Etanol, se propone un suelo tanque de almacenamiento para aceites vegetales de marca Hundom de la empresa Guangzhou Hundom Machinery Equipment Technology Co., Ltd. mostrado en la ilustración 32. De acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionadas por la empresa. Estas se resumen en la tabla 30.

Ilustración 32. Equipo de almacenamiento de aceite



Fuente: Alibaba.

Tabla 30. Especificaciones técnicas equipo de almacenamiento

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Volumen</i>	1000 L
<i>Diámetro Interior</i>	1 m
<i>Altura Interior</i>	1 m
<i>Espesor</i>	3 mm
<i>Material</i>	Acero Inoxidable
<i>Uso</i>	Aceites Vegetales

Fuente: elaboración propia.

3.2.6 Requerimientos energéticos. Junto con la cantidad de energía necesaria para cada equipo según lo balances de energía, las especificaciones técnicas a escala piloto y con su respectivo balance de materia, se procederá a calcular el requerimiento energético del proceso. Recordando que el proceso se realizará por lotes estableciendo sus condiciones de operación según corresponda para cada equipo.

Este cálculo se realizó según la potencia requerida, hallada en los balances de energía junto con el tiempo propuesto de funcionamiento para cada uno de ellos. En la tabla 31 se muestran dichos valores, expresados en kilovatios por hora (kWh).

Tabla 31. Requerimientos energéticos

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de operación por día (h)	Energía consumida (kWh/día)
<i>Equipo Molienda</i>	2,2	0,333	0,7326
<i>Extractor</i>	5,5	4	22
<i>Filtro Prensa</i>	0,37	0,583	0,2158
<i>Equipo de Destilación</i>	4	1	4
Requerimientos totales			26,9484

Fuente: elaboración propia.

3.3 ANALISIS FINANCIERO

Los procesos industriales del sector alimenticio para la fabricación de jugos, pulpas y productos que provengan de materias primas como lo son las frutas, generan desperdicios, desechándolos y con esto perdiendo la oportunidad de convertirlos en un producto con un valor comercial mediante un bajo costo de materia prima.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presentará la factibilidad económica para la obtención de aceite esencial de semilla de Durazno, tomando como referente las capacidades y condiciones establecidas para los equipos propuestos para el escalamiento de planta piloto. Por ello, se expondrán los aspectos financieros referentes a la capacidad de producción tomando en cuenta el precio de las materias primas y su valor final de venta en el mercado con su potencial económico. Seguido a eso, se definirán los diferentes costos de los equipos, personal necesario y consumo energético, para poder finalizar con indicadores económicos tales como Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio/Costo para poder determinar la factibilidad financiera del proceso. En esta evaluación se trabajará con el Peso Colombiano (COP) y con el Dólar Estadounidense (USD) para referirse a los costos de diferentes precios que se mencionaran.

3.3.1 Materia prima. Como se pudo evidenciar durante el desarrollo del proyecto, la empresa con la cual se obtuvo la materia prima, desecha entre 15 a 25 kg de semilla de Durazno. El precio de venta de esta es de \$333 COP por kg, con un total de \$5,000 COP para 15 kg de semilla obtenida para el proceso de extracción. Otra materia prima interviniente para el proceso es el Etanol, el cual se logró obtener a un precio de mercado de \$4,200 COP por litro. En la tabla 32 se desglosan los precios y el resultado final de los costos de materia prima calculados a un año teniendo en cuenta los requerimientos de balance de materia. Estos costos se tomaron con un tiempo de trabajo de 12 horas, 5 días a la semana.

Tabla 32. Precio materia prima

<i>Insumo</i>	<i>Costo Base (COP/Kg)</i>	<i>Costo Hora (COP/H)</i>	<i>Costo Por Semana (COP/Sem)</i>	<i>Costos Anuales (COP/Año)</i>
Semilla de Durazno	\$333	\$1.667	\$200.000	\$10'400.000
<i>Insumo</i>	<i>Costo Base (COP/L)</i>	<i>Costo Hora (COP/H)</i>	<i>Costo Por Semana (COP/Sem)</i>	<i>Costos Anuales (COP/Año)</i>
Etanol	\$ 4.200	\$17.766	\$1'065.960	\$55'429.920
			Suma	\$65'829.920

Fuente: elaboración propia.

3.3.2 Valor de aceite de semilla de Durazno. El mercado de aceite de semilla de Durazno es aún muy escaso en el país, siendo Fehrmann y Puro y Orgánico unas de las pocas empresas que vende este aceite. La empresa Puro y Orgánico ofrece al mercado este producto a un precio de \$212,000 COP por litro. Ya que el mercado de aceite de semilla de Durazno en Colombia es tan escaso, se decidió buscar precios comparativos de venta por parte de empresas extranjeras tales como Borg Export y Kanta Enterprises PVT. LTD, cuyas ofrecen este aceite destinado para industria cosmética, alimenticia y farmacéutica con precios que oscilan entre 65-70 USD por litro.

Por lo consiguiente, de acuerdo a los datos obtenidos del aceite, se estimó un costo de venta del aceite de semilla de Durazno de \$14.171 COP por litro. Es importante recalcar que este precio puede variar según el uso al que este destinado, ya que los procesos de refinación posteriores que se le puedan realizar al producto tales como el desgomado, neutralización, clarificación y desodorización pueden significar un mayor costo en el producto final puesto requieren de sustancias y procesos adicionales, cuyo incremento no se contempla en este cálculo. Por consiguiente, en la tabla 33 se desglosa el procedimiento para cálculo de los ingresos anualizados para aceite de semilla de Durazno.

Tabla 33. Valor precio de aceite de Durazno

	Cantidad (L/h)	Precio Unitario (COP/L)	Ingresos (COP/h)	Ingresos (COP/semana)	Ingreso (COP/año)
Aceite de Durazno	0,94	\$14.171	\$13.321	\$1'598.503	\$83'122.139

Fuente: elaboración propia

3.3.3 Potencial económico. Este cálculo permite establecer la diferencia en cuanto al valor entre los productos y los costos de materia prima que estén presentes dentro de un proceso dependiendo de una base de cálculo, la que normalmente se refiere a la cantidad consumida de una materia prima o compuesto de interés. Para hallar este valor, se tomaron en cuenta los cálculos de balance de materia con los flujos del proceso en general. Por ello, con los costos de materia prima y valor de venta del aceite de Durazno se pudo establecer el potencial económico mostrado en la tabla 34 representando así como costos negativos los egresos y positivos los ingresos.

Tabla 34. Potencial económico

COSTOS	VALOR (COP/AÑO)
<i>Semilla de Durazno</i>	-\$10'400,000
<i>Etanol</i>	-\$55'429,920
<i>Aceite de semilla de Durazno</i>	\$83'122,139
Potencial Económico	\$17'292.219

Fuente: elaboración propia.

3.3.4 Costos Variables. Estos dependen del volumen y especificaciones del proceso a realizar, los cuales incluyen costos de materia prima junto con sus ingresos teniendo un aumento anual del 2%, valor que se aproxima al crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) para el 2018.²⁸⁵ Con esto, se calcularon los costos para los requerimientos energéticos de cada uno de los equipos intervinientes en el proceso. En la tabla 35, plasma los valores obtenidos para cada uno de estos equipos, tomando como

²⁸⁵ Diario La República. Producto Interno Bruto de Colombia creció 2.7% en 2018 según informó el DANE. Jueves, 28 de febrero de 2019. [Consultado 14 septiembre 2019]. Disponible en: www.larepublica.co

referencia el precio del valor a nivel industrial del kWh gracias a la información dada por Codensa en el año 2019 adjunta en el anexo H, siendo esta de un valor de \$500.52 COP/kWh²⁸⁶

Tabla 35. Costo energético por equipo

Equipo	Energía Consumida (Kwh/Dia)	Costo De Energía (COP/Dia)	Costo De Energía (COP/Mes)
<i>Maquina Molienda</i>	0,7326	\$367	\$ 18'334,10
<i>Equipo de Extracción</i>	22	\$11'011,47	\$550'573,54
<i>Filtro Prensa</i>	0,215821	\$108,02	\$ 5'401,15
<i>Equipo de Destilación</i>	4	\$2'002,08	\$100'104,28
TOTAL, COSTOS MES (COP)			\$67413,07
TOTAL, COSTOS AL AÑO (COP)			\$8'092.956,84

Fuente: elaboración propia.

Se propone la contratación de un operario el cual esté presente para la supervisión de la planta en caso de cualquier anomalía que se llegue a presentar, siendo especializado en mantenimiento y control de equipos. Junto con este operario, un ingeniero para supervisión de planta en caso de problemas de carácter mayor. Con esto, se estimaron los costos para su sueldo base tomando como valor, el salario mínimo vigente legal para el 2019, siendo este \$828,166 COP²⁸⁷ sin olvidar las prestaciones sociales respectivas obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 36. Costos mensuales mano de obra

CARGO	OPERARIO	INGENIERO
<i>Sueldo</i>	\$850,000	\$1'600,000
<i>Cesantías</i>	\$70,833	\$133,333
<i>Intereses de cesantías</i>	\$708	\$ 1,333
<i>Prima</i>	\$70,833	\$133,333
<i>Vacaciones</i>	\$35,417	\$66,667
<i>Salud</i>	\$34,000	\$64,000
<i>Pensión</i>	\$34,000	\$64,000

Fuente: elaboración propia.

²⁸⁶ Empresa de Energía de Bogotá. Codensa. Tarifas de energía 2019. Tarifas del mes. [Consultado 18 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/es/personas/tarifas-energia-enel-codensa.html>

²⁸⁷ Presidencia de la República de Colombia. Presidente Duque expidió decretos que fijan el incremento del salario mínimo y del auxilio de transporte para la vigencia 2019, el aumento real más significativo de los últimos 25 años. Bogotá, 28/12/2018. [Consultado 18 septiembre 2019]. Disponible en: id.presidencia.gov.co

Habiendo estipulado el costo de mano de obra, en la tabla 37 se muestra el valor total para ambos trabajadores anualmente.

Tabla 37. Costos anuales mano de obra.

COSTO	OPERARIO	INGENIERO
<i>Sueldo (COP/mes)</i>	\$850,000	\$1'600,000
<i>Suelo con liquidación (COP/mes)</i>	\$1'095,792	\$2'062,667
<i>Costo mano de obra por año (COP/año)</i>	\$13'149,500	\$ 24'752,000
Costo Total	\$ 37'901,500	

Fuente: elaboración propia.

Según los costos de energía y de mano de obra calculados anteriormente, daría un valor de \$45'994.457 COP para la planta de aceite de semilla de Durazno.

3.3.5 Costos de inversión. En esta sección se desglosarán los costos necesarios para la compra de equipos intervinientes en el proceso de la planta piloto. Los valores para estos equipos se obtuvieron mediante la página de internet *Alibaba*, que ofrece diferentes propuestas para cada una de las necesidades según las especificaciones técnicas, mostrando así su proveedor y su costo aproximado. En la tabla 38 se encontrarán estos costos consultados en dicha página.

Tabla 38. Costos de inversión.

EQUIPO	UNIDADES	PRECIO TOTAL (COP)
<i>Tanque de Almacenamiento</i>	1	\$ 1'700,000
<i>Maquina Molienda (5 kg/h)</i>	1	\$ 1'734,000
<i>Equipo de Extracción</i>	1	\$ 6'800,000
<i>Filtro Prensa</i>	1	\$ 7'820,000
<i>Equipo de Destilación</i>	1	\$ 19'040.000
	TOTAL	\$ 37'094.000
	IVA	19%
	TOTAL+IVA	=\$ 44'141.860

Fuente: elaboración propia

Los costos de inversión establecidos para este proyecto fueron de \$44'141.860 COP, con esto a continuación se realizar el desarrollo del flujo de caja.

3.3.6 Flujo de caja. Barajas Nova²⁸⁸ cita que, el flujo de caja determina el estado de liquidez del negocio; es decir, el dinero que se espera tener en un momento determinado registrando los ingresos en el momento en el que se esperan recibir y los egresos en el momento en que se espera se paguen. El flujo de caja tiene como propósito medir la disponibilidad de efectivo para cancelar las deudas contraídas con terceros y remunerar la inversión de los accionistas de la compañía. Para poder realizar la construcción del flujo de caja, es importante establecer el horizonte seleccionado para el proyecto y la financiación que este tendrá.

- **Horizonte del proyecto.** Se establecerá para un tiempo de 10 años en el análisis financiero para así pronosticar el crecimiento que pueda tener el proyecto a largo plazo.
- **Financiación.** Mediante una entidad bancaria se propone establecer la inversión con un crédito de libre inversión con una tasa de interés del 10% efectivo anual (EA), esta corresponde a una aproximación de las tasas que ofrecen las entidades bancarias agrarias en el país. Con esto, se realiza una financiación de la mitad de la inversión total, siendo de \$22'070.930 COP, abonándose los 5 primeros años de iniciado el proyecto en cuotas iguales quedando de \$4'414.186 COP, por consiguiente, en la tabla 39 se muestra la amortización para el proyecto, dada en COP.

Tabla 39. Tabla de amortización del proyecto

AÑO	SALDO INICIAL	INTERESES (10%)	CUOTA	AMORTIZACIÓN
0	22,80	0,00	0,00	0,00
1	21,92	2,28	3,16	0,88
2	20,95	2,19	3,16	0,97
3	19,89	2,10	3,16	1,06
4	18,72	1,99	3,16	1,17
5	17,43	1,87	3,16	1,29

Fuente elaboración propia.

- **Impuesto a la renta.** Fijado en un 33% igualmente que en el año gravable 2018²⁸⁹, el cual se le aplicara a la utilidad gravable en el flujo de caja.
- **Tasa de interés de oportunidad (TIO).** Esta tasa permite establecer el valor presente neto de los flujos a futuro en el flujo de caja, ya que es la rentabilidad mínima exigida hacia el proyecto. La ecuación para TIO se muestra a continuación:

²⁸⁸ BARAJAS NOVA, Alberto Finanzas para no financistas. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008, 221 p. ISBN: 9789587160864

²⁸⁹ Estatuto tributario colombiano. Ley 1943 del 28 de diciembre de 2018. Tarifa general del impuesto de renta personas jurídicas año 2019. En: www.actualicese.com

Ecuación 30. Tasa de interés de oportunidad

$$TIO = [(1 + DTF) * (1 + \%inflacion) * (1 + tasa\ de\ rentabilidad)] - 1$$

Fuente: Apuntes de clase, Ingeniería Financiera.

Para el cálculo de esta, se establece una tasa de depósito a término fijo (DTF), con tasa efectiva anual a término fijo con un valor para el año 2019 del 4.48% en Colombia y tomando un porcentaje de inflación de 3.18% del año 2018²⁹⁰, seleccionando una tasa de rentabilidad del 12% ya que es un mercado desconocido. Habiendo mencionado cada uno de los componentes dentro de la ecuación, la TIO para el proyecto arroja un valor de 20.74%, el cual será útil para los indicadores financieros.

- **Depreciación de activos.** Esta corresponde a la pérdida de valor de los activos debido al uso u obsolescencia. Para el cálculo de esta, se define una depreciación constante a lo largo del proyecto, siendo de \$4'414.186 COP cada año. Con esto, se muestra un resumen en la tabla 40, de los datos a utilizar en el flujo de caja encontrada en el anexo I.

Tabla 40. Valores a utilizar en flujo de caja

Tiempo de Proyección	10 años
Inversión	\$44'141.860 COP
Ingresos anuales	\$83'122.139 COP
Costos energéticos y mano de obra	\$45'994.457 COP
Costos de materia prima	\$65'829,920 COP
Valor a financiar	\$22'070.930 COP
Valor cuota fija	\$4'414.186 COP
Impuesto a la renta	33%
Intereses	10%
TIO	20,74%
Crecimiento ingresos	2%
Depreciación equipos	\$4'414.186 COP

Fuente: elaboración propia

3.3.7 Indicadores financieros. Citando a Prieto Hurtado²⁹¹ para la definición de indicadores financieros, este señala que son los puntos fuertes o débiles de un negocio, e indica probabilidades y tendencias. Teóricamente se podrían establecer relaciones entre cualquier cuenta del balance con otra del mismo balance o del estado de pérdidas y ganancias. Los indicadores financieros a realizar serán: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio/Costo (B/C).

²⁹⁰ BANCO DE LA REPÚBLICA. Estadísticas, precios e inflación. Meta de inflación (serie histórica). [Consultado septiembre 15 2019] Disponible en: www.banrep.gov.co

²⁹¹ PRIETO HURTADO, Carlos Alberto. Análisis Financiero. Bogotá D.C: Editores Fundación Universitaria San Mateo. 45p.

- **Valor Presente Neto (VPN).** Este permite determinar ganancias o pérdidas de un proyecto de inversión, evaluado durante un tiempo determinado a una tasa de interés de oportunidad (TIO). Para el cálculo de este valor, se muestra la ecuación 31²⁹². Cuando el resultado de este es mayor a cero (VPN>0), se acepta el proyecto, por lo contrario, si este es menor a cero (VPN<0) se rechaza ya que genera pérdidas.

Ecuación 31. Valor Presente Neto

$$VPN_{TIO} = \sum F_n(1+i)^{-n} = F_0 + F_1(1+i)^{-1} + F_2(1+i)^{-2} + \dots + F_n(1+i)^{-n}$$

Fuente: BACA C., Guillermo. Ingeniería Económica. Bogotá D.C. Fondo educativo panamericano, 2000.

Donde:

n: numero de periodos del proyecto

F: valor del flujo de fondos para el periodo *n*

i: tasa de interes de oportunidad o TIO

Con el flujo de caja, se logró obtener el Valor Presente Neto de este proyecto, el cual fue de -\$129'640.000 COP, concluyendo que el proyecto no es viable. Eso es debido a que, según como se puede ver en el flujo de caja, el valor de los costos, junto con sus intereses y la depreciación de equipos es mayor al valor del ingreso obtenido.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR).** Morales define la tasa interna de retorno como la tasa de rentabilidad del proyecto; es una característica propia de cada alternativa; y es totalmente independiente de las ambiciones del inversionista; es decir, de su tasa de interés de oportunidad²⁹³, en otras palabras, mide la rentabilidad en porcentaje de un proyecto de inversión. Para obtener el valor de este indicador, se utiliza la herramienta que proporciona Excel, utilizando una metodología de convergencia matemática.

Para este proyecto, no se pudo establecer un valor para la tasa interna de retorno, puesto que arrojó un porcentaje negativo con lo cual, se establece que el proyecto se rechaza ya que no supera la tasa de rentabilidad esperada.

- **Relación Beneficio-Costo (R B/C).** Relaciona los flujos positivos del proyecto y los costos del flujo de fondos de un proyecto. Para este indicador, se calcula a partir de la Ecuación 32²⁹⁴:

²⁹² BACA C., Guillermo. Ingeniería Económica. Bogotá D.C. Fondo educativo panamericano, 2000. p. 197.

²⁹³ MORALES C., Carlos M. Finanzas del Proyecto. Introducción a las Matemáticas Financieras. Medellín Colombia, 2014. p.253.

²⁹⁴ MORALES C., Carlos M. Finanzas del Proyecto. Introducción a las Matemáticas Financieras. Op.cit., p.16.

Ecuación 32. Relación Beneficio/Costo

$$\frac{B}{C}(i) = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{E_j}{(1+i)^j}} \quad \text{Para } j = 0,1,2, \dots, n.$$

Fuente: MORALES C., Carlos M. Finanzas del Proyecto. Introducción a las Matemáticas Financieras. Medellín Colombia, 2014.

Donde:

I= ingresos o flujos positivos

E= egresos o flujos negativos

j= número de periodo.

Los criterios de este indicador consisten en, un Beneficio/Costo que sea mayor a 1 ($B/C > 0$), se aceptará el proyecto, de lo contrario, si es menor a uno se rechaza. El valor que se obtuvo para este análisis fue de -1,72 rechazando así el proyecto.

4. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los métodos preseleccionados para la extracción de aceite de semilla de Durazno, siendo estos Soxhlet y Arrastre de Vapor, se establecieron que las variables controlables más influyentes en el desarrollo experimental, seleccionadas mediante referentes bibliográficos fueron: tamaño de partícula 0,425 mm, 0,825 mm y 2,00 mm, con tiempos de extracción para Soxhlet de 4,5 y 6 horas y para Arrastre de Vapor 2,5 y 7 horas, seleccionado así como última variable el tipo de solvente, siendo n-Hexano y Etanol.
- Los mejores resultados de rendimiento se obtuvieron con el método Soxhlet, para n-Hexano con 0,425 mm y 4 horas, logrando un 54% y para Etanol con 0,425 mm y 4 horas se obtuvo un 16,8%. De acuerdo con estos resultados, se determinó que al utilizar menores tamaños de partícula se obtendrán mejores rendimientos, ya que al tener un menor diámetro la partícula, la distancia que recorrerá el aceite para salir de la partícula será menor, disminuyendo así la resistencia de la transferencia de materia lo que facilitará el proceso de extracción. En cuanto a la variable tiempo, se estableció que de acuerdo a los resultados experimentales, estos no fueron del todo confiables, debido a la falta de replicas, lo que limitó determinar una correcta relación entre esta variable y el rendimiento.
- Partiendo de la caracterización desarrollada para el aceite extraído, se obtuvieron los valores de índice de yodo de 97,75 g I/g, índice de saponificación de 200,64 meq O₂/kg e índice de acidez de 0,983 mEqKOH/g. Con lo anterior se concluye que el contenido de ácidos grasos fue bajo al igual que el grado de insaturación, haciendo de este un aceite que se puede utilizar a nivel alimenticio por sus compuestos. Así mismo se estableció que la muestra tiene una resistencia baja a enranciarse presentando impurezas, afectando su estabilidad y composición debido al alto índice de peróxidos.
- La propuesta de planta piloto para el proceso de extracción de aceite de semilla de Durazno se diseñó basándose en la extracción con mayor rendimiento obtenido, es decir, por Soxhlet con Etanol. Dentro de las especificaciones para el diseño de la planta piloto, se establecieron 5 kg/h de semilla entrante, obteniendo una cantidad de 0,84 kg/h de aceite. Para los balances de energía calculados en los procesos de extracción y destilación se utilizó el método de Cho y Okos para calcular los C_p de los compuestos tales como semilla de Durazno y aceite de Durazno, pudiendo así establecer un valor total de energía para el equipo de extracción de 5459,56 W y para el destilador de 7758,31 W.
- Partiendo del análisis financiero realizado a la planta piloto, se obtuvieron unos ingresos anuales de \$83'122.139 COP, teniendo unos gastos energéticos y de mano de obra de \$45'994.457 COP, así mismo se contemplaron los costos de materia prima de \$65'829.920 COP. De acuerdo a esto, se realizaron los cálculos de los indicadores financieros, obteniendo resultados de Valor Presente Neto de -\$129'640.000 COP,

una TIR negativa y una relación Beneficio/Costo de -1,72. Al dar un valor negativo para estos indicadores, se determinó que el proyecto no es factible económicamente.

5. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar una profundización en los diferentes procesos de extracción para la semilla de Durazno, en alternativas como fluidos supercríticos y extracciones mecánicas las cuales pueden lograr mejores resultados en cuanto al rendimiento y la composición del aceite.
- El uso de solventes orgánicos tales como el Etanol, requieren mayores investigaciones para extracciones de aceites esenciales con la finalidad de remplazar paulatinamente los solventes provenientes de hidrocarburos, logrando disminuir la cantidad de proceso para su refinación.
- Incluir la caracterización de la torta obtenida después de la extracción, podría significar obtener un segundo producto de interés para su venta, incrementando así las ganancias para el proceso y generando una viabilidad financiera.
- Establecer un diseño experimental con un mayor número de repeticiones, permitirá tener mayor certeza y confiabilidad en los datos obtenidos.
- Se recomienda hacer uso en corto tiempo de la semilla con la cual se trabajará, lo cual evitará que esta pierda propiedades importantes intervinientes en la composición del aceite obtenido.
- El almacenamiento para el aceite extraído es de vital importancia, ya que, al tener el respectivo cuidado con la muestra, evitara la degradación y descomposición de sus compuestos para así obtener buenos resultados en análisis como los de GC/MS.
- Se sugiere realizar estudios posteriores para el refinamiento del aceite, tales como desgomado, neutralización, clarificación y desodorización, logrando un producto con un mayor valor económico y apto para el uso en diversas industrias.

BIBLIOGRAFIA

ABDUL AZIZ, Zarith Asyikin, et al. Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical and Therapeutic Potential – A Review. Bentham Science Publishers [en línea]. 2018. Vol.19. [Consultado 9 julio 2019]. Disponible en: http://www.med-informatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

ABDUL, Q.A et al. Health benefit of fucosterol from marine algae: A review. J Sci Food Agriculture [en línea]. 2016. DOI 10.1002/jsfa.7489. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26455344>

ABDULLAH, E.C. y GELDART, D. The use of bulk density measurements as flowability indicators. En: Powder Technology. Marzo, 1999. Vol. 102, No. 2, p. 151-152. Disponible en ScienceDirect.

AGENCIA DEL GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. Aceites esenciales: Análisis de la cadena de valor. [sitio web]. Paraguay: USAID/Paraguay. [Consultado: 25 enero 2019]. Disponible en: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites_esenciales.pdf

Agronet, Min. Agricultura. Durazno. [pdf]. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado 24 septiembre 2018]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/Documents/31-DURAZNO_2017.pdf

Agronet, Min. Agricultura. Conozca cómo funciona el negocio del Durazno en el mercado colombiano [sitio web]. Bogota: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado 24 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Conozca-c%C3%B3mo-funciona-el-negocio-del-Durazno-en-el-mercado-colombiano.aspx>

ASVID LTDA. Sector Fruticultura Informe para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. [En línea]. Santiago, Chile: CNIC Chile, 2009. [Citado el 16 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/42006978-Sectores-emergentes-en-fruticultura.html>

BACA C., Guillermo. Ingeniería Económica. Bogotá D.C. Fondo educativo panamericano, 2000. p. 197.

BALLESTEROS VÁSQUEZ et al. Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. Nutrición Hospitalaria [en línea]. 2012, Vol. 27, nro. 1. [Consultado 24 Octubre 2019] Disponible: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100007. ISSN 1699-5198

BANCO DE LA REPÚBLICA. Estadísticas, precios e inflación. Meta de inflación (serie histórica). [Consultado septiembre 15 2019] Disponible en: www.banrep.gov.co

BARAJAS NOVA, Alberto Finanzas para no financistas. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008, 221 p. ISBN: 9789587160864

BAUGHER, Tara. Anatomy and taxonomy. En: Concise encyclopedia of temperate tree fruit. New York: Food Products, 2003. p. 3-8

BAÜMLER, Erica; CARRIN, Maria y CARELLI, Amalia. Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent. Journal of Food Engineering [en línea] 2016, Vol. 178. [Consultado 4 julio 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877416300206>

BERK, Zeki. Physical Properties of Food Materials. En: Food Process Engineering and Technology. Ed. 2. Academic Press- Elsevier, 2013. p. 28. Disponible en ScienceDirect.

BIODIVERSIDAD ALIMENTARIA, Alianza Nacional. [En línea] [Consultado 4 agosto 2019] Disponible en: <https://www.biodiversidadalimentaria.cl/Durazno/>

BUCHBAUER, Gerhard. The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. Institute of Pharmaceutical Chemistry [en línea]. University of Vienna. 2000. Vol. 25. [Consultado 26 febrero 2 019]. Disponible en: <https://media.allured.com/documents/0011.pdf>

BHARDWAJ, Swati; PASSI, Santosh Jain y MISRA, Anoop. Overview of trans fatty acids: Biochemistry and health effects. PubMed [en línea]. 2011, Vol. 5, nro. 3. [Consultado 24 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229425726_Overview_of_trans_fatty_acids_Biochemistry_and_health_effects

BOZDOGAN, Dilsat; ARSLAN, Mehmet y OKSUZ, Abdullah. Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region. Saudi Journal of Biological Sciences. [en línea]. 2018. Vol. 26. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect..

CANNON, Jeffery et al. Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. Industrial Crops and Products [en línea]. 2013, Vol.41. [Consultado 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012002117>

CARBAJAL, Ángeles. Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid [en línea]. Madrid. [Consultado 12 agosto 2019] Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf>

CASTRO SILVA, Alvaro et al. Manejo post-cosecha y comercialización del Durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch). Serie de paquete de Capacitación sobre Manejo de Post-cosecha de frutas y Hortalizas. Colombia: NRI, DFID, SENA, Convenio SENA Reino Unido. OP Graficas, 1998. p. 372

CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinámica. Apéndice 1, Tablas de Propiedades, Figuras y Diagramas (Unidades SI). 7ma Ed. Editorial McGrawHill. ISBN 978-607-15-0743-3. 2012. p. 912.

CHATTERJA, M y SHINDE, Rana. Textbook of Medical Biochemistry 8 ed. Japon: Jp Medical Ltda, 2011. 876 p. ISBN 978-93-5025-484-4.

CHOI Y OKOS, M.R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. 1986. [Consultado 14 Agosto 2019]. Disponible en: Elsevier Applied Science.

DAMAYANTI, Astrilia y SETYAWAN, Eko. Essential Oil Extraction of Fennel Seed (*Foeniculum vulgare*) Using Steam Distillation. Int. J. Sci. Eng [en línea] 2012, Vol. 3. [Consultado 9 de julio 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270682198_Essential_Oil_Extraction_of_Fennel_Seed_Foeniculum_vulgare_Using_Steam_Distillation

Diario La República. Producto Interno Bruto de Colombia creció 2.7% en 2018 según informó el DANE. Jueves, 28 de febrero de 2019. [Consultado 14 septiembre 2019]. Disponible en: www.larepublica.co

DURSUN, I. y DURSUN, E. Some physical properties of caper seed. En: Biosystems Engineering. Octubre, 2005. Vol. 92, No. 2, p. 240. Disponible en ScienceDirect.

DURSUN, I., TUGRUL, K.M. y DURSUN, E. Some physical properties of sugarbeet seed. En: Journal of Stored Products Research. 2007. Vol. 43, No. 2, p. 150. [Consultado 15 agosto 2019] Disponible en ScienceDirect.

EDWARDS, David. Scaling up step by step. Biofuels commercialisation. Green Power Conferences. 2012. p. 45

EMIR, D.D., GÜNESER, O. y YILMAZ, E. Cold pressed poppy seed oils: Sensory properties aromatic profiles and consumer preferences. En: Grasas y Aceites. Julio-septiembre, 2014. Vol. 65, No. 3, p. 1-13. Disponible en Grasas y aceites. International Journal of Fats and Oils.

Empresa de Energía de Bogotá. Codensa. Tarifas de energía 2019. Tarifas del mes. [Consultado 18 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/es/personas/tarifas-energia-enel-codensa.html>

ESPINA, Laura, et al. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes, Food Control. ScienceDirect [en línea]. 2011. Vol. 22. [Consultado 4 marzo 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713510003944>

Estatuto tributario colombiano. Ley 1943 del 28 de diciembre de 2018. Tarifa general del impuesto de renta personas jurídicas año 2019. En: www.actualicese.com

FAHLBUSCH, Karl-Georg et al. Flavors and Fragrances. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Alemania: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2012. 192 p. DOI: 10.1002/14356007.a11_141

FATHOLLAHZADEH *et al.* Some Physical Properties of Tabarzeh Apricot Kernel. Pakistan Journal of Nutrition [en línea]. 2008. [Consultado 27 septiembre 2019]. ISSN: ISSN 1680-5194. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.444&rep=rep1&type=pdf>

FASINA, Oladiran y SOKHANSANJ, Shahab. Modelling the bulk cooling of alfalfa pellets. En: *Drying Technology: An International Journal*. 1995, Vol. 13, No. 8-9. p. 1881-1904. Citado por: OGINNI, Oluwatosin Jerry. Contribution of Particle Size and Moisture Content to Flowability of Fractioned Ground Loblolly Pine. Tesis presentada a la Facultad de Graduados de la Universidad de Auburn en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencia. Auburn, Alabama. Universidad de Auburn. Departamento de Ingeniería de Biosistemas. 2014. p. 16. [Consultado 20 de mayo 2019]. Disponible en: Electronic Theses and Dissertations Auburn University. <https://etd.auburn.edu/xmlui/bitstream/handle/10415/4178/Final%20Thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y123>,

FAO. 12 claves para una agenda de transformación rural en Colombia. [PDF]. Colombia: FAO. [Consultado 24 septiembre 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAOcountrys/Colombia/docs/Mayo_2018/12_claves_para_una_agenda_de_transformaci%C3%B2n_rural_en_Colombia.pdf

FAO y OMS, Comisión del Codex Alimentarius. Informe de la 15° reunión del comité del codex sobre grasas y aceites. Londres, Reino Unido, 1997, 80.

FERNANDEZ-SANCHEZ, Félix *et al.* Extraction Condition Evaluation of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Essential Oil Foliage (Dry Drug) by Hydrodistillation-Cohobation. *Revista Cubana de Química*. [en línea]. 2012, Vol. 25. [Consultado 31 octubre 2019] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543730013.pdf>

FERREIRA-DIAS, Suzana; VALENTE, Dina y ABREU, Jose. Comparison between ethanol and hexane for oil extraction from *Quercus suber* L. fruits. *Grasas y Aceites* [en línea]. 2003, Vol. 54. [Consultado 4 julio 2019] Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/225>

FORERO-PENUELA, Lury, et al. Análisis exploratorio de las exportaciones de aceites esenciales en Brasil: evidencia desde 2000 hasta 2015. *IDESIA* (Chile) [en línea]. 2016, Vol. 35, nro. 3. [Consultado 15 febrero 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n3/0718-3429-idesia-00301.pdf>

GARNAYAK et al. Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2008. [Consultado 27 septiembre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

GAWDE, Archana et al. Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products* [en línea] 2014, Vol. 58. [Consultado 12 julio 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669014001927>

GEZER, Ibrahim et al. Physico-chemical properties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernels. *South Western Journal of horticulture, Biology and Enviroment* [en línea]. 2011, Vol. 2. [Consultado 26 septiembre 2019] Disponible en: <http://www.biozoojournals.ro/swjhbe/v2n1/01.swjhbe.v2n1.Gezer.pdf>

GOMNA, Aboubakar *et al.* Review of vegetable oils behaviour at high temperature for solar plants: Stability, properties and current applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. [en línea]. 2019. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect

GUPTA, R.K. y DAS, S.K. Fracture resistance of sunflower and kernel to compressive loading. En: *Journal of Food Engineering*. Octubre, 2000. Vol. 46, No. 1, p. 3-7. Disponible en ScienceDirect.

HASHIM, Ayat *et al.* Antioxidant and antibacterial activities of omega-3 rich oils/curcumin nanoemulsions loaded in chitosan and alginate-based microbeads. *International Journal of Biological Macromolecules*. [en línea]. 2019. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

HANMOUNGJAI, Prasert; PYLE, Leo y NIRANJAN, Keshavan. Extraction of rice bran oil using aqueous media. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. [en línea]. 2000 [Consultado 7 julio 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%2910974660%28200005%2975%3A5%3C348%3A%3AAID-JCTB233%3E3.0.CO%3B2-P>

HERNANDEZ, Sandra y ZACCONI, Flavia. Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. *Química Nova* [en línea]. 2009, Vol. 32, nro. 5. [Consultado 8 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/244751190_Aceite_de_almendras_dulces_e_xtraccion_caracterizacion_y_aplicacion

HOSNI, Karim et al. Volatile oil con-stituents of *Rosa canina* L.: quality as affected by the distillation method. *Organic Chemistry International* [en línea]. 2010. [Consultado 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/oci/2010/621967/>

ILELEJI, Klein y ROSENTRATER, Kurt A. On the physical properties of distillers dried grains with solubles (DDGS). En: *ASABE Annual International Meeting*. (2008: 19, Junio-2, Julio, 2008: Rhode Island). Paper written for presentation at the 2008 ASABE annual international meeting. Rhode Island. Patrocinado por ASABE: 2008. p. 12.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de saponificación. Bogotá: ICONTEC, 2019. (NTC 335)

_____. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

_____. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación de la densidad (masa por volumen convencional). Bogotá: ICONTEC, 2016. (NTC 336)

_____. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de acidez. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 218)

_____. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de peróxido. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 236)

_____. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de refracción. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 289)

_____. Grasas y aceites vegetales y animales: Determinación del índice de yodo. Bogotá: ICONTEC, 2011. (NTC 283)

International Council For Harmonisation Of Technical Requirements For Pharmaceuticals For Human Use.

ISLAM, Khairul. Pilot Plant Scale-up Technique. Department of Applied Chemistry & Chemical Engineering. Rajshahi university. 2016. p. 5

JAIN, R.K. y BAL, S. Properties of Pearl Millet. En: Journal of Agricultural and Engineering Research. 1997. Vol. 66, p. 85-91. Citado por MILANI, E., et al. Moisture dependent physical properties of cucurbit seeds. En: International Agrophysics, 2007. Vol. 21, p. 159. [Consultado 14 julio 2019] Disponible en International Agrophysics.

JHA, S.N. Physical and hygroscopic properties of Makhana. En: Journal of Agricultural Engineering Research. Febrero, 1999. Vol. 72, No. 2, p. 147. [Consultado julio 15 2019] Disponible en ScienceDirect

JOHNSON, L.A y LUSAS, E.W. Comparison of alternative solvents for oils extraction. Journal of the American Oil Chemists' Society [en línea]. 1983, Vol. 60, nro. 2. [Consultado 10 agosto 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02543490/8>

JORDAN, O. The Technology of Solvents. Leonard Hill Ltda., Londres, 1937. P. .94-95

KARABABA, Erşan. Physical properties of popcorn kernels. Journal of food Engineering [en línea]. 2006, Vol.72. [Consultado 27 septiembre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

KATE, A.E et al. Moisture Dependent Engineering Properties of Wild Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Pits. Department of Post-Harvest Process & Food Engineering. International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology [en línea]. 2014. DOI 10.5958/j.2230-732X.7.1.024. [Consultado 29 agosto 2019] Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/a5a3/50fc603ca60c32837efc776b11c6fb401fe6.pdf>

KIM, Se-Won y VAN TA, Quan. Potential Beneficial Effects of Marine Algal Sterols on Human Health. Advances in Food and Nutrition Research [en línea]. 2011, Vol. 64. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00014-4. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: Elsevier Inc.

LAFONT, Jennifer; PAÉZ, Manuel y PORTACIO, Alfonso. Extracción y Caracterización Fisicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). Información Tecnológica [en línea]. 2011, Vol. 22. [Consultado 5 mayo 2019]. DOI: 10.4067/S0718-07642011000100007 Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071807642011000100007&lng=es&nrm=iso

LAYNE, Desmond y BASSI, Daniele. Botany and taxonomy. En: The peach: botany, production and uses. Wallingford, UK: CABI, 2008. p.1-36

LIMA, Josilene *et al.* Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. Food Research International. [en línea]. 2018. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: ScienceDirect.

LITTLEFIELD, B., et al. Physical and flow properties of pecan shells-Particle size and moisture effects. En: Powder Technology. Septiembre, 2011. Vol. 212, No. 1, p. 173-180. Disponible en ScienceDirect.

LLAMAS et al. Diseño y establecimiento de modelos para la producción competitiva de Durazno en Zacatecas. En: Clientes, A.C. (ed). Memorias II Congreso. Consejo de Productores de Durazno de Aguas, Mexico D.F.: Universidad Autónoma de Zacatecas. 2006.

LONDOÑO, Peggy; MIERES-PITRE, Alberto y HERNÁNDEZ, Carlos. Extraction and characterization of crude oil of peach kernel (*Prunus pérsica*). Avances en Ciencias e Ingeniería [en línea]. 2012. [Consultado 5 mayo 2019]. ISSN: 0718-8706. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627688004.pdf>

LOONEY, N.E y JACKSON, David. Stonefruit. En: Temperate and Subtropical Fruit Production. 2 ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1999. p. 171-188.

MACHACA, Leonardo. Proceso de extracción del aceite vegetal de las almendras de Durazno (*Prunus pérsica*) a nivel de laboratorio [en línea] Tesis Pregrado. Universidad Nacional del Callao, 2018. [Consultado 11 julio 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2522>

MANRIQUE, Guillermo. Caracterización de grasa y aceites. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires [en línea]. 2013. [Consultado 30 septiembre 2019]. Disponible en: https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas_y_Aceites.pdf

MARCUS, Jacqueline. Culinary Nutrition: The Science and practice of Healthy Cooking. 1 ed. Academic Press. Marzo, 2013. Citado por: PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 10 enero 2019]. Disponible en: Universidad de América

MARTÍNEZ, Alejandro. Aceites Esenciales. Facultad Química Farmacéutica. Medellín [en línea]. 2003. [Consultado 15 junio 2019]. Disponible en: http://www.medinformatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

MARTINEZ, Carlos y CEBALLOS, Chistian. Determinación de actividad antioxidante en aceite de semillas de uva isabella (vitis labrusca) extraído con CO2 supercrítico [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad Del Valle, 2012. [Consultado 15 julio 2019]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7090/1/CB-0470332.pdf>

MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (Prunus Persica). 2010. [Consultado 21 julio 2019]. ISSN: 2218-3310. Disponible en: <https://docplayer.es/18014108-Influencia-del-tiempo-tamano-de-particula-y-proporcion-solido-liquido-en-la-extraccion-de-aceite-crudo-de-la-almendra-de-Durazno-prunus-persica.html>

MCCRONE, Walter y Delly, John Gustav. The Particle Atlas: An encyclopedia of techniques for small particle identification. 1973. Vol.1. Michigan: Ann Arbor Science Publishers. Citado por: KUDRA, Tadeusz y STRUMILLO, Czeslaw. Thermal Processing of Bio-materials [en línea]. Vol. 10. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers. 1998. [Consultado: Mayo 20 de 2019]. Parte 1, Basic information on thermal processing of bio-materials. p. 55.

MEDINA, Gilma. Aceites y grasas comestibles. Universidad de Antioquia [en línea]. 2014. [Consultado 30 septiembre 2019]. Disponible en: http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Gilma_Medina/Grasasyaceites/Documento_Grasas_y_aceites.pdf

MENA ALANOCA, Fanny Raquel. Extracción y caracterización del aceite crudo de la semilla de Durazno (prunus pérsica) Universidad Mayor de San Andrés [en línea]. 2015. [Consultado 16 agosto 2019] Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9269>.

MILANI, E., et al. Moisture dependent physical properties of cucurbit seeds. En: International Agrophysics, 2007. Vol. 21, p. 160-162.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Guía Técnica del Cultivo del Melocotón. [En línea]. El Salvador: Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura. Frutal Es [Consultado 16 julio 2019]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0220e/B0220e.pdf>

MIRANDA, Diego; FISCHER, Gerhard y CARRANZA, Carlos. Los frutales caducifolios. Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo en Colombia. [En línea]. Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. [Citado el 16 de agosto de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/259339482_Los_frutales_caducifolios_en_Colombia_Situacion_actual_caracterizacion_de_sistemas_de_produccion_y_plan_de_desarrollo/links/00b7d52b194cb4eb31000000/Los-frutales-caducifolios-en-Colombia-Situacion-actual-caracterizacion-de-sistemas-de-produccion-y-plan-de-desarrollo.pdf

MOHSENIN, Nuri. Physical Characteristics. En: Physical Properties of Plant and Animal Materials. Nueva York: Gordon and Breach Science Publishers. 1970. Citado por: DURSUN, I., TUGRUL, K.M. y DURSUN, E. Some physical properties of sugarbeet seed. En: Journal of Stored Products Research. 2007. Vol. 43, No. 2, p. 150. [Consultado 15 agosto 2019] Disponible en ScienceDirect.

MOHSENIN, Nuri. Physical properties of plant and animal materials Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical. 2 ed. Estados Unidos: Gordon and Breach Science Publishers, 1970. 742 p. ISBN: 9780677023007.

MONTOYA, Giraldo de Jesus. Aceites Esenciales. Una alternativa de diversificación para el Eje Cafetero [PDF]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2010. 174 p. ISBN 958-8280-26-4. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>

MORALES C., Carlos M. Finanzas del Proyecto. Introducción a las Matemáticas Financieras. Medellín Colombia, 2014. p.253.

NAEEM, Ayeza, et al. Essential Oils: Brief Background and Uses. Department of Microbiology. Remedy Publications LLC [en línea]. 2018. Vol. 1 [Consultado 7 mayo 2019]. Disponible en: http://www.remedypublications.com/annals-of-short-reports/pdfs_folder/asrs-v1-id1006.pdf

Nationa Institutes of Health. Datos sobre la vitamina E [en línea]. 2016. [Consultado 1 septiembre 2019] Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminE-DatosEnEspanol.pdf>

NTALLI, Nikolleta, et al. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against Meloidogyne incognita and the nematicidal activity of essential oils from seven plants

indigenous to Greece. *Pest Management Science* [en línea]. 2011. Vol. 67. [Consultado 11 Agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/49824608_Synergistic_and_antagonistic_interactions_of_terpenes_against_Meloidogyne_incognita_and_the_nematicidal_activity_of_essential_oils_from_seven_plants_indigenous_to_Greece

OGINNI, Oluwatosin Jerry. Contribution of Particle Size and Moisture Content to Flowability of Fractioned Ground Loblolly Pine. Tesis presentada a la Facultad de Graduados de la Universidad de Auburn en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestro en Ciencia. Auburn, Alabama. Universidad de Auburn. Departamento de Ingeniería de Biosistemas. 2014. p. 16. [Consultado: 20 de mayo de 2018]. Disponible en: Electronic Theses and Dissertations Auburn University. <https://etd.auburn.edu/xmlui/bitstream/handle/10415/4178/Final%20Thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

OSPINA MACHADO, Julio Ernesto. Ángulo de reposo. En: Características Físico Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos. Bogotá D.C: Unidad de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 2002. p. 87.

PABIS, Stanislaw; CENKOWSKI, Stefan y JAYAS, Digvir S. Grain Drying: Theory and Practice [en línea]. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. 1998. [Consultado 20 de mayo 2019]. Capítulo 6. Thermophysical properties of grains and oilseeds. p. 156.

PANTANO, Laura y URREGO, Aura. Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 10 enero 2019]. Disponible en: Universidad de América.

PRADHAN et al. Moisture-dependent physical properties of Karanja (*Pongamia pinnata*) kernel. *Industrial Crops and Products*. Citado por: ROJAS BARAHONA, Ángel Francisco. Caracterización Físico-Mecánica de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*) [PDF]. Trabajo de Investigación como requisito parcial, para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010. p. 27. [Consultado: 14 agosto 2019]. Disponible en Internet: Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. Presidente Duque expidió decretos que fijan el incremento del salario mínimo y del auxilio de transporte para la vigencia 2019, el aumento real más significativo de los últimos 25 años. Bogotá, 28/12/2018. [Consultado 18 septiembre 2019]. Disponible en: id.presidencia.gov.co

PRIETO HURTADO, Carlos Alberto. Análisis Financiero. Bogotá D.C: Editores Fundación Universitaria San Mateo. 45p.

RAMÍREZ, Iván. Guías de prácticas de laboratorio para propiedades de los sólidos. Fundación Universidad de América. 2014

RASSEM, Hesham; NOUR, Abdurahman y YUNUS, Rosli. Techniques for Extraction of Essential Oils from Plants: A Review. Australian Journal of Basic and Applied Sciences [en línea]. 2016. [Consultado 11 enero 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sadiq_Mareai/post/How_to_we_seperate_essential_oils_and_terpenes_from_isoparaffin_solvent/attachment/5bbcd7353843b006753d7ba0/

ROJAS BARAHONA, Ángel Francisco. Caracterización Físico-Mecánica de la Semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*) [PDF]. Trabajo de Investigación como requisito parcial, para optar al título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. 2010. p. 27. [Consultado: 14 agosto 2019]. Disponible en Internet: Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1855/1/87571797.2010.pdf>

ROJO, G. Durazno. Prunus pérsica. En: Siembra y cultivo de árboles frutales. México D. F., México: Gómez Gómez Hnos. Editores. 1986. p. 25- 29.

ROSENTHAL, A; PYLE, D.L y NIRANJAN, K. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction: Review. En: Elsevier Science Inc. [en línea]. Volumen 19, 1 noviembre 1996 P. 401

ROZZI, Nicholas et al. Supercritical Fluid Extraction of Essential Oil Components from Lemon-Scented Botanicals. LWT - Food Science and Technology [en línea]. 2002, Vol. 35. nro. 4. [Consultado 17 septiembre 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643801908734#!>

RUSTAN, Arild y DREVON, Christian. Fatty Acids: Structures and Properties. University of Oslo. Encyclopedia of Life Sciences [en línea]. 2005. [Consultado 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1038/npq.els.0003894>

RYUGO, Kay. Fruticultura: ciencia y arte. Mexico: AGT Editor, 1993. 460 p. ISBN: 978-968-4630-71-0

SAYYAR, Sepidar *et al.* Extraction of Oil from Jatropha Seeds-Optimization and Kinetics. American Journal of Applied Sciences [en línea]. 2009. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26625514_Extraction_of_Oil_from_Jatropha_Seeds-Optimization_and_Kinetics. ISSN 1546-9239

SCHANTZ, Michele et al. Comparison of supercritical fluid extraction and Soxhlet extraction for the determination of polychlorinated biphenyls in environmental matrix standard reference materials. Journal of Chromatography A. 1996. [Consultado 21 abril 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967398005287>

SCHINAS, P, et al. Converting Apricot Seed Oil (*Prunus Armeniaca*) and Peach Seed Oil (*Prunus Persica*) into Biodiesel. SciFed Journal of Biofuel and Bioenergitcs [en línea]. 2017. [Consultado 12 mayo 2019]. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/322021085>

SEKINE, T., y HASEGAWA, T. Solvent Extraction Chemistry: Fundamentals and Applications. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, 1977, p. 564-5673

SILVA LEZAMA, Antonio. Cultivo de árboles frutales. /Cultivos especiales. El Duraznero. En: Granja. Arboricultura. Frutales e Industrialización de los productos de La Granja. Buenos Aires, Argentina: Hobby, 1968. p. 7.

SINGH, K.K y GOSWAMI, T.K. Physical properties of Cumin seed. En: Journal of Agricultural Engineering Research. Junio, 1996. Vol. 64, No. 2, p. 95. Disponible en ScienceDirect.

SOKHANSANJ, Shahab y FENTON, Jim. Cost Benefit of Biomass Supply and pre-processing [PDF]. En: A BIOCAP Research Integration Program Synthesis Paper. Marzo, 2006. Ottawa, Canadá. p. 2. [Consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: http://www.cesarnet.ca/biocap-archive/rif/report/Sokhansanj_S.pdf 130

TAIZ, Lincon y ZEIGER, Eduardo. Fisiología Vegetal. España: Universidad de Jaume, 2006. 576 p. ISBN 978-84-8021-601-2

TALATI, Ali. Extraction Methods of Natural Essential Oils. Shiraz University of Medical Sciences [en línea]. 2017. [Consultado 5 agosto 2019]. DOI: 10.13140/RG.2.2.18744.34564. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/313638030>

TAVERA, Javier. Extracción solido- líquido. En: Operaciones y procesos de separación. Universidad Autonoma de Madrid, 2005. Citado por: MATOS, Alfredo y ACUÑA, Janeth. Influencia del Tiempo, Tamaño de Partícula y Proporción Sólido Líquido en la Extracción de Aceite Crudo de la Almendra de Durazno (*Prunus Persica*). 2010. [Consultado 21 julio 2019]. ISSN: 2218-3310, Disponible en: <https://docplayer.es/18014108-Influencia-del-tiempo-tamano-de-particula-y-proporcion-solido-liquido-en-la-extraccion-de-aceite-crudo-de-la-almendra-de-Durazno-prunus-persica.html>

UNITED STATES PHARMACOPEIA, USP. Bulk Density and Tapped Density Powders [PDF]. En: Stage 6. Harmonization. The United States Pharmacopeial Convention. Agosto, 2015. Vol. 6, p. 2-3. [Consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en Internet: https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/harmonization/gen-chapter/bulk_density.pdf

UNITED STATES PHARMACOPEIA, USP. Powder Flow [PDF]. En: Stage 6. Harmonization. The United States Pharmacopeial Convention. Noviembre, 2016. Vol. 30, p. 1-7. [Consultado: 15 de marzo de 2018]. Disponible en Internet: https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/harmonization/gen-chapter/g05_pf_30_6_2004.pdf

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. Prácticas análisis químico de los alimentos. Práctica 1: Determinación De Humedad En Alimentos [en línea]. España: Universidad de Zaragoza. [Consultado: 11 septiembre 2019] Disponible en: https://ppcta.unizar.es/sites/ppcta.unizar.es/files/users/ARCHIVOS/Videos_y_otros/Documentos/PRACTICAS_ANALISIS/practica_1_humedad.pdf

Universidad Nacional de Mexico. Espectrometria de Masas. 2016. [Consultado 25 octubre 2018] Disponible en: <https://www.iquimica.unam.mx/labserv/lab-cert?id=180>

USAQUÉN, María José y ZAFRA, María Alejandra. Evaluación Del Proceso De Obtención De Aceite Esencial De Semilla De Mango A Nivel Laboratorio [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad de América, 2018. [Consultado 14 septiembre 2018]. Disponible en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

VALENCIA, Maylin. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE MORINGA (Moringa oleífera) [en línea]. Tesis Pregrado. Universidad Rafael Landivar, 2018. [Consultado 14 julio 2019]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>

VELÁSQUEZ, Gladys. Lipidos: esenciales para la salud. En: Fundamentos De Alimentacion Saludable. Antioquia: Universidad de Antioquia, 2006. p. 46 -63.

WAN, P, et al. Alternative hydrocarbon solvents for cottonseed extraction: plant trials. J. Am. Oil Chem. Soc [en línea]. 1995. [Consultado 4 abril 2019]. Disponible en: <https://naldc.nal.usda.gov/download/22986/PDF>.

WENQUIANG, Guan et al. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. Food Chemistry [en línea]. 2008, Vol.101, nro.4. [Consultado 10 julio 2019] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606003256>

WESOLOWSKA, Aneta; JADCZAK, Dorota y GRZESZCZUK, Monika. Influence of distillation time on the content and composition of Essential oil isolated from lavender (Lavandula angustifolia Mill.). West Pomeranian University of Technology [en línea]. 2010, Vol. 56, nro. [Consultado 31 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26625514_Extraction_of_Oil_from_Jatropha_Seeds-Optimization_and_Kinetics

WESTWOOD, Melvin. Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture. 3 ed. Portland, Oregon: Timber Press, 2009. 536 p. ISBN: 978-160-4690-70-5

WILDWOOD, Chrissie. The Encyclopedia of Aromatherapy. Estados Unidos: Vermont: Healing Arts Press, 1996. 320 p. ISBN 978- 089-2816-38-5

WOODCOCK, C.R y MASON, J.S. Bulk Solids Handling: An Introduction to the Practice and Technology. Países Bajos: Blackie Academic & Professional. 1987. Capítulo 1. The nature of bulk solids. p. 8. Disponible en SpringerLink.

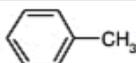
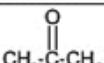
WU, Hao, et al. Essential oil extracted from peach (*Prunus persica*) kernel and its physicochemical and antioxidant properties. *LWT- Food Science and Technology*

ANEXOS

ANEXO A
TABLA POLARIDADES DE DISTINTOS SOLVENTES

Manual de Prácticas

**TABLA DE DISOLVENTES MÁS USADOS
EN ORDEN DE POLARIDAD**

P O L A R I D A D	DISOLVENTES	FORMULA SEMI-DESARROLLADA	Pe °C	Pe Cd. Méx	Densidad δ
	Éter de petróleo	Mezcla de hidrocarburos	35-60°		0.640
	Hexano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	69°		0.659
	Tolueno		110°		0.865
	Benceno		80°		0.874
	Éter	CH ₃ -CH ₂ -O-CH ₂ -CH ₃	35°		0.706
	Tetracloruro de carbono	CCl ₄ 	77°		1.604
	Clorofomo	CHCl ₃ 	61°		1.492
	Cloruro de metileno - Diclorometano	CH ₂ Cl ₂ 	40°		1.325
	Acetato de etilo		77°		0.902
Acetona		56°		0.791	
Etanol	CH ₃ -CH ₂ -OH	78°		0.785	
Metanol	CH ₃ -OH	65°		0.791	
Agua		100°		1.000	

iv

ANEXO B

FICHA TECNICA n.HEXANO

HEXANO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

febrero de 2017
VERSIÓN: 4

2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro:

H225 - Líquido y vapores muy inflamables.

H304 - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H315 - Provoca irritación cutánea.

H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo.

H361 - Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar al feto.

H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

H401 + H411 - Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia:

P210 - Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar.

P260 - No respirar humos, gases, nieblas, vapores o aerosoles.

P264 - Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.

P273 - No dispersar en el medio ambiente.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P301 + P310 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico. NO provocar el vómito.

P308 + P313 - EN CASO DE exposición demostrada o supuesta: consultar a un médico.

P362 - Quitar la ropa contaminada.

P370 + P378 - En caso de incendio: Utilizar niebla de agua, espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono (CO₂) para la extinción.

P391 - Recoger los vertidos.

2.3 Otros peligros

Ninguno.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1 Sustancia

n-Hexano (CAS 110-54-3): > 99% - Flam. Líq. 2; Repr. 2; Asp. Tox. 1; STOT RE 2; Skin Irrit. 2; STOT SE 3; Aquatic Acute 2; Aquatic Chronic 2

3.2 Mezcla

No aplica.

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrese aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua y jabón, durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.

GTM

PÁGINA 2 DE 9

www.gtm.net

Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: irritante de las membranas de la mucosa del aparato respiratorio superior. Altas concentraciones pueden producir asfixia. La exposición aguda puede causar narcosis, náuseas leves, cefalea y somnolencia.

Contacto con la piel: Causa irritación cutánea. El contacto frecuente o prolongado puede producir sequedad o agrietamiento.

Contacto con los ojos: Irritante para los ojos.

Ingestión: levemente nocivo, puede provocar irritación.

Los órganos diana son: sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, sistema respiratorio, corazón, la piel y los ojos. Puede ocurrir neumonía química después de la ingestión y la aspiración a los pulmones. Depresión del SNC, convulsiones, coma y la muerte pueden seguir a exposiciones agudas en grandes concentraciones.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Si se ingiere, el material puede ser aspirado por los pulmones y causar neumonía química. Tratar adecuadamente. Proveer tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO₂. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El recipiente sometido al calor puede explotar inesperadamente y proyectar fragmentos peligrosos.

Los vapores son más pesados que el aire y se pueden esparcir por el suelo.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfíe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o reguladores.

Previenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

Retírese inmediatamente si sale un sonido creyente de los mecanismos de seguridad de las ventilaciones, o si el tanque se empieza a decolorar. SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.

El producto caliente puede ocasionar erupciones violentas al entrar en contacto con el agua, pudiendo proyectarse material caliente y provocar serias quemaduras.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia****6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia**

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro). Detenga la fuga si puede hacerlo sin riesgo. Todos los equipos usados para manipular el producto debe estar conectado a tierra. No toque ni camine sobre el material derramado. Se puede utilizar espuma para reducir la emisión de vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el líquido con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases sellados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavajos de emergencias.

Utilizar equipamiento y ropa que evite la acumulación de cargas electrostáticas. Controlar y evitar la formación de atmósferas explosivas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. No fume, suelde o haga cualquier trabajo que pueda producir llamas o chispas en el área de almacenamiento. Manténgase lejos de oxidantes fuertes.

Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

Productos incompatibles: Agentes oxidantes y reductores fuertes.

ANEXO C

FICHA TECNICA ETANOL

ETANOL

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

enero de 2017
VERSIÓN: 5

2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro:

H225 - Líquido y vapores muy inflamables.

H319 - Provoca irritación ocular grave.

H402 - Nocivo para los organismos acuáticos.

Consejos de prudencia:

P210 - Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar.

P264 - Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.

P273 - No dispersar en el medio ambiente.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P303 + P361 + P353 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P370 + P378 - En caso de incendio: Utilizar niebla de agua, espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono (CO₂) para la extinción.

P403 + P235 - Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener fresco.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

Ninguno.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1 Sustancia

Etolol (CAS 64-17-5): 96% - Flam. Liq. 2; Eye Irrit. 2; Aquatic Acute 3

3.2 Mezcla

No aplica.

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 15 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quítelas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.

Ingestión: NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: irritación de las vías respiratorias y tos, mareos, dolor de cabeza, náuseas y narcosis.

Contacto con la piel: puede causar irritación transitoria y resecaamiento de la piel.

Contacto con los ojos: puede causar irritación.

Ingestión: irritación de la orofaringe, esófago o tracto gastrointestinal. Náuseas, vómitos, confusión, dolor de cabeza, mareos y síntomas de embriaguez.

Toxicidad leve a moderada: euforia, ataxia, nistagmo, desinhibición, comportamiento agresivo, náuseas, vómitos, rubor y taquiarritmias supraventriculares (principalmente fibrilación auricular).

Toxicidad grave: coma, depresión respiratoria, aspiración pulmonar, hipoglucemia, e hipotermia. La interrupción brusca del uso crónico de etanol se manifiesta con hipertensión, taquicardia, temblores, convulsiones, y en casos severos, delirio.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma resistente al alcohol, arena o CO₂. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El recipiente sometido al calor puede explotar inesperadamente y proyectar fragmentos peligrosos.

Los vapores son más pesados que el aire y se pueden esparcir por el suelo.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los recipientes para mantenerlos fríos. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o reguladores.

Previenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilaciones, o si el tanque se empieza a decolorar. SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.

El producto caliente puede ocasionar erupciones violentas al entrar en contacto con el agua, pudiendo proyectarse material caliente y provocar serias quemaduras.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia****6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia**

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro). Detenga la fuga si puede hacerlo sin riesgo. Todos los equipos usados para manipular el producto debe estar conectado a tierra. No toque ni camine sobre el material derramado. Se puede utilizar espuma para reducir la emisión de vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el líquido con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavajos de emergencias.

Utilizar equipamiento y ropa que evite la acumulación de cargas electrostáticas. Controlar y evitar la formación de atmósferas explosivas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. No fume, suelde o haga cualquier trabajo que pueda producir llamas o chispas en el área de almacenamiento. Manténgase lejos de oxidantes fuertes.

Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

Productos incompatibles: Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases fuertes, peróxidos.

ANEXO D

ENCUESTA PARA CARACTERIZACION ORGANOLEPTICA ACEITE DE SEMILLA DE DURAZNO

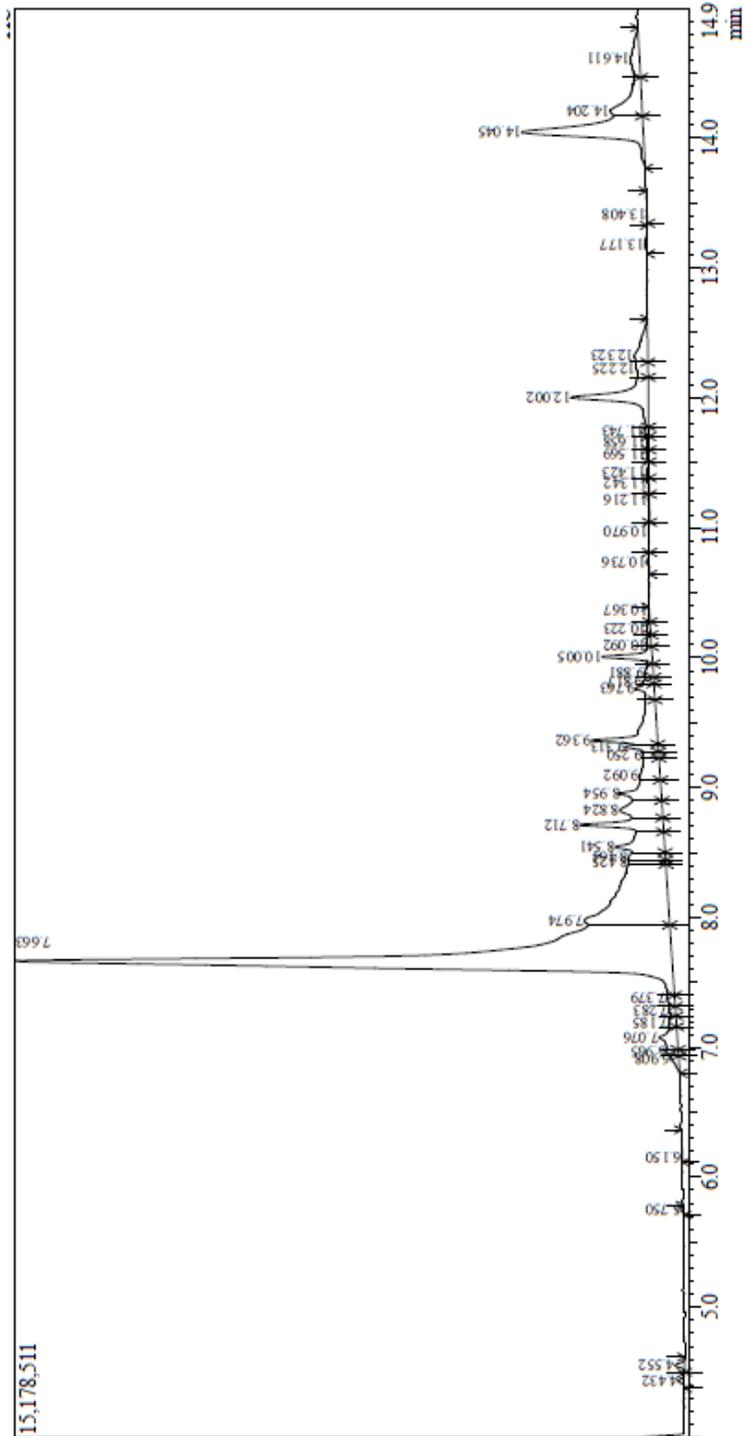
Fecha prueba					Número de muestra.	
<i>Evaluación olfativa</i>					<i>Evaluación visual</i>	
Olor comparable a:					Textura	
Presencia olor a solvente	Si		No			
Encuentra el olor agradable	Sí		No		Color	
Estimación al olor						

Encuesta realizada a:

- Martha Acosta – Ingeniera Química
- Ana Maria García- Química
- Claudia Hernández – Ingeniera química
- David Vásquez – Ingeniero Químico

ANEXO E

RESULTADO CROMATOGRAFÍA GC/MS



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Heighr%	A/H	Mark	Name
1	4.432	4.375	4.492	332147	0.13	148881	0.41	2.23	V	2,4-Decadienal, (E,E)-
2	4.552	4.500	4.617	474853	0.18	219940	0.60	2.16		2,4-Decadienal, (E,E)-
3	5.750	5.708	5.783	104172	0.04	56918	0.16	1.83		Diethyl Phthalate
4	6.150	6.117	6.367	100701	0.04	11443	0.03	8.80	V	7-Hexadecenal, (Z)-
5	6.908	6.800	6.933	793400	0.31	176800	0.48	4.49		Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-
6	6.965	6.933	6.983	721267	0.28	276951	0.75	2.60	V	Hexadecanoic acid, methyl ester
7	7.076	6.983	7.158	2796849	1.09	412555	1.12	6.78	V	n-Hexadecanoic acid
8	7.185	7.158	7.242	752617	0.29	170472	0.46	4.41	V	Hexadecanoic acid, ethyl ester
9	7.283	7.242	7.317	596862	0.23	137709	0.38	4.33	V	(3S,3aS,6R,7R,9aS)-6-Hydroxy-1,1,7-
10	7.379	7.317	7.400	799100	0.31	182882	0.50	4.37	V	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-
11	7.663	7.400	7.942	115741211	45.05	14810143	40.35	7.81	V	Oleic Acid
12	7.974	7.942	8.408	35190274	13.70	1925111	5.25	18.28	V	[1,1'-Bicyclohexyl]-4-carboxylic acid,
13	8.425	8.408	8.442	1672279	0.65	842868	2.30	1.98	V	Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) es
14	8.464	8.442	8.500	2806741	1.09	839386	2.29	3.34	V	Undec-10-ynoic acid, undec-2-en-1-yl
15	8.541	8.500	8.658	7445365	2.90	1118895	3.05	6.65	V	Oleoyl chloride
16	8.712	8.658	8.767	6951771	2.71	1871955	5.10	3.71	V	Undec-10-ynoic acid, undec-2-en-1-yl
17	8.824	8.767	8.900	6451631	2.51	959417	2.61	6.72	V	Glycidyl oleate
18	8.954	8.900	9.058	5946740	2.31	930093	2.53	6.39	V	(Z)-18-Octadec-9-enolide
19	9.092	9.058	9.225	3976421	1.55	449174	1.22	8.85	V	Silane, trichlorooctadecyl-
20	9.250	9.225	9.275	1050479	0.41	356975	0.97	2.94	V	Tricosanol
21	9.313	9.275	9.333	1983940	0.77	724446	1.97	2.74	V	5,5-Dimethyl-1,3-dioxane-2-ethanol, T
22	9.362	9.333	9.675	8937847	3.48	1479985	4.03	6.04	V	Petroselinic acid, TMS derivative
23	9.763	9.675	9.800	1991334	0.78	411393	1.12	4.84	V	2,4,7,14-Tetramethyl-4-vinyl-tricyclo[
24	9.817	9.800	9.850	614452	0.24	226072	0.62	2.72	V	9-Hexadecenoic acid, phenylmethyl es
25	9.881	9.850	9.950	988714	0.38	195790	0.53	5.05	V	1-Heptacosanol
26	10.005	9.950	10.083	3086687	1.20	1130342	3.08	2.73	V	Squalene
27	10.092	10.083	10.175	436995	0.17	103626	0.28	4.22	V	Decanenitrile
28	10.223	10.175	10.275	333101	0.13	70256	0.19	4.74	V	Patchouli alcohol
29	10.367	10.275	10.392	158792	0.06	19447	0.05	8.17	V	5-Ethyl-5-methylnonadecane
30	10.736	10.642	10.808	234574	0.09	75482	0.21	3.11	V	13-Octadecenal, (Z)-
31	10.970	10.808	11.042	197611	0.08	30316	0.08	6.52	V	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-3
32	11.216	11.042	11.258	189051	0.07	29584	0.08	6.39		Oleyl alcohol, trifluoroacetate
33	11.342	11.258	11.383	140496	0.05	27103	0.07	5.18	V	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-
34	11.423	11.383	11.508	262924	0.10	63058	0.17	4.17	V	.gamma.-Tocopherol
35	11.569	11.508	11.600	175853	0.07	46663	0.13	3.77	V	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.b
36	11.658	11.600	11.700	240687	0.09	46076	0.13	5.22	V	Fumaric acid, 3-fluorophenyl heptadec
37	11.743	11.700	11.775	272472	0.11	71392	0.19	3.82	V	Cholest-5-en-3-ol (3.beta.)-, carbonoci
38	12.002	11.775	12.158	9550787	3.72	1742251	4.75	5.48	V	Vitamin E
39	12.225	12.158	12.275	1759534	0.68	258793	0.71	6.80	V	17-(1,5-Dimethylhexyl)-10,13-dimethy
40	12.323	12.275	12.608	3081093	1.20	301478	0.82	10.22	V	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-3
41	13.177	13.108	13.325	373266	0.15	65874	0.18	5.67		Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.)-
42	13.408	13.342	13.592	135675	0.05	24992	0.07	5.43		Stigmasterol, TMS derivative
43	14.045	13.767	14.167	17594897	6.85	2741145	7.47	6.42		.gamma.-Sitosterol
44	14.204	14.167	14.467	6492398	2.53	722771	1.97	8.98	V	Stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol, (3.beta.)
45	14.611	14.467	14.850	2953956	1.15	196124	0.53	15.06	V	9-Octadecenoic acid, 1,2,3-propanetri
				256892016	100.00	36703027	100.00			

Method

ANEXO F
MATRIZ PUGH PARA SELECCIÓN DE SOLVENTES

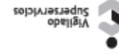
	TIPO DE SOLVENTE	
	HEXANO	ETANOL
Toxicidad	-3	1
Precio	-2	3
Residualidad	-1	1
Restriccion	-2	2
Reactividad con agua	0	0
Inflamabilidad	-3	-1
Medio Ambiente	-2	2
TOTAL	-13	8

Siendo -3 el menor valor y 3 el valor más alto.

ANEXO G
BALANCE DE MATERIA POR COMPONENTE

BALANCE SEMILLA				
ECUACION		CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
BALANCE GLOBAL	$M1=(M8*XS8)$	XS8	Fraccion de Semilla en Torta	66,67%
BALANCE EXTRACTOR	$M4=(M7*XS7)$	XS7	Fraccion de Semilla en Mezcla	20,00%
BALANCE FILTRO	$(M7*XS7)=(M8*XS8)+(M9*XS9)$	XS9	Fraccion de Semilla en Miscelas	0,00%
BALANCE ACEITE				
ECUACION		CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
BALANCE GLOBAL	$M1=(M8*XA8)$	XA7	Fraccion de Aceite en Mezcla	23,36%
BALANCE FILTRACION	$(M7*XA7)=(M8*XA8)+(M9*XA9)$	XA8	Fraccion de Aceite en Torta	66,67%
BALANCE EVAPORADOR	$(M9*XA9)=M10$	XA9	Fraccion de Aceite en Miscelas	4,80%
BALANCE ETANOL				
ECUACION		CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
1	$XE7=1-(XS7+SA7)$	XE7	Fraccion de Etanol en Mezcla	57%
2	$(M7*XE7)=(M8*XE8)+(M9*XE9)$	XE8	Fraccion de Etanol en Torta	33%
3	$XE9=(1-XA9)$	XE9	Fraccion de Etanol en Miscelas	95%
4	$(M9*XE9)=(M10*XE10)+M11$	XE10	Fraccion de Etanol en Aceite	1,00%

ANEXO H TARIFAS ENERGIA ENECTRICA



TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) FEBRERO DE 2019

ESTRATO (E)	SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN I			ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSIÓN I		
	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	MODALIDAD (Todo consumo)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-5 (+)	195,1661	202,6174	E1	519,0086	482,0341
	Más de 5	482,0341	500,5214	E2	519,0086	482,0341
E2	0-5 (+)	243,9577	253,2717	E3	519,0086	482,0341
	Más de 5	482,0341	500,5214	E4	519,0086	482,0341
E3	0-5 (+)	409,7290	429,4432	Es y E6, Industrial y Comercial	622,8103	578,4409
	Más de 5	482,0341	500,5214	Exenta de contribución	919,0086	482,0341
E4	Todo consumo	578,4409	600,8257			
E5	Todo consumo	578,4409	600,8257			
E6	Todo consumo	622,8103	600,8257			

(+) CS: Consumo de Subestancia

OPCIÓN DE CONTRIBUCIÓN	SECCIONA	OPCIONES HORARIAS (**)	SECTOR NO RESIDENCIAL			
			NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (34,5 kV) (\$/kWh)
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	Punta	Monotoma	519,0086	482,0341	420,0972	388,4277
		Doble Horaria	578,9577	578,4409	478,4353	327,0007
		Monotoma	622,8103	578,4409	424,1038	327,0007
COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	Punta	Monotoma	630,7166	589,3472	524,1084	466,1060
		Doble Horaria	650,0261	575,6567	511,0025	460,2843
		Monotoma	524,9677	487,6632	425,4377	383,8543
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	Nocturna	Monotoma	517,0438	490,0694	418,4180	385,8852
		Doble Horaria	629,9612	585,5918	507,7766	472,6252
		Monotoma	620,4527	576,0833	502,1028	463,0622

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh), Resolución CREG -119 de 2007						
	Generación (C/mJ)	Transmisión (C/mJ)	Distribución (C/mJ)	Perdidas (C/mJ)	Restricciones (C/mJ)	C/mJ
NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA	218,0177	33,5800	188,8543	45,5965	14,4203	519,0086
NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE	218,0177	33,5800	131,6798	45,5965	14,4203	482,0341
NIVEL 2	218,0177	33,5800	97,8508	45,5965	14,4203	420,0972
NIVEL 3	218,0177	33,5800	66,5907	45,5965	14,4203	388,4277
NIVEL 4	218,0177	33,5800	21,1159	45,5965	14,4203	397,6607
C/mJ (\$/Factura)***						6814,4638

ANEXO I
FLUJO DE CAJA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	-\$ 22,07	\$ 83,12	\$ 84,78	\$ 86,48	\$ 88,21	\$ 89,97	\$ 91,77	\$ 93,61	\$ 95,48	\$ 97,39	\$ 99,34
Costos energéticos y mano de obra		-\$ 45,99	-\$ 46,91	-\$ 47,85	-\$ 48,80	-\$ 49,78	-\$ 50,78	-\$ 51,79	-\$ 52,83	-\$ 53,88	-\$ 54,96
Costos materia prima		-\$ 65,83	-\$ 67,15	-\$ 68,49	-\$ 69,86	-\$ 71,26	-\$ 72,68	-\$ 74,14	-\$ 75,62	-\$ 77,13	-\$ 78,67
Intereses (10%)		-\$ 2,28	-\$ 2,19	-\$ 2,10	-\$ 1,99	-\$ 1,87					
Depreciación		-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41
Utilidad Gravable		-\$ 35,39	-\$ 35,87	-\$ 36,37	-\$ 36,86	-\$ 37,35	-\$ 36,10	-\$ 36,73	-\$ 37,38	-\$ 38,04	-\$ 38,71
Impto. Renta (33%)		-\$ 11,68	-\$ 11,84	-\$ 12,00	-\$ 12,16	-\$ 12,32	-\$ 11,91	-\$ 12,12	-\$ 12,33	-\$ 12,55	-\$ 12,77
Utilidad Neta		-\$ 23,71	-\$ 24,04	-\$ 24,37	-\$ 24,69	-\$ 25,02	-\$ 24,19	-\$ 24,61	-\$ 25,04	-\$ 25,48	-\$ 25,94
Depreciación		-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41
Flujo Operativo		-\$ 28,12	-\$ 28,45	-\$ 28,78	-\$ 29,10	-\$ 29,43	-\$ 28,60	-\$ 29,02	-\$ 29,45	-\$ 29,89	-\$ 30,35
Inversion	-\$ 44,14										
Prestamo	\$ 22,07	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41	-\$ 4,41					
Flujo de caja libre	-\$ 22,07	-\$ 23,71	-\$ 32,86	-\$ 33,19	-\$ 33,51	-\$ 33,84	-\$ 28,60	-\$ 29,02	-\$ 29,45	-\$ 29,89	-\$ 30,35