

**OBTENCIÓN DE UN ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE LA SEMILLA DEL
MANGO UTILIZANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTES**

**LAURA ANDREA ESLAVA GONZÁLEZ
ERIKA DANIELA FAJARDO ROMERO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

**OBTENCIÓN DE UN ACEITE ESENCIAL A PARTIR DE LA SEMILLA DEL
MANGO UTILIZANDO EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTES**

**LAURA ANDREA ESLAVA GONZÁLEZ
ERIKA DANIELA FAJARDO ROMERO**

**Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

**Director
Jaime Eduardo Arturo Calvache
Ingeniero químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

Nota de aceptación:

Diana Morales

Jurado 1

Juan Sandoval

Jurado 2

Bogotá D.C., agosto de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. MARÍA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dr. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. IVÁN RAMÍREZ MARÍN

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 a los autores

DEDICATORIA

Inicialmente dedico este proyecto a Dios por darme sabiduría y fortaleza en cada paso de mi carrera, lo dedico a mis padres María Ely González Liévano y Aníbal Eslava Bustacara porque sé el esfuerzo que han hecho y que hacen por mi todos los días pese a las dificultades siempre ha estado conmigo.

Laura Andrea Eslava González

Dedico el presente trabajo de grado a mis padres, tíos y abuelos que durante todo este proceso estuvieron presentes apoyándome y a mi hermano que desde la distancia me daba ánimos para lograr finalizar esta etapa.

Erika Daniela Fajardo Romero

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por iluminar mi camino y llevarme a este punto, al punto de terminar mi carrera que es solo un paso de todo lo que quiero lograr agradezco a mis padres María Ely González Liévano y Aníbal Eslava Bustacara y cada una de las personas de mi familia y las que siempre estuvieron para mí, apoyándome y creyendo en mí en cada difícil paso.

Agradezco a mi compañera de trabajo de grado porque fuimos un muy buen equipo, siempre estuvo para apoyarme, por supuesto agradezco al director de este proyecto Jaime Eduardo Arturo Calvache que estuvo durante todo el proceso dándonos muchos consejos siempre y serenidad.

Laura Andrea Eslava González

Muchas gracias a mis padres por apoyarme desde el inicio tanto emocionalmente como económicamente; a mis tíos que me brindaron su hogar en los diferentes semestres como también me ayudaron durante la fase experimental y posteriormente en la fase teórica; a mis abuelos por apoyarme e interesarse por mi proceso; a mi compañera de trabajo Laura por seleccionarme para realizar este trabajo juntas y por su duro trabajo en el documento; a nuestro director Jaime Arturo Calvache gracias por guiarnos y apoyarnos durante este proceso y finalmente a mis compañeras Natalia, Camila, Erika, Laura, Stefanny, Daniela y Jimena que estuvieron conmigo y me ayudaron de diferentes maneras a lo largo de este camino.

Erika Daniela Fajardo Romero

CONTENIDO

	pág
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	19
1.MARCO TEÓRICO	20
1.1 ACEITE ESENCIAL	20
1.1.1 Propiedades de los aceites esenciales.	21
1.1.2 Clasificación de los aceites esenciales.	21
1.1.2.1 Consistencia.	21
1.1.2.2 Origen.	21
1.1.2.3 Naturaleza química.	22
1.2 MANGO	22
1.2.1 Botánica.	22
1.2.2 Variedades de mango.	23
1.2.2.1 Mango Tommy.	23
1.2.2.2 Mango Criollo.	24
1.2.2.3 Mango Diplomático.	25
1.2.2.4 Mango Manila.	25
1.2.2.5 Mango Haden.	26
1.2.2.6 Mango Keitt.	26
1.2.2.7 Mango Kent.	27
1.2.3 Semilla de mango.	27
1.3 METODOS DE EXTRACCIÓN	28
1.3.1 Métodos directos.	29
1.3.2 Métodos indirectos.	30
1.3.2.1 Destilación.	30
1.3.2.2 Destilación por arrastre con vapor.	30
1.3.2.3 Hidrodestilación.	30
1.3.2.4 Extracción con solventes.	31
1.3.2.5 Técnicas de vanguardia.	31
1.3.2.5.1 Ultrasonido.	31
1.3.2.5.2 Extracción con fluidos supercríticos.	32
1.3.2.5.3 Extracción por microondas.	32
1.4 PARÁMETROS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE ACEITES ESENCIALES	32
1.4.1 Características organolépticas.	33
1.4.2 Determinaciones físicas.	33
1.4.2.1 Densidad.	33
1.4.2.2 Miscibilidad	33
1.4.2.3 Índice de refracción.	33

1.4.3 Índices químicos	34
1.4.3.1 Índice de yodo.	34
1.4.3.2 Acidez titulable.	34
1.4.3.3 Índice de saponificación.	34
2.PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA SEMILLA DE MANGO	35
2.1 MEDIDAS DEL FRUTO	35
2.2 HUMEDAD	35
2.3 CENIZAS	36
2.4 pH	36
2.5 BRIX	37
2.6 PROTEINA CRUDA	37
2.7 GRASA CRUDA	37
2.8 FIBRA CRUDA	38
2.9 CARBOHIDRATOS TOTALES	38
3.OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL POR EXTRACCIÓN CON SOLVENTES A PARTIR DE LA SEMILLA DE MANGO	39
3.1 METODOLOGÍA PLANTEADA	39
3.1.1 Tratamiento de la materia prima.	39
3.1.2 Técnica de extracción.	39
3.1.2.1 Selección de solvente.	40
3.1.2.2 Etanol	40
3.2 RESULTADOS	43
3.3 USOS	43
3.4 DISEÑO CONCEPTUAL BASICO	44
3.4.1 Descripción del proceso.	45
3.4.2 Balances de masa.	45
3.4.2.1 Secado.	47
3.4.2.2 Molienda.	49
3.4.2.3 Extracción.	50
3.4.2.4 Enfriamiento y Filtración.	52
3,4,2,5 Mezclado	55
3.4.3 Equipos.	56
3.4.3.1 Secado.	57
3.4.3.2 Molienda.	57
3.4.3.3 Extracción.	58
3.4.3.4 Enfriamiento.	58
3.4.3.5 Filtración.	59
4.COSTOS DEL DISEÑO CONCEPTUAL BASICO	60
4.1 COSTOS DE CAPITAL	60
4.2 COSTOS DE OPERACIÓN	61
4.2.1 Secado.	61

4.2.2 Molienda.	61
4.2.3 Extracción.	62
4.2.4 Enfriamiento.	63
5.CONCLUSIONES	65
6.RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	74

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Mango Tommy	24
Imagen 2. Mango Criollo	24
Imagen 3. Mango Diplomático	25
Imagen 4. Mango Manilla	25
Imagen 5. Mango Haden	26
Imagen 6. Mango Keitt	26
Imagen 7. Mango Kent	27
Imagen 8. Semilla de mango	28
Imagen 9. Montaje para la extracción con solvente	40
Imagen 10. Proceso para la extracción de aceite esencial	42
Imagen 11. Modelo descriptivo lineal del diseño	44
Imagen 12. Diagrama general del proceso	46
Imagen 13. Diagrama de bloques del proceso	46
Imagen 14. Balance de masa del proceso de secado	48
Imagen 15. Balance de masa del proceso de molienda	50
Imagen 16. Balance de masa del proceso de la extracción	52
Imagen 17. Balance de masa del proceso de enfriamiento y filtración	55
Imagen 18. Balance de masa del proceso de mezclado	56
Imagen 19. Horno de secado	57
Imagen 20. Molino de acero inoxidable	58
Imagen 21. Extractor por arrastre de vapor	58
Imagen 22. Chiller para enfriamiento	59
Imagen 23. Filtro de bolsa	59

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Posición taxonómica del mango	22
Tabla 2. Especies de mango con frutos comestibles	23
Tabla 3. Métodos de extracción de los aceites esenciales	29
Tabla 4. Parámetros analíticos empleados en el control de calidad	33
Tabla 5. Matriz de comparación	40
Tabla 6. Balance de materia del secado	48
Tabla 7. Balance de materia de la molienda	50
Tabla 8. Balance de materia de la extracción	52
Tabla 9. Balance de materia del enfriamiento y filtración	54
Tabla 10. Balance de materia del mezclado	56
Tabla 11. Equipos nacionales	60
Tabla 12. Equipos internacionales	60
Tabla 13. Costo del solvente	62
Tabla 14. Costos mensuales	64
Tabla 15. Comparación de costos del aceite de semilla de mango	64

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Balance total secado	47
Ecuación 2. Balance corriente 1	47
Ecuación 3. Balance corriente 2	47
Ecuación 4. Balance corriente 3	47
Ecuación 5. Balance corriente 4	48
Ecuación 6. Balance total molienda	49
Ecuación 7. Balance corriente 5	49
Ecuación 8. Balance corriente 6	49
Ecuación 9. Balance total extracción	50
Ecuación 10. Balance corriente 7	51
Ecuación 11. Balance corriente 8	51
Ecuación 12. Balance corriente 9	51
Ecuación 13. Balance corriente 10	51
Ecuación 14. Balance total enfriamiento	53
Ecuación 15. Balance total filtración	53
Ecuación 16. Balance corriente 11	53
Ecuación 17. Balance corriente 12	53
Ecuación 18. Balance corriente 13	53
Ecuación 19. Balance corriente 14	54
Ecuación 20. Balance total mezclado	55
Ecuación 21. Balance corriente 15	55

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Selección de los solventes matriz de comparación	74
Anexo B. cotizaciones de 25 kg de aceite de semilla de mango	77

LISTA DE ABREVIATURAS

AE:	Aceite esencial
f_s :	Masa en semilla (kg)
f_w :	Masa en agua (kg)
f_{AE} :	Masa en aceite (kg)
f_a :	Masas en aire (kg)
F:	Flujo total de la corriente (kg)

GLOSARIO

ACEITE ESENCIAL: son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).¹

DESTILACIÓN: proceso de separación el cual está basado en la diferencia de puntos de ebullición de dos sustancias líquidas coexistiendo en una mezcla homogénea. Este proceso requiere una primera etapa de inyección de calor controlado, el cual hará pasar a estado de vapor uno de los componentes (el más volátil) y una segunda etapa en donde por medio de condensación ésta sustancia regresará a estado líquido, pero esta vez ya dejará de hacer parte de la mezcla.²

EXTRACCIÓN: “como la separación de un componente en el seno de una mezcla por la acción de un solvente, selectivamente”³

MANGO: producto de las plantas, que, aparte de la utilidad que puede tener, sirve para desarrollar y proteger la semilla. “El mango es un fruto apreciado y de elevado consumo en todo el mundo”⁴

RENDIMIENTO: “cantidad de producto obtenido en relación con la cantidad de materia vegetal empleada durante dicha extracción”⁵

SEMILLA: grano que en diversas formas produce las plantas y que al caer o ser sembrado produce nuevas plantas de la misma especie.

VOLÁTIL: se refiere a la cualidad de ciertas sustancias que se evaporan con facilidad porque su punto de ebullición es bajo

¹ MARTÍNEZ, Alejandro. “Aceites esenciales”. Universidad de Antioquia.2003.

² USAQUÉN, M. José; ZAFRA, M. Alejandra. “Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio”. Fundación universidad de América. 2018.Pg 18

³ “EXTRACCIÓN QUÍMICA ORGÁNICA I-2020”. INGENIERIA QUÍMICA. Universidad nacional de la Plata. 2020

⁴ THARANATHAN, R.N; YASHODA, H.M; PRABHA, T.N. “Mango (Mangifera indica L.), “The King of Fruits”—An Overview”. Food Reviews International. 2007

⁵ ⁵ USAQUÉN, M. José; ZAFRA, M. Alejandra. “Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio”. Fundación universidad de América. 2018.Pg 18

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo recopilar y presentar la metodología utilizada para realizar el proceso de obtención de un aceite esencial partiendo de la semilla de mango, este documento es únicamente teórico, pero sirve como base para futuros proyectos.

Iniciando el aceite esencial de la semilla de mango es un buen aliado para el cuidado de la piel ya que contiene múltiples vitaminas y ayuda a la regeneración de esta, por tal motivo se decide realizar el proyecto a partir de este residuo con el fin de buscar nuevas alternativas para el manejo de desechos ayudando a la industria reduciendo la cantidad y el costo de disposición de estos. El proyecto presenta un análisis de fuentes bibliográficas para determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima manejada, la metodología a seguir para la obtención del aceite esencial aplicando la extracción con solventes, en específico se habla del método soxhlet, al igual que identifica y describe los procesos previos (secado y molienda) a la extracción para que la materia este en óptimas condiciones para el proceso.

También se desarrolla un diseño conceptual básico a partir de datos teóricos que describe las etapas del proceso, una selección de equipos necesarios para cada etapa con especificaciones generales y a su vez un balance de masa por operación, posteriormente basándose en este diseño se realiza un análisis de costos teniendo aquí en cuenta los costos de capital y de operación.

Palabras claves:

Aceite esencial, extracción, semilla de mango, diseño conceptual.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los mayores productores de mango debido a que se encuentra en cosecha durante un periodo de 7 meses, los cuales abarcan los meses de abril hasta octubre,⁶ en el año 2017 Colombia conto con 22.230 hectáreas sembradas de este fruto que estaban distribuidas en 11 departamentos, estas tuvieron una producción de alrededor de 220.000 toneladas de mango.⁷ pero así como se obtienen grandes cantidades del fruto de igual manera se tienen grandes cantidades de residuos debido a que alrededor del 28 al 43%⁸ de los mangos manipulados terminan como residuos, entre estos podemos encontrar las semillas, la cascara y mangos dañados, por tal motivo surge la idea del aprovechamiento de uno de estos residuos para así poder disminuir la cantidad de estos y darle un valor agregado, a través de la obtención de un aceite esencia específicamente de la semilla de mango aplicando la extracción con solventes la cual se basa principalmente en “la selección de solventes, temperatura o agitación, con el fin de incrementar la solubilidad de los materiales y la tasa de transferencia de masa. Se separan los compuestos con base en sus solubilidades por dos líquidos inmiscibles, usualmente agua y un solvente orgánico”⁹; estos aceites contenidos en la materia vegetal en este caso la semilla, son compuestos químicos que suelen ser volátiles y muy utilizados en las industrias de alimentos y cosmética por sus propiedades y su bajo costo de extracción; también se considera oportuno la recopilación de características fisicoquímicas de la materia prima, al igual que un diseño conceptual básico del proceso de la obtención del aceite esencial para así poder realizar un análisis de costos para lograr determinar si esta idea es teóricamente viable.

⁶ REVISTA Agro llanos. “Colombia: Comienza la temporada de mango, la más larga de Sudamérica”.2017

⁷ AGRONEGOCIOS. “Producción de mango en Colombia puede crecer cerca de 36%”. Editorial la república SAS 2015

⁸ BONILLA, J; BUGARIN, J; GUZMÁN, O; LEMUS, C; LY, J. “Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México”.2013.

⁹ AZUOLA, Rocío; VARGAS, Pedro. “Extracción de sustancias asistida por ultrasonido”. (EUA). 2007

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener un aceite esencial partiendo de la semilla del mango utilizando el método de extracción con solventes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Compilar las características fisicoquímicas de la semilla de mango.
2. Identificar la metodología requerida para la obtención del aceite esencial partiendo de la extracción con solventes.
3. Realizar el diseño conceptual básico de la extracción del aceite esencial de mango.
4. Determinar el análisis de costos del diseño conceptual básico de la extracción del aceite esencial.

1. MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de presentar un panorama de la temática propuesta en el proyecto, a continuación, se presentan conceptos básicos y se especifican parámetros correspondientes a los aceites esenciales, sus métodos principales, conceptos referentes a la calidad de estos, así como el uso de una nueva materia prima como es el mango.

1.1 ACEITE ESENCIAL

Una definición muy completa para hablar de aceites esenciales presentados a lo largo del trabajo como (AE) es que son compuestos naturales volátiles con un agradable aroma, producidos durante el metabolismo secundario de las plantas, como se evidencia en el documento de Montoya (2010) titulado Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero, los AE se encuentran presentes en una gran variedad de plantas al igual que están ubicados en diversas partes de estas como se evidencia a continuación:

- En flores: Árnica, clavo de olor, manzanilla, piretro, tomillo, geranio, jazmín, rosa, ylang-ylang, neroli, lavanda, albahaca, etc.
- En cáscara (pericarpio) de frutos: Limón, mandarina, naranja, bergamota
- En tallo y hojas: Ajenjo, canela, caparrapí, cidrón, citronela, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, patchouli, quenopodio, toronjil, albahaca, mejorana, menta, romero, salvia, petitgrain, etc.
- En las raíces: Angélica, azafrán, cúrcuma, galanga, jengibre, sasafrás, cálamo, sándalo, valeriana, vetiver, etc.
- En la corteza: Canela, cedro, pino, eucalipto, abeto, ciprés.
- Frutos: Alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.
- En semillas: Comino, anís, cardamomo, eneldo, hinojo, cítricos etc

Detallando un poco más en estos, en cuanto a la composición tiene una gran cantidad de "hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos que responden a la fórmula $(C_5H_8)_n$ junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites el aroma que los caracteriza"¹⁰ pero una de las sustancias más importantes son los terpenos siendo estos la sustancia química que les otorga su olor característico.¹¹

¹⁰ GONZÁLEZ, Yudith; MARTÍNEZ Yunier; VÉLIZ, Marly. "Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales" Universidad de Oriente, Cuba. 2019. Pg 2

¹¹ Curso del SENA, op. cit, Pg 9

1.1.1 Propiedades de los aceites esenciales. Las propiedades físicas son aquellas que se logran apreciar a simple vista y medidas sin que cambie su composición, estas en los AE son su olor pronunciado y penetrante; el sabor cáustico, irritante y concentrado, a veces dulce o amargo, o el sabor aromático¹², de acuerdo con Stashenko (2009) cuando entrar en contacto con la piel dejan una sensación grasosa o aceitosa, sin embargo, cuando se evapora no deja ninguna huella, ni mancha grasosa, solo una tenue fragancia y un recuerdo sensorial agradable¹³, estos suelen tener una densidad muy inferior al agua además de que son insolubles en esta, su mayoría son solubles “en los aceites, alcohol, éter de petróleo, tetracloruro de carbono y demás solventes orgánicos”¹⁴, son de aspecto oleoso, pero no aceitoso, se alteran muy fácil al estar en contacto con la luz.

Las propiedades químicas son aquellas que tiende a cambiar por su composición, las principales que se encuentran son el índice de acidez, índice de éster, índice de saponificación y índice de acetilo que varía de acuerdo al tipo de AE estudiado.

1.1.2 Clasificación de los aceites esenciales. Se clasifican en tres grandes grupos, de acuerdo con:

1.1.2.1 Consistencia. De acuerdo con Martínez (2003) en su documento Aceites esenciales están divididas en:

- **Fluidas:** a temperatura ambiente son líquidos volátiles
- **Bálsamos:** son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización
- **Oleorresinas:** tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas

1.1.2.2 Origen. Es de donde se obtienen los aceites, en esta categoría se clasifican dependiendo si son naturales, artificiales o sintéticos.

- **Naturales:** son aquellos obtenidos directamente de la planta y no son sometidos a una posterior modificación fisicoquímica, tiene un costo elevado y tienen composición variada.
- **Artificiales:** son los AE obtenidos por procesos que necesitan el enriquecimiento con uno o varios componentes, estos pueden ser también la mezcla entre varias esencias extraídas de diversas plantas.

¹² MONTOYA “ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero”. Universidad nacional de Colombia. 2010. Pg 13

¹³ STASHENKO, E. . Aceites esenciales. Santander: Universidad Industrial de Santander, Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales Cenivam y Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación Colciencias. 2009

¹⁴ MONTOYA “ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero”. Universidad nacional de Colombia. 2010. Pg 13

- **Sintéticos:** son la mezcla de varios productos extraídos por procesos químicos, tienden a ser económicos por tal motivo son los más utilizados en sustancias saborizantes y aromatizantes.

1.1.2.3 Naturaleza química. Es el compuesto predominante, en este grupo se encuentran los *Monoterpenoides*, *sesquiterpenoides* y los *no terpénicos*

- Aceites ricos en *monoterpenos* (linalool, nerol, 1-8 cineol, geraniol) se denominan Aceites esenciales *monoterpenoides*
- Aceites ricos en *sesquiterpenos* (farnesol, nerolidol) son los Aceites esenciales *sesquiterpenoides*
- Los ricos en *fenilpropanos* son los aceites esenciales *fenilpropanoides*

1.2 MANGO

1.2.1 Botánica. Como se nombró anteriormente el aceite se puede obtener de diversos lugares de la planta, pero en el presente trabajo solo se va a plantear la metodología para la obtención de un AE a partir de la semilla de mango.

Primero se debe conocer su origen, este es un fruto originario del Asia tropical, cultivado aproximadamente hace cuatro mil años, traído a América por los españoles durante el siglo XVII; como se describe en la Tabla 1 el mango hace parte de la familia *Anacardiáceas*, y su género es *Mangifera*, de esta existen aproximadamente 69 especies, dentro de las cuales alrededor de 15 son comestibles como se encuentran en la Tabla 2, centrándose en la especie *Indica* se encuentran un número significativo de variedades entre ellas tenemos: Tommy, Criollo, Diplomático, Manila, Manila rosa, Manila oro, Haden, Kent, Keitt, Atoail los cuales serán descritos a continuación.

Tabla 1. Posición taxonómica del mango

Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Sapindales</i>
Suborden	<i>Anacardiineae</i>
Familia	<i>Anacardiineae</i>
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>Indica</i>

Fuente: GALAN Saucó Víctor. "El cultivo del mango" 2009. segunda edición. Consultado el (02/12/19) Disponible en: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=nBpfAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=que+es+el+mango&ots=HYw6RWLkuO&sig=6_KXowCn70v-wUXpwE5LXmFAWFA&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20el%20mango&f=false

Tabla 2. Especies de mango con frutos comestibles.

<i>M. altísima</i>	<i>M. longipes</i>
<i>M. cacsia</i>	<i>M. macrocarpa</i>
<i>M. cochinchinensis</i>	<i>M. odorata</i>
<i>M. foetida</i>	<i>M. pajang</i>
<i>M. griffithii</i>	<i>M. pentandra</i>
<i>M. indica</i>	<i>M. sylvatica</i>
<i>M. lagenifera</i>	<i>M. zeylanica</i>

Fuente: SERGENT Eduardo. "El cultivo del mango (*Mangifera indica* L)". Universidad central de Venezuela consejo de desarrollo científico y humanístico. 1999. pg 32. consultado el (02/12/19) Disponible en:

<https://books.google.com.co/books?id=wjKAXsaeSg0C&pg=PA196&dq=partes+del+mango+fruta+Mangifera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiCtPylhtHIAhXDrVvKkKHU88BXMq6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false>

1.2.2 Variedades de mango.

1.2.2.1 Mango Tommy. En específico el mango Tommy en Colombia, se encuentran tres regiones productivas: Cundinamarca-Tolima (60%), Costa Atlántica (23%) y Antioquia (7%). Cundinamarca es el departamento con la mayor superficie sembrada (39%) le sigue Antioquia, Magdalena, Bolívar, Atlántico, Cesar y Córdoba de las cuales "el 20% del área ocupada corresponde al mango Tommy"¹⁵

El mango Tommy tiene un color que varía entre un amarillo y un rojizo muy fuerte como se observa en la Imagen 1. Pesa hasta 700 g; la semilla es pequeña y representa el 12,5% del peso total del fruto; tiene cáscara relativamente gruesa; posee pocas fibras y son muy pequeñas y delgadas¹⁶

¹⁵ ASOCIACIÓN HORTOFRUTÍCOLA DE COLOMBIA. Revista "Frutas & Hortalizas". 2012. pg 18

¹⁶ ASOHOFrucol CORPOICA. "Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del Tolima". 2013. Pg 22

Imagen 1. Mango Tommy



Fuente: ASOHOFRUCOL. Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del Tolima, consultado el (02/12/19) disponible en http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf

1.2.2.2 Mango Criollo. Este fruto es de un color amarillo con la base rojiza como se evidencia en la Imagen 2. La pulpa es dulce y de color amarillo, la semilla es grande y su contenido de fibra es de medio a bajo; este también es conocido como mango corriente,¹⁷ es una variedad que se produjo a partir del cruce entre dos tipos de mangos introducidos a Colombia, Antioquia es el quinto productor; ya que para el año 2014, el municipio de Sopetrán se ubicó como el segundo productor de mango criollo a nivel departamental, detrás de Santa Bárbara (1,190 hectáreas), con 161 hectáreas cosechadas, producción de 724, 5 toneladas¹⁸

Imagen 2. Mango Criollo



Fuente: WIKI. Mango criollo. Consultado en (04/12/19) Disponible en <https://mangowiki.com/mango-criollo/>

¹⁷ MEDRANO, Ignacio; CAMPOS, Ma. de Jesus; PADILLA, Ma del Carmen; VILLANUEVA, Socorro. "Introducción a la tecnología del mango" pg 3

¹⁸ AVENDAÑO, Maria; BUELVAS, Gustavo; CASTRO, Margarita; MEJIA, Carlos. "Alternativas agroindustriales del mango criollo". sena. 2017. pg 13

1.2.2.3 Mango Diplomático. Este tiene tamaño mediano con un peso que varía de 170 a 300 g; al madurar es de color amarillo rojizo de aspecto ovoide presentado en la Imagen 3. Es dulce y contiene mucha fibra; la semilla ocupa del 11 al 13% del peso total del fruto¹⁹

Imagen 3. Mango Diplomático



Fuente: FRUTEIRO DOBRASIL. Consultado en (04/12/19). Disponible en <http://www.fruteirodobrasil.com.es/frutas-tropicales-brasilenas/mango>

1.2.2.4 Mango Manila. Esta fruta posee un sabor dulce, su pulpa es amarilla y textura firme. Tiene bajo contenido de fibra, posee una forma elíptica con un tamaño mediano, se evidenciado en la Imagen 4. El color es amarillo y tiene cáscara delgada; su peso está entre los 200 gr a 275 gr,²⁰ según la literatura la semilla corresponde al 12% del peso del fruto.

Imagen 4. Mango Manilla



Fuente: HARVESTIME FOOD. Manilla Mangos Consultado en (04/12/19). Disponible en <https://harvestimefoods.com/manilla-mangos-156/>

¹⁹ MEDRANO, Ignacio; CAMPOS, Ma. de Jesus; PADILLA, Ma del Carmen; VILLANUEVA, Socorro. "Introducción a la tecnología del mango" pg 4

²⁰"Variedades de mango". LEGISCOMEX. 2014. Pg 4

1.2.2.5 Mango Haden. El fruto es de forma oval y base redonda, de 10,5 a 14,0 cm de largo, con un peso que varía de 270 a 430 gramos con una media de 311 g; madura en color amarillo y rojo carmín en la base expuesta al sol, se detalla en la Imagen 5; su contenido de fibra es regular y de sabor dulce, la semilla representa del 9 al 10% del peso de la fruta; se cosecha a fines de mayo y junio.²¹

Imagen 5. Mango Haden



Fuente: PPFAM. Haden mango Consultado en (04/12/19). Disponible en <https://www.ppfam.com/en/MangoHaden/Peru/17895/>

1.2.2.6 Mango Keitt. El fruto es grande, de forma ovalada con un color de cáscara amarillo verdoso con algo de rojo al sol y este se observa en la Imagen 6. Posee poca fibra y es de semilla pequeña; tiene buena calidad de pulpa pero con problemas de maduración.²²

Imagen 6. Mango Keitt



Fuente: MELISSA'S, The freshes ideas in produce. Consultado en (04/12/19). Disponible en <https://www.melissas.com/Keitt-Mango-p/713.htm>

²¹ MEDRANO, Ignacio; CAMPOS, Ma. de Jesus; PADILLA, Ma del Carmen; VILLANUEVA, Socorro. "Introducción a la tecnología del mango" pg 5

²² MINAGRICULTURA. "Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del Tolima". 2013

1.2.2.7 Mango Kent. Este fruto es de forma oval y base redonda, de 11 a 13 cm de largo, su peso oscila de 480 a 650 g; madura en colores rojo y amarillo presentado en la Imagen 7. Contiene poca fibra y es sabor dulce, la semilla representa del 9,4 al 10,3 % del peso del fruto, se cosecha en julio y principios de agosto²³

Imagen 7. Mango Kent



Fuente: VIVANDA. Mango Kent. Consultado en (04/12/19). Disponible en <https://www.vivanda.com.pe/mango-kent-kg/p>

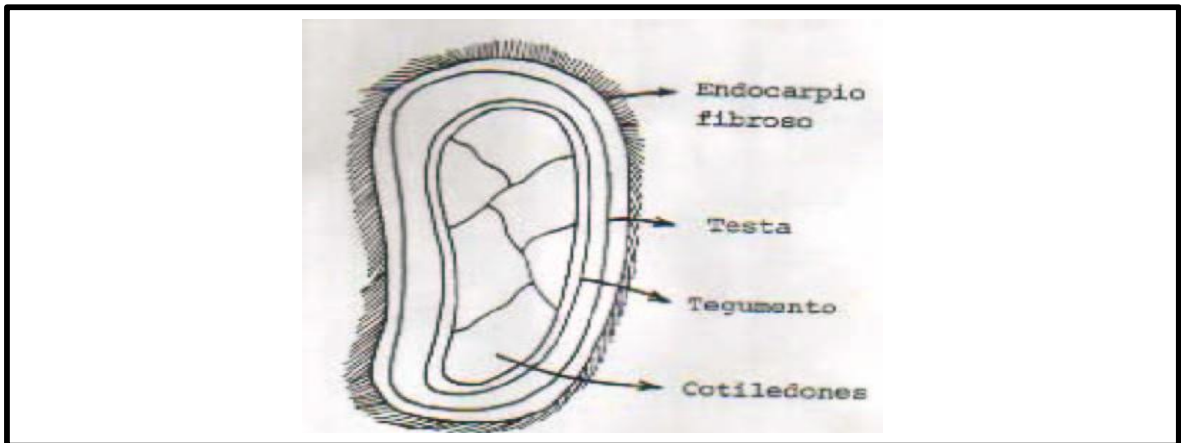
1.2.3 Semilla de mango. Para centrarse más en la materia prima se encontró que la semilla puede ser de dos tipos “aquellas provenientes del embrión resultante del proceso sexual a través de la unión de esperma con un huevo o de dos a cinco o más embriones; uno de los cuales es producido sexualmente y los otros se desarrollan de tejido del núcleo.”²⁴. El mango contiene una sola semilla de forma ovoide constituidas por varias partes como se puede observar en la Imagen 8, las partes son:

- **Endocarpo fibroso:** es la parte más externa de esta y presenta fibras longitudinales que se extienden hacia la pulpa de la fruta.
- **Testa:** es un tejido coriáceo y delgado que está adherido a la parte interna del endocarpo.
- **Tegumento:** es un tejido más grueso que la testa y envuelve los cotiledones.
- **Cotiledones:** es la parte de la semilla, se encuentra dividida en secciones y allí se encuentra el embrión sexual del fruto y los embriones nucleares

²³ MEDRANO, Ignacio; CAMPOS, Ma. de Jesus; PADILLA, Ma del Carmen; VILLANUEVA, Socorro. “Introducción a la tecnología del mango” pg 5

²⁴ JIMÉNEZ, D., José A., MORA, M., Juan. El cultivo del mango. Universidad Earth. 2003.

Imagen 8. Semilla de mango



Fuente: USI EARTH. El cultivo del mango, consultado el (22/06/20) disponible en http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Mango/Figuras/Figura_05.jpg

1.3 METODOS DE EXTRACCIÓN

Para la obtención del aceite esencial a partir de la semilla de mango se utilizará la capa más interna de esta, los cotiledones; por tal motivo se considera importante establecer los posibles métodos para la obtención del AE; existen una variedad de procesos físicos y químicos clasificados en 2 categorías que a su vez se encuentran subdivididas como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Métodos de extracción de los aceites esenciales

Tipo de método	Procedimiento		Producto	
Método directo	Extrusión	Compresión de cáscaras	Aceite esencial cítrico	
		Raspado de cáscaras		
Método indirecto	Destilación	Directa	Aceites esenciales y aguas aromáticas	
		Arrastre con vapor de agua (directo, indirecto, a presión, a vacío)		
		Destilación-maceración (liberación enzimática de agliconas en agua caliente)		
	Extracción con solventes	Solventes volátiles	En caliente	Infusiones, resinoides alcohólicos
			En frío	Concretos, absolutos
		Solventes fijos (grasas y aceites)	En caliente	Absolutos de pomadas
			En frío	Absolutos de enflorados
Técnicas de vanguardia	Ultrasonido en proceso extractivo de destilación			
	Extracción por microondas			
	Extracción con fluidos en estado supercrítico			

Fuente: SENA. "Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas". pg. 10. Disponible en https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf

1.3.1 Métodos directos. Estos son los métodos más comunes para la extracción de aceites porque son bastante sencillos, sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición²⁵. De acuerdo con el documento del SENA titulado Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas; durante este proceso ocurren una serie de fenómenos que se clasifican en las siguientes etapas:

- Laceración de la epidermis y de las células que contienen la esencia.
- Generación en la cáscara de áreas con presión mayor que sus circundantes a través de las cuales el aceite fluye al exterior.
- Abrasión de la cáscara, con la formación de pequeñas partículas de la raspadura.

²⁵ SENA. "Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas" pg 10

- Raspado: En algunos de los equipos en los que se realiza este procedimiento, sale la esencia ya liberada, mientras que en otros se obtienen raspaduras las cuales son comprimidas.
- Exudación: Este procedimiento se utiliza básicamente para aislar las gomorresinas de árboles y arbustos.

1.3.2 Métodos indirectos. Estos métodos requieren un poco más de experticia y un poco más de cuidado para tener un aceite de buena calidad, entre este método se encuentran varios procedimientos como:

1.3.2.1 Destilación. Este es uno de los métodos más comunes para la extracción y consiste básicamente en la separación de una mezcla líquida por vaporización parcial de la misma; la fracción vaporizada se condensa y se recupera como líquido²⁶, esta se puede subdividir en 3 los cuales son:

1.3.2.2 Destilación por arrastre con vapor. Es el método más común para realizar la extracción, donde la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es encerrada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentada, la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Este proceso es muy utilizado para esencias fluidas, implementadas para perfumería. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada²⁷, durante el desarrollo de esta extracción se pueden generar procesos colaterales como polimerización y resignificación de los terpenos; así como hidrólisis de ésteres y destrucción térmica de algunos componentes²⁸

1.3.2.3 Hidrodestilación. Esta técnica consiste en poner a hervir agua en la cual se ha sumergido previamente el material vegetal, preferiblemente en polvo o en trozos muy pequeños con una longitud de 1 cm con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales, esta técnica es muy similar al arrastre con vapor en donde el vapor producido arrastra los aceites esenciales hasta otro recipiente donde se condensan y se separan. Este proceso presenta algunos inconvenientes debido a la temperatura que se emplea ya que provoca que algunos compuestos presentes en las plantas se degraden y se pierda.²⁹, por ello el material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, bien sea flotando o sumergido (de acuerdo con la densidad y cantidad depositada), a fin de evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Además, el material vegetal debe ser mantenido en constante agitación para

²⁶ “Capítulo 1: Fundamentos de procesos de destilación”

²⁷MARTÍNEZ, Alejandro. “Aceites esenciales”. Universidad de Antioquia.2003. pg 3

²⁸MONTOYA, Giraldo. “ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje cafetero”. Universidad Nacional de Colombia. 2010. pg 64

²⁹SENA. “Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas” pg 13

evitar que se aglomere o sedimente, adhiriéndose a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica³⁰

1.3.2.4 Extracción con solventes. Este es uno de los métodos más eficientes y consiste en que la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes orgánicos tales como alcohol, etanol, cloroformo, entre otros. Estos solventes solubilizan y extraen la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como grasas y ceras, obteniéndose al final una oleorresina o un extracto impuro³¹; este método es poco utilizado a escala industrial debido al alto costo que presenta debido al alto valor comercial de los solventes y los diferentes riesgos que presenta su manipulación también puede llegar a presentarse restricciones legales como se evidencia en el documento de Lopez-Malo, Peredo y Paloy-Garcia (2009), debido a que algunos de los solventes utilizados presentan restricciones en cuanto a los residuos máximos que se pueden dejarse cuando los aceites esenciales son la materia prima en la industria de perfumes o cosméticos; los solventes que presentan estas restricciones principalmente son aquellos derivados del petróleo como propanol, éter, acetato de metilo, etc.

Pero aparte de las restricciones este método tiene la ventaja que necesita temperaturas bajas, por lo que no provoca la termo destrucción ni alteración química de los componentes del aceite, ofrece la posibilidad de separación de componentes individuales y presentes en poca cantidad³² y dependiendo del tratamiento se va a obtener un muy buen producto.

1.3.2.5 Técnicas de vanguardia. Estas técnicas tienen la particularidad de necesitar equipos muy costosos para su obtención, pero generan muy buenos resultados, entre estas se encuentran:

1.3.2.5.1 Ultrasonido. Este tipo de ultrasonido es de “alta intensidad tiene la capacidad de inducir cavitación; este se aplica como una alternativa de extracción o para asistir en procesos de extracción de componentes volátiles de plantas, incluyendo aceites esenciales. La proporción en la composición de los extractos y el rendimiento de estos depende de la temperatura a la que se lleve a cabo el proceso y del disolvente utilizado”³³, la aplicación de esta técnica incrementa la eficiencia de la extracción, disminuye el tiempo y reduciendo el riesgo de degradación térmica.

³⁰ MONTOYA, Giraldo. “ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje cafetero”. Universidad Nacional de Colombia. 2010.) pg 67

³¹ LOPEZ-MALO, A; PEREDO, H.; PALOY-GARCIA, E. “Aceites esenciales: métodos de extracción”. Universidad de las Américas Puebla.2009. pg 27

³² MONTOYA, Giraldo. “ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje cafetero”. Universidad Nacional de Colombia. 2010. pg 72

³³ LOPEZ-MALO, A; PEREDO, H.; PALOY-GARCIA, E. “Aceites esenciales: métodos de extracción”. Universidad de las Américas Puebla.2009. pg 60

1.3.2.5.2 Extracción con fluidos supercríticos. Esta es una técnica muy compleja y costosa por el uso de fluidos supercríticos, esta consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión, la materia vegetal se corta en trozos pequeños, se licua y se empaca en una cámara de acero inoxidable por donde se hace circular un líquido supercrítico. Los aceites esenciales se solubilizan y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene un aceite puro³⁴; la extracción por este método presentaba ciertas ventajas las cuales son el alto rendimiento, el solvente se elimina con facilidad y se puede reutilizar y al ser un proceso de bajas temperaturas no afecta químicamente los componentes de la esencia una desventaja que se puede encontrar es que es un proceso relativamente costoso debido al manejo de bombas de alta presión y sistemas de extracción resistentes a altas presiones.

Algunos de los fluidos supercríticos más utilizados son etileno, clorotrifluorometano, óxido nitroso, triclorofluorometano, xenón, etc. El CO₂ es el solvente supercrítico más investigado, ya que no es un elemento tóxico ni inflamable, no es perjudicial para la naturaleza y no requiere de un equipo demasiado sofisticado para cumplir su misión de arrastre de AE, este presenta propiedades fisicoquímicas propias de los líquidos y los gases, lo que lo convierte en un solvente muy versátil en procesos de separación³⁵

1.3.2.5.3 Extracción por microondas. De acuerdo con Lopez-Malo (2009) en su documento esta técnica puede utilizarse asistiendo un método convencional como la hidrodestilación o adaptando un equipo para establecerlo como un método independiente, como la extracción por microondas sin disolvente, esta combina el calentamiento por microondas y la destilación seca. La extracción por microondas posee grandes beneficios como la disminución del tiempo de extracción y del consumo energético; este proceso se puede realizar a nivel industrial a través de reactores de microondas, pero teniendo en cuenta altos niveles de seguridad

1.4 PARÁMETROS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE ACEITES ESENCIALES

Estos parámetros son los más importantes a la hora de entregar el producto, estos se clasifican en seis tipos, que van desde las características organolépticas hasta las características espectroscópicas como se presenta en la Tabla 4. Pasando por la determinación de constantes físicas e índices químicos y el estudio del perfil cromatográfico, que incluirá la determinación cuantitativa de los principales componentes

³⁴ SENA. "Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas" pg 15

³⁵ MONTOYA, Giraldo. "ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje cafetero". Universidad Nacional de Colombia. 2010. pg 74

Tabla 4. Parámetros analíticos empleados en el control de calidad de aceites esenciales

Descripción	Parámetros
1. Características organolépticas.	*Olor. *Color. *Apariencia.
2. Determinaciones físicas	*Densidad. *Poder rotatorio. *Índice de refracción. *Miscibilidad en etanol. *Punto de congelación *Punto de inflamación. *Rango de destilación.
3. Índices químicos	*Índice de acidez. *Índice de éster. *Índice de saponificación. *Índice de acetilo. *Índice de fenoles.
4. Características cromatografías.	*Perfil cromatográfico por CG *Cuantificación de los principales componentes.
5. Características espectroscópicas	*Ultravioleta – visible. *Infrarrojo.
6. Otras determinaciones.	*Pesticidas. *Metales pesados.

Fuente: ALBARRACÍN, Gloria; GALLO, Sonia. “Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper Aduncum (cordoncillo) procedente de la zona cafetera”. Universidad Nacional de Colombia. 2003.pg. 29. Disponible en: <https://studylib.es/doc/8247403/comparaci%C3%B3n-de-dos-m%C3%A9todos-de-extracci%C3%B3n-de-aceite-esencial>

1.4.1 Características organolépticas. La calidad y la intensidad de los aceites esenciales varían debido a: Variedad de la planta, condiciones, época de recolección del cultivo, manejo del material vegetal y los métodos de extracción. Con estas se desea determinar el olor, color y apariencia que tiene el aceite esencial analizado.

1.4.2 Determinaciones físicas. Es la determinación de constantes físicas que presenta el aceite esencial, las cuales son:

1.4.2.1 Densidad. La densidad se define como la relación de la masa de un producto (por ejemplo, como si fuera pesado en el vacío) con su volumen. La unidad coherente del SI para la densidad es kg/m^3 ; la unidad $\text{g/mL} = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$.

1.4.2.2 Miscibilidad. De acuerdo con Caballero y Rodríguez (2014) este término usado en química se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea. En principio, el término es también aplicado a otras fases (sólidos, gases), pero se emplea más a menudo para referirse a la solubilidad de un líquido en otro

1.4.2.3 Índice de refracción. Este puede determinarse mediante un refractómetro eléctrico y suele medirse también a 20°C , o de lo contrario se realiza una corrección por diferencia de temperatura. Según Alfonso (2016) este parámetro tiene interés para detectar adulteraciones y sus principales ventajas son la rapidez y sencillez con que pueden obtenerse.

1.4.3 Índices químicos.

1.4.3.1 Índice de yodo. “Es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. Será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces(C=C) por cantidad de grasa, utilizándose por ello para comparar la pureza y la identidad de las grasas.”³⁶

1.4.3.2 Acidez titulable. La acidez titulable de un alimento se determina por medio de una volumetría ácido básica, para medir la concentración total de los ácidos. Dichos ácidos son, en su mayor parte, ácidos orgánicos (por ejemplo, el cítrico, el málico, el láctico, el tartárico), aunque el ácido fosfórico es un ácido orgánico que, algunas veces, se añade a los alimentos. Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor (es decir, en la aspereza), el color, la estabilidad microbiana y en la calidad de conservación. La acidez valorable de las frutas se utiliza, junto con el contenido en azúcares, como un indicador de su grado de maduración. aunque los ácidos orgánicos pueden encontrarse presentes de forma natural en el alimento, también pueden ser formados mediante la fermentación o ser añadidos durante la formulación y el procesado. Para determinar la acidez titulable, se valora un volumen (o un peso) conocido de una muestra alimentaria frente a una base valorada, bien sea hasta un punto final señalado por el pH o bien hasta el de la fenolftaleína. El volumen de agente valorante consumido, junto con la normalidad de la base y el volumen (o el peso) de la muestra, se utilizan para calcular la acidez titulable, expresada en términos del ácido orgánico predominante.³⁷

1.4.3.3 índice de saponificación. De acuerdo con Rodríguez, Maldonado, Muro y Miranda (2012) este es el número de miligramos de KOH requeridos para saponificar los ácidos grasos libres y combinados, presentes en un gramo de grasa y ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituye la grasa. Las grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta consumen más KOH en su saponificación mostrando IS más grandes y las que poseen ácidos grasos de cadena larga consumen menos álcali exhibiendo valores pequeños de Índice de saponificación.

³⁶ GUARNIZO, Anderson; MARTINEZ, Pedro. “Experimentos de Química Orgánica” pg. 175

³⁷ SAMILLÁN, Victoria; SECLÉN, Oscar; Seminario, Gloria. “Determinación de pH y acidez titulable en los alimentos”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2012.pg. 8

2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA SEMILLA DE MANGO

De acuerdo con FAOSTAT (2012) Colombia se encuentra en el puesto 20 en la producción mundial de mango contando con 243.375 toneladas, además en cuanto al consumo de este fruto se encuentra en el puesto 21 con un valor de 250.452 toneladas. De acuerdo a los datos reportados para Agronet, tanto el área sembrada como la producción de mango han tenido un aumento sostenido en los últimos años. Se observa un aumento significativo entre el año 2011 y 2012, destacándose aquí el departamento de Tolima, donde casi se duplicó la producción. De acuerdo a las tendencias mostradas por las diferentes variables en los años anteriores, para el año 2012 se detuvo el crecimiento a causa de los problemas generados por el fenómeno de la ola invernal, los cuales afectaron la floración en la región andina y las vías de acceso en la región atlántica; aunque de cierta manera la producción se redujo aún siguen presentes las grandes cantidades de residuos, para comprender de alguna manera la importancia y la utilidad de estos es necesario recopilar las características fisicoquímicas del residuo de interés, que en este caso se centra en mango Tommy y su semilla, como se mencionó en la sección 1.2.3 la semilla de mango tiene varias partes, entre ellos el endocarpo fibroso, la testa, el tegumento y el cotiledón y este último es el que se va a emplear en el presente trabajo; a continuación se enuncian y describen algunas de las principales características.

2.1 MEDIDAS DEL FRUTO

En cuanto a esta propiedad física se analizaron el largo, ancho y masa de la variedad de mango Tommy para ello se utilizó un pie de rey, estos datos fueron reportados por Ramírez, Raúl; Quijada, Osmar; Castellano, Glady; Burgos, María; Camacho, Ramón; Marín Carlos (2010) habla sobre el largo de este fruto que es de 11,39 cm, de ancho tiene aproximadamente 8,79 cm y presenta una masa aproximada de 469,28 g³⁸ datos que son muy parecidos a los que se encuentra en la literatura como los que reporta Carrera, Alcibiades; Delvalle, Mark; Gil, Ramón; (2008) proponiendo unos valores de largo de 11,06 cm de ancho o el diámetro de este de 9,52 cm y en peso aproximadamente de 508,23 g³⁹

2.2 HUMEDAD

Una definición general de la humedad es la presentada por Martínez que dice que es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, para determinar la humedad en la semilla de mango primero se debe abrir con el fin

³⁸ RAMÍREZ, Raúl; QUIJADA, Osmar; CASTELLANO, Glady; BURGOS, Maria; CAMACHO, Ramon; MARIN Carlos. "CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE

³⁹ CARRERA, Alcibiades; DELVALLE, Mark; GIL, Ramón. "Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas". Agronomía tropical .pg 28

de obtener el cotiledon, esta debe ser secada inicialmente a 40°C durante 24 horas esto con el fin de eliminar humedad, posteriormente pasa por un molino para la disminución de su partícula para obtener muy mejores resultados, luego de haber pasado por este proceso esta debe poner por 3 horas a una temperatura de 105°C ya que se está trabajando con una semilla oleaginosa, esto según Chaparro S; Lara A; Sandoval A; Sosa S; Martínez J; Gil J. (2013) arroja un valor de humedad de 44.85% mientras que Nzikou J, Kimbonguila A, Matos L, Loumouamou B,. Pambou-Tobi NP, Ndangui C, Abena A, Silou Th, Scher J, y Desobry S (2010) arroja un valor de 45.2%

2.3 CENIZAS

Las cenizas se basan “en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, este método es eficiente ya que determina tantas cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido.”⁴⁰ La determinación húmeda se basa en la “descomposición de la materia orgánica en medio ácido por lo que la materia inorgánica puede ser determinada por gravimetría de las sales que precipiten, y también por algún otro método analítico para las sales que permanezcan en disolución acuosa o ácida. Para la determinación húmeda se dan cenizas alcalinas, ácidas y neutras y esto se basa en el tipo de anión o catión ya sea metálico o complejo de tal suerte que hay cenizas como tartratos, citratos que producirán cenizas con un carácter alcalino, esto es demostrable para otros compuestos minerales. Es necesario tomar en cuenta que también un índice de alcalinidad de cenizas es muestra del contenido de carbonatos en disolución acuosa.”⁴¹ Para determinarlo “consiste en quemar la muestra al aire y posteriormente en una mufla para eliminar todo el material orgánico.”⁴² Este valor según Chaparro S; Lara A; Sandoval A; Sosa S; Martínez J; Gil J. (2013) arroja un valor de humedad de 2.46% mientras que Nzikou J, Kimbonguila A, Matos L, Loumouamou B,. Pambou-Tobi NP, Ndangui C, Abena A, Silou Th, Scher J, y Desobry S (2010) arroja un valor de 3.2%

2.4 pH

En cuanto al pH está definido como una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia⁴³, de acuerdo con Ramírez, Raúl; Quijada, Osmar; Castellano, Glady; Burgos, María; Camacho, Ramón; Marín Carlos (2010) presenta un valor de 4,33⁴⁴ lo que nos dice que este tiende a ser ligeramente ácido.

⁴⁰ UNAM. “Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos”. 2008. pg 5

⁴¹ UNAM. “Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos”. 2008. pg 5

⁴² MARQUEZ B. “Cenizas y grasas”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN. 2014 pg 7

⁴³ GONZALEZ, Carmen; “5. El pH”, Colegio De ciencias agrícolas. 2011 pg 2

⁴⁴ RAMIREZ, Raul; QUIJADA, Osmar; CASTELLANO, Glady; BURGOS, Maria; CAMACHO, Ramon; MARIN Carlos. “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE MANGO (*Mangifera indica* L) EN EL MUNICIPIO MARA EN LA PLANICIE DE MARACAIBO” . Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha pg 70

2.5 BRIX

Hablando de los grados Brix de acuerdo con Toro (2014) son los sólidos solubles presentes en alimento expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los alimentos, el mango presenta un porcentaje de 7,32⁴⁵ datos que reporta Ramirez, Raul; Quijada, Osmar; Castellano, Glady; Burgos, Maria; Camacho, Ramon; Marin Carlos (2010)

2.6 PROTEINA CRUDA

Hablando de la proteína cruda “es la cantidad de nitrógeno que contiene un alimento, multiplicado por 6,25”⁴⁶ que se realizó mediante el método de Kjeldahl que consiste básicamente en “mezclar 1 g de la muestra colocarlo en el matraz Kjeldahl; agregar 10 g de sulfato de potasio, 0,7 g de óxido de mercurio y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado luego colocar el matraz en el digestor en un ángulo inclinado y calentar hasta ebullición cuando la solución se vea clara se retira y deja enfriar; durante el enfriamiento agregar poco a poco alrededor de 90 mL de agua destilada y desionizada. Ya frío se agrega 25 mL de solución de sulfato de sodio y se mezcla una perla de ebullición y 80 mL de la solución de hidróxido de sodio al 40% manteniendo inclinado el matraz. Se formarán dos capas, luego se conecta rápidamente el matraz a la unidad de destilación, se calienta y se recolecta 50 mL del destilado conteniendo el amonio en 50 mL de solución indicadora, al terminar de destilar, remover el matraz receptor, enjuagar la punta del condensador y titular con la solución estándar de ácido clorhídrico”⁴⁷ como resultado Chaparro S; Lara A; Sandoval A; Sosa S; Martinez J; Gil J. (2013) dice que tiene 6,39% de cantidad de nitrógeno⁴⁸

2.7 GRASA CRUDA

De acuerdo con Chaparro S; Lara A; Sandoval A; Sosa S; Martinez J; Gil J. (2013) la grasa cruda es el residuo no volátil que queda después de evaporar en estufa el extracto obtenido por la acción del éter sobre el alimento y para este caso, la semilla cuenta con 10,70% de grasa cruda.

⁴⁵ RAMIREZ, Raul; QUIJADA, Osmar; CASTELLANO, Glady; BURGOS, Maria; CAMACHO, Ramon; MARIN Carlos. “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE MANGO (*Mangifera indica* L) EN EL MUNICIPIO MARA EN LA PLANICIE DE MARACAIBO” . Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha pg 70

⁴⁶ Contexto ganadero. “¿De qué se trata la proteína verdadera y en qué se diferencia de la cruda?” 2018

⁴⁷ OLVERA, Miguel; MARTINEZ, Carlos, REAL Elizabeth. “MANUAL DE TECNICAS PARA LABORATORIO DE NUTRICION DE PECES Y CRUSTACEOS”. Pg 3

⁴⁸ Chaparro, S; Lara, A; Sandoval, A; Sosa, S; Martínez, J; Gil, J. “Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.)” Revistas UPTC pg 68

2.8 FIBRA CRUDA

Para el caso de fibra cruda basándose en el documento de García, Infante y Rivera (2008) esta se define como aquella sustancia orgánica no nitrogenadas, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino. El principal componente de la FC es la celulosa (90%), hemicelulosas y lignina. Estos componentes, conforman en su mayoría la fracción insoluble de la fibra y para el caso de la semilla de mango Tommy tiene aproximadamente 2,38%⁴⁹

2.9 CARBOHIDRATOS TOTALES

Hablando de carbohidratos totales son los que combinan “fibras dietarias, azúcares y otros carbohidratos.”⁵⁰ Y para este caso este cuenta con 33%⁵¹

⁴⁹ CHAPARRO, S; LARA, A; SANDOVAL, A; SOSA, S; MARTÍNEZ, J; GIL, J. “Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (Mangifera indica L.)” Revistas UPTC pg 68

⁵⁰ BENTON, Jane; “Los carbohidratos y el azúcar” KidsHealth 2017

⁵¹ CHAPARRO, S; LARA, A; SANDOVAL, A; SOSA, S; MARTÍNEZ, J; GIL, J. “Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (Mangifera indica L.)” Revistas UPTC pg 68

3 OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL POR EXTRACCIÓN CON SOLVENTES A PARTIR DE LA SEMILLA DE MANGO

Existen muchos métodos para la extracción de aceites esenciales con diferentes ventajas y específicos para el tipo de materia prima que se desea utilizar.

En este capítulo se va a describir la obtención del aceite esencial partiendo de la semilla del mango Tommy utilizando como único método de extracción el método Soxhlet basándose en fuentes bibliográficas que es básicamente “un método de separación sólido-líquido”⁵² esto porque, al trabajar con temperaturas bajas, evita la termo destrucción y la alteración química de los componentes deseables del aceite.

3.1 METODOLOGÍA PLANTEADA

3.1.1 Tratamiento de la materia prima. La materia prima que se va a utilizar es la semilla del mango Tommy (*Mangifera indica L*), esta debe ser limpiada en su totalidad y ser secada, de acuerdo Chaparro, S; Lara, A; Sandoval, A; Sosa, S; Martínez, J; Gil, J; a 40°C durante 24 horas cuando ya cumpla el tiempo se procede a retirar las 4 capas exteriores de la semilla con el fin de obtener únicamente el cotiledón.

Posteriormente cuando se tenga únicamente el cotiledón este debe pasar nuevamente por un proceso de secado para evitar que contenga humedad “en una bandeja de metal y expuestas al sol durante cuatro horas”⁵³ Después de 4 horas se procede a hacer la reducción de partícula, para esto se utilizó un “molino analítico (IKA A11 Basic), y la muestra fue tamizada a través de malla 0,5 mm”⁵⁴

3.1.2 Técnica de extracción. Para la extracción del AE uno de los métodos que se puede utilizar es el método de extracción por solvente como ya se mencionó antes se desarrollara a través del método Soxhlet, este método consiste en la reducción del tamaño de partícula de la muestra cuyo proceso se describe en la sección 3.1.1 para facilitar el proceso, posteriormente calentar el solvente seleccionado en la sección 3.1.2.1, a medida que pasa el tiempo se condensan los vapores formando una mezcla entre el solvente y el extracto, el proceso debe durar mínimo 4 horas para poder obtener buenos resultados, al finalizar se obtendrá una matraz de ebullición con una mezcla entre el extracto y el solvente; los implementos necesarios para este procedimiento se observan en la Imagen 9 y la descripción del proceso paso a paso se evidencia en la Imagen 10.

⁵² BROSSARD, Cecilia; FERRARI, Roseli; PIGHINELI, Ana; JIN, Kil. “Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatropa (*Jatropha curcas L.*)” 2010 pg 295

⁵³ ROJAS, Angel y MARÍN, Luisana y Oropeza, YOLFRE. Extracción Del Aceite De Semilla De Mango Utilizando Solventes Orgánicos. EL TIGRE, ESTADO ANZOATEGUI.: MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN, 2010. Pg 21

⁵⁴ CHAPARRO, S; LARA, A; SANDOVAL, A; SOSA, S; MARTÍNEZ, J; GIL, J “Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica L.*)” Revistas UPTC pg 68

3.1.2.1 Selección de solvente. Se analizan varios solventes como lo son el etanol, acetona, butanol, ácido acético, éter etílico y éter de petróleo con el fin de determinar cuál presentaba mejores condiciones para su uso. Con base en la información recopilada de los solventes que se encuentra en el anexo A se realizó una matriz de comparación presentada en a Tabla 5 que arrojó un resultado favorable para el etanol con el que se va a trabajar, debido a que no genera un riesgo en la salud de quien lo está manipulando, no es corrosivo ni reactivo.

Tabla 5. Matriz de comparación

Compuesto	Riesgo salud	Inflamabilidad	Reactividad	Corrosivo	Total
Etanol	0	3	0	NO	3
Acetona	1	3	0	NO	4
Butanol	3	3	0	SI	4
Ácido acético	3	2	0	SI	5
Éter etílico	1	4	0	NO	5
Éter de petróleo	1	4	0	NO	5

Fuente: USAQUEN M, ZAFRA M "EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO" 2018. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

3.1.2.2 Etanol. También conocido como alcohol etílico, "es una sustancia incolora que a condiciones normales de temperatura y presión tiene un punto de ebullición de 78,4°C, haciéndola una sustancia inflamable. El etanol es polar (menos que el agua) y es el solvente más utilizado a nivel laboratorio, ya que es de fácil recuperación y solubiliza la esencia, pero también otras sustancias presentes en frutos o plantas tales como aceites esenciales y ceras".⁵⁵

Imagen 9. Montaje para la extracción con solvente



Fuente: USAQUÉN; ZAFRA. Montaje para la extracción con solvente Consultado en (02/07/20). Disponible en <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

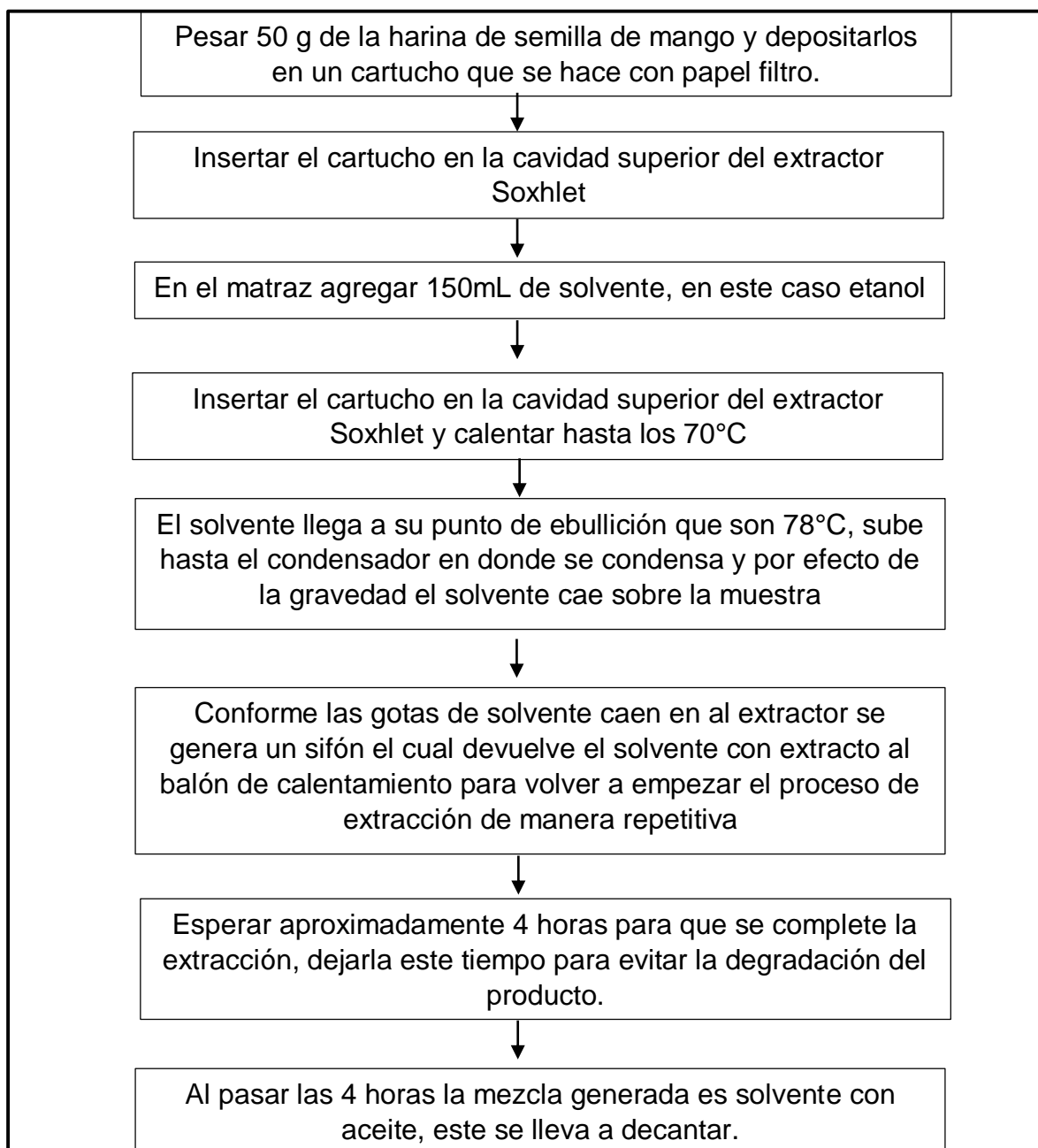
⁵⁵ Usaquen M, Zafra M "EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO" 2018 pg 38

Los equipos utilizados para la extracción están señalados con un círculo rojo y serán descritos a continuación:

1. Condensador de bolas: Este es un tubo refrigerante que sirve para condensar los vapores que son desprendidos por el matraz.
2. Extractor Soxhlet/ digestor: Se mezcla la muestra con el solvente generando un sifón que permite devolver el solvente.
3. Matraz aforado: Se agrega el volumen del solvente
4. Plancha de calentamiento: En este escenario me sirve para calentar la muestra para poder realizar la extracción.
5. Bomba de reflujo: Me ayuda a mantener refrigerado el proceso.

A continuación, se presenta el paso a paso del procedimiento a realizar:

Imagen 10. Proceso para la extracción de aceite esencial



Fuente: elaboración propia.

3.2 RESULTADOS

Como este documento se desarrolló netamente basado en fuentes bibliográficas los resultados expuesto son los evidenciado en el documento de Usaquén y Zafra titulado Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio, del proceso de extracción se obtuvieron muy buenos resultados, evidenciando que el aceite extraído se presenta como un aceite semisólido a temperatura ambiente, pero se derrite en contacto con la piel esto por hablar de las propiedades físicas, también se determinó que este presenta un alto contenido de antioxidante y elevados niveles de vitamina A y E, el aceite presenta una densidad de 0,92 g/mL, un punto de fusión de 14,85°C, un índice de acidez de 1,32, índice de yodo de 24,74, índice de peróxido 16,35 y finalmente un índice de saponificación de 196,35 para finalizar con los resultados recopilados según la bibliografías el proceso tiene un rendimiento ente los 12 a 14%

3.3 USOS

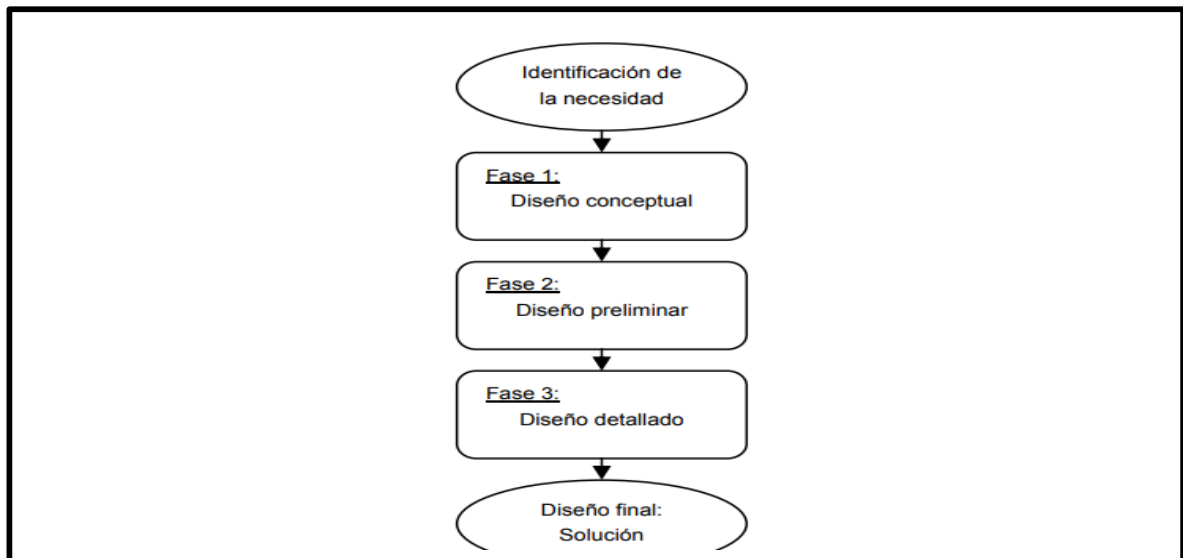
Como se ha mencionado a lo largo del documento el aceite de la semilla de mango es atractivo para la industria cosmética por lo que permite la realización de cremas, bálsamos solares, productos para el cabello y otros productos hidratantes, esto por sus propiedades suavizantes y humectantes, este también puede intervenir en la industria de aromatizantes debido al agradable aroma que este genera; una de las ventajas de este aceite es que este puede aplicarse directamente en la piel ya que una de sus propiedades más destacables es que es un gran cicatrizantes; este a su vez puede formar parte de proceso más específico para aportar sus propiedades a otro producto más especializado o para incrementar los beneficios del aceite. Algunas alternativas para el uso de este aceite son en la producción de jabones: Líquidos o en barra, en cremas humectantes: Para cara o cuerpo, productos para el cuidado del cabello y aromatizantes o perfumes

3.4 DISEÑO CONCEPTUAL BASICO

Para tener una completa comprensión de lo presentado en esta sección primero se debe tener un conocimiento más claro de lo que es un diseño conceptual, pero como menciona Horváth en su documento, la definición de esta no es la más precisa dado que el concepto es manejado con diferentes fines y en diversas subdisciplinas; a su vez establece que todas estas tienen elementos en común lo que permite establecer que el diseño conceptual es “el conjunto de tareas encaminadas a obtener una solución a un problema planteado a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades.”⁵⁶

También se encontró la definición dada por Gerhard Pahl y Beitz donde establecen que es una compilación de información e identificación del problema, posteriormente la creación del concepto para finalizar con la evaluación que da paso a los criterios objetivos para establecer la solución que satisface la problemática o la necesidad, apoyando así lo dicho por Horváth. Actualmente se encuentran diversos modelos de diseño, donde podemos encontrar el modelo descriptivo que comprende tres fases como se ilustra en la Imagen 11, este inicia con la identificación de la necesidad, ya teniendo esta se desarrollan las 3 fases del diseño, la primera el diseño conceptual, la segunda el diseño preliminar y la tercera el diseño detallado para así poder llegar al diseño final siendo esta la solución a la necesidad.

Imagen 11: Modelo descriptivo lineal del diseño



Fuente: CHAUR Bernal, J. “Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: Un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa” pg 22 consultado en (17/06/2020). Disponible en <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

⁵⁶ HORVÁTH, Imre. “On some crucial issues of computer support of conceptual design”. Product Engineering. Springer. 2005. pg. 123

Con una recopilación de información de fuentes literarias y centrándose en la fase uno del modelo presentado, siendo esta el diseño conceptual se establece que a lo largo de esta sección se desarrolla la descripción inicial del proceso dando a conocer las principales condiciones de este, posteriormente un diagrama general del proceso y de bloques que se centra en el desarrollo de los principales equipos y sus corrientes con sus respectivos flujos de materia, como último este presenta los equipos seleccionados para cada proceso teniendo en cuenta el material que requiere cada uno y sus principales funciones.

3.4.1 Descripción del proceso. El proceso de extracción del aceite esencial de mango a partir de su semilla a través del método de extracción con solventes soxhlet tiene una serie de etapas claves para llevar el proceso de forma correcta:

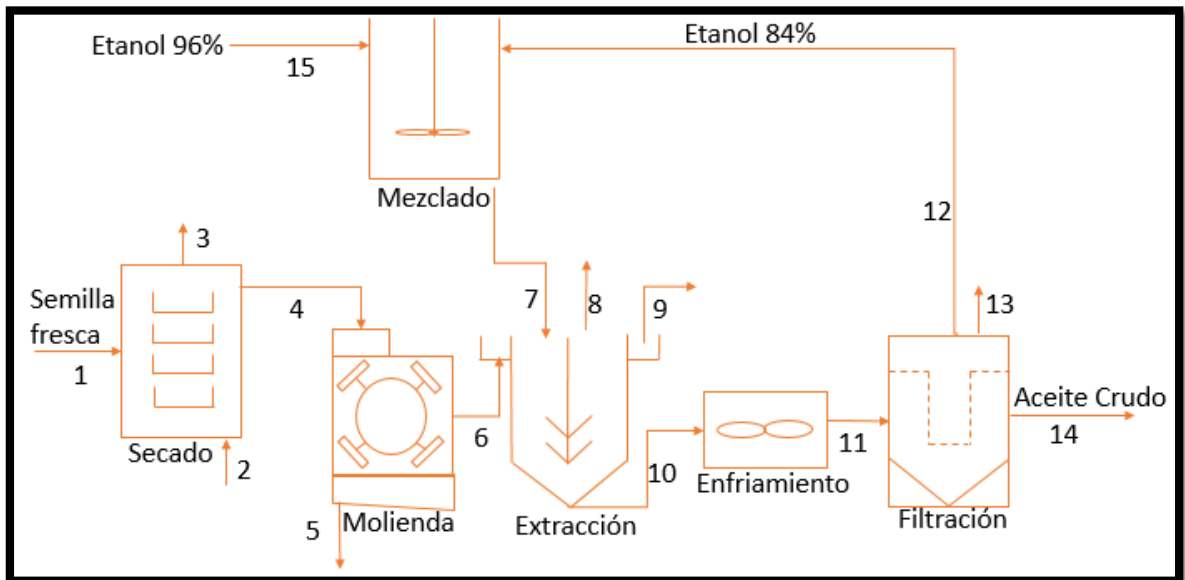
- La etapa 1 es el acondicionamiento de la materia prima, realizada para evitar degradación o contaminación de nuestro producto final, en esta etapa encontramos la limpieza y la extracción de la semilla, su posterior secado y molienda.
- La etapa 2 se encuentra todo lo relacionado con el proceso de extracción del aceite.
- La etapa 3 es el proceso de separación de nuestro producto de interés donde se puede encontrar los procesos de enfriamiento y filtración.
- La etapa 4 sería la recuperación del solvente utilizado en el proceso.

3.4.2 Balances de masa. Para realizar un correcto desarrollo del diseño conceptual básico, se procesar 800 kg/semana de semilla de mango para la extracción de aceite esencial, siendo este valor seleccionado de acuerdo a la revisión bibliográfica, debido a que en estos manejan un valor entre los 800 kg a los 1000 kg.

Basándose en los documentos de Usaquén, M. José; Zafra, M. Alejandra titulado Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio; en el artículos presentado por Chaparro, S; Lara, A; Sandoval, A; Sosa, J; Martínez, J; Gil, J. con nombre Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L) y el documento de Moya, Daniela con nombre Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento de los residuos de la industria despulpadora de mango, se desarrolla el diagrama general del proceso evidenciado en la Imagen 12 que es la base para el diseño del diagrama de bloques, el cálculo del balance de masa y la selección de equipos.

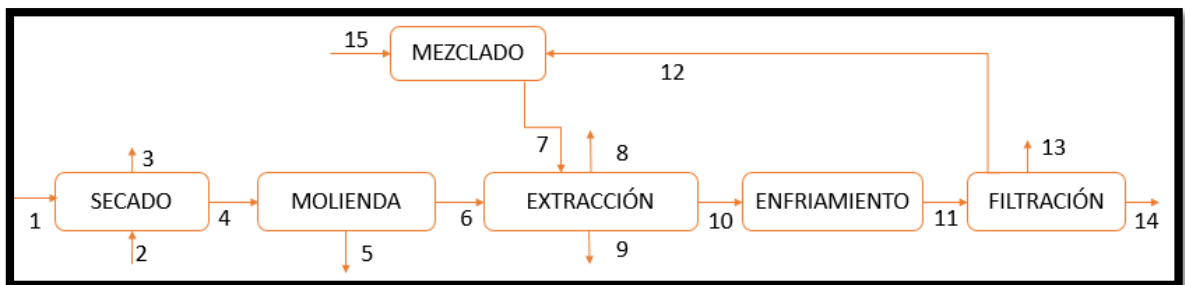
Para el balance de masa solo se presentan las ecuaciones generales de cada proceso, en cada sección se evidencia una tabla con los valores de sus respectivas corrientes y su diagrama de bloques.

Imagen 12. Diagrama general del proceso



Fuente: elaboración propia

Imagen 13. Diagrama de bloques del proceso



Fuente: elaboración propia

Donde los números corresponden a cada corriente, con el siguiente significado:

1. Corriente semilla fresca
2. Corriente aire entrante
3. Corriente Vapor de agua
4. Corriente semilla seca
5. Corriente pérdidas de semilla
6. Corriente harina de semilla de mango
7. Corriente Solvente etanol 90%
8. Corriente pérdidas del solvente
9. Corriente sobrante semilla
10. Corriente mezcla aceite y etanol
11. Corriente mezcla enfriada
12. Corriente etanol 84%
13. Corriente solvente

- 14. Corriente aceite crudo
- 15. Corriente etanol 96%

3.4.2.1 Secado. Iniciando con el proceso de secado entran 800 kg de semilla fresca a la semana estas “tienen un valor de humedad entre 40 a 47 %”⁵⁷, trabajando aquí un valor de 42% de humedad, queriendo reducirlo hasta los 8% implementando aire caliente basándose en los valores utilizados por Usaquén y Zafra en su tesis, este se encuentra a una humedad relativa de la ciudad de Bogotá y a una temperatura promedio de 18°C, este proceso se realiza por 24 h a una temperatura de 60°C de acuerdo con lo presentado por Usaquén, Zafra y Moya en sus respectivos documentos.

Ecuación 1. Balance total secado

$$F_1 + F_2 = F_3 + F_4$$

Fuente: elaboración propia

Donde

F_1 = Masa semillas frescas (kg)

F_2 = Masa aire entrante (kg)

F_3 = Masa vapor de agua (kg)

F_4 = Masa semillas secas (kg)

Corriente 1

Ecuación 2. Balance corriente 1

$$F_1 = f_s + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_s = Masa en semilla (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 2

Ecuación 3. Balance corriente 2

$$F_2 = f_a + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_a = Masa en aire (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 3

Ecuación 4. Balance corriente 3

$$F_3 = f_a + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

⁵⁷ MOYA, Daniela. “Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento de los residuos de la industria desulpadora de mango”. universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2017. Pg 9

f_a = Masa en aire (kg)
 f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 4

Ecuación 5. Balance corriente 4

$$F_1(1 - X_{w1}) = F_4(1 - X_{w4})$$

Fuente: elaboración propia

Donde

X_{w1} : porcentaje de agua en la corriente 1

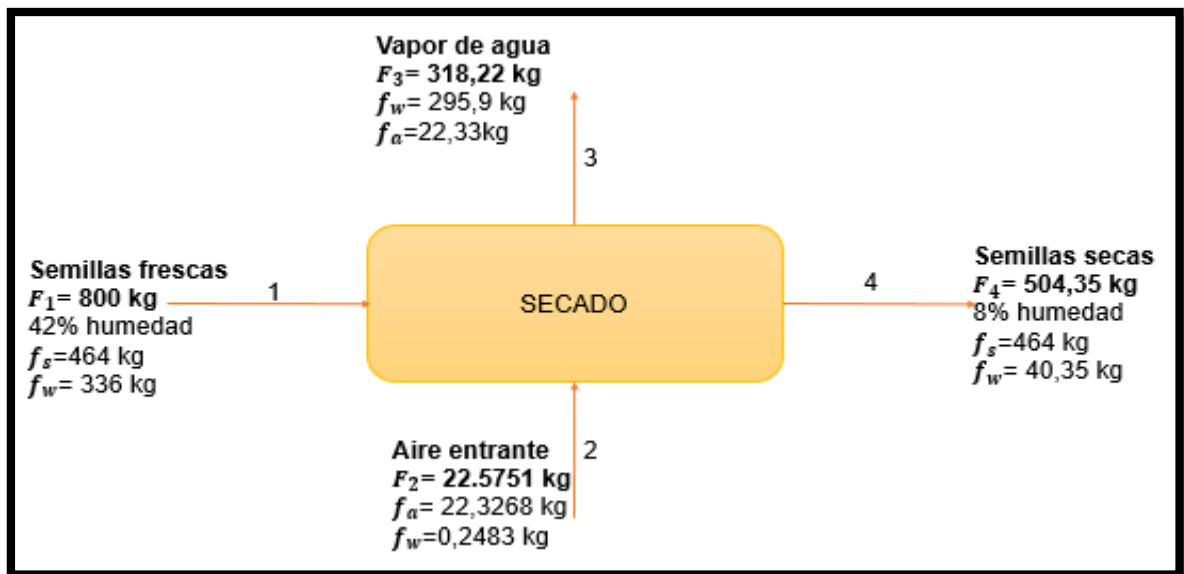
X_{w4} : porcentaje de agua en la corriente 4

Tabla 6. Balance de materia del secado

Corriente 1	Semilla (kg)	464
	Agua (kg)	336
	Total (kg)	800
Corriente 2	Aire (kg)	22,33
	Agua (kg)	0,25
	Total (kg)	22,58
Corriente 3	Aire (kg)	22,33
	Agua (kg)	295,9
	Total (kg)	318,22
Corriente 4	Semilla (kg)	464
	Agua (kg)	40,35
	Total (kg)	504,35

Fuente: elaboración propia

Imagen 14. Balance de masa del proceso de secado



Fuente: elaboración propia

3.4.2.2 Molienda. El segundo proceso a realizar es la molienda, según Chaparro, S; Lara, A; Sandoval, A; Sosa, J; Martínez, J; Gil, J y Moya, D este tiene un porcentaje de pérdidas del 10%, debido a que se implementó el uso de un tamiz de aproximadamente 0,5 mm para la obtención de la harina de la semilla de mango.

Ecuación 6. Balance total molienda

$$F_4 = F_5 + F_6$$

Fuente: elaboración propia

Donde

F_4 = Masa de semillas secas (kg)

F_5 = Masa pérdidas de semilla (kg)

F_6 = Masa de harina de semilla de mango (kg)

Corriente 5

Ecuación 7. Balance corriente 5

$$F_5 = f_s + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_s = Masa en semilla (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 6

Como ya se ha procesado la semilla y se ha obtenido la harina, se procede a calcular el porcentaje de aceite en la semilla según López, Martha; Sandoval, Angélica; Valencia, Jorge este corresponde al 10,70%

Ecuación 8. Balance corriente 6

$$F_6 = f_s + f_w + f_{AE}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_s = Masa en semilla (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

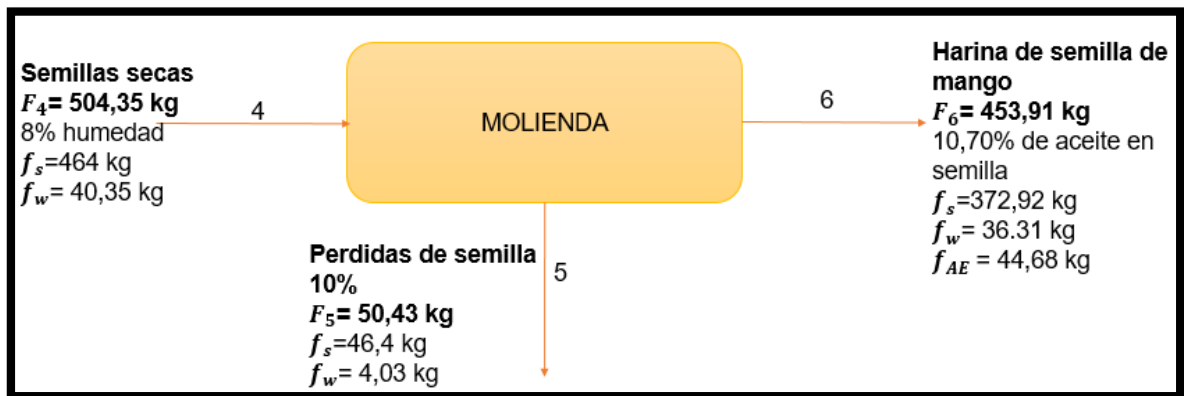
f_{AE} = Masa en aceite (kg)

Tabla 7. Balance de materia de la molienda

Corriente 4	Semilla (kg)	464
	Agua (kg)	40,35
	Total (kg)	504,35
Corriente 5	Semilla (kg)	46,4
	Agua (kg)	4,03
	Total (kg)	50.43
Corriente 6	Semilla (kg)	372,92
	Agua (kg)	36,31
	AE (kg)	44,68
	Total (kg)	453,91

Fuente: elaboración propia

Imagen 15. Balance de masa del proceso de molienda



Fuente: elaboración propia

3.4.2.3 Extracción. El tercer proceso es la extracción del aceite, de acuerdo con lo presentado en la sección 3.1.2.1 el solvente a utilizar es el etanol al 90%; para realizar el balance de masa se tiene en cuenta lo definido por Usaquén y Zafra en su documento siendo esto las pérdidas de etanol del 3,35%, el rendimiento de la extracción aproximadamente de 14% y la corriente correspondiente a la semilla sobrantes (corriente 9) sale con 8,38% del agua, 3,12% de etanol y el 100% de semilla, este proceso se realiza durante 6 h a una temperatura aproximada de 78°C.

Ecuación 9. Balance total extracción

$$F_6 + F_7 = F_8 + F_9 + F_{10}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

F_6 = Masa de harina de semilla de mango (kg)

F_7 = Masa de solvente Etanol 90% (kg)

F_8 = Masa perdida de solvente (kg)

F_9 = Masa de sobrante semilla (kg)

F_{10} = Masa de mezcla aceite y etanol (kg)

Corriente 7

Ecuación 10. Balance corriente 7

$$F_7 = f_e + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 8

Ecuación 11. Balance corriente 8

$$F_8 = f_e + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 9

Ecuación 12. Balance corriente 9

$$F_9 = f_e + f_w + f_{AE} + f_s$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

f_{AE} = Masa en aceite (kg)

f_s = Masa en semilla (kg)

Corriente 10

Ecuación 13. Balance corriente 10

$$F_{10} = f_e + f_w + f_{AE}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

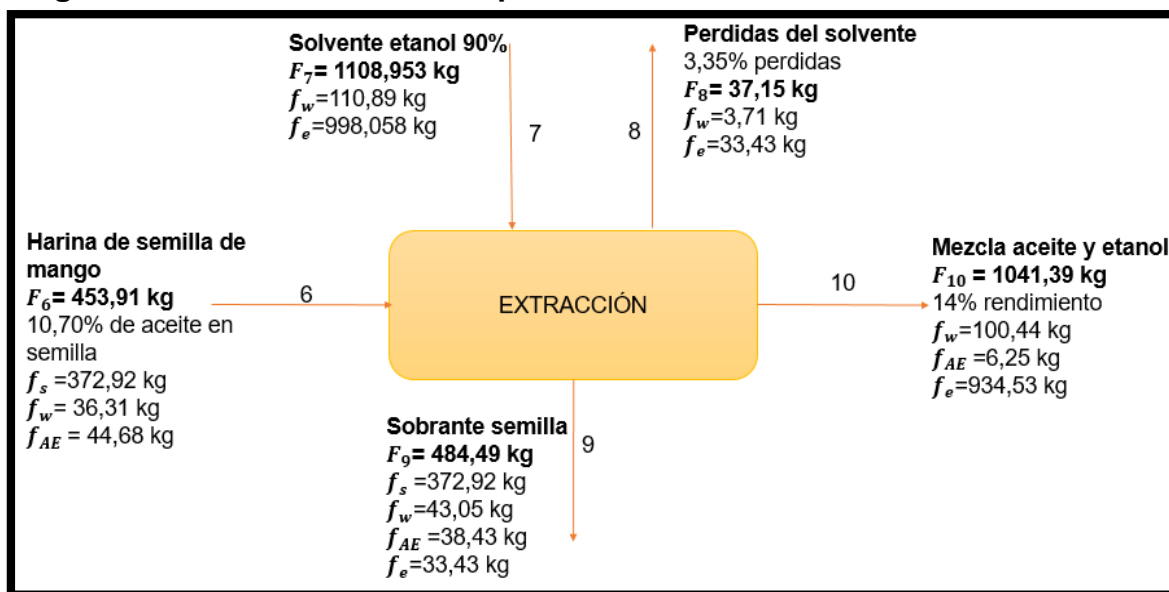
f_{AE} = Masa en aceite (kg)

Tabla 8. Balance de materia de la extracción

Corriente 6	Semilla (kg)	372,92
	Agua (kg)	36,31
	AE (kg)	44,68
	Total (kg)	453,91
Corriente 7	Solvente (kg)	998,06
	Agua (kg)	110,89
	Total (kg)	1108,95
Corriente 8	Solvente (kg)	33,43
	Agua (kg)	3,71
	Total (kg)	37,15
Corriente 9	Semilla (kg)	372,92
	Agua (kg)	43,05
	Solvente (kg)	33,43
	AE (kg)	38,43
	Total (kg)	484,49
Corriente 10	Solvente (kg)	934,53
	AE (kg)	6,25
	Agua (kg)	100,44
	Total (kg)	1041,39

Fuente: elaboración propia

Imagen 16. Balance de masa del proceso de la extracción



Fuente: elaboración propia

3.4.2.4 Enfriamiento y Filtración. El cuarto y quinto proceso son los procesos de enfriamiento y filtración, la corriente que sale del proceso de extracción pasa por un enfriamiento sin pérdidas que reduce la temperatura de la mezcla hasta los -11°C

que la separa en dos fases, la parte solida siendo el aceite y la parte liquida el solvente según lo expuesto por Usaquén y Zafra, posteriormente esto pasa al proceso de filtración, donde el aceite obtenido de la filtración contiene aproximadamente 0,02% del solvente en este caso el etanol y 0,04% de agua; la corriente del solvente saliente se divide en dos, la corriente 12 es recirculada al proceso de mezclado y la corriente 13 en este trabajo se considera como perdida.

Ecuación 14. Balance total enfriamiento

$$F_{10} = F_{11}$$

Fuente: elaboración propia

Ecuación 15. Balance total filtración

$$F_{11} = F_{12} + F_{13} + F_{14}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

F_{11} = Masa de mezcla aceite y etanol (kg)

F_{12} = Masa etanol 84 % (kg)

F_{13} = Masa solvente (kg)

F_{14} = Masa de aceite filtrado (kg)

Corriente 11

Ecuación 16. Balance corriente 11

$$F_{11} = f_e + f_w + f_{AE}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

f_{AE} = Masa en aceite (kg)

Corriente 12

Ecuación 17. Balance corriente 12

$$F_{12} = f_w + f_e$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

Corriente 13

Ecuación 18. Balance corriente 13

$$F_{13} = f_e + f_w$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)
Corriente 14

Ecuación 19. Balance corriente 14

$$F_{14} = f_e + f_w + f_{AE}$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

f_w = Masa en agua (kg)

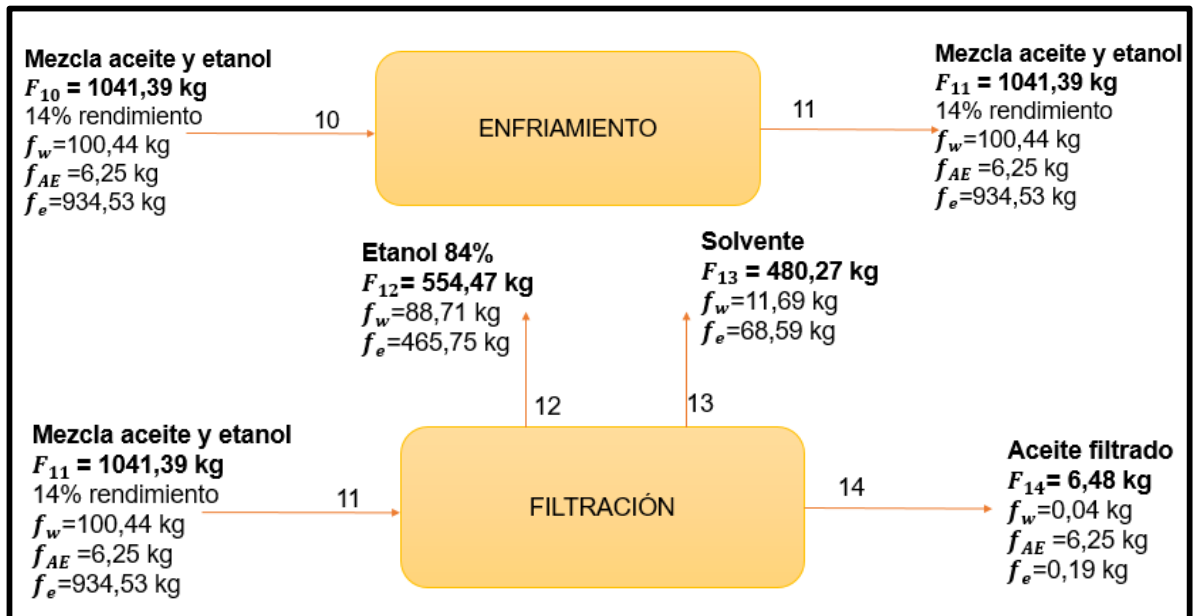
f_{AE} = Masa en aceite (kg)

Tabla 9. Balance de materia del enfriamiento y filtración

Corriente 10	Solvente (kg)	934,53
	AE (kg)	6,25
	Agua (kg)	100,44
	Total (kg)	1041,39
Corriente 11	Solvente (kg)	934,53
	AE (kg)	6,25
	Agua (kg)	100,44
	Total (kg)	1041,39
Corriente 12	Solvente (kg)	465,75
	Agua (kg)	88,71
	Total (kg)	554,47
Corriente 13	Solvente (kg)	468,59
	Agua (kg)	11,69
	Total (kg)	480,27
Corriente 14	Solvente (kg)	0,19
	AE (kg)	6,25
	Agua (kg)	0,04
	Total (kg)	6,48

Fuente: elaboración propia

Imagen 17: Balance de masa del proceso de enfriamiento y filtración



Fuente: elaboración propia

3.4.2.5 Mezclado. En este proceso se realiza el mezclado del solvente inicial que es el etanol al 96% con el etanol del 84% que proviene del proceso de filtración.

Ecuación 20 Balance total mezcla

$$F_{12} + F_{15} = F_7$$

Fuente: elaboración propia

Como se conoce que el valor de $F_{14} = 554,47 \text{ Kg de etanol } 96\%$ por la literatura y la proporción manejada es del 50/50 entonces el valor de $F_{12} = 554,47 \text{ Kg de etanol } 84\%$

Corriente 15

Ecuación 21. Balance corriente 15

$$F_{15} = f_w + f_e$$

Fuente: elaboración propia

Donde

f_e = Masa del etanol (kg)

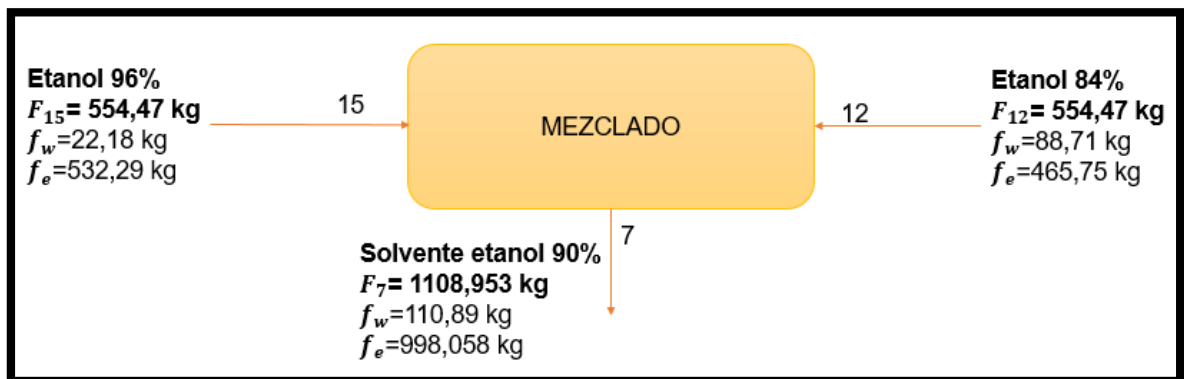
f_w = Masa en agua (kg)

Tabla 10. Balance de materia del mezclado

Corriente 12	Solvente (kg)	465,75
	Agua (kg)	88,71
	Total (kg)	554,47
Corriente 15	Solvente (kg)	532,29
	Agua (kg)	22,19
	Total (kg)	554,47
Corriente 7	Solvente (kg)	998,06
	Agua (kg)	110,89
	Total (kg)	1108,95

Fuente: elaboración propia

Imagen 18. Balance de masa del proceso de mezclado



Fuente: elaboración propia

Como se observa en el balance de masa se posee el 10 % de pérdidas en el proceso de molienda y casi el 50% del solvente utilizado saliente de la filtración no se usa, se plantea la posibilidad de la utilización de estas corrientes como fuente para la continuación del proceso realizando una nueva extracción para que estos no se conviertan en desperdicio, pero este proceso no es considerado en este trabajo.

3.4.3 Equipos. Primero se define que la planta estará en funcionamiento 6 días a la semana y se seleccionan equipos no tan grandes para reducir así el espacio ocupado por estos, la energía eléctrica consumida y tener un mayor control de la inversión inicial.

El propósito es procesar 800 kg de semilla de mango a la semana, por lo que se va a realizar el proceso en lotes de aproximadamente 200 kg para así poder tener el proceso activo durante los días establecidos para el trabajo.

Los equipos seleccionados para cada proceso son:

3.4.3.1 Secado. Para realizar el secado de la semilla de mango se decidió que el equipo que mejor se adapta a las necesidades del proceso es el horno secador de bandejas con suministro de aire caliente presentado en la Imagen 19, debido a que este permite tener un control en la temperatura ya que si estas “sobrepasan los 120°C”⁵⁸ se produce la volatilización de los componentes del aceite, ocasionando pérdidas en el sistema.

Este está construido totalmente en acero inoxidable con un exclusivo sistema de calentamiento por aire forzado que garantiza un secado homogéneo. Control de temperatura digital, tiene un voltaje de 110 a 220 V, un consumo con calentamiento eléctrico de 2,4 kW, sus dimensiones son 63 x 85 x 220 cm (frente, profundo, altura) y un rango temperatura de 15 a 70 °C.

Imagen 19. Horno de secado



Fuente: EXHIBIREQUIPOS “Horno de deshidratador de frutas 15 bandejas” Consultado en (22/06/20). Disponible en: <https://exhibirequipo.com/producto/horno-deshitrado-15-bandejas/>

3.4.3.2 Molienda. Para este proceso se selecciona un molino de martillos presentado en la Imagen 20, de acero inoxidable que tiene extracción por ventilador centrífugo, y un receptor de polvo que separa las partículas por tamaño a su vez tiene incorporado un tamiz con una malla aproximadamente de 0,5 mm, también tiene un filtro que evita que las partículas muy chicas queden en suspensión en el aire. Es decir que se puede trabajar en un ambiente limpio y libre de polvo; tiene una potencia de 7.5 a 11 kW, una capacidad de 100 a 200 Kg y sus dimensiones son 220x200x100 cm.

⁵⁸ Moya, Daniela. “Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento de los residuos de la industria despulpadora de mango”. universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2017.pg 9

Imagen 20. Molino de acero inoxidable



Fuente: MEELKO. "Molino de acero inoxidable". Consultado en (22/06/20). Disponible en: <http://articulo.meelko.com/348-molino-de-acero-inoxidable-para-harina-350-500-kg-hora-consumo-humano.html>

3.4.3.3 Extracción. Como lo plantea Usaquén, M. José y Zafra, M. Alejandra en su trabajo, este proceso se realiza en 2 lotes con una duración de cada uno de 6 h utilizando un equipo extractor por arrastre de vapor presentado en la Imagen 21, pero en vez de agua se utilizará etanol a 90%, este equipo es de acero inoxidable con capacidades desde 3 L /h, hasta 200 L /h, con grado de pureza hasta 0,99 microhms con calidad inyectable. Su fuente de calor puede provenir de la electricidad, gas o vapor, con capacidades desde 5 kg/lote hasta 1000 kg/lote y con un consumo de 7,5 kW.

Imagen 21. Extractor por arrastre de vapor



Fuente: STANTEE. "DESTILADORES". Consultado en (10/08/20). Disponible en: <http://stanteel.com/productos/2/destiladores>

3.4.3.4 Enfriamiento. Se plantea la utilización de un chiller enfriador presentado en la Imagen 22, tiene un tanque de agua incorporado, a su vez este posee un condensador y evaporador con carcasa de acero inoxidable, permitiendo su fácil limpieza, tiene suministro

de agua en el tanque de agua, refrigerador enfriado por aire con evaporador tipo tabla, posee protección de seguridad, contra sobrecarga de bomba, contra alta presión y baja presión, contra fallas, también viene con controles de temperatura intelectualizados, tiene una capacidad de enfriamiento y tanque de agua de $>0- 54,4$ °C y 20 L respectivamente, sus dimensiones son 0,68x0,46x0,84 m, con un consumo de compresor y bomba de 20.4 kW y 2.2 kW respectivamente y un caudal del agua de 315 L/min

Imagen 22. Chiller para enfriamiento



Fuente: OKCHEM “industrial water cooled box chiller”. Consultado en (22/06/20). Disponible en: <https://www.okchem.com/showroom/industrial-water-cooled-box-chiller.html>

3.4.3.5 Filtración. Este proceso se realiza a continuación del proceso del enfriamiento para lograr la obtención del AE; se necesita un equipo que permita la retención de sólidos suspendidos y sedimentables; por lo cual se selecciona un filtro de bolsa presentado en la Imagen 23, este filtra a presión, tiene un cilindro de filtración, cubierta de cilindro y estructura abierta, bolsa de filtración de acero inoxidable. La bolsa es instalada dentro de la canasta, donde el líquido fluirá por esta y se tendrá el sólido filtrado en la bolsa, este tiene una capacidad de $15 \text{ m}^3 / \text{h}$

Imagen 23. Filtro de bolsa



Fuente: ALIBABA “All Types Bag Filters Factory”. Consultado en (22/06/20). Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/All-Types-Bag-Filters-Factory_60617080226.html?spm=a2700.7724838.2017115.13

4. COSTOS DEL DISEÑO CONCEPTUAL BASICO

En el presente capítulo se analizarán los costos totales del diseño conceptual básico presentado en el capítulo anterior; estos se encuentran divididos en dos categorías, las cuales son:

- **Costos de capital:** este presenta la inversión inicial del diseño, entre estos los costos por la compra de los equipos para realizar la extracción.
- **Costos de operación:** estos son los costos energéticos, al igual que los costos de la materia prima utilizada y los otros recursos utilizados (agua y solvente)

4.1 COSTOS DE CAPITAL

Los costos reportados en esta parte son cotizaciones que se realizaron directamente en la paginas de los fabricantes o distribuidores correspondientes a cada equipo.

Tabla 11. Equipos nacionales

Equipo	Proveedor	Costo (COP)
Secador	Exhibir	9'850.000
Extractor	Stanteel Ingenieros LTDA	51'760.344,54
Total		61'610.344,54

Fuente: elaboración propia

Para los equipos que requieren ser importados se debe tener en cuenta el porcentaje del gravamen de los artículos clasificados el capítulo 84 “reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos”, también se debe tener presente el flete que son las tarifas de transporta marítimo y aéreo y el seguro del producto, “los gastos totales en que incurre el importador alcanzan el 36,6% del valor CIF (Coste, seguro y flete al puerto de destino convenido) de la mercancía”⁵⁹

Tabla 12. Equipos internacionales

Equipo	Costo (COP)	CIF %	Costo total (COP)
Molino	7'100.606	36,6	9'699.427,8
Chiller	299.351	36,6	408.913,466
Filtro de bolsas	4'023.135	36,6	5'495.602,41
TOTAL			15'603.943,7

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los valores presentados en las tablas 11 y 12, el valor de la inversión para los equipos es de \$77'214.288,21COP.

⁵⁹ DINERO. “Los costos y el tiempo que tarda importar y exportar una mercancía en Colombia”.2020

4.2 COSTOS DE OPERACIÓN

Estos costos analizan los diferentes gastos relacionados con las materias utilizadas en el proceso como solvente, agua, consumo energético según lo requerido por el equipo y la semilla de mango, pero esta no tiene ningún costo de adquisición.

Para el proceso se van a utilizar 800 kg de semilla de mango procesada a la semana; como se evidencia en la sección 3.4.2.3 basada en los documentos de Usaquén, Zafra, Chaparro, Lara, Sandoval, Sosa, Martínez, Gil y Moya la extracción tiene un rendimiento del 14% lo que significa que al mes aproximadamente se producen 25,93 kg de aceite.

Los costos de operación serán descritos a continuación por equipo:

4.2.1 Secado. Según lo mencionado anteriormente el proceso se realizará durante un periodo de 24 h en un horno de bandejas presentado en la sección 3.4.3.1 que consume 2,4 KW/h, entonces:

$$2400 W * 24h = 57600 W * dia$$

De acuerdo con los costos presentados por enel, Codensa en el documento Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh), el valor de este en una zona industrial diurna y nocturna es alrededor de \$649,5674/kWh, por lo cual:

$$(57600W * dia) * \left(\frac{\$649,5674}{\frac{kWh}{1000 Wh}} \right) = \$37.415,08 \frac{COP}{kWdia}$$

Como se trabaja 6 días a la semana y se quiere conocer el consumo en un mes, los días a contabilizar son 16 días de trabajo, entonces:

$$\$37.415,08 \frac{COP}{kWdia} * \frac{16 dias}{1 mes} = \$598.641,316 \frac{COP}{mes}$$

4.2.2 Molienda. El proceso de molienda dura aproximadamente 1 hora, siendo este un proceso por lotes, se establece que este se desarrolla durante 4 días a la semana con el equipo que consume alrededor de 7,5 kWh, entonces:

$$7500 W * 1 \frac{h}{dia} = 7500 \frac{Wh}{dia}$$
$$\left(7500 \frac{Wh}{dia} \right) * \left(\frac{\$649,5674}{\frac{kWh}{1000 Wh}} \right) = \$4.871,76 \frac{COP}{kWdia}$$
$$\$4.871,76 \frac{COP}{kWdia} * \frac{16 dias}{1 mes} = \$77.948,09 \frac{COP}{mes}$$

4.2.3 Extracción. El proceso de extracción se realiza durante 2 días con una duración aproximada de 6 horas, encontrándose aquí los costos del solvente, agua y el consumo energético del equipo, los cuales son:

Tabla 13. Costo del solvente

Materia prima	Costo (COP/gal) (Anexo A)
Etanol 96%	4.976

Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en el balance de materia se necesitan 1108,953 Kg de etanol para procesar 800 Kg de semilla en una semana, por lo tanto:

$$1108,953 \frac{Kg}{semana} * \frac{1 L}{0,805 Kg} * \frac{4 semanas}{mes} = 5510,33 \frac{L}{mes}$$

$$5510,33 \frac{L}{mes} * \$ 4,976 \frac{COP}{gal} * \frac{1 gal}{3,78541 L} = \$ 7'243.443,14 \frac{COP}{mes}$$

- Agua

Ya que el equipo tiene incorporado un condensador es necesario tener presente que “el caudal necesario de agua para poder condensar los gases de etanol es 13,83 mL/s”⁶⁰, entonces se debe determinar cuál es el consumo del equipo dura su tiempo de trabajo, el cual es:

$$6h * \left(\frac{3600s}{1h}\right) * \left(\frac{13,83 ml}{1s}\right) * \left(\frac{1E^{-6}m^3}{1 ml}\right) = 0,2987m^3$$

Basándose en la Resolución 1035 de 29 de octubre de 2007 que establece el valor de consumo del agua (\$/m³) en la zona industrial alrededor de \$ 3.239,76 /m³⁶¹, se procede a calcular el costo del consumo del agua del equipo:

$$0,2987 \frac{m^3}{extracción} * \frac{4 extracción}{2 días} * \frac{8 días}{mes} * \$ 3.239,76 \frac{COP}{m^3} = \$ 7.742,46 \frac{COP}{mes}$$

- Equipo

Como último para este equipo es necesario calcular el costo energético; como se evidencio en la sección 3.4.3.3 el equipo tiene un consumo de 7,5 kWh, manejando el costo del kWh presentado en la sección 4.2.1 se calculó el costo correspondiente a la extracción:

$$7500 W * 1 \frac{h}{día} = 7500 \frac{Wh}{día}$$

⁶⁰ Universidad Católica Andrés Bello. Escuela de Ingeniería industrial. Guayana.

⁶¹ ACUEDUCTO. Agua y alcantarillado de Bogotá. “Resolución 1035 de 29 de octubre de 2007”.2011

$$\left(7500 \frac{Wh}{dia}\right) * \left(\frac{\$649,5674}{1000 Wh}\right) = \$4.871,76 \frac{COP}{kWdia}$$

$$\$4.871,76 \frac{COP}{kWdia} * \frac{8 dias}{1 mes} = \$38.974,04 \frac{COP}{mes}$$

4.2.4 Enfriamiento. Este proceso dura alrededor de 1 hora y se realiza dos veces al día durante dos días de la semana. Como el equipo tiene incluido una bomba y un compresor se debe calcular los costos energético correspondientes a cada uno, basándose en el costo del kWh presentado en la sección 4.2.1, al igual que es necesario calcular los costos del consumo del agua de acuerdo con el costo presentado en la sección 4.2.3.

Según lo presentado en la sección 3.4.3.4 la bomba y el compresor tiene un consumo de 2,2 kW y 20,4 kW respectivamente

- Bomba

$$2200 W * 1 \frac{h}{dia} = 2200 \frac{Wh}{dia}$$

$$\left(2200 \frac{Wh}{dia}\right) * \left(\frac{\$649,5674}{1000 Wh}\right) = \$1.429,05 \frac{COP}{kWdia}$$

$$\$1.429,05 \frac{COP}{kWdia} * \frac{8 dias}{1 mes} = \$11.432,39 \frac{COP}{mes}$$

- Compresor

$$20400 W * 1 \frac{h}{dia} = 20400 \frac{Wh}{dia}$$

$$\left(20400 \frac{Wh}{dia}\right) * \left(\frac{\$649,5674}{1000 Wh}\right) = \$13.251,18 \frac{COP}{kWdia}$$

$$\$13.251,18 \frac{COP}{kWdia} * \frac{8 dias}{1 mes} = \$106.009,4 \frac{COP}{mes}$$

- Agua

Como se evidencia en la sección 3.4.3.4 el equipo tiene un caudal del agua de 315 L/min, es necesario calcular el consumo de esta durante su periodo de funcionamiento y posteriormente calcular el costo que este tiene.

$$1h * \left(\frac{60 min}{1h}\right) * \left(\frac{315 L}{min}\right) * \left(\frac{1 m^3}{1000 L}\right) = 18,9m^3$$

$$18,9 \frac{m^3}{extracción} * \frac{4 extracción}{2 dias} * \frac{8 dias}{mes} * \$ 3.239,76 \frac{COP}{m^3} = \$489.851,71 \frac{COP}{mes}$$

Tabla 14. Costos mensuales

Operación	Ítem	Costo(COP/mes)
Secado	Energético	598.641,316
Molienda	Energético	77.948,09
Extracción	Energético	38.974,04
	Solvente	7'243.443,14
	Agua	7.742,46
Enfriamiento	Energético bomba	11.432,39
	Energético compresor	106.009,4
	Agua	489.851,71
Total		8'574.042,55

Fuente: elaboración propia

En la tabla 14 se observa el costo del proceso durante un mes que es de \$8'574.042,55 COP; como se mencionó antes al mes se producirían 25,93 kg de aceite este valor será redondeado a 25 kg al mes para facilitar la comparación, lo que significa que este tendría un valor por kg de alrededor de \$342.961,70 COP; como en la actualidad no se tiene un precio definido para el aceite de semilla de mango en Colombia, es necesario comparar el costo obtenido con productos importados cuyas cotizaciones se encuentran en el Anexo B; para un mejor entendimiento se presentan esta comparación en la tabla 15.

Tabla 15. Comparación de costos del aceite de semilla de mango

Tipo de aceite	Cantidad cotizado (kg)	Costo por 25 kg (COP)	Costo por la importación (COP)	Costo por kg (COP)
Trabajo actual	25	8'574.042,55	No aplica	342.961,70
Cotización 1	25	4'237.087,32	5'762.438,76	230.497,55
Cotización 2	25	7'785.460,8	10'588.226,7	423.529,07

Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en la tabla anterior el proyecto sería viable comparándolo con las cotizaciones presentadas, es importante mencionar que las cotizaciones que se presentan no son aceites obtenidos por el mismo método desarrollado en este trabajo, otro factor importante es que la cotización 1 fue realizada para que el producto llegara a Estados Unidos debido a que el proveedor no tiene precios para Colombia por esto se presenta un costo inferior comparada con la cotización 2 que si fue realizada para Colombia. Analizando la tabla 15 se evidencia que, aunque el costo de operación de un mes supera el costo de la compra inicial a los proveedores este se ve afectado por el porcentaje que se debe pagar por la importación, cuando este se aplica se observa que en relación a la cotización 2 que es la enfocada en Colombia el proceso presentado en este trabajo presenta mejores costos ya que el valor por kg es inferior a de la importación.

5. CONCLUSIONES

- La extracción con solvente del aceite de semilla de mango por el método solxhlet garantiza la no desnaturalización de las materias trabajadas ya que este permite tener un control durante el proceso, más concretamente el manejo de la temperatura, el aceite obtenido según la literatura es semisólido color hueso con elevados niveles de antioxidantes, vitaminas A y E
- Si se procesan aproximadamente 800 kg de semilla de mango a la semana se logra obtener teóricamente 6,48 kg de aceite a la semana
- A través del diseño conceptual básico se logró determinar que es necesario el uso de cinco equipos los cuales son horno de secado, molino de acero inoxidable, extractor por arrastre de vapor, un chiller para enfriamiento y un filtro de bolsa que tienen un valor de \$77'214.288,21COP siendo este la inversión inicial del proyecto
- El costo del proceso durante un mes de producción es de aproximadamente \$8'574.042,55 COP, este valor es la suma de los costos energéticos de cada equipo, el consumo de agua y solvente de cada una; aquí no interviene el costo de la mano de obra ya que no estaba contemplada dentro del trabajo.
- El proceso es viable teóricamente ya que el costo por kg de aceite producido al mes es de \$342.961,70 COP, siendo este inferior al costo por kg de la cotización 2, aunque los aceites importados tienen un método de obtención diferente al presentado en el trabajo.

6. RECOMENDACIONES

- El proceso de desarrollo de este trabajo fue a lo largo del año 2020 en Colombia, lo que significa que este documento se elaboró en la época del Covid-19, dado a esto este proyecto solo fue realizado de forma teórica sin opción de experimentación por tal motivo se basó netamente en bibliografías para dar solución a los objetivos planteados, por esto si se desea dar una continuación a este trabajo se recomienda realizar un desarrollo experimental para corroborar los resultados expuestos.
- Si se continúa con este trabajo de forma teórica se recomienda realizar el balance de masa para la continuación del proceso a partir de las pérdidas generadas en la molienda y la filtración y desarrollar los pasos siguientes al diseño conceptual básico referentes al escalamiento del proceso; pero si se continúa este trabajo basándose en datos experimentales se recomienda realizar el diseño conceptual básico con equipos de mayor capacidad para determinar si se produce una reducción en el tiempo de producción.
- Si se desea ir un poco más con este proyecto se recomienda realizar la experimentación con la pepa del mango al aceite posteriormente realizar un producto farmacéutico para corroborar los datos bibliográficos que se encuentran en este trabajo.
- Al llevar este trabajo un poco más allá se recomienda realizar más parámetros fisicoquímicos con el fin de detallar la materia prima que se va a utilizar.
- Llevando este trabajo un poco más allá se recomienda realizar pruebas de calidad como el índice de yodo para certificar que el producto está en óptimas condiciones.

BIBLIOGRAFIA

ACUEDUCTO. Agua y alcantarillado de Bogotá. “Resolución 1035 de 29 de octubre de 2007”.2011. disponible en: https://www.acueducto.com.co/html/resources/tarifas/Res1049_2011_TarBog.pdf

ALFONSO, Jose. “Prácticas con técnicas instrumentales de análisis físico-químico en laboratorios industriales”. Universidad Politécnica de Madrid. 2016. Disponible en: http://oa.upm.es/42341/1/JOSE_VICENTE_ALONSO_FELIPE.pdf

ALIBABA. Air Cooled Chiller. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/XC-05ACI-Good-Reputation-HighPerformance_60589201557.html?spm=a2700.7724838.2017115.43.14622063fjzm3H

ALIBABA. Bag Filters. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/All-Types-Bag-FiltersFactory_60617080226.html?spm=a2700.7724838.2017115.136.14622063fjzm3H

ALIBABA. Essential oil distillation device Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/Essential-oil-distillation-device_60685438464.html?spm=a2700.details.deiletai6.1.4eb074fdei0HeG&bypass=true

ASOCIACIÓN HORTOFRUTÍCOLA DE COLOMBIA. Revista “Frutas & Hortalizas”. 2012. Disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Revista/Revista25.pdf>
ASOHOFRUCOL CORPOICA. “Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del Tolima”. 2013. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf

AVENDAÑO, Maria; BUELVAS, Gustavo; CASTRO, Margarita; MEJIA, Carlos. “Alternativas agroindustriales del mango criollo”. sena. 2017. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4173/1/alt_agroindustriales_mango_criollo%20%281%29.pdf

AZUOLA, Rocío; VARGAS, Pedro. “Extracción de sustancias asistida por ultrasonido”. (EUA). 2007. Disponible en: http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/viewFile/449/377

BENTON, Jane; “Los carbohidratos y el azúcar” KidsHealth 2017. Disponible en: <https://kidshealth.org/es/parents/sugar-esp.html?view=ptr&WT.ac=p-ptr>

BERMÚDEZ, Carlos; GARCÍA, Pedro; GAYTAN, Timoteo; LIMON, Pablo; SANDOVAL, J; PIÑA, Eduardo. “Evaluación y selección de diseño conceptual de dispositivo para embutido cilíndrico de láminas metálicas”. Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, México. 2018. Disponible en: http://somim.org.mx/memorias/memorias2018/articulos/A1_29.pdf

BONILLA, J; BUGARIN, J; GUZMÁN, O; LEMUS, C; LY, J. “Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México”.2013. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193029230009.pdf>

BROSSARD, Cecilia; FERRARI, Roseli; PIGHINELI, Ana; JIN, Kil. “Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatropa (*Jatropha curcas* L.)” 2010. Disponible en: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/91021/1/2-s2.0-77953058389.pdf>

CABALLERO, Yohasky; RODRIGUEZ, María. “Obtención de aceites esenciales a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) mediante técnica de destilación por arrastre de vapor”. Universidad de San Buenaventura. 2014. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/2599/1/Obtenci%C3%B3n%20de%20aceites%20esenciales%20a%20partir%20de%20c%C3%A1scara%20de%20mango_Yohasky%20Caballero_USBCTG_2015.pdf

“Capítulo 1: Fundamentos de procesos de destilación”, disponible en: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_188_184_136_1785.pdf

CHAUR BERNAL, J. “Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: Un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa”. Universidad Politécnica de Cataluña. 2004 , Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94147>

CARRERA, Alcibiades; DELVALLE, Mark; GIL, Ramón. “Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas”. *Agronomía tropical* Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100006

CHAPARRO, S; LARA, A; SANDOVAL, A; SOSA, J; MARTINEZ, J; GIL, J. “Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.)”. *Revista Ciencia en Desarrollo*, Vol. 6 No. 1 ISSN 0121-7488 2015. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/3651/3229

CONSEJO COLOMBIANO DE SEGURIDAD “Guía 1” Disponible en: <https://www.myonu.com/documentos/Guia-manejo-ACETONA.Consejo-Colombiano-Seguridad.pdf>

Contexto ganadero. “¿De qué se trata la proteína verdadera y en qué se diferencia de la cruda?” Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/de-que-se-trata-la-proteina-verdadera-y-en-que-se-diferencia-de-la-cruda>

CORONEL, Juan; PÉREZ, Luis.” “Colección de Tablas, Gráficas y Ecuaciones de Transmisión de Calor”.Universidad de Sevilla.2016. Disponible en http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf

CUBIDES, Johanna; MALLAMA, Richard. “Diseño conceptual de una planta piloto para el proceso de refinación de aceite crudo para uso alimenticio”. Fundación universidad de América. 2017. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6596/1/6121955-2017-2-IQ.pdf>

DINERO. “Los costos y el tiempo que tarda importar y exportar una mercancía en Colombia”.2020. Disponible en: <https://www.dinero.com/economia/articulo/costos-y-tiempo-que-tarda--importar-y-exportar-una-mercancia-en-colombia/250158>

ENEL, CODENSA. “Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh)”. 2020. Disponible en: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espac3%B1ol/personas/1-17-1/2020/Tarifario-enero-2020.pdf>

“Extracción química orgánica i-2020”. Ingeniería química. Universidad nacional de la Plata. 2020. Disponible en: https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/U0904/descargar.php?secc=0&id=U0904&id_inc=48292

FLOREZ, Andres; YESPES, Maria. “Diseño conceptual de un proceso de producción de colorante en polvo a partir de la semilla de aguacate”. Universidad EAFIT. 2007. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/353/AndreaCarolina_FlorezGalvis_2007.pdf;jsessionid=881D485905A61739A39CD885C8CD8F6B?sequence=1

GALAN SAUCO Victor. “El cultivo del mango” 2009. segunda edición. Disponible en: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=nBpfAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=que+es+el+mango&ots=HYw6RWLkuO&sig=6_KXowCn70v-wUXpwE5LXmFAWFA&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20el%20mango&f=false

GARCÍA, Omar; INFANTE, Ramon; RIVERA, Carlos; “Hacia una definición de fibra alimentaria” 2008 Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005

GIL, Edison; SAEZ, Alex. "Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía "cero emisiones"" Universidad ESFIT. 2005. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/cuadernosinvestigacion/article/download/1363/1234/0>

GONZÁLEZ, Angela. "Obtención de aceites esenciales y extractos etanolicos de plantas del Amazonas". Universidad nacional de Colombia. 2004. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreaagonzalezvilla.2004.pdf>

GONZALEZ, Carmen; "5. El pH", Colegio De ciencias agrícolas. 2011. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLObj-862/maguaph.pdf>

GONZÁLEZ, Yudith; MARTÍNEZ Yunier; VÉLIZ, Marly. "Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales" Universidad de Oriente, Cuba. 2019. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2060/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=d3282099-de29-4986-a5d6-73bd06509859%40sdc-v-sessmgr01>

GUARNIZO, Anderson; MARTINEZ, Pedro. "Experimentos de Química Orgánica. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283643325_Experimentos_de_quimica_organica_con_enfoque_en_ciencias_de_la_vida

HORVÁTH, Imre. "On some crucial issues of computer support of conceptual design". Product Engineering. Springer. 2005. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226491154_On_some_Crucial_Issues_of_Computer_Support_of_Conceptual_Design

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p

JIMÉNEZ, D.; José A., MORA, M., Juan. El cultivo del mango. Universidad Earth. 2003. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Mango/mango.htm>

LÓPEZ, Martha; SANDOVAL, Angélica; VALENCIA, Jorge. "Características fisicoquímicas de la grasa de semilla de veinte cultivares de mango (Mangifera indica L.) en Colombia". 2016. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v38n1/0100-2945-rbf-38-1-10.pdf>

LÓPEZ MALO, A; PEREDO, H.; PALOY GARCIA, E. "Aceites esenciales: métodos de extracción". Universidad de las Américas Puebla.2009. Disponible en: [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf)

MÁRQUEZ B. "Cenizas y grasas". universidad nacional de san agustin. 2014 Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARÍN, Lusiana; OROPEZA, Yolfre; ROJAS, Angel. "Extracción del aceite de la semilla de mango utilizando solventes organicos".2010. Disponible en: https://www.academia.edu/23058298/EXTRACCI%C3%93N_DEL_ACEITE_DE_LA_SEMILLA_DE_MANGO_UTILIZANDO_SOLVENTES_ORG%C3%81NICOS?auto=download

MARTÍNEZ, Alejandro. "Aceites esenciales". Universidad de Antioquia.2003. Disponible en: http://www.medinformatica.com/OBSERVAMED/Descripciones/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf

MARTÍNEZ, Enrique. "Definiciones de humedad y su equivalencia". Centro Nacional de Metrología, División de Termometría. Disponible en: <http://www.cenam.mx/dme/pdf/TM02.pdf>

MEDRANO, Ignacio; CAMPOS, Ma. de Jesus; PADILLA, Ma del Carmen; VILLANUEVA, Socorro. "Introducción a la tecnología del mango" Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/388/1/Libro%20Mango.pdf>

MINAGRICULTURA. "Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del Tolima". 2013. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf

MONTOYA "Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero". Universidad nacional de Colombia. 2010. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>

MOYA, Daniela. "Desarrollo de un proceso para el aprovechamiento de los residuos de la industria despulpadora de mango". universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2017. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2674/DESARROLLO%20DE%20UN%20PROCESO%20PARA%20EL%20APROVECHAMIENTO%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20DE%20LA%20INDUSTRIA%20DESPULPADORA%20DE%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OLVERA, Miguel; MARTINEZ, Carlos, REAL Elizabeth. "MANUAL DE TECNICAS PARA LABORATORIO DE NUTRICION DE PECES Y CRUSTACEOS". Disponible en: <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S03.htm#TopOfPage>

PALMBERG Christel” Especies frutales forestales. FAO”.1982. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=oJ72cwAYnkC&printsec=frontcover&dq=cu+antas+especies+hay+de+mangifera&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjwjaqhb7IAhVxUd8KHWRkCXoQ6AEILTAB#v=onepage&q&f=false>

RAMIREZ, Raul; QUIJADA, Osmar; CASTELLANO, Gladys; BURGOS, Maria; CAMACHO, Ramon; MARIN Carlos. “CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE MANGO (Mangifera indica L) EN EL MUNICIPIO MARA EN LA PLANICIE DE MARACAIBO”. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81315091002.pdf>

RODRÍGUEZ, J.; MALDONADO, J.; MURO M.; MIRANDA L. “Índice de saponificación de cinco mantecas determinado mediante un micro método” Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/10/161.pdf>

ROJAS, Angel ; MARÍN, Luisana; OROPEZA, Yolfre. “Extracción Del Aceite De Semilla De Mango Utilizando Solventes Orgánicos”. El Tigre, Estado Anzoategui.: ministerio del poder popular para la educación, 2010. Disponible en: https://www.academia.edu/23058298/EXTRACCI%C3%93N_DEL_ACEITE_DE_LA_SEMILLA_DE_MANGO_UTILIZANDO_SOLVENTES_ORG%C3%81NICOS

SAMILLÁN, Victoria; SECLÉN, Oscar; SEMINARIO, Gloria. “Determinación de pH y acidez titulable en los alimentos”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2012. Disponible en: https://www.academia.edu/22698699/._DETERMINACI%C3%93N_DE_PH_Y_ACIDEZ_TITULABLE_EN_LOS_ALIMENTOS

SERGET Eduardo. “El cultivo del mango (Mangifera indica L)” Universidad central de Venezuela consejo de desarrollo científico y humanístico.1999. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=wjkAXsaeSg0C&pg=PA196&dq=partes+del+mango+fruta+mangifera&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiCtPyIhtHIAhXDrVkkHU88BXMq6AEIKTAA#v=onepage&q&f=false>

SENA “Generalidades de los aceites esenciales” Sena. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/441426526/MF-AA1-Generalidades-de-los-aceites-esenciales-pdf>

SENA. “Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas”. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf

STASHENKO, E. (2009). Aceites esenciales. Santander: Universidad Industrial de Santander, Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales Cenivam y Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación Colciencias. Disponible en: <http://quimica.uis.edu.co/portalanterior/investigacion>

TORO, Daniel; "Formulación - Grados Brix - Rendimiento" 2014 Disponible en: <https://aarmandoecologia.jimdofree.com/app/download/14125006430/Formulaci%C3%B3n+grados+Brix.pdf?t=1527129578>

THARANATHAN, R.N; YASHODA, H.M; PRABHA, T.N. "Mango (*Mangifera indica* L.), "The King of Fruits"—An Overview". Food Reviews International. 2007. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559120600574493?scroll=top&needAccess=true>

UNAM. "Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos". 2008. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf

Universidad Católica Andrés Bello. Escuela de Ingeniería industrial. Guayana. Disponible en: http://guayanaweb.ucab.edu.ve/tl_files/ingenieria_industrial/files/laboratorios/Semana%20N%203pract_03_dest_vino.pdf 47 Acueducto de Bogo

USAQUÉN, M. José; ZAFRA, M. Alejandra. "Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio". Fundación universidad de América. 2018. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

LEGISCOMEX. variedades de mango. 2014. Disponible en: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/informe-sectorial-mangos-mexico-2014-variedades-1-rci285.pdf>

ANEXO A
SELECCIÓN DE LOS SOLVENTES PARA LA EXPERIMENTACIÓN, MATRIZ DE COMPARACIÓN

Solvente a utilizar	
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	
Punto ebullición (°C)	78
Punto de inflamación (°C)	17
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$4.976
Riesgo	“Si se presenta ingesta de más de 10,47 mg/kg podría presentarse un cuadro de náusea y vómito. Por inhalación podría irritar las mucosas y si se expone a contacto cutáneo directo prolongadamente existe el riesgo de contraer dermatitis debido a las propiedades desgastantes del producto. En contacto con los ojos puede producir enrojecimiento, sensación de quemazón y hasta ceguera. Aunque su principal peligro es su alta inflamabilidad.” ⁶²
Acetona (CH ₃ COCH ₃)	
Punto ebullición (°C)	56.2
Punto de inflamación (°C)	<-20
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$403.903
Riesgo	“Sustancia altamente inflamable (en estado líquido o vapor), provoca irritación ocular grave y adicionalmente somnolencia o vértigo. Después de exposición repetida, puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. Es necesario almacenar el producto en un recipiente cerrado herméticamente y en un lugar bien ventilado.” ⁶³
Butanol ((CH ₃) ₃ COH)	
Punto ebullición (°C)	81-83
Punto de inflamación (°C)	14
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$734.369
Riesgo	“Es necesario mantenerlo alejado de calor directo o superficies calientes, así como de chispas, llamas abiertas o cualquier fuente de ignición. Requiere ser

⁶² Ficha de seguridad del Etanol. Merck Millipore.pdf

⁶³ Ficha de seguridad Acetona. Merck Millipore.pdf

	almacenado en un lugar fresco y bien ventilado. Sustancia altamente irritante, puede causar parálisis respiratoria, somnolencia, vértigo, narcosis, náusea, vómitos y efectos sobre el sistema nervioso central.” ⁶⁴
Ácido acético (CH₃COOH)	
Punto ebullición (°C)	118
Punto de inflamación (°C)	40
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$389.897
Riesgo	“Es una sustancia inflamable, corrosiva y puede ser nociva si se absorbe a través de la piel. Causa severa irritación y hasta quemaduras de piel. Si se inhala, generará irritación severa en la nariz y garganta y vías respiratorias. Si se ingiere causaría quemaduras e inflamación de boca, abdomen y demás partes del tracto digestivo. Puede resultar en vómito con sangre y daño en los riñones. Evitar fuentes de ignición y calor.” ⁶⁵
Éter etílico (C₄H₁₀O)	
Punto ebullición (°C)	34.6
Punto de inflamación (°C)	-45
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$271.035
Riesgo	“Es un líquido muy volátil e inflamable, forma peróxidos explosivos en presencia de aire. Debido a lo bajo de su punto de autoignición puede generar electricidad estática y generar incendios o explosión. Se considera medianamente tóxico, podría causar síntomas de narcosis y anestesia, vómitos, dolor de cabeza y pérdida de conciencia.” ⁶⁶
Éter de petróleo	
Punto ebullición (°C)	40 – 80
Punto de inflamación (°C)	<- 30
Costo $\frac{COP}{gal}$	\$552.669
Riesgo	“Mezcla de diferentes hidrocarburos, líquido y vapores extremadamente inflamables. Podría llegar a ser mortal en caso de ingestión o penetración al

⁶⁴ Hoja de seguridad de la Acetona. Merck Millipore.pdf

⁶⁵ Hoja de seguridad del Ácido Acético. Pontificia Universidad Javeriana.pdf

⁶⁶ Hoja de seguridad del Éter Etílico. Merck Millipore.pdf

	organismo de un ser humano por vía respiratoria. También provoca irritación cutánea, en baja cantidad puede provocar somnolencia y vértigo y se sospecha que perjudica la fertilidad y provocar daños severos en órganos del sistema nervioso central” ⁶⁷
--	--

Matriz de comparación ⁶⁸

Compuesto	Riesgo salud	inflamabilidad	Reactividad	Corrosivo	Total
Etanol	0	3	0	NO	3
Acetona	1	3	0	NO	4
Butanol	3	3	0	SI	4
Ácido acético	3	2	0	SI	5
Éter etílico	1	4	0	NO	5
Éter de petróleo	1	4	0	NO	5


⁶⁷ Hoja de seguridad del Éter de Petróleo. Merck Millipore.pd

⁶⁸ Usaquen M, Zafra M “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE MANGO A NIVEL LABORATORIO”






ANEXO B

COTIZACIONES DE 25 KG DE ACEITE DE SEMILLA DE MANGO

Cotización 1



Ver imagen más grande

Compartir

Listo para enviar
En stock
Envío rápido

Aceite de semilla Negro venta al por mayor de aceite de ricino aceite de semilla de mango

	2-99 Kilogramo/s	100-999 Kilogramo...	>=1000 Kilogramo/s
	US\$ 30,00	US\$ 20,00	US\$ 15,00

PESO NETO:	15mL	US\$ 30,00	- 0 +
	30mL	US\$ 30,00	- 0 +
	50mL	US\$ 30,00	- 0 +
	100mL	US\$ 30,00	- 0 +
	200mL	US\$ 30,00	- 0 +
	Otros	US\$ 30,00	- 0 +
	180 KG	US\$ 30,00	- 0 +
	25 KG	US\$ 30,00	- 25 +

25 Kilogramo/s **US\$ 750,00**

Enviar a United States por Express ... **US\$ 352,00**


Plazo de entrega **2 días** ⓘ

Tiempo de envío **3-15 días** ⓘ

Total **US\$ 1.102,00**

“Aceite de semilla Negro venta al por mayor de aceite de ricino aceite de semilla de mango”. Consultado en (06/08/20) Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/black-seed-oil-wholesale-black-castor-oil-mango-seed-oil-62419829286.html?spm=a2700.8699010.normalList.20.47003561w3v9gR>

Cotización 2





Fuente de la fábrica orgánico prensado en frío de aceite de semilla de Mango Natural 100% puro

1-24 Kilogramo/s **US\$ 25,00** >=25 Kilogramo/s **US\$ 22,00**


PESO NETO: 1 KG US\$ 22,00 25

Garantía comercial Protege tus pedidos de Alibaba.com

Pago: **VISA**  **Online Bank Payment** **T/T** **Pay Later** **WesternUnion** **WU** 

Logística de Alibaba.com · Soluciones de inspección · Servicio integral

[Ver imagen más grande](#)



25 Kilogramo/s **US\$ 550,00**

Enviar a [Colombia](#) **US\$ 1.530,00**
por [Express FedEx I...](#)

Plazo de entrega 7 días ⓘ

Tiempo de envío 4-15 días ⓘ

Total **US\$ 2.080,00**

[Iniciar pedido](#)

“Fuente de la fábrica orgánico prensado en frío de aceite de semilla de Mango Natural 100% puro” Consultado en (06/08/20) Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/factory-supply-organic-cold-pressed-mango-seed-oil-100-pure-natural-62456222883.html?spm=a2700.8699010.normalList.17.47003561w3v9gR>