

DISEÑO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL CON BASE AL
APROVECHAMIENTO DE LA SEMILLA DEL AGUACATE UTILIZANDO DIFERENTES
ESPECIES

JOSÉ ALEJANDRO SEGURA GALVIS

Proyecto integral de grado para optar al título de

INGENIERO QUÍMICO

Director

Iván Ramírez Marín

Dr. ing. Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del presidente del jurado

Nombre
Firma del jurado

Nombre
Firma del jurado

Bogotá D.C, junio del 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaría General

Ing. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido a DIOS y a mi familia por siempre estar ahí en los momentos más complejos durante el desarrollo de mi carrera, también a mis maestros y a todos los que hicieron parte de mi desarrollo profesional y además a la Fundación Universidad de América por darme la posibilidad de ser parte de ella.

José Alejandro Segura Galvis

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a DIOS por ser esa ancla espiritual que siempre estuvo ahí de manera directa en el desarrollo de mi formación profesional.

También quiero agradecer a mi tía Angela Adriana Segura Galvis por ser la persona que me otorgó la oportunidad de poderme formar profesionalmente, por ser cómo una madre y padre a la vez y porque siempre confió en que podía desarrollar mis objetivos.

También quiero agradecer a mi mama Aura Alicia Segura Galvis por ser una gran madre y exigirme al máximo para que yo pudiera concretar esta carrera y también quiero agradecer a mi abuelita Mariela Galvis de Segura por estar siempre al lado mío atendiéndome con mucho cariño. Y finalmente quiero agradecer a mi amigo Andrés Felipe Pérez López, por ayudarme durante todo el proceso de formación y por su apoyo incondicional.

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.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1. Antecedentes de la producción y comercialización del aguacate en Colombia	18
1.2. Taxonomía del aguacate	21
1.3. Fisiología del aguacate	23
1.4. Composición química del aguacate	24
1.5. Propiedades fisicoquímicas de la semilla del aguacate	25
1.6. Definición de un aceite esencial	26
1.7. Métodos de extracción	28
1.7.1. <i>Extracción por prensado</i>	28
1.7.2. <i>Centrifugación</i>	30
1.7.3. <i>Extracción asistida por microondas(mae)</i>	31
1.7.4. <i>Extracción por ultrasonido</i>	31
1.7.5. <i>Destilación por arrastre de vapor</i>	32
1.7.6. <i>Extracción con solventes</i>	33
1.7.7. <i>Método soxhlet</i>	33
1.7.8. <i>Método por fluidos supercríticos</i>	34
1.7.9. <i>Método mecánico con enzimas en frío</i>	34
1.7.10. <i>Método por hidrólisis alcalina</i>	35
1.8. Características generales del aceite de aguacate	35
1.9. Normas técnicas Colombianas para el cálculo de propiedades físicas y química de los aceites esencial	37
1.9.1. <i>Propiedades físicas</i>	37
1.9.2. <i>Propiedades químicas</i>	38
1.10. Caracterización física de la semilla de aguacate	39
1.10.1. <i>Tamaño de partícula</i>	39
1.11. Importancia de los aceites esenciales	40

2.	SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS SEMILLAS DE AGUACATE HASS CRIOLLO Y LORENA	43
2.1.	Parámetro de selección de método de extracción	43
2.2.	Selección de los solventes para la extracción del aceite esencial	56
2.3.	Extracción del aceite	65
2.3.1.	<i>Metodología</i>	65
2.3.2.	<i>Etapa 1</i>	67
2.3.3.	<i>Etapa 2</i>	72
2.3.4.	<i>Etapa 3</i>	81
2.4.	Análisis de resultados	84
3.	PROPUESTA: DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN A NIVEL PLANTA PILOTO Y COSTOS DE OPERACIÓN	88
3.1.	Descripción general del proceso	88
3.2.	Balances de masa	91
3.2.1.	<i>Balance de masa proceso de lavado y descarillado</i>	92
3.2.2.	<i>Balance de masa para el proceso de secado y posterior lavado con ácido cítrico</i>	93
3.2.3.	<i>Balances de masa proceso de secado 2</i>	94
3.2.4.	<i>Balance de masa de molienda y tamizaje</i>	95
3.2.5.	<i>Balance de masa del proceso de extracción</i>	95
3.2.6.	<i>Balance de masa de filtrado.</i>	96
3.2.7.	<i>Balance de masa del proceso de destilación</i>	96
3.3.	Diagrama de Gantt	97
3.4.	Selección de equipos.	98
3.4.1.	<i>Cuarto de refrigeración para almacenamiento de materia prima</i>	98
3.4.2.	<i>Cuba de turbulencia laminada</i>	99
3.4.3.	<i>Descascarillador de paso simple</i>	101
3.4.4.	<i>Secador</i>	103
3.4.5.	<i>Molino de martillo con tamiz</i>	104
3.4.6.	<i>Equipo industrial de extracción</i>	107

3.4.7.	<i>Filtro</i>	109
3.4.8.	<i>Destilador</i>	111
3.4.9.	<i>Tanque de almacenamiento</i>	112
3.4.10.	<i>Consumo energético de los equipos</i>	113
3.5.	Matriz de ubicación	114
3.5.1.	<i>Tolima</i>	115
3.5.2.	<i>Cundinamarca</i>	118
3.6.	Tratamiento de residuos generados por la planta productora de aceite esencial de la semilla de aguacate (<i>var hass</i>).	121
3.7.	Costos de operación de la planta	123
3.7.1.	<i>Costos de equipos, nóminas de los empleados, materias primas y transporte.</i>	123
3.7.2.	<i>Economía de la industria productora de aceites esenciales a partir de la semilla del aguacate</i>	129
3.7.3.	<i>Evaluación financiera</i>	132
4.	CONCLUSIONES	135
	BIBLIOGRAFÍA	138
	GLOSARIO	150
	ANEXOS	151

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Producción nacional por departamentos(Toneladas).</i>	19
Figura 2. <i>Gráfica dinámica sectorial aguacate Hass.</i>	21
Figura 3. <i>Fisiología del aguacate.</i>	24
Figura 4. <i>Terpenos</i>	27
Figura 5. <i>Estructura química del hexano.</i>	58
Figura 6. <i>Diamante de seguridad hexano.</i>	58
Figura 7. <i>Estructura química ciclohexano</i>	60
Figura 8. <i>Diamante de seguridad del ciclohexano</i>	61
Figura 9. <i>Estructura química del etanol.</i>	63
Figura 10. <i>Diamante de seguridad etanol</i>	63
Figura 11. <i>Diagrama de flujo para la metodología de extracción.</i>	66
Figura 12. <i>Semilla de aguacate variedad (Lorena) sin mesocarpio.</i>	68
Figura 13. <i>Limpieza de las semillas de aguacate en solución de ácido cítrico (C6H8O7) a 1%.</i>	69
Figura 14. <i>Molino tradicional para grano.</i>	70
Figura 15. <i>Almacenamiento de la materia prima.</i>	71
Figura 16. <i>Etapas 2.</i>	72
Figura 17. <i>Proceso soxhlet</i>	80
Figura 18. <i>Montaje de extracción soxhlet en cadena.</i>	81
Figura 19. <i>Aceite obtenido en la experimentación variedad Hass y criollo.</i>	83
Figura 20. <i>Montaje de destilación simple</i>	84
Figura 21. <i>Diagrama BFD del proceso</i>	90
Figura 22. <i>Balance de masa de proceso de lavado y descascarillado.</i>	92
Figura 23. <i>Balance de masa para el proceso de secado y posterior lavado con ácido cítrico.</i>	93
Figura 24. <i>Balance de masa proceso de secado 2.</i>	94
Figura 25. <i>Balance de masa del proceso de molienda y tamizaje</i>	95
Figura 26. <i>Balance de masa del proceso de extracción</i>	95
Figura 27. <i>Balance de masa de filtrado</i>	96

Figura 28. <i>Balance de masa del proceso de destilación.</i>	96
Figura 29. <i>Diagrama de Gantt.</i>	97
Figura 30. <i>Cuarto frigorífico o de refrigeración</i>	98
Figura 31. <i>Cuba de turbulencia laminada</i>	100
Figura 32. <i>Descacarillador de paso simple</i>	102
Figura 33. <i>Horno de secado universal BB250A.</i>	104
Figura 34. <i>Molino de martillos</i>	106
Figura 35. <i>Equipo extractor.</i>	108
Figura 36. <i>Filtro prensa FM-18/630-150-HT</i>	110
Figura 37. <i>Equipo de destilacion solventex.</i>	111
Figura 38. <i>Tanque de almacenamiento.</i>	113
Figura 39. <i>Ubicación geográfica de la localización de la planta Mariquita Tolima.</i>	117
Figura 40. <i>Ciudad de mariquita tolima.</i>	118
Figura 41. <i>Localización geográfica de la planta los mártires florida occidental-Bogotá D.C</i>	120
Figura 42. <i>Nómina de los empleados de planta con prestaciones.</i>	127
Figura 43. <i>Valor al por mayor de aceite esencial de la semilla del aguacate variedad.</i>	130
Figura 44. <i>Inversión inicial para el proyecto con respecto a gastos operacionales en el primer año.</i>	132
Figura 45. <i>Diagrama pfd</i>	151
Figura 46. <i>Diagrama planta de aguas</i>	152
Figura 47. <i>Zona de distribucion de materia prima guacamoles listos s.a.s a planta de produccion de aceites esenciales.</i>	153
Figura 48. <i>Tarifas de energia electrica mayo 2022</i>	154
Figura 49. <i>Tarifa consumo de agua 2022</i>	155
Figura 50. <i>Flujos de caja</i>	156

LISTADO DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	<i>Cifras nacionales aguacate Hass.</i>	20
Tabla 2.	<i>Taxonomía del aguacate.</i>	22
Tabla 3.	<i>Composición del aguacate.</i>	25
Tabla 4.	<i>Composición de ácidos grasos (% p/p) para aceite de aguacate.</i>	37
Tabla 5.	<i>Ventajas y desventajas de los métodos de extracción.</i>	43
Tabla 6.	<i>Condiciones de operación para el proceso de extracción por prensado realizados en el fruto de aguacate.</i>	47
Tabla 7.	<i>Condiciones de operación para el proceso de extracción por centrifugación.</i>	48
Tabla 8.	<i>Condiciones de operación para la extracción de aceite en el método de extracción asistida por microondas.</i>	48
Tabla 9.	<i>Condiciones de operación para la extracción de aceite por el método de ultrasonido.</i>	49
Tabla 10.	<i>Condiciones de operación en la extracción de aceite mediante el método de arrastre de vapor</i>	50
Tabla 11.	<i>Condiciones de operación en la extracción de aceite mediante el método de extracción soxhlet.</i>	51
Tabla 12.	<i>Condiciones de operación en la extracción de aceites esenciales mediante el método de fluidos supercríticos</i>	53
Tabla 13.	<i>Condiciones de operación en la extracción por medio del método con enzimas.</i>	54
Tabla 14.	<i>Propiedades físicas del etanol al 95%.</i>	65
Tabla 15.	<i>Diametro de las partículas que se utilizan para la extracción variedades hass, Lorena y criolla.</i>	71
Tabla 16.	<i>Resultados del secado de las semillas de aguacate, variedades: (Hass,Lorena,criollo).</i>	74
Tabla 17.	<i>Porcentajes de error en la determinación de la humedad de las variedades, Hass, Criollo y Lorena.</i>	75

Tabla 18.	<i>Datos obtenidos para determinar el contenido de materia seca en las semillas.</i>	76
Tabla 19.	<i>Resultados obtenidos para la determinación de las cenizas en las semillas de aguacate.</i>	77
Tabla 20.	<i>Condiciones de operación para la extracción.</i>	78
Tabla 21.	<i>Parámetros de la materia prima y de los reactivos.</i>	79
Tabla 22.	<i>Rendimientos obtenidos.</i>	82
Tabla 23.	<i>Flujos de entrada y de salida</i>	91
Tabla 24.	<i>Especificaciones de equipo de lavado</i>	101
Tabla 25.	<i>Especificaciones del descascarillador.</i>	103
Tabla 26.	<i>Especificaciones para el horno secador.</i>	104
Tabla 27.	<i>Especificaciones en el molino de martillo</i>	106
Tabla 28.	<i>Especificaciones del extractor.</i>	109
Tabla 29.	<i>Especificaciones del filtro prensa.</i>	110
Tabla 30.	<i>Especificaciones del equipo de destilación.</i>	112
Tabla 31.	<i>Consumo de energía eléctrica por equipo.</i>	114
Tabla 32.	<i>Matriz de ubicación.</i>	121
Tabla 33.	<i>Costos de los equipos para cada etapa de proceso.</i>	124
Tabla 34.	<i>Costos asociados a la recolección , transporte y almacenamiento.</i>	126
Tabla 35.	<i>Costos de materia prima y reactivos requeridos.</i>	127
Tabla 36.	<i>Consumo de utilidades de servicio.</i>	128
Tabla 37.	<i>Costos de operación totales de la planta.</i>	129
Tabla 38.	<i>Propiedades del aceite vegetal de aguacate.</i>	131

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación tiene como objetivo, la extracción del aceite de las semillas del aguacate de tres diferentes variedades, las cuales fueron seleccionadas a partir de una revisión en la literatura, donde fueron elegidas; la variedad Lorena, Hass y criollo, con base en que dentro de su género (PERSEA AMERICANA MILL) presentan mayor contenido de grasas, terpenos y polifenoles en comparación a las otras variedades.

Con base en esto se planteó un diseño metodológico experimental para la extracción del aceite de las semillas de estas variedades, en donde se implementó la selección del método extractivo y el solvente por medio, de dos matrices de selección cualitativas y mediante revisiones de ensayos que los sustentan. La extracción sólido-líquido se decantó a partir del método soxhlet y mediante el solvente etanol al 95%. Utilizando una relación de 1:10, esta experimentación arrojó rendimientos de: 4.02% en la variedad Lorena, 10.05 % en la variedad Hass y 5.57% en la variedad criolla. Dentro de la experimentación también se analizaron otras propiedades como la humedad, materia seca, cenizas de las semillas.

Con base en la experimentación se planteó una propuesta a nivel planta piloto con los datos extrapolados en un diseño conceptual, en donde se tuvieron en cuenta parámetros como: balances de masa, variables de proceso, propuesta de un equipo por unidad operativa, dimensionamiento de los equipos, consumo energético de los equipos un diagrama de Gantt de tiempos y movimientos , una matriz de ubicación de la planta y por último los costos de operación que implica cada una de estas cosas, el costo de la planta dio un valor neto aproximado a 546.260.916 COP, un TRI del 247 % y finalmente un PRI de 1 año 4 meses y 15 días para la recuperación de la inversión.

Palabras clave: extracción, aceite, terpenos, grasas, soxhlet, rendimiento, planta, semilla, aguacate.

INTRODUCCIÓN

La economía circular es una estrategia que busca innovar en diferentes ámbitos, entre esos los procesos para el cuidado del medio ambiente, específicamente en el ámbito de producción, empaque y manejo integral de residuos orgánicos. El objetivo de estos procesos es la recolección de dichos residuos para que sean aprovechados nuevamente[1]. El biocomercio sostenible es una estrategia que proviene de la economía circular. En el año 2009 Colombia implementó, “el esquema de comités regionales de biodiversidad y competitividad”, conformados por el sistema nacional ambiental (SINA) [2]. El sistema nacional ambiental ha desarrollado proyectos, para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, cuyo objetivo es el desarrollo social y económico de Colombia[3].

La producción de aceites esenciales a partir de los residuos es una gran oferta de nuestro país hacia la industria internacional, debido a la gran variedad agrícola que posee el territorio nacional.

El incremento diario de residuos orgánicos se debe a la alta productividad de aguacate en Colombia. Según el boletín técnico desarrollado el 30 de junio del 2019 por el DANE, en la encuesta nacional agropecuaria(ENA), “el aguacate es el segundo de los vegetales con más producción en Colombia”, cuenta con 63.534 hectáreas por cultivo[4], con rendimientos de 9,4 toneladas/hectárea, lo que equivale a una producción total de 618.996 toneladas por año[5].

Colombia en la actualidad exporta más de 600 variedades de aguacate de diferentes regiones del país, de las cuales son comerciales aproximadamente 10 de ellas. Las más reconocidas en el mercado local son: Lorena, Santana, Choquete, Hass, Reed, Colin Red, comunes, criollos o injertos. El fruto del aguacate, está conformado por: 40.5% pulpa, 25% cáscara y 34.5% semilla.

Según el estudio de *Arias, F., Montoya, C. y Velásquez, O. de 2018*, se estima que Colombia tiene un consumo aparente de aguacates de 6,3 kg per cápita por año, generando aproximadamente 2,1735 kg de residuos de aguacate al año por persona[6].

En la actualidad se están comercializando 643 toneladas de aguacate aproximadamente en la ciudad de Bogotá[7], de los cuales se encuentran concentrados un porcentaje en la empresa de guacamole listo S.A.S de la ciudad de Bogotá, los cuales son proveídos al mes con 153.000 kg de aguacate, lo que genera aproximadamente unos 52.800 kg de semillas al mes con base en el porcentaje de semilla.

Estos residuos son acumulados y almacenados en el relleno sanitario de doña Juana de la ciudad de Bogotá D.C, cuya finalidad es generar contaminantes ambientales. Estudios realizados en Colombia evalúan la composición química de la semilla, para extraer compuestos como: carbohidratos solubles (CHOS), lignina (LG), celulosa y hemicelulosa, los cuales se pueden implementar en la industria alimentaria.

Por otra parte, los residuos se pueden utilizar para la producción de abono casero y/o para alimentos de animales omnívoros. Otras de las opciones que se contemplan con base en estos desechos es la incineración de residuos orgánicos que es una idea planteada por la directora de la UAESP, Beatriz Helena Cárdenas (05-2022), y por la Alcaldía de Bogotá y asegura que no solo reduciría el volumen de desechos que hay en el relleno, sino también para generación de energía térmica.

Con base en la información anterior, se ha planteado la extracción de aceite esencial a partir de la semilla del aguacate de diferentes variedades, partiendo de los residuos producidos por la empresa Guacamole listo S.A.S.

De esta manera se quiere realizar la extracción del aceite proveniente de la semilla, la cual contiene grasas monoinsaturadas, ácido oleico, ácido palmítico y trazas de ácido esteárico, mirístico, linolénico, raquítrico, ácido fólico y glutaniol. Siendo así una excelente fuente de aceite [8].

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un proceso para la obtención de aceite esencial con base al aprovechamiento de la semilla del aguacate utilizando diferentes especies.

Objetivos específicos

- Caracterizar las principales propiedades que tiene la semilla de aguacate para la obtención de un aceite esencial.
- Seleccionar las condiciones de operación y métodos de extracción adecuados para la obtención del aceite esencial en la semilla de aguacate.
- Proponer el Diseño conceptual del proceso de extracción a nivel planta piloto.
- Evaluar los costos de operación que esta supone en la extracción del aceite esencial.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la producción y comercialización del aguacate en Colombia

El aguacate (*PERSEA AMERICANA MILL*) nos ha representado en la historia de Colombiana durante varias décadas, siendo una de las principales fuentes agroindustriales de la economía del país, conformada por: productores, comercializadores e industrias de procesamiento, también el (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA) que regulan el proceso productivo. El cultivo de esta fruta a lo largo del territorio nacional, ha generado variedades diferentes al transcurrir los años, donde las principales que representan a Colombia en el mercado son: Lorena, Santana, Booth-8, Trinidad, Choquete, Hass, Trapo, Reed, Colin Red, criollos o injertos que se derivan de las razas , guatemalteca y mexicana.[9].

En el ámbito internacional Estados Unidos, fue el que mayor crecimiento en producción de aguacate tuvo en el año 2005 hasta el año 2008 con un 51,8%, en segundo lugar, Israel con un 16,9%, en tercer lugar, México con un 11,4% y el cuarto lugar Colombia con un 6,9%. Esto representó para el país en esa época un cupo en el comercio internacional masivo de la fruta, donde la FAO estimó que la exportación fue de 43.2 millones de dólares. Actualmente el mercado ha aumentado la producción debido a la demanda nacional e internacional. [10].

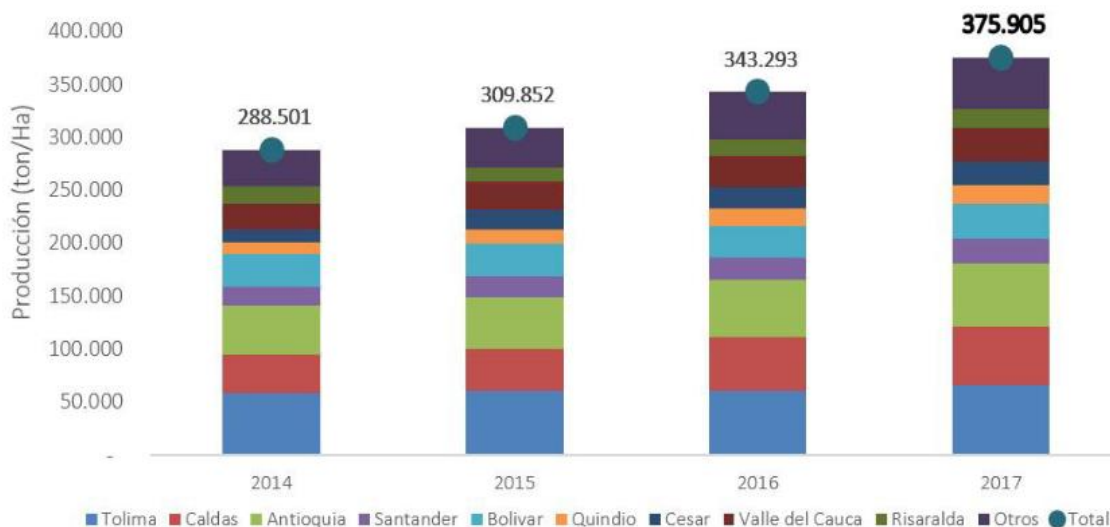
A lo largo del territorio nacional el 86% del total del área sembrada de aguacate en el país , se encuentran distribuidas zonas de cultivo en los departamentos del Tolima (14 mil hectáreas y 90 mil toneladas), Antioquia (9 mil hectáreas y 66 toneladas), Caldas (12 mil hectáreas y 55 mil toneladas), Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca (13 Ton/ha), y Quindío (11 Ton/ha).[5], [9]. Con base en esto el Tolima es el departamento con mayor área productiva de aguacate en Colombia cómo se observa en la (Figura 1).

La balanza comercial del fruto del aguacate para Colombia se ha beneficiado de forma exponencial desde el año 2015 hasta la actualidad. En el año 2017 alcanzaron 28 mil toneladas exportadas con un valor aproximado de 53 millones de dólares, con

destinos a países bajos, España y Reino unido, para ese mismo año las importaciones alcanzaron 133 mil toneladas provenientes de Ecuador [9].

Figura 1.

Producción nacional por departamentos (Toneladas).



Nota. Producción nacional por departamentos(Toneladas). Tomado de :DANE “ Ficha de inteligencia aguacate”, FINAGRO, Colombia, 2018, pp 5 [En Línea]. Disponible: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_aguacate_version_ii_0.pdf [Acceso: ago.17, 2021]

Se estima que en el territorio nacional hay actualmente alrededor de 16.500 productores y aproximadamente 62.000 personas involucradas de forma directa o indirecta en los eslabones de esta cadena productiva.

Con respecto al consumo de aguacate per cápita en Colombia aumentó cerca del 70% en los últimos 5 años, pasando de 6.1kg a 12.3kg/persona al año.

Referente a los cultivos, la variedad Hass representa el 26% del total de área plantada en el país. El 70% del área plantada de esta variedad en el país está en edad productiva y lo restante en etapa de cultivo, esto se ve evidenciado en el aumento paulatino del año 2014 al año 2020 , cómo se observa en la Tabla 1.[11].

Tabla 1.

Cifras nacionales aguacate Hass.

variable	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Área(Ha)	11.000	13.530	16.642	17.474	20.182	20.182	23.815
Área Cosechada(Ha)	4.385	7.429	9.435	11.322	14.843	14.843	16.772
Producción (Ton)	28.503	52.003	70.761	90.574	148.429	148.429	167.724
Rendimiento(Ton/Ha	7	7	8	8	9	10	10

Nota. Cifras nacionales aguacate Hass

Tomado de: "Cadena productiva de aguacate", MINAGRICULTURA, Colombia, 2020, pp 7 [En Línea]. Disponible: _

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf> [Acceso: ago.17, 2021].

Con respecto a las cifras nacionales de producción de aguacate Hass por hectáreas se puede ver un aumento paulatino en la producción desde el año 2015 al año 2020, como se muestran en la figura 2.

Figura 2.

Gráfica dinámica sectorial aguacate Hass.



Nota. Cifras nacionales aguacate Hass gráfica.

Tomado de: FINAGRO "Cadena productiva de aguacate", MINAGRICULTURA, Colombia, 2020, pp 7, [En Línea]. Disponible:

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

[Acceso: ago.17, 2021]

1.2. Taxonomía del aguacate

El aguacate PERSEA AMERICANA MILL es una fruta que presenta una taxonomía amplia, debido a que su filogenia ha sido de gran estudio y experimentación, este tipo de fruta posee en la actualidad más de 50 géneros y cerca de 3000 variedades. Dentro del género PERSEA se han encontrado tres subdivisiones que presentan cada una de ellas más de 150 variedades[5].

Dentro de las razas del aguacate, en Colombia se han encontrado todos los tipos, los cuales son: P. americana var. Drymifolia (raza mexicana), P. americana var. Guatemalensis (raza guatemalteca) y P. americana var. Americana (raza antillana), de estas variedades las más comunes en el territorio nacional son: Eriodaphne (P. caerulea,

P. indica y P. lingue, entre otras), Machilus (P. japonica, P. kobu), y también variedades criollas propias del territorio e híbridos como: Lorena, Santana, Booth-8, Trinidad, Choquete, Hass, Trapo, Reed, Colin Reed. En la tabla 2 se muestra la taxonomía según reino división y subdivisiones[5].

Tabla 2.

Taxonomía del aguacate.

<i>Taxonomía del aguacate</i>	
Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Subdivisión	angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Subclase	Dialypetalae
Orden	Ranales
Familia	lauraceae
Género	Persea americana

Nota. Taxonomía del aguacate. Tomado de: “cultivo del aguacate *Persea americana* Miller” Centea, El Salvador, 2018, [En Línea]. Disponible: https://redib.org/Record/oai_articulo2913633-caracterizaci%C3%B3n-productiva-del-aguacate-persea-americana-mill-en-la-zona-de-alta-monta%C3%B1a-veracruz-m%C3%A9xico [Acceso: ago.19, 2021]

La mayoría de estas variedades dentro del género *Persea* son originarias de América pero se encuentran dispersas desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Chile, sin embargo ahora en la actualidad se encuentran por todo el mundo en casi la mayoría de regiones tropicales, especialmente en Asia, Islas Canarias y una pequeña fracción de África[12].

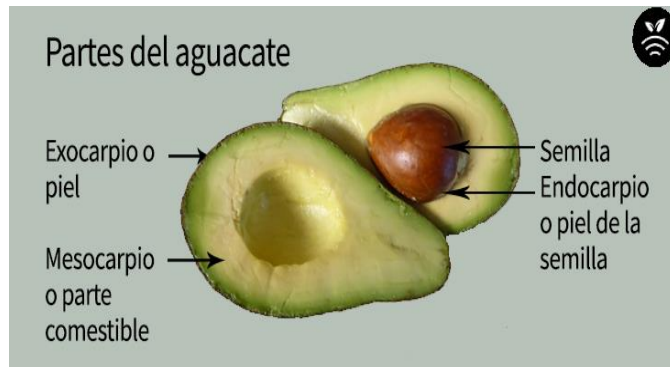
1.3. Fisiología del aguacate

Dependiendo de la variedad del aguacate, las dimensiones formas y tonalidades difieren. De forma general el fruto del aguacate es una baya piriforme, ovalada o redonda de aproximadamente 100 gramos de peso, hay ejemplares que llegan a pesar 2 kilogramos con una longitud de 10 a 13 centímetros. El aguacate presenta una coloración en la corteza que varía desde verde oscuro hasta un verde claro y amarillento, en etapas de maduración varia su coloración a marrón rojizo, purpura o negro. El color de la pulpa varía desde tonos blancos pálidos, pasando por verdes o amarillentos pálidos. Su sabor es similar al de las almendras, nueces o avellanas. La semilla presenta diferentes formas: ovalada, oblata, esferoide o elipsoide, cordiforme (de base aplanada con ápice cónico cuya superficie suele ser lisa o rugosa). La coloración de esta puede ser marfil, amarilla, crema o color rosa [13][14].

El aguacate se encuentra constituido por el endocarpio (semilla), mesocarpio (pulpa), exocarpio (cáscara o piel). El exocarpio es la parte del aguacate que presenta mayor contenido de grasas, vitaminas (Terpenos), proteínas y carbohidratos. La pulpa se compone principalmente de un 70% a un 88% del total de la fruta; en la Figura 3 se muestra la fisiología general del aguacate (*Persea Americana Mill*)[4].

Figura 3.

Fisiología del aguacate.



Nota. Fisiología del aguacate. Tomado de: “El aguacate en España, variedades y cuidados- Riego con sensores/sondas”, España, 2019, [En Línea] Disponible:

<https://es.scribd.com/presentation/310268139/Cultivo-de-palto-pptx>[Acceso: ago.19, 2021]

1.4. Composición química del aguacate

El aguacate está constituido por lípidos como grasas monoinsaturadas, ácidos grasos. Los ácidos grasos en el aguacate se constituyen en saturados con porcentajes entre el 10% al 13.5% y no saturados los cuales corresponden de un 86% al 90%. De forma específica el contenido de compuestos lipídicos derivados de las grasas monoinsaturadas y no saturadas se deriva un 63% hasta un 69% de ácido oleico, 14% de ácido palmítico, lo restante equivale a trazas de ácido esteárico, mirístico, linoleico, y raquíico.

Dentro del aguacate también se encuentran una serie de compuestos que le otorgan propiedades nutricionales. En la Tabla 3, se muestra esta serie de elementos que componen al aguacate. [8], [15][16].

Tabla 3.

Composición del aguacate.

<i>Composición química aproximada de la pulpa de aguacate</i>	
Parte comestible (%)	60
Calorías (cal)	127
Agua (g)	79,7
Proteína(g)	1,6
Grasa(g)	13,3
Carbohidratos(g)	3,0
Fibra(g)	1,6
Cenizas(g)	0,8
Calcio(mg)	10
Fósforo(mg)	50
Hierro(mg)	0,4

Nota. fuente: “EVALUACIÓN Y ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE UTILIZANDO TRATAMIENTO ENZIMÁTICO”, Tomado de: Universidad Nacional, Colombia, 2011, [En Línea]. Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7633> [Acceso: ago.23, 2021]

1.5. Propiedades fisicoquímicas de la semilla del aguacate

La semilla del aguacate representa del 14% al 24% del peso del fruto. En su composición en base natural posee un $56.04 \pm 2.58\%$ de agua, $1.87 \pm 0.31\%$ de lípidos, $1.95 \pm 0.16\%$ de proteína, $1.87 \pm 0.24\%$ de cenizas, $5.10 \pm 1.11\%$ de fibra y $33.77 \pm 2.73\%$ de carbohidratos en base natural. Contiene un 1,87% de aceites, con altos niveles de

proteínas del 9.6%, grasas el 6.7%, aminoácidos, ácido palmítico, fitoesteroles, terpenos y polifenoles con buena capacidad anti oxidativa[17].

1.6. Definición de un aceite esencial

Dentro de esta definición es importante saber la diferencia entre un aceite esencial y un aceite vegetal. Varios autores e investigadores a lo largo de los años los han definido y diferenciado como, A. Bandoni, en el ensayo llamado :”*Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica*”. 2003. , pp 28; donde define un aceite esencial como: “*el aceite esencial es un metabolito vegetal constituido por terpenos y con otros compuestos asociados como polifenoles y flavonoides, que son compuestos volátiles, que generan en conjunto el olor de dicho vegetal*”. Sin embargo un aceite vegetal presenta compuestos lipídicos constituidos principalmente de ácidos grasos o triglicéridos.[18].

Otro autor como G. de J. Montoya Cadavid, en el ensayo «Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero», *Univ. Nac. Colomb.*, vol. 1, pp. 10, 2010, define un aceite esencial como: “la mezcla de varias sustancias aromáticas producidas por las plantas o vegetales, que presentan un nivel de volatilidad alta, producidos por metabolitos secundarios que generan aromas agradables y que su composición es de compuestos orgánicos, de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos. A diferencia de los aceites vegetales que son lípidos con características diferentes en su composición química y estructura física. Sin embargo, los aceites esenciales, al ser diluidos con el aceite vegetal le otorgan un tiempo de vida útil mayor y una practicidad a la hora de emplearse de forma tónica. Ya que los compuestos como polifenoles y terpenos no pueden emplearse directamente en la piel porque ocasionarían irritaciones o alergias. De esta forma se infiere que tanto aceites vegetales como esenciales se complementan para formar una gran sustancia. [19]

Con base en lo anterior de forma objetiva, se define un aceite esencial como un metabolito de las plantas que está constituido en su mayoría por compuestos como: terpenos, terpenoides, compuestos fenólicos y sus derivados, además pueden contener

alcoholes, ésteres ácidos, compuestos con átomos de nitrógeno y azufre (poco frecuentes), entre otros compuestos [20].

Hay que tener en cuenta que el compuesto que se presenta en mayor concentración en un aceite esencial son los terpenos, estos son un tipo de hidrocarburo complejo derivado del isopreno, que se constituye por 5 átomos de carbono, su fórmula general química es $C_{10}H_{16}$ o $(C_5H_8)_n$, dentro de sus propiedades organolépticas, es un líquido con olor fuerte con un nivel de viscosidad medio, este compuesto presenta una presión de vapor alta lo cual hace que sea muy volátil e inflamable. Los terpenos pueden encontrarse en diferentes partes de una planta o vegetal, dependiendo de la especie se pueden encontrar en la corteza o mesocarpio, en las flores, hojas, raíces, frutos, cascara, semilla entre otros. Dentro de sus propiedades, los terpenos poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas debido al contenido de compuestos fenólicos y sus derivados. Con base en estas propiedades estas sustancias se pueden utilizar en industrias como: perfumería, condimentarias y terapéuticas. En la figura 4 se muestra una serie de terpenos que se presentan en algunas plantas:

Figura 4.

Terpenos

TERPENOS	EFFECTOS	SE ENCUENTRA TAMBIÉN EN	BENEFICIOS MEDICINALES
MIRCENO	Sedante, relajante, aumenta los beneficios psicoactivos del THC	Mango, tomillo, cítrico, citronela, hojas de laurel	Antiséptico, antifúngico, antiinflamatorio
CARIOFILENO	No hay efectos físicos notables	Pimienta, madera, especias	Antioxidante, antiinflamatorio, espasticidad muscular, dolor, insomnio
LINALOOL	Sedante y calmante	Lavanda, cítricos, laurel, abedul, palo de rosa	Insomnio, estrés, depresión, ansiedad, dolor, convulsiones
PINENO	Retención de memoria y atención	Pinocha, coníferas, salvia	Antiinflamatorio, broncodilatador
HUMELENO	Inhibe el apetito	Lúpulo, cilantro	Antiinflamatorio, antibacteriano, analgésico
LIMONENO	Eleva el ánimo y alivia el estrés	Cortezas cítricas, enebro, menta	Antidepresivo, ansiolítico, reflujo gástrico, antifúngico

© Copyright Kalapa Clinic 2017

Nota. "Terpenos y sus propiedades terapéuticas | Kalapa Clinic". Kalapa Clinic. [En Línea]. Disponible: <https://www.kalapa-clinic.com/terpenos/> [Acceso: julio.14, 2022].

1.7. Métodos de extracción

Existen diversos métodos de extracción para la producción de aceites esenciales. En este apartado vamos a revisar cada uno de los métodos de extracción teniendo en cuenta las características de los equipos y los acondicionamientos, para el tratamiento de la materia prima a la hora de producir el aceite[21].

Entre los métodos de extracción existen dos tipos, por extracción mecánica y por extracción química, pero dentro de estos también se emplean diseños que combinan los dos.

Para la extracción mecánica se emplea el método de prensado que es tanto continuo como discontinuo, para la extracción química se emplean solventes y superfluidos. A continuación, se va a realizar una descripción específica de cada uno de los métodos.

1.7.1. **Extracción por prensado**

Este método radica principalmente en la separación por compresión de un líquido contenido en un sistema de dos fases. Durante el proceso de extracción se debe permitir que el líquido pueda escapar mediante una pared permeable, mientras que el sólido permanezca retenido entre las superficies de compresión. Este método puede ser implementado en la industria a nivel planta piloto y banco como lo enuncian en el ensayo, J. Bances Piscocoya y W. Rojas Puicon, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite de semilla de maracuyá, por prensado en frío para exportación », *Univ. Nac. Pedro Ruiz Gall.*, p. 92, 2019[22].

En este método se utiliza un dispositivo comprendido por un cilindro metálico con una abertura de aproximadamente 10 cm de altura y 7 cm de diámetro interno, que es perforado con taladros de 2 mm de diámetro tanto en la superficie lateral como en la superficie inferior. La base de este dispositivo es compacta y plana y se desliza a lo largo del cilindro al aplicar presión.

Para el acondicionamiento de la materia prima es requerido realizar una disminución de tamaño de partícula con un molino, hasta un tamaño aproximado de 2-3 mm, adicional a eso dicha materia prima debe pasar a una prensa de tornillo a una temperatura de entre 60-80 °C. Los rendimientos arrojados a partir de este método son muy bajos por lo que no hacen aconsejable la utilización de este método. Sin embargo a lo largo de los años ha mejorado la implementación de este proceso mediante diferentes prensados los cuales son:[23].

El Prensado discontinuo tipo abierto. Este está constituido por 4 columnas verticales que sostienen 4 placas que están distribuidas de forma horizontal, con un espaciamiento de 0.075m a 0.125m, al final hay una placa más dura que posee un vástago que al ser accionado deja caer las placas generando una presión en la materia prima a tratar, causando que el aceite circule hacia una bandeja.

La implementación de este método hace que los aceites esenciales extraídos presenten mejores estándares de calidad, ya que se conservan bien los componentes del mismo, como antioxidantes (Quercetina y Miricetina) y proteínas. [24].

Otro de los métodos derivados de este es el prensado discontinuo tipo cerrado, que es un método que consiste en agregar la materia prima dentro de una jaula diseñada para soportar presiones de hasta 41,19 MPa. El diseño del equipo está basado en dos barras con ranuras muy cercanas entre sí, con el objetivo de que el aceite al ser comprimido a través de este sistema (cilindro émbolo) fluya de forma libre entre los canales interiores. Este tipo de prensas pueden alcanzar presiones más elevadas en comparación con las prensas discontinuas tipo abierto y son ideales para el tratamiento de extracción de semillas que poseen una gran dureza y que tienen gran cantidad de aceite. Al igual que el método discontinuo tipo abierto preserva las propiedades antioxidantes contenidas en el aceite esencial debido a que no se implementa ningún tipo de solvente que degrade estos compuestos. [24].

Otro método derivado de estos es el prensado en frío, el cual consiste en la separación a una temperatura no menor a los 10°C, que mediante el mismo efecto de presión, permita que el líquido salga a la vez que retiene el sólido entre la superficie de compresión. Durante el proceso la fase sólida y líquida son separadas por acción centrífuga[24].

El proceso inicialmente comienza con la maceración de la materia prima o disminución del tamaño de partícula hasta lograr una consistencia homogénea, consecuentemente se debe someter a la acción de prensas hidráulicas, y luego atravesar por una serie de centrifugas. A lo largo de los años este proceso ha tenido hallazgos para mejorar el rendimiento del aceite utilizando enzimas conocidas comercialmente cómo oleazas [15].

El método de prensado en frío dentro de sus ventajas es que no desnaturaliza las proteínas del aceite y no afecta otros compuestos cómo sus vitaminas, ácidos grasos esenciales y antioxidantes naturales. Este método no requiere de ningún tipo de aditivo o solvente. Para que el aceite prensado en frío sea sano debe además proceder de semillas pretratadas de forma adecuada y estar almacenadas en silos provistos de sistemas de aireación que permitan optimizar su conservación y frescura [15].

1.7.2. Centrifugación

Este método de tipo mecánico consiste en la aplicación de fuerzas y velocidades radiales, es realizado en equipos que utilizan la fuerza centrífuga aprovechando la diferencia de densidades entre el agua y el aceite para la obtención del aceite esencial. Las condiciones de operación son a una temperatura de 45°C lo que permite que el aceite extraído no pierda las propiedades nutritivas. Los separadores centrífugos consisten en un equipo que gira a gran velocidad y que puede programarse en revoluciones por minuto. El equipo puede cambiar de dirección y de aceleración cuando la magnitud del vector escalar de la velocidad es constante.

La fracción sólida resultante del proceso se somete a un secado, luego a la extracción con un solvente para determinar la cantidad de aceite que no ha podido ser extraído por el método; y así mejorar el rendimiento. Este método puede realizarse a nivel planta piloto, laboratorio y banca dependiendo el porcentaje de concentración de material que se procesa[25][26].

1.7.3. Extracción asistida por microondas(mae)

Esta técnica ofrece varias ventajas en comparación a otras, como por ejemplo el tiempo de arranque de proceso de extracción, mejor rendimiento en el proceso de calentamiento, alto ahorro de energía y de espacio lo cual indica que es para ensayos a nivel laboratorio y banco[27].

En el proceso de extracción los efectos de la radiación por microondas se basan principalmente en efectos térmicos fisicoquímicos, donde el cambio dieléctrico del campo induce a la rotación y vibración de las moléculas intensificando el movimiento, lo que ocasiona que el contenido de los compuestos que están en las células vegetales sea extraído[28].

1.7.4. Extracción por ultrasonido

Al igual que la técnica de extracción por microondas, esta es utilizada en el pretratamiento de muestras; la cual consiste en el uso de las frecuencias de sonido que van desde 20KHz. La técnica está basada en el fenómeno de cavitación acústica donde a través de las ondas sonoras se genera un corte en la superficie de las partículas que promueve el desgaste, causando así la fractura de las paredes celulares en la muestra vegetal y facilitando la entrada del solvente, esto produce que se libere el compuesto intracelular. Este método utiliza tiempos de extracción reducidos. El montaje puede ser realizado nivel banca y de laboratorio[29]. En la actualidad existen dos métodos para la aplicación de extracción por ultrasonido los cuales son:

1.7.4.a. El contacto indirecto. Este se lleva a cabo a través de un baño en medio líquido que se realiza con frecuencias aproximadas de 20 a 40kHz con salida ultrasónica,

y las variables de temperatura y tiempo se programan a través del panel del equipo. A partir de recipientes se almacena la muestra y el solvente para la extracción; lo que permite irradiar las ondas ultrasónicas que viajan en medio líquido hasta alcanzar el recipiente. Las ondas generan una serie de ciclos de expansión que forman burbujas e inducen una presión. Cuando las burbujas se dispersan generan un colapso capaz de degradar las paredes celulares y extraer el material requerido.

1.7.4.b. El contacto directo. Este consiste en el acople de una sonda que va en contacto directo con la muestra; para generar una potencia mayor que la de contacto indirecto de hasta 100 KHz [30].

1.7.5. Destilación por arrastre de de vapor

Este método pertenece al tipo de método por extracción química. La destilación por arrastre de vapor consiste en vaporizar de forma selectiva el componente volátil de interés en una mezcla, utilizando compuestos no volátiles al inyectar una corriente directa de vapor de agua. El vapor se condensa formando dos fases que no pueden mezclarse entre sí (fases inmiscibles), al condensar la solución, el calor latente de vaporización actúa evaporando la mezcla que se va destilar. Este método se puede implementar a nivel laboratorio, banca y planta piloto[31].

Para poder realizar este proceso es necesario que existan dentro de la mezcla al menos una impureza insoluble en el agua, y por supuesto el compuesto volátil inmiscible; para que los vapores que salen de la cámara extractora se enfríen en un condensador regresando a la fase líquida. Los dos productos inmiscibles agua y aceite finalmente se separan en un dispositivo decantador[32].

Este tipo de destilación se emplea con frecuencia para separar tejidos vegetales de sus aceites esenciales como: hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles que se encuentran en las hojas, cáscaras o semillas de diversas plantas. Esta técnica es utilizada en la industria de la perfumería

debido a su alto rendimiento y al lograr una alta pureza del aceite obtenido; además de ser una tecnología muy práctica[33].

1.7.6. Extracción con solventes

Para el proceso de extracción por solventes se debe primero realizar un pretratamiento de la materia prima, que consiste inicialmente en disminuir el tamaño de partícula del material al que se le va extraer la sustancia a través de un molino.

Este método permite separar los compuestos de la solución de dos líquidos inmiscibles. En principio se debe poner en contacto la sustancia que se va a tratar con un líquido completamente inmisible que sea capaz de extraer por su solubilidad uno o más compuestos. El proceso es mediante una extracción continua y en contracorriente con el fin de que sea eficiente hasta con materiales con muy bajo contenido de aceite.

Este proceso requiere de una purificación para retirar todo tipo de impurezas o remanentes solubles e insolubles contenidos en el producto final (refinación del aceite) mediante una filtración [34].

1.7.7. Método soxhlet

En el método de Soxhlet el componente de interés son los ácidos grasos o terpenos y su solubilidad es la propiedad en la que se basa. Se sabe que las grasas se disuelven en disolventes no polares, como el cloroformo, el hexano, ciclohexano y el éter de petróleo. Cuando un alimento está en contacto con este tipo de disolventes, las grasas muestran tal afinidad, que al disolverse se separan del resto de los componentes, a este principio se le conoce como extracción sólido-líquido. Este método puede implementarse a nivel laboratorio, banco y piloto[35].

El procedimiento de extracción consiste en el llenado de un dedal con la muestra sólida, el cual estará en contacto continuo con el solvente condensado con el fin de separar los componentes solubles o afines al mismo.

El equipo está conformado por:

- un condensador
- un extractor
- un matraz que contiene el solvente.

Una vez caldeado el solvente, los vapores del mismo asciendan a través del tubo lateral externo, luego llegan al condensador donde pasan a fase líquida, y desciendan al extractor de modo que se genere contacto entre el solvente y la muestra, una vez se llene este contenedor intermedio, el equipo hace sifón, vaciando el solvente por el tubo lateral interno hacia el matraz (contenedor de la sustancia oleosa) [28].

1.7.8. Método por fluidos supercríticos

Esta técnica es de las más avanzadas y consiste en la recuperación de compuestos totalmente puros y sin rastro de solventes químicos. Los fluidos supercríticos se basan en utilizar el dióxido de carbono para la extracción de grasas, que luego son sometidas a evaporación al vacío con el fin de limpiar los componentes restantes de dióxido de carbono que se encuentran inmersos aún en el producto. Las condiciones de operación para este método son 81°C, 540 atm y en tiempo, aproximadamente de una hora, este método de extracción se realiza a nivel laboratorio [17].

1.7.9. Método mecánico con enzimas en frío

Este método se basa en la utilización de enzimas que se encuentran en el tejido animal, vegetal o mediante procesos fermentativos utilizando diferentes clases de microorganismos que producen la biomasa deseada para el proceso. Este método según estudios alcanza rendimientos de hasta el 60% en base seca de aceite, utilizando hidrolasas como poligalacturonasa, alfa amilasa y proteasa.

También ha habido estudios donde realizan el proceso de extracción en frío, utilizando mezclas de estas enzimas para ver el rendimiento en producción variando condiciones como el potencial hidronio (pH), temperatura y tiempo generando mejores resultados en algunas extracciones. Este método se realiza a escala laboratorio.[26].

1.7.10. Método por hidrólisis alcalina

Este método está diseñado exclusivamente para la extracción de aceites esenciales del aguacate. Primero se determina la humedad media de la alícuota de pulpa de aguacate, una vez calculado esto, la semilla se muele y se ajusta el contenido de agua de la alícuota de manera que la concentración pulpa seca/ agua sea del 1:6 posteriormente se lleva a un pH de 8.5, agregando NaOH 0.5N y se mantiene aproximadamente durante 30 minutos en un baño maría de 60°C con agitación. Luego se centrifuga a 9000 rpm obteniendo así una fracción sólida y una líquida, que luego será decantada y que contiene el agua de vegetación junto a la añadida y el aceite. Luego de esto la solución obtenida se somete a la decantación separando el aceite que se seca de la fracción de agua, esta luego es llevada a un pH de 4.5 con ácido fosfórico, manteniéndola en baño maría con agitación a 60°C durante 30 minutos donde se obtendrá un precipitado que contiene algunas proteínas.

Este método es aplicado para la obtención de aceite y concentrado proteico de leguminosas, pero no es aconsejable ya que presenta rendimientos bajos y el aceite no queda totalmente puro ya que se presenta trazas de otros compuestos no deseados. [34].

1.8. Características generales del aceite de aguacate

De forma general el rendimiento del aceite del aguacate depende de si el fruto ha permanecido un buen tiempo de formación en su árbol y también si ha estado el tiempo adecuado en etapa de maduración, ya que estos factores hacen que tenga buenas propiedades en el contenido de compuestos para su extracción.

Esta fruta posee una gran fuente en compuestos como terpenos, α -tocoferol, β -sistosterol, ácidos grasos saturados e insaturados y polinsaturados, estos hacen parte de los ácidos orgánicos contenidos en su estructura. Los ácidos grasos son parte de los ácidos orgánicos, estos presentan dentro de su estructura química el grupo funcional carboxílico (COOH) que están presentes en grasas y aceites vegetales.

Los aceites pueden tener uno o más grupos carboxílicos que pueden ser saturados e insaturados, los saturados presentan enlaces simples entre sus carbonos (C-C), los insaturados presentan enlaces dobles o triples ((C=C), (C \equiv C)) de cadena abierta o cerrada y puede presentar otros grupos funcionales como hidroxilo o amino.

Existen aproximadamente 40 ácidos grasos distintos en los aceites vegetales: el ácido palmítico (C16), ácido esteárico (C18), el linoleico, el ácido oleico y araquidónico son los más comunes.

Dentro de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en el aceite de la pulpa del aguacate está, la familia omega 3 omega 6 que se diferencian por la posición del doble enlace con respecto al grupo terminal metilo, los ácidos grasos poliinsaturados que son sintetizados a partir del aceite para regular los niveles de colesterol en la sangre. En la tabla 4 se muestra la composición de ácidos grasos (% p/p) presentes en la pulpa del aceite de aguacate [34].

Tabla 4.

Composición de ácidos grasos (% p/p) para aceite de aguacate.

Ácidos grasos	Aceites	Refinado	Prensado en frío
C16:0	Palmítico	16.3	14.1
C16:1	Palmitoleico	7.7	5.7
C18:0	Estearico	0.6	0.4
C18:1n-9c/t	Oleico	62.7	69.1
C18:2n-6c/t	Linoleico	11.4	9.6
C18:3n-3	Linoleico	0.80	0.3
C: 20:0	Araquidico	0.1	0.1
C: 20:1n-9 c/t	Eicosanoico	0.2	0.2
C22:0	Behenico	<0.1	<0.1

Nota. Taxonomía del aguacate, Tomado de: [Zhong, col., 2007], [En línea].

Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000310.pdf> [Acceso: ago., 2021]

1.9. Normas técnicas Colombianas para el cálculo de propiedades físicas y química de los aceites

1.9.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que se calculan en los aceites, para las pruebas de calidad son; la densidad y el porcentaje de humedad del aceite. Dependiendo de los datos obtenidos se identifica si los aceites cumplen con los estándares establecidos de calidad [26]. A continuación, se van a definir esta serie de propiedades.

1.9.1.a. Densidad. La densidad no es un cálculo que influya en los factores directos de la calidad del aceite, pero si representa las variaciones de polimerización y oxidación dentro del producto obtenido. Esta propiedad intensiva es de gran utilidad para las

transformaciones de masa-volumen ya que es indispensable para el diseño de los equipos y extrapolación a nivel planta piloto. [ICONTEC NTC 336, 2002].

1.9.1.b. Humedad. La humedad mide la cantidad de agua que hay en el aceite, esta condición debe presentar una concentración adecuada ya que si no fuese así puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados generando reacciones de degradación en el aceite. El cálculo consiste en la separación por evaporación del agua que se encuentra en la muestra, trabajado a temperatura de entre 50 y 80 ° C, dependiendo de la influencia de la presión [ICONTEC NTC 287, 2002][36].

1.9.2. Propiedades químicas

Estas propiedades son calculadas para estandarizar el tipo de aceite extraído si es de buena o de mala calidad. Para ello es necesario determinar la cantidad equivalente de compuestos necesarios para reaccionar con los grupos funcionales de los compuestos [26].

1.9.2.a. Índice de yodo. Es el nivel de elementos insaturados que están en el aceite. Este parámetro es directamente proporcional al número de dobles enlaces por unidad de grasa. Este método evalúa la calidad en pureza de las grasas. [ICONTEC NTC 283, 1998][37].

1.9.2.b. Índice de acidez. Es el nivel de ácidos grasos libres presentes en grasas o aceites. Este valor es representado en masa en mg de hidróxido de potasio o sodio que es necesario para equilibrar los ácidos grasos libres, que se encuentran en la grasa del aceite. Este resultado es una prueba de calidad de la materia prima. [ICONTEC NTC 218, 1999][38].

1.9.2.c. Índice de peróxidos. Representa la cantidad de oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Este cálculo permite determinar el estado de oxidación inicial de la

sustancia oleosa que se expresa en miliequivalentes (mEq) de oxígeno activo por kilo de grasa [ICONTEC NTC 236, 1998].

1.9.2.d. Índice de saponificación. Este método mide el nivel de ácidos grasos libres y combinados que hay en las sustancias oleosas y es proporcional a la masa molecular. Este método no representa un estándar de calidad ni la identidad del aceite. De forma química el índice de saponificación representa la cantidad de hidroxilo de sodio o potasio necesario para la saponificación de 1 g de grasa [ICONTEC NTC 335, 1999].

1.9.2.e. Rancidez. Consiste en un análisis cualitativo basado en la reacción de kreiss. Mide la pureza del aceite y determina si ha habido alteraciones químicas o de oxidación con la formación de peróxidos. La prueba se realiza con la reacción del aldehído espihidrinal con la adición de fluroglucinol donde se ve la formación del color rosado. La intensidad de color rosado en la capa acuosa es proporcional al enranciamiento oxidativo. El resultado de la prueba es positivo o negativo [ICONTEC NTC 219, 1998][39].

1.10. Caracterización física de la semilla de aguacate

Para esta caracterización es requerido conocer la materia prima y las propiedades físicas y químicas que la componen. En cuanto a las propiedades físicas son indispensables el tamaño de las semillas o granos, pues debido a estos datos se adecuan las máquinas, los sistemas de transporte y la infraestructura del almacenamiento de la semilla. Las condiciones físicas también sirven para saber el manejo adecuado en cuanto a él pretratamiento de la semilla cómo en la disminución de tamaño de partícula y la relación que tiene este con respecto al rendimiento. Dentro de estas propiedades físicas que se van a enunciar a continuación es: el tamaño de partícula ya que es pertinente y requerida en la realización del ensayo [28][40].

1.10.1. *Tamaño de partícula*

Para este cálculo es requerido conocer el diámetro medio aritmético y el diámetro medio geométrico con base en la siguiente ecuación [41]:

Ecuación. 1. Diámetro medio aritmético.

$$D_a = \frac{(a + b + c)}{3}$$

Donde:

Da= Diámetro aritmético (mm)

a = Eje ancho (mm)

b = Eje largo (mm)

c = Eje alto (mm)

Ecuación 2. Diámetro medio geométrico.

$$D_g = (abc)^{1/3}$$

Donde :

Dg = Diámetro geométrico (mm)

a = Eje de mayor longitud (mm)

b = Eje de longitud media (mm)

c = eje de menor longitud (mm)

1.11. Importancia de los aceites esenciales

En la economía de Colombia, la extracción de aceites esenciales representa un mercado potencial debido a la diversidad de especies que se encuentran en el territorio nacional[42]. Los aceites esenciales son un producto con alta relevancia en industrias como la médica y la industria de alimentos, debido a que poseen amplias propiedades químicas y físicas. En la industria médica aportan sus propiedades en tratamientos terapéuticos y antisépticos en la implementación de productos como pomadas o cremas en base ácidos grasos y compuestos aromáticos como terpenos, para aliviar dolores musculares como: agujetas, distensiones, esguinces y otras algias articulares o

musculares, los aceites esenciales actúan en estos tratamientos provocando un aumento de microcirculación y una ligera anestesia local y sensación de calor en el área en el que se aplica.

Dentro de la industria alimenticia se implementa en confitería, snacks, galletería lácteos etc. [43][44]. Los aceites esenciales en la industria alimentaria son una gran fuente antimicrobiana y antioxidante, por lo que son funcionales como conservantes naturales de alimentos; debido a su gran potencial, pueden actuar contra los microorganismos que afectan en la descomposición para aumentar la vida útil de los alimentos[45].

Los aceites esenciales son de gran relevancia para el ser humano, porque su uso en los campos ya mencionados como la industria médica y la industria culinaria, han tomado fuerza y hacen que sus propiedades sean muy importantes en estas áreas y por las personas en general, en específico por aquellas que están buscando cada vez con mayor empeño, el uso de productos de una fuente natural dentro de su vida cotidiana. Uno de los campos donde se utilizan los aceites esenciales más reconocido, es la aromaterapia, la cual se define como un arte natural curativo, que busca el equilibrio entre el cuerpo, la mente y el espíritu, a través de la utilización de aceites esenciales que se extraen de las plantas.

El patrón para emplear la aromaterapia actualmente es por medio de los masajes, donde se combina el resultado que el aceite esencial produce a través de la piel y por el olfato. También tiene un efecto psicológico; se ha demostrado desde la ciencia[20], que los olores causan un impacto a nivel emocional y en el pensamiento de los seres humanos.

Es importante notar que para estos tratamientos se requieren aceites esenciales puros de la más alta calidad que son buenos para tratar el estrés, ya que permite relajar tanto el cuerpo como la mente.

Por otro parte, a nivel agroindustrial cada vez se crean alternativas para disminuir el impacto tanto en la salud de los seres vivos cómo en el medio ambiente, una de esas alternativas es el uso de estos extractos para la creación de pesticidas para la erradicación de plagas, enfermedades y malezas en los cultivos agrícolas [46].

2. SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS SEMILLAS DE AGUACATE DE LAS VARIETADES HASS CRIOLLO Y LORENA

2.1. Parámetro de selección de método de extracción.

Para la selección del método de extracción. Previamente se hizo una revisión bibliográfica en donde se evalúan las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos enunciados de forma cualitativa y cuantitativa, como la que se muestra de la Tabla 5 a la tabla 13. En esta selección se busca los métodos que sean adecuados para la extracción de un aceite esencial, con base en datos experimentales obtenidos en los ensayos que se han realizado.

Tabla 5.

Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de forma cualitativa.

Método	Proceso	Ventajas	Desventajas
FÍSICO	Extracción por prensado.	- Se puede tratar el proceso en frío o caliente dependiendo del material vegetal a tratar. -No utiliza ningún tipo de solventes que queden impregnados -Aceite extra virgen Facilidad de purificación	- los rendimientos arrojados a partir de este método son muy bajos, por lo que no hacen aconsejable la utilización de este método.
FÍSICO	Centrifugación.	-Las condiciones de operación son a una temperatura de 45°C lo	- Es una operación que trabaja en segundo plano,

		<p>que permite que el aceite extraído no pierda las propiedades nutritivas</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proceso presenta rendimientos medios 	<p>pero no es central para el proceso de extracción.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se debe tener un porcentaje de sólidos y aceites ya pretratados -Costos de los equipos
QUÍMICO	Extracción asistida por microondas.	<ul style="list-style-type: none"> -La agitación hace que el calentamiento sea uniforme. -Menor tiempo de extracción. -Proporciona altos rendimientos. -Técnica implementada para la extracción de aceites esenciales. -Menor costo energético 	<ul style="list-style-type: none"> -Altera las propiedades fisicoquímicas de la materia prima debido a la radiación. -Se dificulta el control de la temperatura. -Equipo más especializado y costoso.
QUÍMICO	Extracción por ultrasonido.	<ul style="list-style-type: none"> -El método es efectivo debido a que causa la fractura de las paredes celulares en la muestra vegetal y facilita la entrada del solvente; esto produce que se libere el compuesto intracelular. - Presenta 	<ul style="list-style-type: none"> -Equipos costosos

		<p>un buen rendimiento.</p> <p>-Ahorro energético</p>	
QUIMICO	Destilación por arrastre de vapor.	<p>-Esta técnica es utilizada en la industria de los perfumes debido a un buen rendimiento y al lograr una alta pureza del aceite obtenido, además de ser una tecnología muy práctica.</p> <p>-La muestra no es calentada directamente.</p> <p>-Configuración simple y económica.</p>	<p>-Al utilizar un gas inerte en este proceso, el empleo de vapores o gases diferentes al agua implica problemas adicionales en la condensación y recuperación del destilado o gas</p> <p>- Requiere de grandes periodos de tiempo y tiene rendimientos bajos en comparación con otros métodos</p> <p>-Las temperaturas altas pueden causar la hidrólisis de los ésteres, y la polimerización y resinificación de los terpenos presentes en el aceite esencial.</p>
QUÍMICO	Método soxhlet	<p>-Proporciona rendimientos altos medios.</p> <p>-Se recupera el disolvente puro.</p> <p>-Técnica implementada para la</p>	<p>-Largos periodos de tiempo.</p> <p>-Alto consumo de recurso hídrico.</p> <p>- Alto costo de disolventes.</p> <p>-Técnica con alto riesgo de explosión e incendio.</p>

		obtención de ácidos grasos.	
QUÍMICO	Método por fluidos supercríticos	-Método del uso del CO ₂ en estado supercrítico, que favorece las características funcionales del aceite como retención de agua y la estabilidad de emulsión. -Configuración simple y económica	Instalaciones muy costosas.
FÍSICO	Método mecánico con enzimas en frío	-El método enzimático no contamina el medio ambiente ya que no produce componentes volátiles, el aceite obtenido conserva su composición y mantiene sus propiedades al igual que la masa obtenida por filtrado o centrifugado. - El uso de las enzimas reduce las características de acidez y oxidación de	-Se necesitan tiempos largos para que las enzimas puedan liberar el aceite y además que éstas no siempre son comercialmente disponibles.

		los aceites, lo cual es una contribución positiva a la calidad	
--	--	--	--

Nota. Matriz comparativa de los posibles métodos para el proceso de extracción de grasas.

A continuación, se van a definir los criterios de selección del método combase en ensayos realizados en la literatura donde se comparen concentraciones, rendimientos y tiempos de extracción.

Tabla 6.

Condiciones de operación para el proceso de extracción por prensado realizados en el fruto de aguacate.

Extracción por prensado	
Ensayo	Parámetros
[47]. I. Fawcett, «Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala», <i>Univ. los Andes</i> , vol. 67, n.º 6, pp. 14-21, 2007.	En este ensayo realizado se propusieron parámetros de extracción de 14 min, un posterior proceso de centrifugación para la recuperación del aceite y el desecho de la fase acuosa, con una centrifuga programada a 8000 r.p.m por 10 min, con un rendimiento de extracción de 29.94% y una potencia 0.0613Kw.
[8] A. M. Serpa, A. E. L., M. P. L. C., L. M. V. A., A. F. Ríos, y G. A. Hincapié., «Extracción de aceite de aguacate variedad “Hass” (Persea americana Mill) liofilizado por prensado en frio», <i>Rev. Investig. Apl.</i> , vol. 8, n.º 2, pp. 113-123, 2014.	En este ensayo realizado se propuso la extracción de aceite de aguacate por prensado en frio con parámetros de: 2 presiones de trabajo (2000PSI y 2500PSI), por prensado en frio, con (55,53%) de rendimiento a 6 horas y prensada a 2500 PSI. (extracción de aceite esencial)

Nota. Parámetros de operación método de prensado.

Tabla 7. Condiciones de operación para el proceso de extracción por centrifugación.

Extracción por centrifugado	
Ensayo	Parámetros
[47]. I. Fawcett, «Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala», <i>Univ. los Andes</i> , vol. 67, n.º 6, pp. 14-21, 2007.	En este ensayo realizado se propuso la extracción de aceite de aguacate por centrifugación con parámetros de: 7500 r.p.m-13000 r.p.m con tiempos de 5 min a 20 min, con un rendimiento promedio obtenido de 13.64% con un consumo de energía de 2.20kW y 28 g de masa.
[48] J. Ariza, «“Estudio Del Efecto Del Campo Eléctrico Sobre La Isomería De Los Ácidos Grasos Del Aguacate.”», <i>Inst. Politécnico Nac.</i> , p. 139, 2012.	En este ensayo realizado se propuso la evaluación del efecto del campo eléctrico (CE), sobre los ácidos grasos trans del aguacate. Donde se realizó una extracción con parámetros de: centrifugación a 15,557 g a 40 °C durante 10 min y un rendimiento de 6% respectivamente a 7500 r.p.m. (extracción de aceite esencial y vegetal)

Nota. Condiciones de operación para el proceso de extracción por centrifugación.

Tabla 8. Condiciones de operación para la extracción de aceite en el método de extracción asistida por microondas.

Extracción asistida por microondas (MAE)	
Ensayo	Parámetros
[28]A. T. M. HERNÁNDEZ y A. C. S. PARRA, «EVALUACIÓN DE UN PROCESO PARA	En este ensayo realizado se propuso la técnica de extracción asistida por microondas para la obtención de fitoesteroles, a partir de la semilla del aguacate <i>Persea Americana mil. Var Hass</i> , con parámetros: 95 g de

LA OBTENCIÓN DE semilla, un tiempo de 60 min solvente para la extracción FITOESTEROLES etanol, relación solt/solv 1:10 y una potencia de 700 w. PARTIENDO DE LA con un rendimiento en obtención 0.01%. SEMILLA DEL AGUACATE (Persea americana Mill. Var Hass) A ESCALA LABORATORIO», *Tesis grado, Fund. Univerrsidad Am.*, vol. 1, n.º 9, p. 221, 2013.

[49] M. Elena Jiménez, M. Del, R. Aguilar, M. De La, L. Zambrano, y E. Kolar, «Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. Donde los parámetros y rendimientos químicos del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas», *Rev. la Soc. Química México*, vol. 45, n.º 2, pp. 89-92, 2001. En este ensayo se realizó la determinación de las propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido por purés deshidratados con energía de microondas. Donde los parámetros y rendimientos fueron: 100g de aguacate Hass, con emisión de ondas por 1 h en periodos de 15 min, a 1200 W con 2450 MHz de frecuencia, y un secado de muestras a 70°C durante 12 horas. Rendimientos de 87.5% con solv Hexano y 82.5 % con éter de petróleo en la deshidratación. (aceite esencial-aceite vegetal)

Nota. Condiciones de operación mediante el método de microondas.

Tabla 9. *Condiciones de operación para la extracción de aceite por el método de ultrasonido.*

Extracción por ultrasonido	
Ensayo	Parámetros
[50] A. S. RODRIGUEZ, «EVALUACIÓN DEL CONTENIDO FENOLICO	Este ensayo fue diseñado para modelar y optimizar la extracción asistida con ultrasonido de hojas del aguacate criollo (Persea americana var. Drymifolia) con el fin de

Y SU CAPACIDAD DE OBTENER un rendimiento máximo en el contenido fenólico ANTIOXIDANTE DE total (CFT). Donde se tomaron parámetros como: solv. EXTRACTOS DE HOJAS Etanol (80% v/v), temperatura de 78°C, Tiempos de 3 a DE AGUACATE CRIOLLO 60 min y rendimientos de extracción óptimos del 22%. (PERSEA AMERICANA VAR. DRYMIFOLIA) OBTENIDOS MEDIANTE ULTRASONIDO DE ALTA INTENSIDAD»,

BENEMRITA Univ. Auton. PUEBLA, vol. 1, p. 77, 2016,

[51] F. Avila y K. Guerrero, En este ensayo se realizó la extracción por medio del «Obtención de un método de ultrasonido, de aceite de la semilla del conservante natural a partir aguacate de la variedad Hass, para utilizarse como de la semilla de aguacate conservante natural gracias a sus propiedades variedad Hass (Persea antioxidativas; con base en esto se definieron los Americana Mill)», *J. Chem. siguientes parámetros para el ensayo: temperatura de Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, 50°C, tiempo 1 hora, frecuencia de 40kHz, potencia 120 pp. 1689-1699, 2019. w, y 80 r.p.m. con rendimientos obtenidos de 54.31%. (aceite esencial-aceite vegetal)

Nota. Condiciones de operación para la extracción de aceite por el método de ultrasonido.

Tabla 10. Condiciones de operación en la extracción de aceite mediante el método de arrastre de vapor

Extracción arrastre de vapor	
Ensayo	Parámetros
[52] karen E. M. Paucar, «DISEÑO DE UN	En este ensayo se realizó el proceso de arrastre de vapor con base en las semillas del aguacate Hass con

CONTENEDOR PARA parámetros de operación de: 101° C, 1kg de semilla a la ALMACENAMIENTO EN presión atmosférica de quito donde se obtuvo un FRÍO A PARTIR DEL rendimiento del 5.21%.

ACEITE VEGETAL DE SEMILLA DE AGUACATE MADURO», *Univ. Int. sek Maest. en diseño Ind. y procesos*, vol. 1, p. 130, 2022.

Nota. Condiciones de operación en la extracción de aceite mediante el método de arrastre de vapor.

Tabla 11. Condiciones de operación en la extracción de aceite mediante el método de extracción soxhlet.

Extracción soxhlet	
Ensayo	Parámetros
[53] F. Antonio y J. Eduardo, «DETERMINACION DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO OPTIMO EN EL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCION DEL ACEITE DE PALTA FUERTE (PERSEA AMERICANA) POR EL METODO SOXHLET», <i>Univ. Priv. ANTONIO GUILLERMO URRELO Fac. Ing. Carrera Prof. Ing.</i>	En este ensayo se tomaron 135 g de palta de la variedad Hass para el proceso de extracción, con parámetros de operación de: 90 °C, solvente éter de petróleo, tiempo 3h y rendimientos obtenidos con base en el ensayo del 51.67%.

[54] J. S. Guillén Sánchez, «“Obtención y Caracterización Fisicoquímica Del Aceite de Palta Hass (Persea Americana) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet) ’», pp. 1-101, 2016.

[55] B. Polania, «Actividad antioxidante de los residuos del aguacate Hass (Persea americana Mill . var Hass) sometidos a extracciones clásicas y a fluidos presurizados», p. 103, 2014.

Con base en este ensayo se realizó un proceso experimental para la determinación del contenido de ácidos grasos y terpenos provenientes de los residuos del aguacate Persea americana mil var Hass donde se tuvieron en cuenta las siguientes variables de operación: Temperatura 78.30, tiempo 8 h, masa 15 g de semilla, solvente etanol con base en estos parámetros, se obtuvieron rendimientos del 13,9 % y 5,8 % tanto para el epicarpio como para la semilla.

(aceite esencial-aceite vegetal)

Nota. Condiciones de operación en la extracción de aceites mediante el método de extracción soxhlet.

Tabla 12.

Condiciones de operación en la extracción de aceites esenciales mediante el método de fluidos supercríticos

Extracción por fluidos supercríticos	
Ensayo	Parámetros
[56] A. M. Restrepo Duque, J. Londono Londono, D. Gonzalez Alvarez, Y. Benavides Paz, y B. L. Cardona Salazar, «Comparacion del aceite de aguacate variedad hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercriticos y metodos convencionales: una perspectiva desde la calidad / Ana Maria Restrepo Duque [y otros 4]., vol. 9, n.º 2, pp. 151-161, 2012.	En este ensayo se realiza una comparación, respecto a la calidad del aceite de aguacate var. Hass con respecto al método extractivo a implementar, donde uno de los métodos es el de fluidos supercríticos, con parámetros de operación: Presión 25 Mpa, temperatura 313 k, donde se obtuvo un rendimiento de 18.9%.
[57]J. F. Arroyave, «OBTENCION DE ACEITE DE ALTO VALOR AGREGADO PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS USANDO FLUIDOS SUPERCRITICOS», Corp. (aceite vegetal) Univ. LA SALLISTA, vol. 4, n.º 1, pp. 1-91, 2017.	Con base en este ensayo se realizó la obtención de aceite de aguacate con la utilización de: 1.79 alpha tocoferol a una presión de 20Mpa una temperatura 60°C, donde se obtuvo como resultado, un rendimiento de extracción de 21.7%.

Nota. Condiciones de operación en la extracción de aceites esenciales mediante el método de fluidos supercríticos.

Tabla 13.

Condiciones de operación en la extracción por medio del método con enzimas.

Extracción por método mecánico con enzimas	
Ensayo	Parámetros
[26] MARTHA CECILIA ACOSTA MORENO, «EVALUACIÓN Y ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE UTILIZANDO TRATAMIENTO ENZIMÁTICO», <i>Univ. Nac. Colomb.</i> , vol. 1, p. 126, 2011.	En este ensayo se realizó un proceso a escala laboratorio, para hacer revisión de contenido de grasas en las variedades de aguacate: Lorena, Criollo, Choquette y Hass. Donde los parámetros de operación y reactivos fueron, enzimas hidrolasas como la polifenoloxidasa con variables: temperatura de 20°C - 55°C, pH de 3.0-5.0, tiempo de 2h-3h y dosis de enzimas en (ppm o g/t) de 200 a 450. Donde se obtuvieron rendimientos en promedio del 10%.
[58] S. Ovando-Chacón y K. Waliszewski, «Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos», <i>Univ. y Cienc.</i> , vol. 21, n.º 42, pp. 113-122, 2005.	En este ensayo se propuso la extracción de compuestos lipídicos del aguacate a partir de enzimas como, acuosa enzimática con los preparados comerciales Ultra-SP-L con condiciones de operación: tiempo 48 h, un pH de 3.0-5.0 y una temperatura de 50°C con una concentración de 1:1, donde se arrojó un rendimiento aproximado del 30% respectivamente. (aceite vegetal)

Nota. Condiciones de operación en la extracción por medio del método con enzimas.

De acuerdo a la matriz cualitativa en la Tabla 5 y a la revisión bibliográfica realizada con base en ensayos en la literatura, donde se definen parámetros y condiciones de operación que se tuvieron en cuenta dentro de los procesos extractivos. Los métodos que se acoplan a la extracción de compuestos volátiles como terpenos y

compuestos fenólicos y grasas contenidos en semillas oleaginosas son: los métodos directos como la extracción por prensado, que por acción de una fuerza mecánica, extrae todo este tipo de compuestos como terpenos, polifenoles y grasas que están contenidas en el material vegetal de las; cáscaras, cortezas, materiales duros y semillas.

Otro de los métodos para la extracción de aceites esenciales es por medio de la destilación por arrastre de vapor ya que el agua tiene la capacidad de asociarse con las moléculas de aceite en estado vapor. La extracción tiene lugar cuando el material vegetal entra en contacto con el vapor provocando que los aceites se disuelvan de las células o membranas vegetales hacia afuera, produciendo una mezcla de vapores que posteriormente se condensan, generando una diferenciación entre las dos fases, lo cual facilita la extracción por medio de separación física (decantación). [59]

Finalmente el otro método que sirve para la extracción de aceites esenciales es el método de soxhlet. Es uno de los métodos más utilizados para la separación de los compuestos de una mezcla homogénea sólido-líquido mediante la aplicación de calor y tomando como base la utilización de un tipo de solvente afín con los componentes contenidos en el material vegetal. Las grasas muestran tal afinidad, que al disolverse se separan del resto de los componentes. Por lo general, los montajes tienen una configuración sencilla y solo requieren: un condensador, un extractor y un matraz que contiene el solvente. [59]

Con respecto a lo anterior se va enunciar los ensayos relacionados a estos métodos. En cuanto al método soxhlet y referente a los ensayos revisados se muestran porcentajes de rendimiento altos como el ensayo de: F. Antonio y J. Eduardo, 2020. Donde, se tomaron 135 g de palta de la variedad Hass para el proceso de extracción, con parámetros de operación de: 90 °C referente a la temperatura de ebullición del solvente éter de petróleo, con tiempos de operación de 3h y rendimientos obtenidos con base en el ensayo de 51.67%[53].

Referente al Arrastre de vapor, que es un método utilizado para la extracción de aceites esenciales y de ácidos grasos. Este arroja rendimientos muy bajos como en el ensayo de; karen E. M. Paucar en 2022. Donde se obtuvo un rendimiento de extracción del 5.21%[52].

Finalmente el método de prensado mecánico, causa mucha incertidumbre al obtener un producto de interés, debido a que presenta rendimientos bajos, como en el ensayo de; M. Z. V. Oseida, 2019 donde se obtuvo un rendimiento de 13.36% [60].

Con base en lo anterior y a la revisión de los ensayos realizados en la literatura, el método que se seleccionó es el método soxhlet ya que se acopla a este tipo de técnicas de separación sólido-líquido en la extracción de grasas o aceites esenciales, a partir de una masa dada y el que mejores rendimientos y pureza conserva a la hora de la extracción de los compuestos que se desean obtener, como: terpenoides, compuestos fenólicos y sus derivados, además por ser un método económico y práctico con una configuración de sus equipos simple y asequible. Esta extracción se realiza mediante el uso de un solvente orgánico con baja polaridad, afín con las grasas y compuestos contenidos en el material vegetal de las semillas del aguacate. El proceso será llevado a cabo en las instalaciones de la fundación universidad de América sede Fenalco.

2.2. Selección de los solventes para la extracción del aceite esencial

Para la selección del tipo de solventes se evalúa lo siguiente; primero es requerido conocer el tipo de solvente, donde se conozca su naturaleza química, polaridad y proticidad, por consiguiente, es necesario conocer las propiedades físicas que influyen en los procesos de extracción como el punto de ebullición, Densidad y calor de vaporización. También es requerido saber las contraindicaciones que puede representar dentro efectos perjudiciales contra la salud y el medioambiente[61].

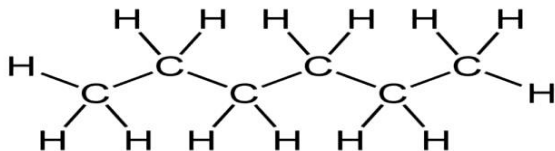
El desarrollo del proyecto se basa en la extracción con solventes, apolares apróticos como el hexano y ciclohexano y polares-próticos como el etanol. Con base en estos solventes se van a relacionar los criterios de selección definidos anteriormente.

2.2.1.a. El hexano: es un líquido incoloro, volátil e inflamable, con olor característico. Que es insoluble en agua y con una densidad menor, es miscible en gran parte de los disolventes orgánicos tales como éter y el cloroformo. El líquido contiene normalmente isómeros y otros hidrocarburos similares. Dentro de sus características este actúa como disolvente de ceras, grasas y resinas. El hexano comercial es una mezcla de n-hexano y otros hidrocarburos como metilpentano, metilciclopentano, ciclopentano y metil hexano. Otras de sus propiedades es que presenta una presión de vapor alta y una densidad mayor a la del aire [62].

Dentro de sus propiedades químicas, el hexano es un producto estable en condiciones normales de empleo. El calor puede ser causa de inestabilidad química favoreciendo su descomposición, en la que se desprenden gases y vapores tóxicos como es el monóxido de carbono. Puede reaccionar de forma espontánea con agentes oxidantes fuertes, descomponiéndose y siendo causa de incendio y explosión. No ataca a los metales; y sí lo hace con los plásticos, goma y algunos revestimientos. En la figura 5 se muestra la estructura química del hexano y en la Figura 6 se muestra el diamante de seguridad, según la CLASIFICACIÓN NFPA 704, donde indica Salud = 1, Inflamabilidad = 3, Reactividad = 0 [63].

Figura 5.

Estructura química del hexano.



Nota. Estructura química del hexano.

Tomado de: Estructura química del hexano [En línea]. Disponible:

https://www.restauro-online.com/epages/63807438.mobile/es_ES/?ViewObjectID=53957635

[Acceso: sep.21, 2021]

Figura 6.

Diamante de seguridad hexano.



Nota. Thinner Tede, «ficha de seguridad, hexano», vol. 1, p. 10, 2015,

[En línea]. Disponible en:

<http://www.thinnertede.com/pdfs/hojas/>

Hexano.pdf. [Acceso: jul.14, 2022]

Con base en la utilización de este solvente en experimentos extractivos, como por ejemplo el ensayo llamado, «La refinación del aceite de aguacate», vol. 1, p.1- 148, 2002, realizado por M. Martínez, donde se utilizó el solvente hexano al 85% para la extracción

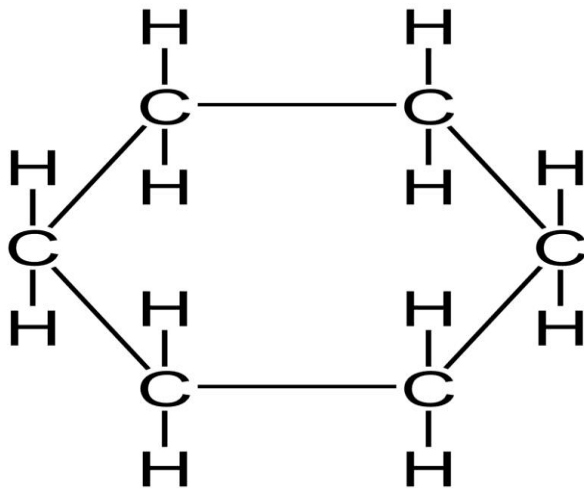
de aceite de aguacate de la variedad hass por percolación, operando a una temperatura de 59°C, un tiempo de extracción de 1 hora, 5g de masa de la alicuota ; se pudo obtener un rendimiento del 50%. Sin embargo la utilización de este solvente incidió en la pureza del aceite, además de los efectos que pueda ocasionar a la hora de la extracción, ya que es un compuesto tóxico que puede generar, la contaminación del medio ambiente cuando es vertido en efluentes de agua, y por ser perjudicial para la salud generando irritación en la nariz, piel y ojos, la sensación de vómito por inhalación e ingestión y también al ser un compuesto cancerígeno [64].

2.2.1.b. El ciclohexano: es un compuesto nafténico o cicloparafínico que se obtiene a partir de la hidrogenación catalítica del benceno. Dentro de sus propiedades físicas este compuesto es cristalino con una alta pureza y de una solubilidad similar a los parafínicos. Su estructura química es la de un anillo de seis átomos de carbono saturados. Este puede ser utilizado en la síntesis de caprolactama, ácido adípico y hexametildiamina para la elaboración de distintos tipos de nylon y fibras poliamídicas, disolventes de ésteres de celulosa, resinas, caucho crudo, extracción de aceites esenciales, pinturas, entre otros.

En cuanto a su información toxicológica, se dispone de poca información, sin embargo, estudios demuestran que el ciclohexano tiene una toxicidad más alta por vía oral, cutánea o por inhalación, en comparación a la del hexano. Cabe resaltar que este compuesto resulta letal en algunos animales acuáticos y terrestres cuando la exposición es alrededor 17.000 a 29.000 ppm. En cuanto a efectos genotoxicológicos, con o sin sistema de activación metabólica, en los ensayos se demuestra que no incide en la formación de mutaciones letales. En la Figura 7 se muestra la estructura química del ciclohexano y en la Figura 8 se muestra el diamante de seguridad, según la CLASIFICACIÓN NFPA 705, donde indica Salud = 1, Inflamabilidad = 3, Reactividad = 0 [65][66].

Figura 7.

Estructura química ciclohexano



Nota. Estructura química ciclohexano.

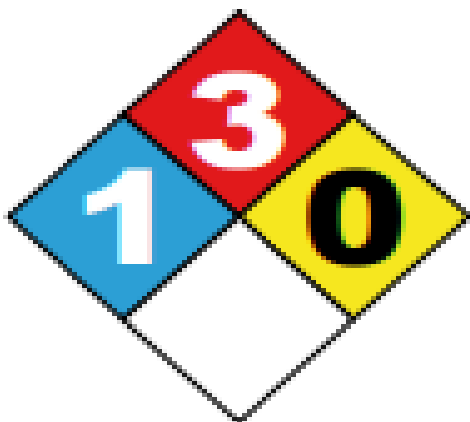
Tomado de: "Fórmula química estructural y el modelo de molécula de ciclohexano, 2d y 3d, aislado, vector, eps 8", España, 2019, [En Línea], Disponible:

<https://www.pngwing.com/es/free-png-cigttd>

[Acceso: sep.21, 2021]

Figura 8.

Diamante de seguridad del ciclohexano



Nota. M. REACTIVOS QUIMICA, «Hoja De Datos De Seguridad», n.º 7, pp. 1-4, 2011, [En línea]. Disponible en:http://reactivosmeyer.com.mx/datos/pdf/reactivos/hds_1025.pdf. [Acceso: jul.14, 2022].

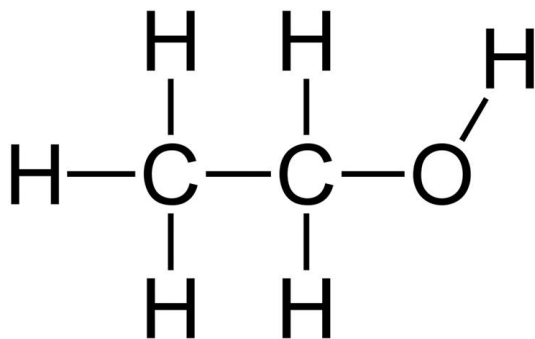
Con respecto a los ensayos realizados en la literatura, el ciclohexano suele arrojar rendimientos menores en comparación al hexano, como por ejemplo, el ensayo llamado «La refinación del aceite de aguacate», vol. 1, p.1- 148, 2002, realizado por M. Martínez, donde presento un menor porcentaje de rendimiento con un valor del 48% en la extracción con ciclohexano con una diferencia en rendimiento del 2%. En otras prácticas experimentales como la del artículo llamado., «EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum*)», por L. Rios en 2007, se presenta una diferencia en rendimientos de aceite de cardamomo del 0.59%; con rendimiento del 5.96% de aceite para el solvente ciclohexano y 6.55% de rendimiento de aceite en el solvente hexano, donde se opero a una presión de 646 mmHg correspondiente a la presión de Medellín y con una relación semilla/solvente de 20g de semilla /150mL de solución [61].

2.2.1.c. El etanol. Es un compuesto orgánico que es producido a través de la fermentación de azúcares por medio de las levaduras o a través de procesos petroquímicos. Este compuesto se utiliza ampliamente como disolvente, ya sea para el desarrollo de pruebas químicas o para sintetizar compuestos orgánicos. El etanol como disolvente es versátil, ya que es miscible con agua y con muchos disolventes orgánicos incluyendo ácido acético, acetona, benceno, tetracloruro de carbono, cloroformo, dietil éter, etilén glicol, glicerol, nitrometano, piridina y tolueno. Este compuesto también es miscible con hidrocarburos alifáticos, tal como el pentano y hexano y con cloruros alifáticos como tricloroetano y tetracloroetileno. [67].

Con base a efectos nocivos en el medioambiente y la salud, el etanol al 95% es un solvente con baja toxicidad y que no es altamente corrosivo o irritante al contacto con la piel, sin embargo al estar en contacto con los ojos podría generar un nivel de irritabilidad y seagra grave, en cuanto a su inhalacion no genera una sensibilizacion respiratoria. Finalmente tiene un nivel cero de riesgo de mutagenicidad en celulas por lo que no es cancerigeno. En la figura 9 se muestra su estructura quimica y en la Figura 10 el diamante de seguridad, según la clasificación NFPA, donde indica Salud = 0, Inflamabilidad = 3, Reactividad = 0

Figura 9.

Estructura química del etanol.



Nota. Estructura del etanol. Tomado de:
Estructura química del etanol, [En línea].

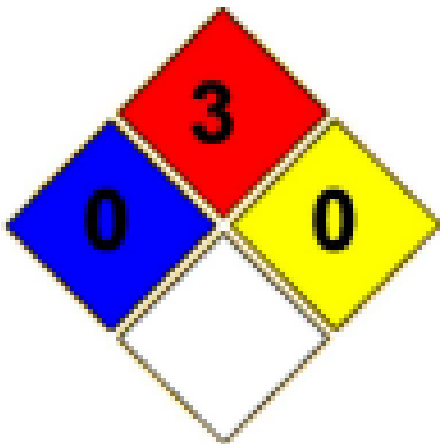
Disponible en:

<https://educalingo.com/es/dic-ms/etanol>

[Acceso: sep.21, 2021]

Figura 10.

Diamante de seguridad etanol



Nota. Pegatex, «Hoja de seguridad
alcohole etilico al 95%», n.º 3410,
pp. 1-7, 2018, [En línea].

Disponible en:

<http://www.pegatex.com.co/pdf/Carpincol MR60.pdf>. [Acceso: jul.15, 2022]

Dentro de los ensayos realizados en la literatura, para procesos extractivos, el etanol es un compuesto que disuelve con gran facilidad, el contenido de grasas, alcoholes y polifenoles contenidos en el material vegetal de pulpa, hojas, flores y semillas, como en el ensayo realizado por A. T. M. hernández y A. C. S. parra, llamado , «evaluación de un proceso para la obtención de fitoesteroles partiendo de la semilla del aguacate (*persea americana* mill. var *hass*) a escala laboratorio»,2013. Donde mediante una extracción soxhlet, con un tamaño de partícula de la semilla de 0.420 mm, operando a una temperatura de 78.3 °C, una concentración de solvente del 95% ,una presión atmosférica de 560 mmHg y con muestras de masa de semilla de 25 g, se obtuvo un rendimiento aproximado de 14.55%.

Con base en lo que se anunció anteriormente se definirá el criterio de selección del solvente a utilizar. Las propiedades como el punto de ebullición, la polaridad baja y factores relacionados a altos rendimientos y tiempos de extracción, son importantes dentro de la selección de un solvente; por ende los tres compuestos son funcionales para llevar a cabo un proceso de extracción soxhlet, sin embargo, debido al alto deterioro del medio ambiente derivado de las actividades industriales, se han buscado alternativas que van en pro de la sostenibilidad ambiental, por ello se ha implementado el término de química verde en la última década, con el propósito de diseñar productos y procesos que mitiguen la generación de sustancias y el mal uso de estas, y maximicen de forma eficaz y eficiente el empleo de materiales químicos, recursos y energéticos menos contaminantes. Para alcanzar estos logros se debe crear conciencia en las empresas y empezar a implementarse desde la formación profesional en la academia. El establecer estos principios en la industria también ayuda al verdadero desarrollo sostenible y la economía de los países. Con base en lo anterior el compuesto que se acopla a estos criterios dentro de una “química verde” es el (etanol 95%) por lo cual se va a seleccionar para el proceso extractivo.[68][69].

Con base en lo anterior se va a definir la concentración y variables de operación a las que se va a realizar la extracción.

Tabla 14.

Propiedades físicas del etanol al 95%.

Propiedades	Etanol
Punto de ebullición (°C)	78.3
Densidad (g/ml)	0.7893
Calor de vaporización (kJ/kg)	839.31

Nota. Propiedades físicas del disolvente.

2.3. Extracción del aceite

2.3.1. Metodología

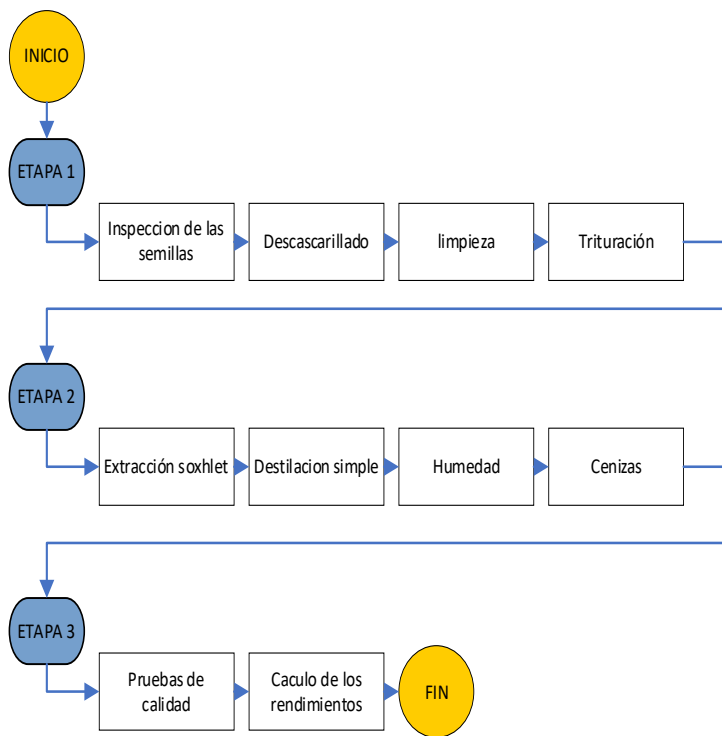
El proceso planteado para el desarrollo experimental, se va llevar a cabo mediante tres etapas específicas definidas en base al acondicionamiento y selección de la materia prima y una parte de la caracterización de la semilla, referente al ensayo llamado «Evaluación para la obtención de almidón aprovechando los residuos de mango (mangifera indica l.) para la producción de un biopolímero», *Fund. Univ. AMÉRICA Fac. Ing.*, vol. 1, p. 155, 2021 realizado por A. F. P. López. En la etapa 1, será el proceso de pretratamiento de las semillas donde se realizará la selección y acondicionamiento de tres diferentes variedades de semillas de aguacate, las cuales son: común o criollo, Hass y Lorena; donde se realizará su respectiva limpieza e inspección, también se realizará la selección para descartar aquellas semillas que están en etapa de putrefacción y descomposición. En esta parte solo serán seleccionadas las semillas que se encuentren en óptimas condiciones es decir que estén totalmente frescas y con un periodo de maduración [70].

Los endocarpios de aguacate ya seleccionados pasarán por un proceso de limpieza con el objetivo de preservar la semilla. Y finalmente la disminución de partícula para aumentar el área superficial de contacto con el solvente a utilizar.

En la etapa 2 se realiza la extracción del aceite con las semillas ya pretratadas, con las tres diferentes variedades. Este proceso será llevado a cabo en las instalaciones de la Fundación Universidad de América en la sede Fenalco, en donde se realizará el montaje respectivo sólido-líquido usando el solvente etanol al 95%, después de esto se realizará una destilación simple para la recuperación del solvente con el fin de tener un aceite libre de impurezas, también se determinarán la humedad y las cenizas de cada variedad. En la última etapa se realizará el cálculo de los rendimientos obtenidos en el proceso de extracción. En la Figura 11. se muestra el procedimiento a seguir en cada una de las etapas [70].

Figura 11.

Diagrama de flujo para la metodología de extracción.



Nota. Diagrama de flujo para la metodología de extracción.

2.3.2. Etapa 1.

El objetivo de esta primera etapa, es describir aquellos procedimientos que permitan preservar las semillas de aguacate de factores ambientales y microbiológicos que puedan alterar la naturaleza fisicoquímica de las mismas. A continuación, se plantearán detalladamente cada una de los procedimientos descritos en esta metodología. Referente a A. F. P. López en 2021 y por M. J. U. R. M. A. Z. Agudelo en 2018.

2.3.2.a. Selección y acondicionamiento de la semilla. Las semillas que se van a seleccionar son de la raza de aguacate, común o criollo, Lorena y Hass. Con base en estas variedades más producidas y comercializadas en Colombia, se realizará la extracción y análisis respectivos para ver cuál de estas variedades presenta mayor rendimiento de aceite en su semilla. Previamente a la extracción se debe realizar un pretratamiento el cual consiste en[5]:

2.3.2.a.i. El descascarillado de la semilla. Este tratamiento consiste en la remoción de la cáscara de la semilla (*mesocarpio*) ya que este puede contener impurezas o residuos que pueden afectar las propiedades del aceite esencial, además de eso favorece la etapa de extracción para que haya un mayor rendimiento.

Dentro de la industria se emplean dos equipos de descascarillado que son el de barra y de disco, que se utilizan dependiendo del tipo de semilla, adicional a estos equipos se utilizan combinaciones dentro de los mismos cómo tamizadores de vibración y aventadores neumáticos, que son requeridos para un proceso eficiente de descascarillado. Hay que tener en cuenta que para este proceso debe haber un secado previo de las semillas para facilitar la remoción de la cáscara e inhibir la acción enzimática de las semillas[47][71]. En la Figura 12, se puede observar la textura física y coloración de los cotiledones del aguacate después de remover el mesocarpio.

Figura 12.

Semilla de aguacate variedad (Lorena) sin mesocarpio.



Nota. Semilla de aguacate variedad (Lorena) sin mesocarpio.

2.3.2.a.ii. Limpieza. Una vez extraída la semilla, al entrar en contacto directo con el medio ambiente empezará a experimentar cambios fisiológicos a medida que transcurre el tiempo. Estos cambios varían dependiendo de la variedad de aguacate, concentración de oxígeno y dióxido de carbono contenido en el interior de la semilla. Con base en esto, la semilla tenderá a contaminarse por la presencia de microorganismos presentes en el medio ambiente. Para inhibir este tipo de ciclos biológicos, se propone tratar la semilla mediante una inmersión en solución de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) al 1% que fue definido a esta concentración. Referente a A. F. P. López en 2021 y por M. J. U. R. M. A. Z. Agudelo en 2018. El tiempo de exposición no debe exceder los 2 minutos ya que el material vegetal en condiciones ácidas afectará estructuralmente la naturaleza fisicoquímica de la semilla[72].

Esta etapa separa los desechos y materia que se encuentran en la superficie de la semilla. Para el proceso de limpieza se utilizan cribas planas o tambores rotatorios, estos equipos permiten separar residuos sólidos como tallos, hojas y demás desechos; y para separar otros compuestos como metales se emplean imanes electromagnéticos. Para terminar de remover la humedad de las semillas se procede a un secado con material absorbente, este resulta práctico y económico cuando no se poseen equipos

especializados. Referente a A. F. P. López en 2021 y por M. J. U. R. M. A. Z. Agudelo en 2018. En la figura 13 se muestran las semillas en solución de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) a 1% [41].

Figura 13.

Limpieza de las semillas de aguacate en solución de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) a 1%.



Nota. Limpieza de las semillas de aguacate en solución de ácido cítrico.

Para evitar el deterioro de las semillas se pueden almacenar en una canastilla o bandeja a una temperatura de $4^{\circ}C$ - $21^{\circ}C$.

2.3.2.a.iii. Trituración. Consiste en la disminución del tamaño de partícula lo que facilita el tratamiento a la hora de extraer el aceite esencial, ya que causa la fractura de las paredes celulares en la muestra vegetal y facilita la entrada del solvente; esto facilita la liberación del compuesto intracelular. Este procedimiento se realiza de forma mecánica a partir de un molino de martillo o a partir de un molino tradicional para grano. En la Figura 14 se muestra el equipo a implementar [71].

Figura 14.

Molino tradicional para grano.



Nota. Molino tradicional para la reducción de tamaño de partícula en las semillas de aguacate. Tomado de: Molino tradicional para la reducción de tamaño de partícula en las semillas de aguacate. [En Línea]. Disponible:

<https://www.tiendahogaruniversal.com/molino-tradicional-para-grano/p> [Acceso: sep.25, 2021]

2.3.2.a.iv. Dimensionamiento de partículas. Para determinar los tamaños de partícula se va calcular el diámetro medio aritmético de las partículas resultantes de la molienda, este dato es importante para saber la relación de rendimiento-diámetro de partícula y para el acondicionamiento de los equipos. En la Tabla 15 se muestra la media de diámetros utilizados para la extracción.

Tabla 15.

Diametro de las partículas que se utilizan para la extraccion variedades hass, Lorena y criolla.

variedades	Diámetros de partícula medios para cada variedad (a, b, c)	Diámetro medio aritmético
Variedad Hass	1.20 mm ,2.00mm,3.30mm	2.16 mm
Variedad Lorena	1.30 mm ,1.90mm,3.50mm	2.23 mm
Variedad criolla	1.40 mm ,2.00mm,3.70mm	2.36 mm

Nota. Diámetro de partícula.

2.3.2.a.v. Almacenamiento. Los granos de partícula obtenidos en el proceso de molienda serán almacenados en bolsas plásticas tipo Ziploc cómo se muestra en la Figura 15. El cual evita que las alícuotas sean contaminadas por factores externos presentes en el entorno. Referente a A. F. P. LÓPEZ en 2021.

Figura 15.

Almacenamiento de la materia prima.



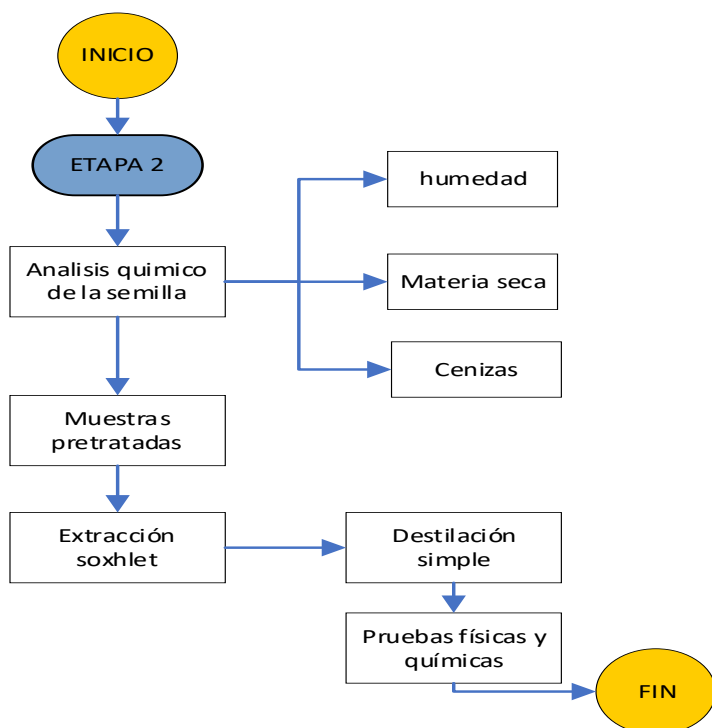
Nota. Almacenamiento de las semillas de aguacate en bolsas plásticas herméticas.

2.3.3. Etapa 2

En esta etapa, se realizó la extracción del aceite en las instalaciones de la fundación universidad de América sede Fenalco. Inicialmente se requiere conocer los reactivos y equipos para la extracción, seguido de eso es importante saber las condiciones de operación en las que se va a tratar la materia para extracción, también es requerido caracterizar las semillas de cada variedad de aguacate determinando una serie de propiedades cómo el contenido de humedad de la semilla y materia seca para saber cuánto es la cantidad de materia húmeda que se podría aprovechar para el proceso. Una vez cumplida esta fase se determinan las cenizas mediante un proceso de calcinación de la semilla, luego se lleva a cabo el proceso de extracción con los lotes de cada una de las variedades que se recolectaron. Al finalizar el tiempo de extracción, las muestras de aceite se depositan en vides de cristal y luego se utiliza el picnómetro para determinar la densidad y el rendimiento obtenido para un posterior análisis. En la figura 16, se muestra el proceso en detalle de la etapa 2.

Figura 16.

Etapa 2.



Nota. Diagrama flujo de proceso explicado.

2.3.3.a. Reactivos equipos y materiales para la extracción

2.3.3.a.i. Reactivos: Sol. Ácido cítrico, solv. Etanol, agua.

2.3.3.a.ii. Equipos: Molino tradicional, equipo soxhlet, mufla, desecador, balanza analítica, picnómetro, refractómetro digital, balón esmerilado, condensador de reflujo, Erlenmeyer 500 mL, pipeta y pipeteador, Erlenmeyer de 250 mL.

2.3.3.a.iii. Materia prima: se tomaron 25 g de semillas de aguacate de cada una de las tres variedades seleccionadas, referentes al ensayo, «Evaluación de un proceso para la obtención de fitoesteroles partiendo de la semilla del aguacate (Persea americana Mill. Var Hass) a escala laboratorio», realizado por A. T. M. Hernández y A. C. S. Parra en 2013.

2.3.3.b. Composición química de la semilla

2.3.3.b.i. Humedad. Para la determinación del cálculo de la humedad, de las 3 variedades de aguacate: Lorena, Hass y criollo. Se realiza combase en la norma [ICONTEC NTC 287, 2002]. El procedimiento que se llevó a cabo para este cálculo fue inicialmente la disminución de partícula de las semillas con un corte en cruz de las semillas, luego se determina la masa de cada una de las semillas en la balanza, y la masa de cada uno de las cápsulas que la contienen, posteriormente se introdujo al horno a una temperatura no mayor de los 100°C, debido a que un aumento mayor a esta temperatura puede afectar las propiedades físicas de la semilla y podían empezar a descomponerse, por tal motivo en este procedimiento se utilizó una temperatura de 70°C durante 3 horas para el secado de las mismas.

Una vez transcurrido las primeras 2 horas de secado, las muestras fueron pesadas cada 10 minutos para determinar el peso de cada una, hasta lograr que cada semilla durante el transcurso de la última hora se mantuviese la masa constante. Al

finalizar el proceso las cápsulas fueron llevadas a un desecador por 1 hora, para posteriormente realizar el cálculo de la masa. Referente a A. F. P. LÓPEZ en 2021.

Los valores obtenidos en este proceso se encuentran en la Tabla 16. A partir de estos valores y con el uso de la Ecuación 3 de la norma NTC 2228240, se determinó el porcentaje de humedad de cada tipo de semilla.

Ecuación 3.

Porcentaje de humedad.

$$\%Humedad = \frac{P_i - P_f}{P_i}$$

Pi= Peso inicial de la semilla (g).

Pf= Peso final de la semilla (g).

Tabla 16.

Resultados del secado de las semillas de aguacate, variedades: (Hass,Lorena,criollo).

	semillas		
	variedad	Variedad	variedad
	Lorena	criollo	Hass
	1	1	1
Peso de la cápsula (g)	76.88	86.88	85.05
Peso inicial de la semilla (g)	71.96	88.17	37.77
Peso después del secado (g)	147.62	174.04	119.61
Peso final de la semilla(g)	70.74	87.16	34.56
Contenido de agua eliminada (g)	1.22	1.01	3.21
Porcentaje de humedad (%)	1.69	1.14	8.49

Nota. Resultados obtenidos para la determinación de la humedad en las semillas de aguacate.

Los datos obtenidos del porcentaje de humedad fueron 1.69% para la variedad Lorena, 1.14 para el criollo y 8.49 para la variedad Hass. Con base e el ensayo , «Composición proximal, contenido de polifenoles totales de semilla de palata (*Pesea Americana*) variedades Fuerte y Hass cultivadas en el distrito de Chao-provincia de Viru la Libertad», realizado por M. L. Vasquez Quiroz en 2017, los datos obtenidos en el porcentaje de humedad fueron 2.72% en la variedad criolla, 2.75% en la variedad lorena y finalmente un 6.29% en la variedad hass. Acontinuacion en la Tabla 17 se muestra la comparativa con respecto al ensayo de la literatura y al realizado en este trabajo. [28][73].

Tabla 17.

Porcentajes de error en la determinacion de la humedad de las variedades, Hass, Criollo y Lorena.

	Experimental	M. L. Vasquez Quiroz,2017	% Error	Diferencia
Hass	8.49 %	6,29 %	34,97%	2,19%
criollo	1,69 %	2,72 %	37,86%	1,03%
lorena	1,14 %	2,75 %	58,54%	1,58%

Nota. Porcentajes de error.

2.3.3.b.ii. Materia seca. La materia seca son los sólidos que quedan después de la deshidratación de las semillas de aguacate, en la que se busca extraer toda el agua libre posible que se encuentra contenida en la muestra. Esté secado o deshidratado se realiza usando un horno secador[74][75]. Esta se determina a partir del porcentaje de humedad obtenido anteriormente en la Tabla 16; y A partir de la Ecuación 4 se determina el porcentaje de materia seca en cada semilla.

Ecuación 4.

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 \% - \text{Humedad} \%$$

Tabla 18.

Datos obtenidos para determinar el contenido de materia seca en las semillas.

Semillas			
	Variedad Lorena	Variedad criolla	Variedad Hass
	1	1	1
Porcentaje de humedad %	1.69	1.14	8.49
Porcentaje de materia seca %	98.31	98.86	91.51

Nota. Con los datos obtenidos en la determinación de la humedad, se determinó el contenido de materia seca de las semillas.

Con base en datos teóricos obtenidos por M. L. Vasquez Quiroz, 2017, en la determinación de materia seca de las semillas de aguacate, en relación a los datos obtenidos en el laboratorio se muestran porcentajes de error de 1.0587%, 1,6241% y 2.3893% respectivamente [76].

2.3.3.b.iii. Cenizas. Este proceso representa el contenido de minerales de los residuos orgánicos que se obtienen al calcinar las semillas, este análisis es de gran relevancia para la evaluación de los nutrientes y conocer la pureza de los alimentos.

Para la determinación de las cenizas de las semillas de aguacate, se utilizó el método de cenizas en seco, donde se utiliza una mufla a 500°C durante 2 horas hasta que las semillas (cotiledón) queden totalmente calcinadas y estén libres de partículas carbonosas; Esto se puede evidenciar cuando el color de las cenizas es blanco o gris. Para la determinación del porcentaje de cenizas se utiliza la ecuación 5.

Ecuación 5.

$\% \text{ Cenizas} = P_c / P_s \times 100\%$, P_c = Peso de las cenizas, P_s =peso de la semilla

El experimento se realizó con las tres variedades de semillas ya mencionadas, que fueron sometidas durante 2 h y 30 min en una mufla (Barnstead Thermolyne 48000) a 520° C. Después se tomaron las cápsulas que contenían las cenizas para ser secadas en el desecador durante una hora para luego ser pesadas en una balanza analítica. En la Tabla 19. Se muestran los datos obtenidos del experimento del cálculo de las cenizas.

Tabla 19.

Resultados obtenidos para la determinación de las cenizas en las semillas de aguacate.

	semillas		
	Variedad Lorena	Variedad criolla	Variedad Hass
	1	1	1
Peso de la cápsula (g)	76.88	86.88	85.05
Peso de la semilla (g)	71.96	88.00	37.77
Peso de semillas incineradas (g)	70.82	86.51	86.09
Cenizas (g)	6.06	0.37	1.04
Porcentaje de cenizas (g)	8.42	0.42	2.75

Nota. Resultados obtenidos para la determinación de las cenizas en las semillas de aguacate.

Con base en el ensayo de por M. L. Vasquez Quiroz en 2017, donde se tuvieron valore de 2.28 para la variedad Hass y 2.77 para la variedad y 2.11 para la variedad lorena, con diferencias con respecto a estos datos de: 6.31% en la variedad lorena; 6,14% en la variedad criolla y 0.47% en la variedad Hass[73]

El porcentaje de cenizas representa en mayor proporción compuestos inorgánicos como minerales, que al estar expuestos a altas temperaturas proporcionan mayor incremento de material calcinado.

2.3.3.c. Extracción del aceite esencial método soxhlet. Para llevar a cabo el proceso de extracción soxhlet inicialmente se deben definir las condiciones de operaciones a las cuales se va operar el proceso, y los parámetros de la materia prima pretratada para realizar la extracción.

2.3.3.c.i. Condiciones de operación extracción soxhlet. Las condiciones de operación para el proceso de extracción por soxhlet fueron definidos a partir de las propiedades del solvente y de la norma técnica Colombiana NTC 6240. En la Tabla 20 [41], se muestran las condiciones de operación para el proceso:

Tabla 20.

Condiciones de operación para la extracción.

Condiciones de operación	valor
Temperatura de extracción	78°C
Temperatura de destilación	78°C
Duración de soxhlet	6 h
Presión de Bogotá	560 mmHg
Duración de destilación	6 h

Nota. Condiciones de operación para la extracción

2.3.3.c.ii. Parámetros de la materia prima y de los reactivos. Para definir estos parámetros se realizó una revisión previa de la literatura del ensayo, «Evaluación de un proceso para la obtención de fitoesteroides partiendo de la semilla del aguacate (Persea americana Mill. Var Hass) a escala laboratorio», realizado por A. T. M. Hernández y A. C. S. Parra en 2019. Para la selección de variables operativas de extracción, la masa

que se va a utilizar el tiempo y presión. Con base en el método de extracción se decantó por el método soxhlet y el solvente etanol 95% bajo criterios definidos en el inciso 2.1 y 2.2.

Tabla 21.

Parámetros de la materia prima y de los reactivos.

Parámetros de la materia prima y de los reactivos			
	variedad Lorena	Variedad Hass	Variedad criolla
Masa semillas (g)	25	25	25
Solvente	Etanol 95%	Etanol 95%	Etanol 95%
Relación soluto/solvente(m/v)	1:10	1:10	1:10
Temperatura (°C)	78	78	78
Tiempo (h)	6h	6h	6h

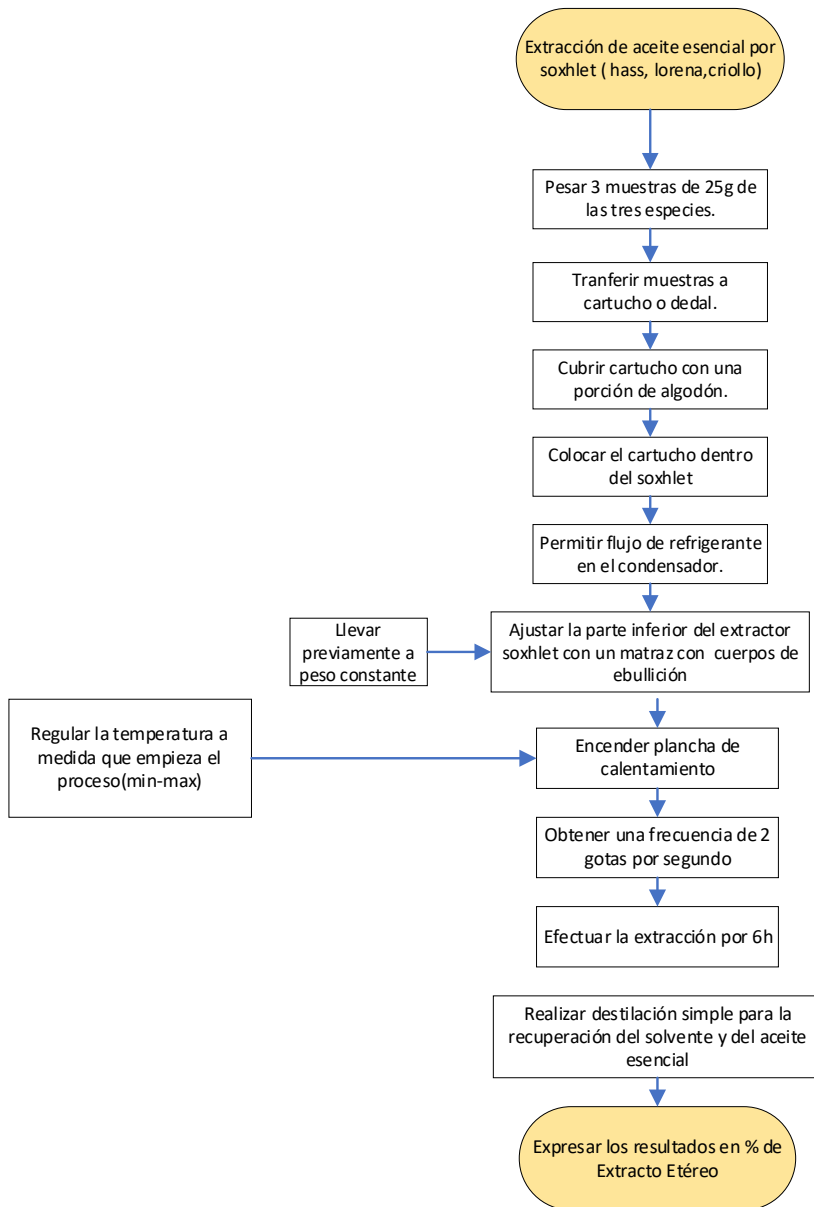
Nota. Parámetros de la materia prima y de los reactivos.

2.3.3.c.iii. Proceso de extracción. Para llevar a cabo el proceso se desarrolló un diagrama de flujo de proceso, donde se indica los pasos del proceso y las recomendaciones que se tienen que tener en cuenta, para la experimentación. En la Figura 17 se muestra el diagrama de flujo de proceso.

Para el proceso de extracción se realizarán tres réplicas por cada una de las variedades, utilizando como solvente el (etanol 95%), por ende, el número de réplicas finales es de 3 por cada variedad; debido a las condiciones actuales de pandemia y locativas y por restricción de uso de laboratorios por los reforzamientos estructurales no se pudieron hacer mas replicas.

Figura 17.

Proceso soxhlet



Nota. PFD. Proceso soxhlet. Elaboración propia.

Una vez conocidas las condiciones de operación del proceso, los parámetros de la materia prima, reactivos y los pasos para el proceso de extracción. Se procede inicialmente a pesar la masa de las semillas de cada una de las variedades de las que se va extraer el aceite esencial. Para el proceso de calentamiento, se empieza a aumentar la temperatura de las planchas de forma gradual, con una temperatura

inicialmente menor al punto de ebullición del etanol y utilizando perlas de ebullición para controlar la presión de vapor del solvente etanol al 95%.

El montaje soxhlet fue realizado en cadena para disminuir el consumo de agua para la red de refrigeración y el tiempo de extracción. En la figura 18 se muestra el montaje en cadena realizado.

Figura 18.

Montaje de extracción soxhlet en cadena.



Nota. Montaje de extracción soxhlet.

En uno de los ensayos de extracción el equipo que contenía la muestra de semillas de la variedad Lorena, comenzó a presentar turbidez en la solución después del ciclo 12, esto pudo ser debido al contenido de algún compuesto en estado sólido que estaba presente como residuo en el balón esmerilado de fondo plano, debido a una mala limpieza, o a compuestos que ya se encontraban inmersos de extracciones anteriores, lo cual ocasionó una variación en el punto real de ebullición del solvente.

2.3.4. Etapa 3

Esta etapa será desarrollada a partir del cálculo de los factores relacionados con respecto a la Caracterización del aceite de aguacate:

2.3.4.a. Rendimiento. El rendimiento es un factor que puede ser afectado por diferentes variables como: la afinidad de los solventes con los componentes a extraer, el

área de contacto del solvente con la muestra (área superficial), y el porcentaje de humedad de la muestra de la que se va extraer el aceite. Con base en la Ecuación 6. Se puede determinar el rendimiento de aceite esencial obtenido.

Ecuación 6.

$$\%Aceite = \frac{\text{peso del aceite obtenido despues de la extracción.}}{\text{peso de la semilla molida}} * 100$$

En la Tabla 22. Se muestra el valor de los rendimientos obtenidos por cada una de las muestras de aguacate de las tres diferentes variedades, utilizando etanol al 95% cómo solvente.

Tabla 22.

Rendimientos obtenidos.

Parámetros de la materia prima y de los reactivos			
	variedad Lorena	Variedad Hass	Variedad criolla
% Aceite (ensayo 1)	3.56%	10.04%	5.31%
% Aceite (ensayo 2)	4.50%	9.96%	5.40%
% Aceite (ensayo 3)	4.00%	11.5%	6.00%
% Promedio de rendimiento	4.02%	10.5%	5.57%
Desviación estándar	0.3173	0.7078	0.3062
Densidad del aceite (g/ml)	0.92	0.91	0.85

Nota. Rendimientos obtenidos de la experimentación.

En la figura 19 se muestran el aceite esencial obtenido:

Figura 19.

Aceite obtenido en la experimentación variedad Hass y criollo.



Nota. Aceite obtenido en la experimentación de variedades Hass y criollo.

El rendimiento obtenido en la variedad Hass durante el ensayo, fue del 10.05%, se puede evidenciar que fue menor al compararse con los datos reportados por los autores Martínez, Ángela y Santana, Andrea 2019, quienes en la extracción de aceite de semilla de aguacate Hass, obtuvieron un valor de 14,55 % a las mismas condiciones de operación, con base en esto hubo un porcentaje de error del 31,27%.

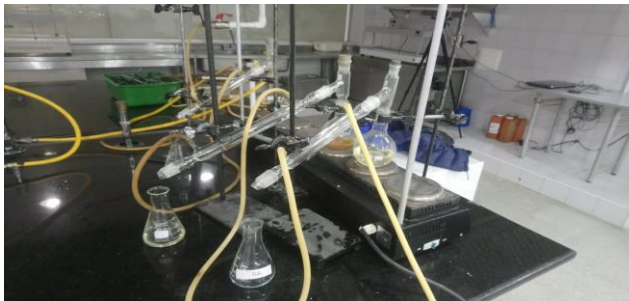
Con base en la variedad Lorena el rendimiento experimental obtenido fue de 4.02%, en comparación a los datos teóricos arrojados en el ensayo de, «Análisis de fitoesteroles en la semilla de Persea americana miller (Var. Lorena) por cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta eficiencia», *realizado por* R. E. Barrera López y J. P. Arrubla Vélez en 2017.da un valor del 8.47 %, con base en esto hubo un porcentaje de error del 52.53%, y finalmente para la variedad criolla hubo un rendimiento del 5.5% [77][78].

Las extracciones realizadas, no pudieron tener más réplicas debido a la disponibilidad de los laboratorios de la fundación universidad de América y las condiciones locativas.

2.3.4.b. Recuperación del solvente. El porcentaje de recuperación de los solventes es mediante una destilación simple, donde una cantidad de solvente usado es alimentada al evaporador. Después de ser cargado los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos remanentes en el fondo del destilador son luego removidos del equipo después de la evaporación del solvente. En la Figura 20 se muestra cómo es el montaje para la recuperación del solvente etanol.

Figura 20.

Montaje de destilación simple



Nota. Montaje de destilación simple.
Elaboración propia

2.4. Análisis de resultados

Respecto a los datos experimentales obtenidos en la caracterización de la semilla y posterior proceso de extracción de las tres diferentes variedades (Hass, Criollo, Lorena) se tienen los siguientes análisis. Inicialmente se obtuvieron porcentajes de humedad de: 1.69% en la variedad lorena, 1.14% en la variedad criolla y 8.49% en la variedad Hass con base en los datos comparados con los ensayos en la literatura de los autores M. L. Vásquez Quiroz en 2017, se obtuvieron diferencias de 2.2% con respecto a la variedad Hass y un porcentaje de error del 34.97%, en la variedad criolla hubo una diferencia del 1.03% y un porcentaje de error del 37.86% y finalmente se obtuvo una diferencia de 1.58% y un porcentaje de error del 58.54% en la variedad lorena. Hay que tener en cuenta que esta propiedad define el contenido de agua que posee el fruto dentro si, y se ve muy influenciado por la variedad de aguacate, las condiciones de maduración que ha tenido el fruto, el lugar de procedencia y el manejo que se tiene postcosecha. En el caso

del género *Persea Americana* Mill varía dependiendo de la subespecie de aguacate ya sea, mexicana, guatemalteca o antillana. Finalmente hay que tener en cuenta que este porcentaje es un factor que representa en baja proporción la afinidad que hay entre el aceite y la semilla, por lo que este parámetro define una parte del rendimiento y afinidad con los solventes para la extracción de grasas. Si las semillas están completamente secas el aceite no puede extraerse de forma eficiente.

Con respecto a la determinación de materia seca, esta representa el contenido de sólidos que quedan después de la deshidratación. Los datos obtenidos con respecto a este ensayo fueron de 98,31% en la variedad Lorena, 98,86% en la variedad Criolla y 91,51% en la variedad Hass, donde se obtuvieron los siguientes porcentajes de error con respecto al ensayo de M. L. Vásquez Quiroz en 2017 de; 1.62% y 2,38% para la variedad criolla y Hass respectivamente con respecto a la variedad lorena no hay datos experimentales que lo sustenten.

Con base en los datos obtenidos en la determinación de cenizas en el ensayo de, M. L. Vásquez Quiroz en 2017 y los que dieron en el laboratorio, que fueron de; 8.42% en la variedad lorena, 0.42% en la variedad criolla y 2.75% en la variedad Hass. Se tuvieron diferencias significativas del: 5,65% en la variedad lorena; 6,14% en la variedad criolla y 0.47% en la variedad Hass. Este cálculo representa el nivel de pureza de los alimentos el contenido de minerales y residuos orgánicos en las semillas, que son directamente proporcional a la masa del material calcinado. Uno de los factores que influye en este cálculo es el tiempo de maduración del fruto.

Durante el proceso de disminución de partícula se evidenció de forma cualitativa, que al reaccionar el oxígeno con las semillas molidas, ocasiono una reacción de oxidación que se produce por las enzimas llamadas polifenol oxidasa, que al entrar en contacto con el aire transforma los fenoles en quinonas.

Para en el proceso de extracción. Inicialmente se tiene en cuenta los tamaños de partícula utilizadas, relacionadas al diámetro medio aritmético que fueron de; 2,16 mm

en la variedad Hass; 2,23 mm en la variedad lorena y 2,36 mm en la variedad criolla, cabe destacar que esta propiedad calculada, influye debido a que si la el área superficial es mayor esto indica mayor superficie de contacto del solvente con el material, lo que representa mayores rendimientos debido a fenómenos de transferencia de masa. Con base en el solvente seleccionado se tomó el etanol al 95% de concentración, por ser un compuesto polar-prótico, con un buen punto de ebullición y que además hace parte de criterios de selección con respecto a una química verde. La relación de soluto solvente fue de 1:10, con una masa de 25g, lo que indica que se utilizó un volumen de 250 mL de solvente. La temperatura que se utilizó fue la del punto del etanol al 95% (78°C), con una presión de 560 mmHg referente a la presión de Bogotá D.C.

Por último, se obtuvieron los siguientes resultados. Un rendimiento de aceite esencial de la variedad Lorena de 4,02% con una desviación estándar con base en tres replicas realizadas del 0.3173; un rendimiento de aceite esencial de la variedad Hass, de 10,05% con una desviación estándar de 0.7078 y finalmente un rendimiento de aceite esencial de 5,57% con una desviación estándar del 0,3062. Con respecto a la densidad se tuvieron valores de 0.92 g/mL, 0.91 g/mL, 0.85 g/mL respectivamente. Relacionando estos datos a ensayos como el de MARTINEZ, Angela y SANTANA, Andrea 2019, y el de R. E. Barrera López y J. P. Arrubla Vélez en 2017 se tuvieron los siguientes porcentajes de error; un 31,27% en la variedad Hass y un 34,23% en la variedad criolla. La variedad que presento mayor rendimiento de extracción de aceite esencial fue la variedad Hass con un valor del 10,05% a diferencia de los datos reportados por el ensayo de MARTINEZ, Angela y SANTANA, Andrea 2019, donde dio un rendimiento del 14,55%, debido principalmente a la relación que tuvieron con respecto al diámetro de partícula tomado que fue de 0.420 mm respectivamente, lo que quiere decir que el solvente podrá tener mayor contacto con la partícula lo que hace que la distancia que recorrerá el aceite para salir de la partícula sea menor, disminuyendo así la resistencia de la transferencia de masa lo que facilitará el proceso de extracción y produzca más aceite.

3. PROPUESTA: DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN A NIVEL PLANTA PILOTO Y COSTOS DE OPERACIÓN

En este capítulo se va a realizar una propuesta de diseño de una planta para la extracción de aceites esenciales con base en algunos parámetros definidos en el capítulo anterior con respecto a las semillas del aguacate Hass, ya que fue la que mejor rendimiento obtuvo en los ensayos de laboratorio. Teniendo en cuenta una capacidad de acuerdo a la generación de residuos semanales de la empresa Guacamoles listos S.A.S de la ciudad de Bogotá D.C. Se realizará una breve descripción del proceso donde se definirán la variables operativas, equipos, perdidas por unidad, el dimensionamiento de los equipos y los respectivos balances, diagramas, y costos de operación de la planta[70].

3.1.Descripción general del proceso

Para el desarrollo del proceso se va definir inicialmente un proceso Batch o por etapas, con un flujo masico de 100 kg de semillas de aguacate Hass por cada 2.25 h, que van a ser procesadas para la extracción del aceite esencial. Utilizando algunos parámetros con respecto a lo obtenido experimentalmente y con base en ensayos realizados de la literatura; se van a definir, temperatura, presión, flujos masicos, concentraciones, tiempos y movientes dentro de cada una de las etapas propuestas. Los balances de masa y equipos serán propuestos más adelante con respecto a las siguientes especificaciones y variables operativas.

Inicialmente los cotiledones son recibidos en un cuarto frio, donde el cotiledón será almacenado a una temperatura de 7°C para tener la materia prima en buenas condiciones sin permitir que se degrade. Luego la semilla pasará por un proceso de lavado durante 5 min, con agua a una temperatura de 18°C y una relación de 1:2, donde la semilla ganará un porcentaje de humedad aproximadamente del 1%. Con base en el ensayo de A. F. P. López, en 2021.

Posterior a esto, el cotiledón es llevado a un proceso de descascarillado, para remover la capa del endocarpio a partir de inyección de aire con una proporción de masa con respecto a la semilla de 40,23% ($t=5\text{min}-T=18^{\circ}\text{C}$), con el fin de remover la cáscara y las partículas más livianas que se encuentran adheridas. Definido a partir del ensayo de A. F. P. López en 2021.

Después se procede al secado, donde se desea remover el 8.49% de humedad contenida en el interior de la semilla para esta operación es requerido una temperatura de 65°C por 5 min. Posterior a esto, el cotiledón pasará un segundo proceso de lavado con una disolución de ácido cítrico a un 1% de concentración y a una temperatura de 18°C y un tiempo de 5 min, a una relación de 1:2 de agua con respecto a la masa de las semillas, en donde se desea remover aquellas partículas, remanentes, agentes químicos y microorganismos que pueden estar en la superficie del cotiledón y que pueden afectar el proceso de extracción, este proceso se lleva en un intervalo de tiempo de 5 minutos. Definido a partir del ensayo de A. F. P. López en 2021.

Después la materia es llevada un proceso de secado nuevamente a un intervalo de tiempo de 5 min y una temperatura 65°C , donde se desea remover un porcentaje de humedad del 8,49%. Después se procederá a tratar la materia prima del cotiledón para la disminución de partícula mediante un molienda y respectivo tamizado hasta obtener un diámetro de partícula aproximado de 2,16mm referente al que fue utilizado en el laboratorio, para obtener partículas finas con el fin de tener mayor área superficial de contacto con el solvente que se va utilizar para la extracción (etanol 95%), y tener mayor rendimiento de aceite en el proceso. Para lograr esto se propone un flujo de recirculación de las semillas del 10%, del tamiz al molino hasta lograr que las partículas cumplan con este estándar. Definido a partir del ensayo de M. P. A. Ruiz en 2019.[59].

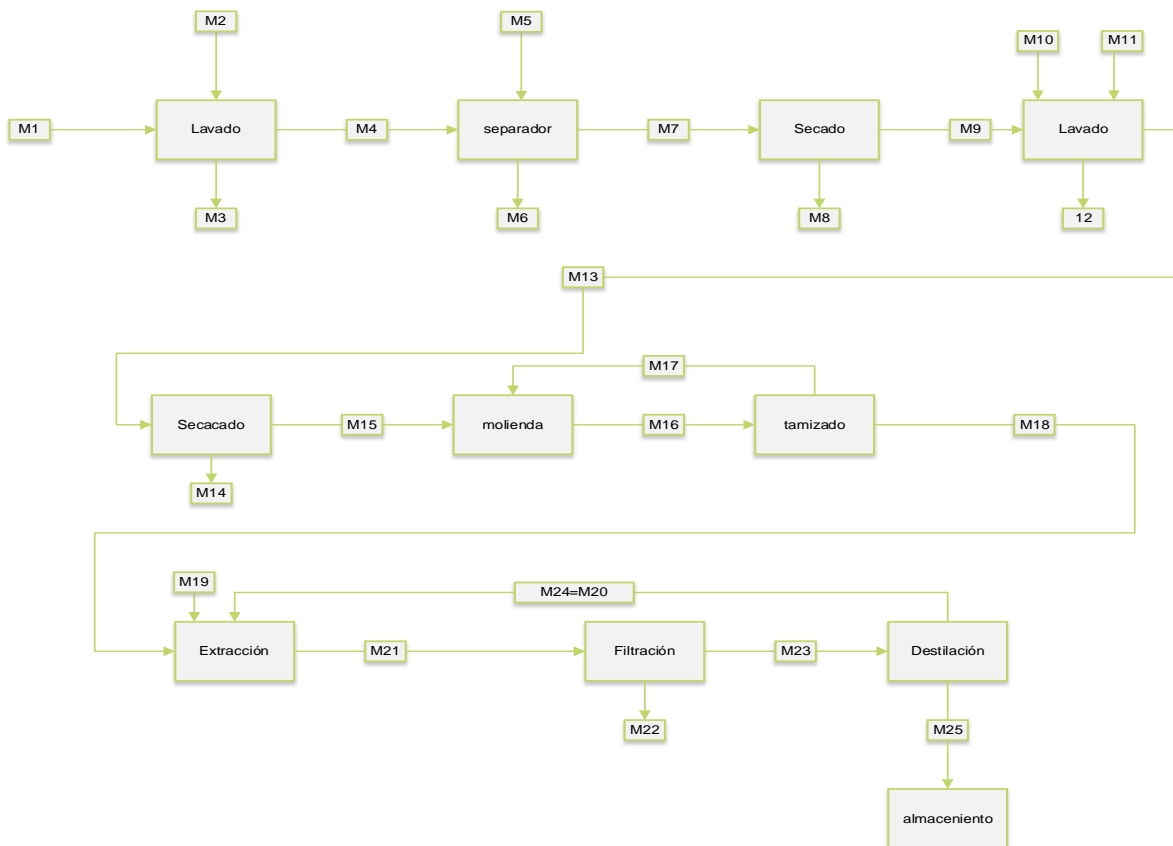
Finalmente se procede a realizar el proceso de extracción del aceite esencial con un volumen de etanol 95% de 1:10 con respecto a la masa de las semillas, dentro de un equipo extractivo. El proceso se debe realizar a una temperatura de 78.37°C en un tiempo aproximado de 40 min. Posteriormente a esto se propone el filtrado ya que se

obtendrá una solución homogénea de etanol, aceite esencial y una proporción de masa de semilla residual, que se puede separar mediante la propuesta de un tipo de filtro prensa con un porcentaje de retención de torta del 10% y una presión de operación 500 psi a un tiempo aproximado de 10 min de filtración. Definido a partir del ensayo de M. P. A. Ruiz en 2019.

Para la recuperación del aceite y el solvente se va utilizar un equipo de destilación simple donde se propone un proceso de reciclaje del etanol de la etapa de destilación al proceso extractivo, para posteriores operaciones donde se desea recuperar un 97% del solvente (etanol 95%). Con base en esto se obtendría un aceite esencial de semilla de aguacate de la variedad Hass y con un rendimiento del 10.05%. El producto obtenido será almacenado en un tanque de almacenamiento. En la figura 21 se muestra el diagrama BFD del proceso por cada una de las etapas propuestas.

Figura 21.

Diagrama BFD del proceso



Nota. Diagrama de bloques para la producción del aceite esencial, a partir de la semilla del aguacate. Elaboración propia.

Tabla 23.*Flujos de entrada y de salida*

Corrientes	Descripción	Corrientes	Descripción
M1	Flujo de cotiledón + endocarpio	M14	Agua evaporada
M2	Entrada de flujo de agua	M15	Cotiledón deshidratado
M3	Salida de flujo de agua	M16	Semilla molida
M4	Semilla hidratada	M17	Flujo de semilla molida recirculada con diámetros mayores a 2.55 mm
M5	Presión de aire para el descascarillado	M18	Flujo de semilla molida con diámetro de 2.55 mm
M6	Flujo de endocarpio	M19	Flujo de etanol al 95%
M7	Semilla sin cascarilla	M20	Flujo de solvente recuperado
M8	Flujo de vapor de agua removida	M21	Flujo de aceite más etanol al 95%
M9	Cotiledón seco	M22	Torta de filtrado de semillas
M10	Flujo de ácido cítrico	M23	Aceite esencial sin impurezas
M11	Flujo de agua	M24	Flujo de solvente filtrado
M12	Flujo agua más ácido cítrico	M25	Masa de aceite obtenido
M13	Cotiledón hidratado		

Nota. Etiquetas y flujos de corriente.

3.2. Balances de masa

Para el balance de masa se tuvo cómo base de cálculo el uso de 52800 kg al mes de semilla de aguacate de la variedad Hass, provistos por la empresa Guacamoles listos S.A.S de la ciudad de Bogotá D.C para el aprovechamiento de residuos y la producción

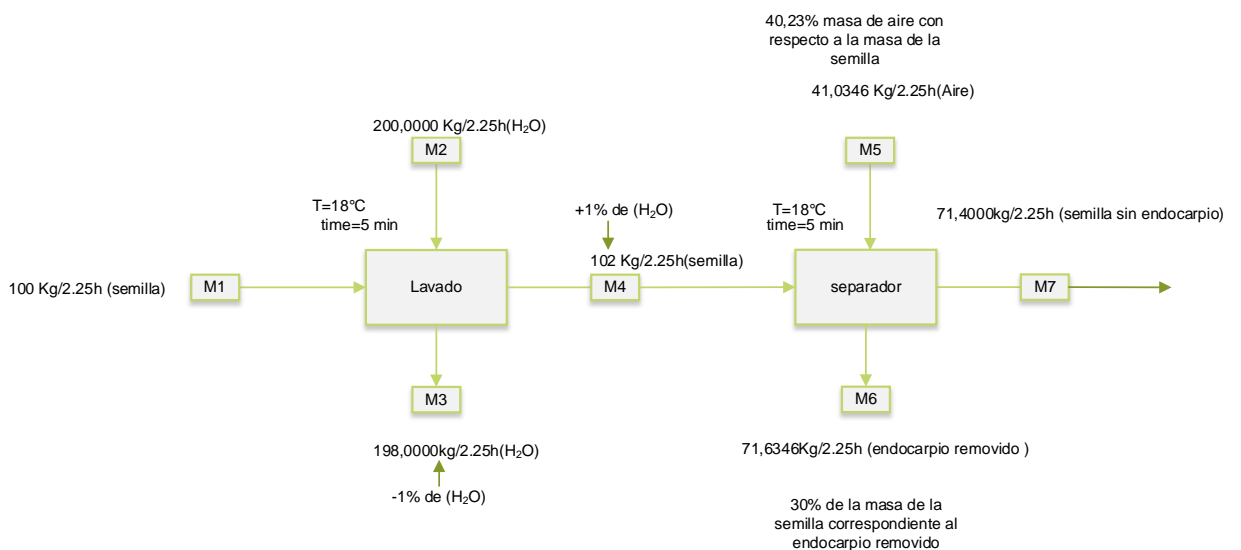
del aceite esencial. Con los que se planean procesar 500 kg/día a una tasa de 100kg/2.25h.

Lo que hace indispensable un trabajo de 11.25h al día, de lunes a viernes respectivamente. A continuación, se procederá a realizar los balances por cada operación que se vaya a realizar, con base en la descripción general del proceso.

3.2.1. Balance de masa proceso de lavado y descarillado

Figura 22.

Balance de masa de proceso de lavado y descascarillado.



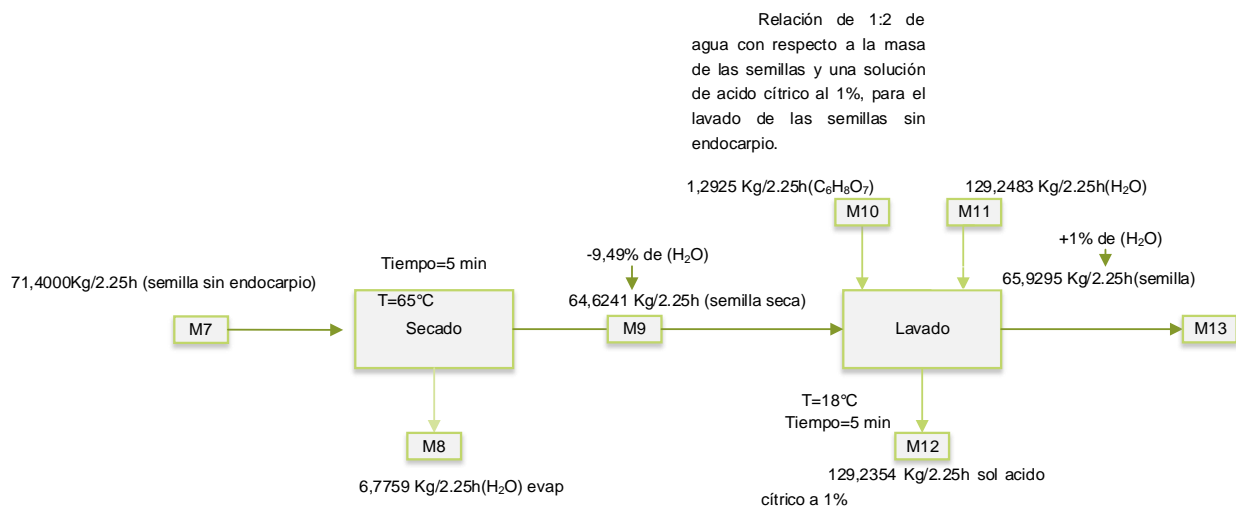
Lavado		Descascarillado	
M1+M2	300,0000 Kg	M4+M5	143,0346 Kg
M3+M4	300,0000 Kg	M6+M7	146,0346 Kg

Nota. Balance de masa de proceso de lavado y descascarillado.

3.2.2. Balance de masa para el proceso de secado y posterior lavado con ácido cítrico.

Figura 23.

Balance de masa para el proceso de secado y posterior lavado con ácido cítrico .



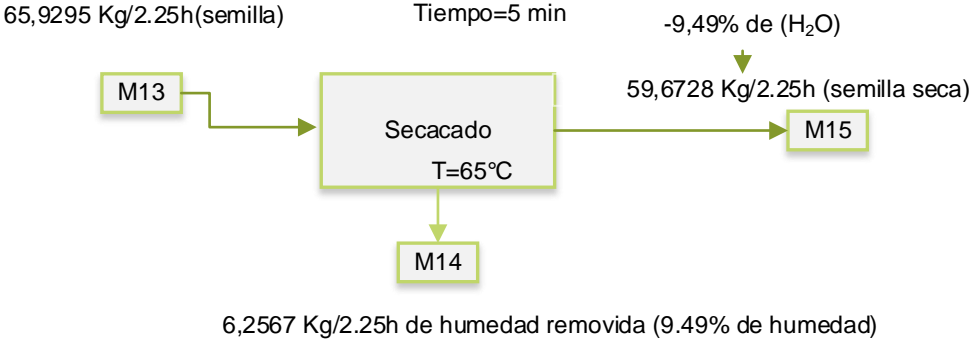
Secado		Lavado	
M7	71,4000 Kg	M9+M10+M11	195,1649 Kg
M8+M9	71,4000 Kg	M12+M13	195,1649 Kg

Nota. Flujos de corriente de la materia prima y de la solución de ácido cítrico.

3.2.3. Balances de masa proceso de secado 2.

Figura 24.

Balance de masa proceso de secado 2.



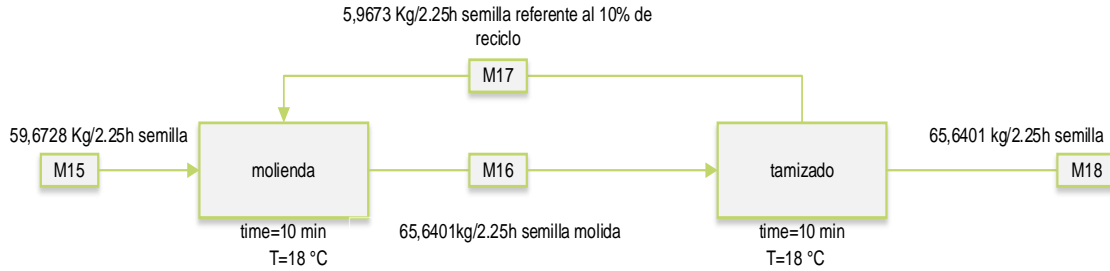
Secado	
M13	65,9295 Kg
M14+M15	65,9295 Kg

Nota. Balance de masa proceso de secado 2.

3.2.4. Balance de masa de molienda y tamizaje.

Figura 25.

Balance de masa del proceso de molienda y tamizaje

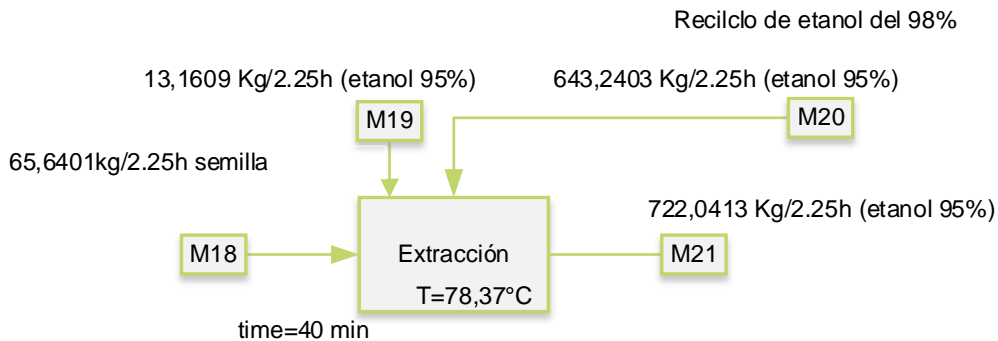


Molienda		tamizado	
M15=M18 (Reciclo 10%)			
M15+17	65,6401 Kg	M16	65,6401 Kg
M16	65,6401 Kg	M17+m18	65,6401 Kg

Nota. Balance de masa molienda y tamiz.

3.2.5. Balance de masa del proceso de extracción

Figura 26. Balance de masa del proceso de extracción



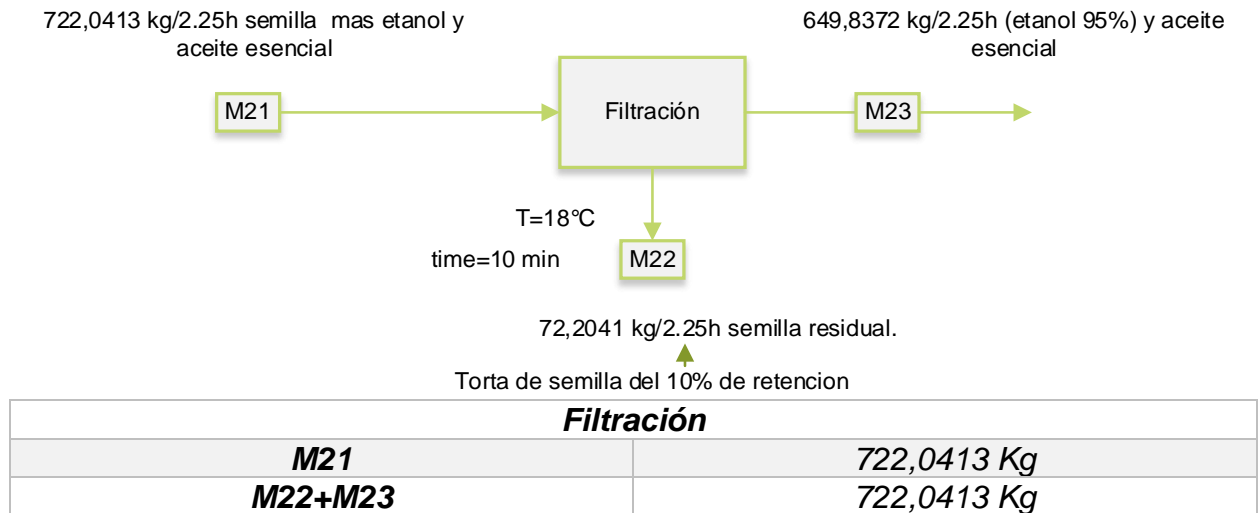
Extracción	
M18+M19+M20	722,0413 Kg
M21	722,0413 Kg

Nota. Balance de masa del proceso de extracción

3.2.6. Balance de masa de filtrado.

Figura 27.

Balance de masa de filtrado

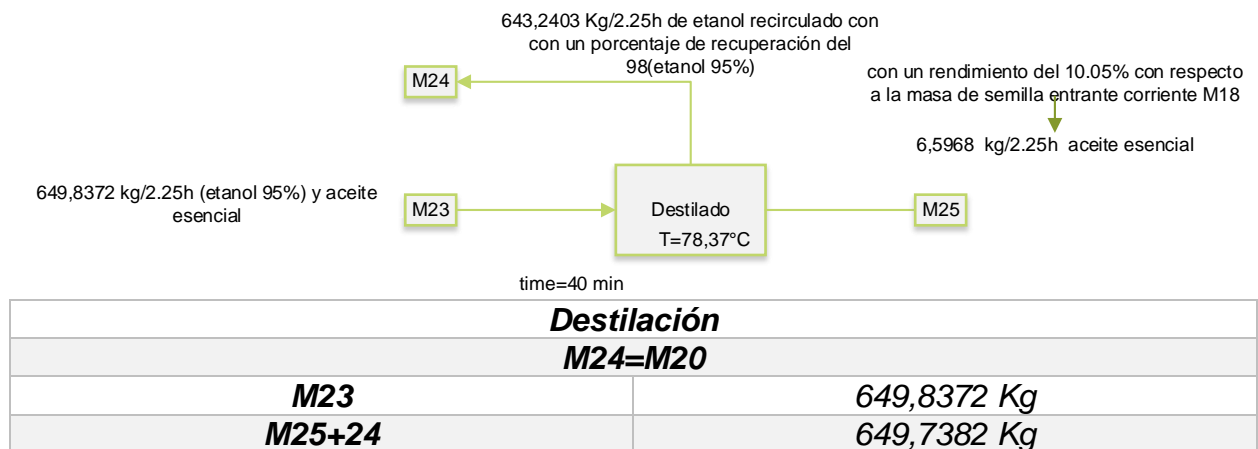


Nota. Balance de masa proceso de filtrado.

3.2.7. Balance de masa del proceso de destilación.

Figura 28.

Balance de masa del proceso de destilación.



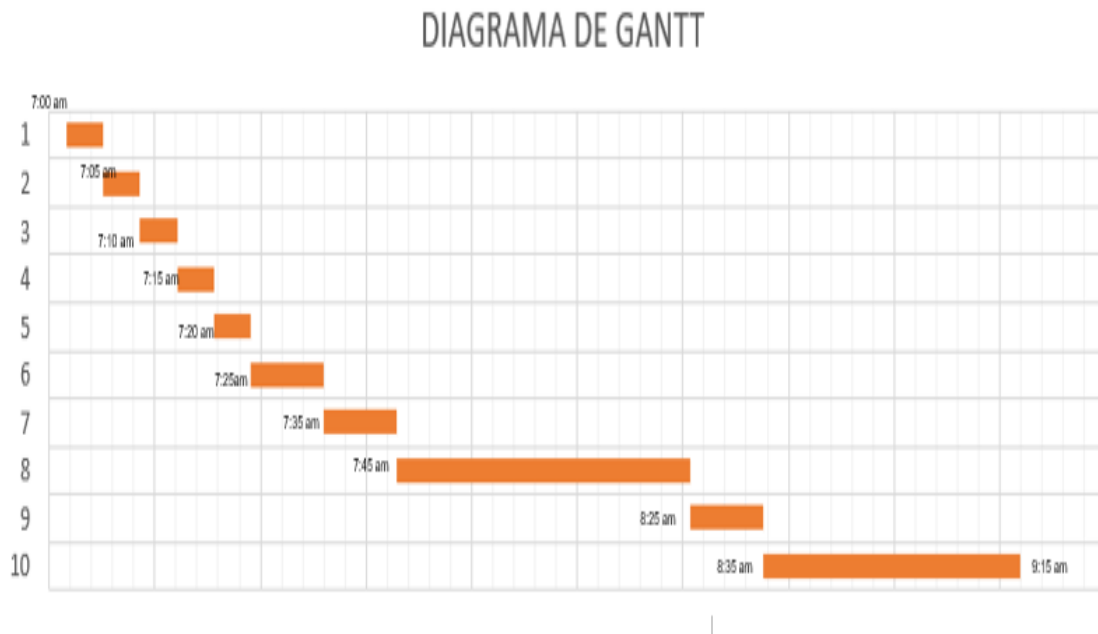
Nota. Balance de masa proceso de destilación.

3.3. Diagrama de Gantt

El proceso para definir los tiempos y movimientos de producción de aceite esencial, estará dada por una producción de 32.984 kg de aceite esencial en un día de trabajo de 7:00 am a 6:15 pm, en 5 lotes de producción, cada lote se demora 135 min lo que equivale a 2.25 h por lote. A continuación se muestra el diagrama de Gantt que muestra esto con respecto a los tiempos y movientes de un lote de producción.

Figura 29.

Diagrama de Gantt.



P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
7:00-7:05	7:05-7:10	7:10-7:15	7:15-7:20	7:20-7:25	7:25-7:35	7:35-7:45	7:45-8:25	8:25-8:35	8:35-9:15
5 min	5 min	5 min	5 min	5 min	10 min	10 min	40 min	10 min	40 min

Nota. Diagrama de Gantt de tiempos y movimientos

3.4. Selección de equipos.

Para la selección de equipos de proceso es importante conocer la funcionalidad y el rol que van a cumplir en la planta. Para esto es requerido visualizar los requerimientos de materiales, accesorios y dimensionamiento para el diseño conceptual de la propuesta de la planta piloto con base en las especificaciones en el balance de masa.

3.4.1. *Cuarto de refrigeración para almacenamiento de materia prima.*

Los cuartos de refrigeración o cámaras frigoríficas son diseñados exclusivamente para conservar el material orgánico de algún tipo de materia, ya que todo tipo de alimento o residuo orgánico es perecedero, especialmente los alimentos[79][80].

La refrigeración a temperaturas por debajo de 4°C inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias patógenas, por lo tanto, los cuartos refrigerados mantendrán temperaturas entre 2,5 °C a 7°C. Lo cual es necesario para el almacenamiento de las semillas de aguacate. En la Figura 30 se muestra cómo debe ser el equipo para la planta de extracción de aceites esenciales[81].

Figura 30.

Cuarto frigorífico o de refrigeración



Nota. Cuarto de refrigeración para la conservación de las semillas de aguacate. Tomado de: “Cuartos fríos”, [En Línea]. Disponible:<https://lactoequipos.wordpress.com/2017/11/12/cuartos-frios/>[Acceso: oct.17, 2021]

Para el dimensionamiento se requiere de un cuarto que cumpla las siguientes características

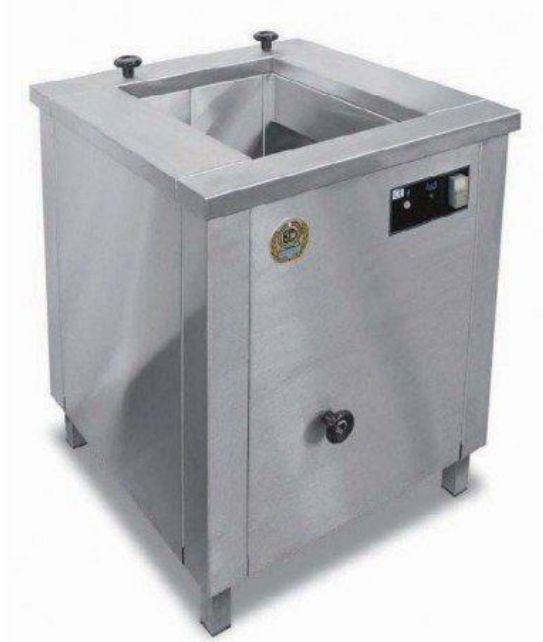
Dimensiones de la cámara

- Largo: 7,8 m
- Ancho: 4,8 m
- Alto: 3,3 m
- Temperatura interior: -22 a 10 °C
- Rendimiento eléctrico del compresor: 85 %
- Presión en la cámara: 102,1 Kpa

3.4.2. *Cuba de turbulencia laminada*

La cuba de turbulencia laminada es un equipo utilizado para el proceso de lavado de las semillas, que funciona a partir de una estructura metálica en forma de tanque diseñado de acero inoxidable 18/10, este equipo consta de una capacidad de 250 L. El diseño del equipo está fundamentado en poder programar mediante un panel digital el flujo de agua y la temperatura de lavado. En la figura 31 se muestra el equipo y en la tabla 24 las especificaciones para el equipo.

Figura 31. *Cuba de turbulencia laminada*



Nota. Cuba de turbulencia laminar para el lavado de las semillas de aguacate. Tomado de: “Expertos en soluciones de equipamiento para restauración y tecnolimentaria”, [En línea]. Disponible: <https://www.horequip.es/lavadoras-de-frutas-y-verduras/2456-lavaverduras-135lt-hevol1.html> [Acceso: oct.17, 2021]

Tabla 24.*Especificaciones de equipo de lavado*

características	unidad	Valor
Capacidad	Lt	250
Capacidad en flujo másico	Kg/h	100-150
Alimentación	kW	1.5
Consumo de agua	m ³	0.2

Nota. Especificaciones de equipo de lavado.

3.4.3. Descascarillador de paso simple

Este equipo especializado es usado para remover el endocarpio de las semillas del aguacate. El funcionamiento consiste en que el producto o materia entra por gravedad a un recipiente llamado cóclea dosificadora en el sistema de descascarillado, donde sucesivamente se descascarillan las semillas por acción centrífuga.

Después el producto pasa por una cesta perforada que varía según el tipo de materia, que luego sale por la unidad de descascarillado. El sistema de aspiración en el lugar de salida separa la parte liviana(endocarpio) de la semilla(cotiledón) que luego se traslada a un sistema de separación oscilante[82]. En la figura 32 se muestra el equipo y en la tabla 25 las especificaciones del equipo.

Figura 32.

Descascarillador de paso simple



Nota. Descascarillador de paso simple.
Tomado de: Descascarillador, descarga
del producto descascarado, [En línea.]
Disponible: https://es.zanin-italia.com/productos_descascarillador.html
[Acceso: oct.17, 2021]

Partes del equipo

- Estructura de soporte en tubular con perfiles de refuerzo.
- Carenado en tubular con chapa de protección.
- Lastre con placas de hormigón.
- Cóclea tubular de alimentación.
- Desferrizador salida producto cóclea alimentadora.
- Rotor descascarillado.
- Cajón de descarga de producto con aspirador.
- Placa oscilante en acero al carbono con tamiz en red.
- Panel de control equipado con inversor.
- Ciclón decantador.

Tabla 25.

Especificaciones del descascarillador.

características	unidad	Valor
Capacidad	Lt	150
Capacidad flujo masico	Kg/h	100-120
Peso	kg	200
Alimentación	kW	0.5

Nota. Especificaciones del descascarillador.

3.4.4. Secador

Para el proceso de secado de semillas se va utilizar el horno de secado universal BB250A este está diseñado para trabajar en procesos industriales. Su función principal es el secado de materiales dispuestos en su interior por circulación forzada de aire a una temperatura que se establece a partir de un microprocesador con panel digital.

La cámara de este se encuentra aislada con una lámina mineral de 0.2 m de grosor con acabado interior de aluminio gofrado y bandejas en acero inoxidable. La carcasa del equipo está diseñada a partir de hierro esmaltado[83]. En la figura 33 se muestra el equipo a utilizar en el proceso y en la tabla 26 las especificaciones del equipo.

Figura 33.

Horno de secado universal BB250A.



Nota. Horno de secado universal BB250A
Tomado de: “STRELIA ELECTROTECNIA”,
[En línea.] Disponible: http://strelia.pro/wp-content/uploads/2017/06/20150303_ManualHornoBb250a_Strelia_ES_v1i.pdf

[Acceso: oct.17, 2021]

Tabla 26.

Especificaciones para el horno secador.

características	unidad	Valor
Capacidad	Lt	150
Capacidad flujo masico	Kg/h	50-100
Peso	kg	125
Alimentación	kW	15
Temperatura	°C	100-500

Nota. Especificaciones para el horno secador.

3.4.5. Molino de martillo con tamiz.

El molino de martillo es una máquina que se utiliza para moler, con el objetivo de disminuir el tamaño de partícula para mayor área de contacto en el material vegetal.

Este equipo emplea una lluvia de golpes de martillo para destruir y desintegrar generalmente alimentos secos. Estos equipos son ampliamente utilizados para el procesamiento de semillas oleaginosas como la soja, girasol, canola y también son muy usados para pulverizar hierbas aromáticas y hortalizas que han sido previamente deshidratadas.

Su diseño permite una fácil y rápida limpieza del equipo; son fabricados en Acero Inoxidable ss. 304. Los molinos tienen diseños simples, que los hacen fácil de operar y mantener. Están hechos para una alta capacidad de molienda. Funcionan según los materiales o el tipo de producto, ya sea que se triture o se rompa[84].

La materia es introducida en el equipo por acción de la gravedad. La acción de los martillos consiste en golpear la materia prima por varios segundos a alta velocidad hasta una disminución considerable de partícula en la cámara de molienda, con hasta 200 mallas con diferentes diámetros de partícula. El equipo posee unas Láminas de metal perforado o rejillas de barras, que protegen la abertura de entrada del molino conservando los materiales gruesos y finos para su posterior molienda.

Molino de martillos marca Kontinuer. En la figura 34 se muestra el equipo y en la tabla 27 las especificaciones.

Figura 34.

Molino de martillos



Nota. Tomado de: innovation lab “MOLINOS DE MARTILLOS”, [En línea.] Disponible: <https://www.kontinuer.com/es/equipos/molinos-de-martillos>[Acceso: oct.17, 2021]

Tabla 27.

Especificaciones en el molino de martillo

características	unidad	Valor
Capacidad	Lt	75,69
Capacidad flujo masico	Kg/h	50-65
Peso	kg	125
Alimentación	kW	2.2

Nota. Especificaciones en el molino de martillo

3.4.6. Equipo industrial de extracción.

El equipo extractor, es el equipo en el que se fundamenta todo el proceso para la obtención del aceite esencial. Este permite extraer compuestos en la mayoría grasas mediante la utilización de un solvente[85]. La operación en la que se fundamenta es mediante un reciclo del solvente, conocido comúnmente como (caldeo), que contacta el material vegetal y extrae sus compuestos liposolubles.

El equipo que se propone posee accesorios que permiten medir y controlar variables claves tal como la temperatura y la presión.

En cuanto sus especificaciones:

- Rango de temperatura: 50 a 200 °C.
- Presión de operación: -1 a 30 bares.
- Descripción: Equipo de acero inoxidable, cuyo recipiente de sólidos a extraer tiene un volumen de 750 L. Incluye un evaporador.

La planta consta de 4 partes principales:

1. Termo con agitador de 750 L de capacidad
2. Columna de condensación y de almacenamiento
3. Reactor de 670 L de capacidad
4. Trampas de agua

En la figura 35 se muestra el equipo que se va utilizar en el proceso extractivo. Y en la tabla 28 se muestran las especificaciones del extractor.

Figura 35.

Equipo extractor.



Nota. Equipo de extracción Tomado de: J. J. Pérez González, «Obtención De Aceite Esencial Y Pectinas De La Cascara De Naranja Y Diseño De La Unidad De Extracción.», *Univ. Nac. Sede Manizales*, pp. 1-22, 2019, [En línea]. Disponible en: [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7858/Trabajo de grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7858/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Acceso: jul.18, 2022]

Tabla 28.*Especificaciones del extractor.*

características	unidad	Valor
Capacidad	Lt	750
Capacidad flujo masico	Kg/h	50-500
Peso	kg	325
Alimentación	kW	8
Temperatura de operación	°C	50-200

Nota. Especificaciones del extractor

3.4.7. Filtro

Para el proceso de filtrado, se plantea utilizar un filtro prensa FM-18/630-150-HT, con un volumen de torta de 150 litros, con una estructura de acero inoxidable, con presiones de operación de aproximadamente; 120 psi hasta 8000 psi. Con sistema automático de cierre a través de una bomba hidráulica [86]. En la figura 36 se muestra el equipo y en la tabla 29 las especificaciones [51].

Figura 36.

Filtro prensa FM-18/630-150-HT



Nota. Filtro prensa FM-18/630-150-HT, Tomado de:

F. Avila y K. Guerrero, «Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad Hass (Persea Americana Mill)», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2019. [En línea] Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf> [Acceso: oct.17, 2021]

Tabla 29.

Especificaciones del filtro prensa.

características	unidad	Valor
Capacidad volumen de torta	Lt	150
Presión de operación	Psi	120-8000
Peso	kg	125
Alimentación	kW	2.2

Nota. Especificaciones de filtro prensa.

3.4.8. Destilador

Para el proceso de destilado se propone un equipo de destilación simple industrial, con una capacidad de 750 L, con el objetivo de reutilizar el solvente, relacionando las corrientes de flujo del destilador con el extractor, llevando el solvente a un proceso de evaporación y condensación. El equipo que se tomó con respecto a las especificaciones, de la empresa Shanghai Sepsed Machinery Co., Ltd. De referencia solventex. En la figura 37 y en la tabla 30 se muestran las especificaciones.

Figura 37. *Equipo de destilacion solventex.*



Nota. Solventex equipo de destilacion, Tomado de: M. P. A. RUIZ, «OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLA DE DURAZNO POR METODO SOXHLET Y ARRATRE DE VAPOR», 2019. [En línea] Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7627/1/6112706-2019-2-IQ.pdf> [Acceso: jul.18, 2022]

Tabla 30.

Especificaciones del equipo de destilación.

características	unidad	Valor
Capacidad del hervidor	Lt	750
Temperatura de proceso	°C	50-200°C
Peso	kg	325
Alimentación	kW	0.22

Nota. Especificaciones del equipo de destilación.

3.4.9. Tanque de almacenamiento

Para el almacenamiento del aceite esencial obtenido se propone un tanque de almacenamiento de acero inoxidable de la marca Hundom Machinery Equipment Technology Co. Ltd. Con una capacidad de unos 100L.El tanque se muestra en la figura 38.

Figura 38.

Tanque de almacenamiento.



Nota. Tanque de almacenamiento. Tomado de: "[Hot Item] Tanque de Almacenamiento de sanitaria en acero inoxidable para la industria de bebidas, industria química". Made-in-China.com. https://es.made-in-china.com/co_gzhundom/product_Stainless-Steel-Sanitary-Storage-Tank-for-Beverage-Industry-Chemical-Industry_rynruunyg.html [Acceso: jul.18, 2022]

3.4.10. Consumo energético de los equipos

En este apartado se definirá de forma breve el consumo eléctrico de cada equipo en (kW), el tiempo de operación de los equipos y además el consumo que se produce por cada hora en el que se encuentra trabajando cada una de las máquinas. En la tabla 31 se dará los valores de consumo de cada equipo.

Con respecto al consumo energético de los equipos, se va a calcular el valor en Kwh en un día de trabajo definido a partir del diagrama de Gantt realizado.

Tabla 31.

Consumo de energía eléctrica por equipo.

Equipo	Tiempo de operación(h)	Potencia de alimentación (kW)	Consumo (Kwh)
Cámara de refrigeración	24	1	24
Cuba de turbulencia laminada	0.16	1.5	0.24
Descadilladora de paso simple	0.083	0.5	0.0415
Secador(horno)	0.16	15	2.4
Molino de martillo	0.16	2.2	0.352
Equipo de extracción soxhlet	0.66	8	5.28
Filtro prensa	0.16	2.2	0.352
Equipo de destilación	0.66	0.22	0.1452
Total	26,0430	30.6200	32.8107

Nota. Consumo energético de los equipos.

3.5. Matriz de ubicación

En este apartado se sugerirá de forma teórica la ubicación de la planta en el territorio colombiano con base en un estudio. El diseño de la planta tiene la iniciativa de transformar materias primas residuales del aguacate en este caso de la semilla, para la producción de aceites esenciales.

Para esto es requerido establecer una ubicación a nivel nacional donde se debe escoger un departamento en donde haya fácil acceso a las materias primas por disponibilidad en términos de cultivo.

En cuanto a la proximidad en transporte que se puedan llevar los residuos de forma eficaz a la planta, buena calidad de las vías y que sea factible el transporte aéreo, también es requerido un lugar donde las condiciones climáticas no sean extremas para establecer la planta , además de que se rija bajo todo tipo de normativa implantada por el país con base en este tipo de proyectos, además de que el departamento sea líder en temas de exportación e importación de la materia prima por lo que facilita introducirse al mercado y por último que haya fácil acceso a los servicios de la planta (utilidades). Con base en esto se analizaron 2 opciones en dos departamentos diferentes:

3.5.1. Tolima

Este departamento ha sido seleccionado para la evaluación de la matriz de ubicación, ya que es el primer departamento a nivel nacional en la producción exportación e importación de aguacate de diferentes variedades. En el capítulo 1 fueron definidos los parámetros que posicionan a este departamento cómo el mejor en el área agrícola productiva.

Con base en la ley se enlista una serie de parámetros bajo normativas cómo la ASTM (American Society for Testing and Materials), la ICONTEC (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación), que implementan leyes estructuradas en cuanto una regulación de productos que cumplan los estándares de calidad y trazabilidad en la planificación de la producción, prevención y gestión de peligros, áreas instaladas, manejo integro de la materia prima, un bienestar y protección laboral además de un buen uso de desechos que no afecten el ambiente de forma masiva [87].

En cuanto la movilidad el Departamento del Tolima es regido bajo el Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte - DATT, que tiene bajo su jurisdicción 38 de los 47 municipios del Departamento del Tolima y cuenta con 5 Sedes Operativas en los Municipios de Guamo, Alvarado, Mariquita y Chaparral, en cuanto la infraestructura vial es de la mejores de la región con grandes vías y autopistas intermunicipales.

Con base en esta información, se plantea la instalación de la planta en la ciudad de Mariquita del departamento del Tolima, que se encuentra ubicado en el noroccidente del país, este lugar cuenta con una población de aproximadamente 33.340 personas una superficie de 379,5 km² una elevación de 495 msnm y un clima templado elevado con una humedad relativa del 72 %, además con facilidades en transporte terrestre y aéreo. Esta ciudad es fronteriza con terrenos cercanos al cultivo de tubérculos y de aguacate. El punto exacto para establecer la planta es las coordenadas 5.21174, - 74.89466 con una superficie total de 702.40 m², con una distancia con respecto a la ciudad de Mariquita de 654.64 m. En la Figura 39 se muestra la localización de donde se sugeriría establecer la planta[88][89].

Figura 39.

Ubicación geográfica de la localización de la planta Mariquita Tolima.



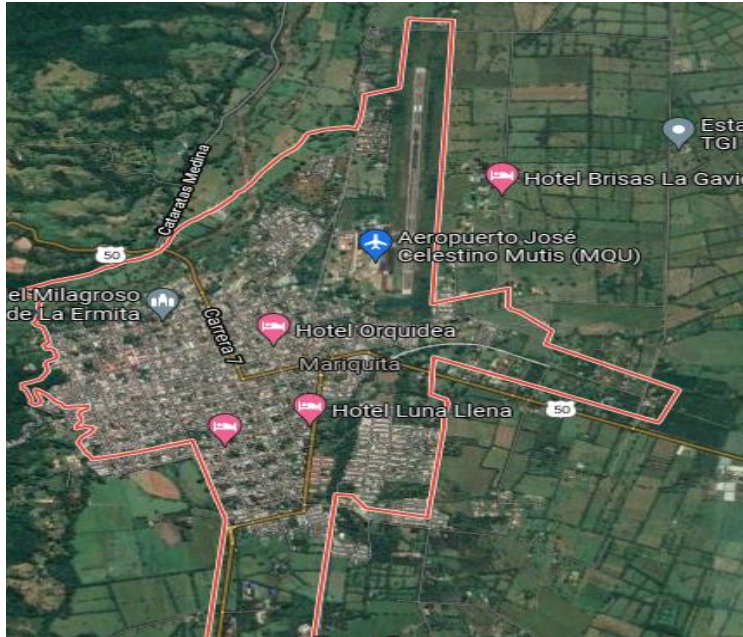
Nota. Propuesta Ubicación de la planta , Tomado de:

google maps,[En línea]:

<https://www.google.com/maps/place/5%C2%B012'42.3%22N+74%C2%B053'40.8%22W/@5.2136781,-74.9009738,2970m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d5.21174!4d-74.89466> [Acceso: oct.30, 2021]

En la figura 40 se muestra la localización de la ciudad donde se propone establecer la planta.

Figura 40. Ciudad de mariquita tolima.



Nota. Localización geográfica ciudad de mariquita tolima, Tomado de: google maps,[En línea]:
<https://www.google.com/maps/place/Mariquita,+Tolima/@5.1995052,-74.9043442,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e40b5ed4e88092b:0x461c9220fbe448f2!8m2!3d5.199505!4d-74.886835>

[Acceso: oct.30, 2021]

3.5.2. Cundinamarca

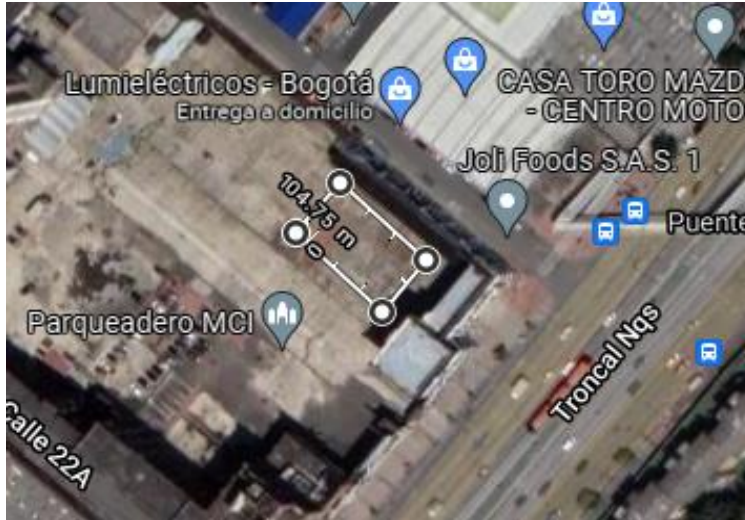
Con respecto a este departamento y a todos los factores que definen una buena localización, se evidencia un fácil acceso a las materias primas por disponibilidad en términos de cultivo en cuanto las vías presentan una gran infraestructura para llevar los residuos de forma eficaz a la planta, factibilidad de transporte aéreo y terrestre, las condiciones climáticas no son extremas tanto para establecer la planta cómo para la conservación de los residuos, lo que implica menos costos energéticos. En términos de

normativa se rigen de igual manera que el Tolima y en cuanto los servicios de la planta (utilidades) hay buena disponibilidad por encima del Tolima.

Con base en esto, se plantea la instalación de la planta en la ciudad de Bogotá D.C del departamento de Cundinamarca. Esta ciudad cuenta con una población de aproximadamente 7.810.000 personas una superficie de 1.775km² una elevación de 2640 msnm y un clima templado de 17 °C con una humedad relativa del 65%. De forma específica se quiere establecer la planta en la localidad de los mártires la florida occidental con coordenadas 4.62240, -74.08593 con una superficie total de 637.19 m² cómo se muestra en la figura 41. Esta alternativa de locación es muy buena en cuanto la implementación de la planta por cumplir cada uno de los factores de evaluación y específicamente por contar con una buena zona industrial y un buen sector de comercio y distribución, también es importante saber que la capital es donde se concentra la mayor parte de la economía y agroindustria para la importación de las variedades de los cultivos de aguacate. Por ser un punto geográficamente y económicamente accesible para la distribución de todo tipo de material y equipo requerido en la planta[47].

Figura 41.

*Localización geográfica de la planta los mártires
florida occidental-Bogotá D.C*



Nota. Localización geográfica de la planta, Tomado de: google maps,[En línea]: <https://www.google.com/maps/@4.6221003,-74.0862538,186m/data=!3m1!1e3>[Acceso: oct.17, 2021]

Con base en los datos e información anteriores se establece la matriz de ubicación en la Tabla 32 donde se definen cada uno de los factores para la ubicación y su respectiva nota; de 1 a 5.

Tabla 32.*Matriz de ubicación.*

FACTOR	CONTINENTE	Sur América	Sur América
	PAÍS	Colombia	Colombia
	CIUDAD	Mariquita	Bogotá
Materias primas	Disponibilidad	5	5
	Proximidad	5	4
	Marítimo	1	1
Transporte	Aéreo	5	5
	Vías	4	5
Condiciones climáticas	Humedad	4	5
	Temperatura	4	5
	Presión	5	5
Comunicaciones	Cobertura	4	5
	Legislación	Normatividad	5
Mercado	Producción	5	5
	Exportación	5	4
	Importación	5	4
Servicios	Agua	5	5
	Energía	5	5
TOTAL		67	68

Nota. Matriz de ubicación.

Con base en la matriz de ubicación el lugar más adecuado para implementar la localización es la ciudad de Bogotá D.C en el sector de la localidad de los mártires con un puntaje de 68, con una diferencia con respecto a la ciudad de mariquita de 1.

3.6. Tratamiento de residuos generados por la planta productora de aceite esencial de la semilla de aguacate (*var hass*).

Es innegable que las actividades industriales en los procesos, como toda actividad tiene un impacto ambiental, algunas de las veces el impacto es muy puntual e importante. En unos casos el impacto es muy localizado, y sin efectos radicales, pero persistente en el tiempo por la repetitividad de la actividad que lo provoca y la constante demanda de las materias primas que se producen. Los lugares donde se puede presentar un impacto son; Aire, Agua, Suelo y Humanos, Factores relacionados al potencial toxico que puede

producirse en los humanos por ingestión, Potencial de toxicidad humana por exposición, Potencial de toxicidad terrestre y Potencial de toxicidad acuática. El cumplimiento en cuanto el cuidado del medio ambiente y la minimización de los contaminantes en los vertimientos de aguas, emisiones de gases contaminantes atmosféricos y derrames en el suelo, son inspeccionados a partir de la norma y política ISO 14000, mediante la revisión e inspección, con respecto al cumplimiento.

Con base en lo anterior, y a la generación de residuos por la planta productora como la que se propone en este capítulo. Se planteará el tratamiento de estos residuos mediante un manejo integral, en cuanto a su disposición final.

3.6.1.a. Tratamiento de los residuos generados por las semillas: en cuanto al tratamiento de este residuo se podría suplir o proveer a industrias que lo necesiten y deseen extraer otro tipo de compuestos de estas, ya que tienen aplicativos en varios ámbitos entre los que se van a enunciar los siguientes:

3.6.1.a.i. Industria de agrícola y farmacéutica: las semillas del aguacate pueden utilizarse para la industria de elaboración de suplementos en la dieta de los animales o como recuperador de suelos para la producción agrícola, esto debido al gran contenido mineral y de aminoácidos fundamentales que poseen [90].

3.6.1.a.ii. Industria alimentaria: Otro proceso en los que se podría utilizar este residuo sería mediante el tratamiento, para la producción de aditivos para alimentos, gracias al aislamiento de su fibra nutricional que es buena para producir compuestos para tratar la malnutrición y suplementos dietarios[91]. Dentro muchas otras de sus aplicaciones el residuo de la semilla puede utilizarse para la producción de conservantes naturales ya que contienen compuestos como: el ácido benzoico y el ácido cítrico, que inhiben los microorganismos evitando que puedan dañar la membrana celular de los alimentos[51].

3.6.1.a.iii. Producción de biocombustibles: Finalmente los residuos de la semilla, pueden ser utilizados para la producción de energías renovables como

biocombustibles de tercera generación que reemplacen los combustibles fósiles. Estos se producen a través de la biomasa de la semilla mediante reacciones de transesterificación de moléculas como esteres y ácidos grasos contenidos en el material vegetal de las semillas. Estos compuestos ofrecen muchos beneficios en los que se incluye una sostenibilidad ambiental y un desarrollo regional y económico[92].

3.6.1.b. Tratamiento de aguas residuales: Para la purificación de agua se puede implementar una planta de tratamientos dividida en dos etapas, para la primera se ingresa el agua proveniente del efluente donde termina, después del proceso de lavado y se procede a: tratar el agua con un proceso de precloración, una clarificación convencional, filtración en lecho granular y una suavización. Para la segunda etapa se ingresa el agua proveniente del proceso de lavado con ácido cítrico, se podría realizar proceso de cribado, uno tratamiento fisicoquímico y un tratamiento biológico (ANEXO 2).

3.7. Costos de operación de la planta

3.7.1. *Costos de equipos, nóminas de los empleados, materias primas y transporte.*

Los costos de los equipos que se van a implementar en la planta, se obtuvieron a partir de una cotización en páginas distribuidoras de equipos industriales especializados; cuyos valores estarán expresados en dólares (USD) y mediante la conversión de divisas serán pasados a pesos colombianos, teniendo en cuenta que para la fecha del 23 de mayo del 2022 el dólar equivale en pesos colombianos en: (1USD=3935,2833 COP). En la Tabla 33 se van a mostrar estos valores.

Tabla 33.*Costos de los equipos para cada etapa de proceso.*

Equipo	Precio (USD)	Precio (COP)	Tomado de:
Cámara de refrigerado	\$ 1.753	6.896.891	https://hvacsparereparts.com/Cold-Rooms-1-321-322-06-AACORE/cold-rooms/241210
Cuba de turbulencia laminada	\$ 7.245	28.501.091	https://lacasadelchef.net/mermeladas-salsas-y-cremas/lavadoras-y-secadoras-de-frutas-y-verduras/lavaverduras-235-lt.html
Descascarillador de paso simple	\$ 2.245	8.834.943	https://es.zanin-italia.com/productos_descascarillador.html
Horno de secado universal	\$6.250	24.597.605	https://intekgroup.com.co/equipos-generales/hornos-de-secado-de-alto-rendimiento-dnf-serie/
Molino de martillo	\$3.200	12.588.611	https://www.kontinuer.com/es/equipos/molinos-de-martillos/
Equipo industrial de extracción	\$8.000	31.468.710	https://figmay.com/extractor-soxhlet/

Filtros prensa	\$7.750	30.485.312	https://www.russellfinex.com/es/equipos-de-separacion/filtros-autolimpiantes/
Equipo de destilación.	\$5000	19.676.416	https://spanish.alibaba.com/p-detail/JH-1993308093.html?spm=a2700.7724857.0.0.1da477f0VDW23Z

Nota. Costos de equipos de proceso para el pretratamiento y extracción de aceite esencial de las semillas del aguacate Hass.

Para establecer la planta se contará con un área superficial total de 637.19 m², donde se distribuirán los equipos con su respectivo distanciamiento, una oficina principal y 3 baños, todo esto se encontrará establecido, en la florida occidental barrio los mártires de la ciudad de Bogotá, cuyo arrendamiento mensual es de 10.000.000 COP. Esto fue definido a partir de la matriz de ubicación y del dimensionamiento de los equipos. [93].

Otros costos que supone la planta son en cuanto la separación de residuos del aguacate, recolección y transporte de la materia prima, para esto es requerida la mano de obra de 3 personas calificadas que conozcan el pretratamiento de la materia prima. El primer trabajador tendrá la labor de la separación de los cotiledones que se deben encontrar en condiciones aptas; en cuanto calidad y frescura, que serán trasladados desde el punto de Guacamoles listos S.A.S hasta las instalaciones de la planta (ANEXO 3). El segundo operario tendrá la labor de almacenar los cotiledones en el cuarto frío en unos compartimentos o cajas especiales para almacenar las semillas. Finalmente, el tercer operario se encargará directamente de entrar la materia prima para la producción del aceite. El valor de estas operaciones se mostrará en la Tabla 34.

Tabla 34.

Costos asociados a la recolección , transporte y almacenamiento.

	Costos mensuales	Costo total
Operarios	\$ 1.000.000	\$ 3.000.000
Camión transportador (Chevrolet Nhr Termo Furgón alquiler)	4.000.000	4.000.000
Total	\$ 5.000.000	\$ 7.000.000

Nota. Costos asociados a la recolección, transporte y almacenamiento.

Para la parte operacional se va tener en cuenta 2 operarios más, que trabajen durante 11.25 h al día de 7:00 am -7:00 pm, durante 5 días a la semana; de lunes a viernes. Donde se pretende procesar aproximadamente 500 kg de materia prima al día para la producción de aproximadamente de 32.984 kg de aceite esencial. La materia prima de residuos va a ser proveída por la empresa de guacamoles listos S.A.S de la ciudad de Bogotá.

Los operarios se encargarán del área de producción en cuanto la operación de los equipos de cada una de las unidades proceso, donde se encargará de manipular las variables de proceso cómo la temperatura, presión, los flujos de aire, agua y reactivos requeridos para la extracción. Para los costos de operación de este sector productivo se va mostrar la nómina de cada operario con sus respectivas prestaciones. Figura 42.

Figura 42.

Nómina de los empleados de planta con prestaciones.

		NOMINA					Total	
		Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5		
Devengado	Básico mensual	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 5.000.000	
	Días liquidados	30	30	30	30	30		
	Básico devengado	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 5.000.000	
	Subsidio transporte	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 106.454	\$ 532.270	
	Total devengado	\$ 1.106.454	\$ 1.106.454	\$ 1.106.454	\$ 1.106.454	\$ 1.106.454	\$ 5.532.270	
Seguridad social	Salud	Empleador	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 425.000
		Empleado	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 200.000
	Pensiones	Empleador	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 600.000
		Empleado	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 200.000
	ARL	Empleador	\$ 10.440	\$ 10.440	\$ 10.440	\$ 10.440	\$ 10.440	\$ 52.200
	Total deducciones	Empleador	\$ 215.440	\$ 215.440	\$ 215.440	\$ 215.440	\$ 215.440	\$ 1.077.200
		Empleado	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 400.000
	Total a pagar	Empleado	\$ 1.026.454	\$ 1.026.454	\$ 1.026.454	\$ 1.026.454	\$ 1.026.454	\$ 5.132.270
	Provisión	Prima y servicios	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 2.500.000
		Cesantías	\$ 83.300	\$ 83.300	\$ 83.300	\$ 83.300	\$ 83.300	\$ 416.500
Intereses cesantías		\$ 833	\$ 833	\$ 833	\$ 833	\$ 833	\$ 4.165	
Vacaciones		\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 500.000	\$ 2.500.000	

Nota. Nómina de los empleados con prestaciones.

Después del cálculo de la nómina, se va a realizar una cotización de la materia prima requerida para la extracción en un mes de producción. En la Tabla 35 se muestran los costos de cada material y reactivo.

Tabla 35.

Costos de materia prima y reactivos requeridos.

Materia prima	Valor al mes
Cotiledón (kg/h)	\$ 11.000.000
Ácido cítrico(kg/h)	\$ 6.710.660
Etanol (kg/h)	\$5.385.440

Nota. Costos en insumos y materia prima de producción.

Por otra parte, también es requerido saber los costos de las utilidades, donde se cuantifica el consumo de agua y energía eléctrica consumida por cada equipo en las horas que estén en funcionamiento. Cabe destacar que para la producción del aceite esencial en un día de trabajo es requerido 11.25 h en donde se genera un gasto mensual de agua de 38.72 m³ y un consumo de energía de 3609.177 Kwh. Donde los valores se liquidan con respecto a:

consumo de agua, que está dado gracias a valores reportados por el acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá para el año 2022, en el sector de los mártires sector industrial, cuyo valor es de 4.074.19(COP)\$/ m³ (julio/2022). En cuanto a la tarifa de energía también se hizo una revisión bibliográfica en la página de la comisión de regulación de energía y gas (CREG) para el año presente, en donde el costo de energía es de 641.3711\$/KW (julio/2022) (ANEXO 4) y (ANEXO 5)[94][95]. En la tabla 36 se muestra el consumo de energía y de agua potable en la planta.

Tabla 36.

Consumo de utilidades de servicio.

Utilidades de servicio	Lote día de trabajo	Mensual	Valor/mes
Consumo de agua (m ³)	1,76	38.72 m ³	\$ 157.753 (mayo/22)
Consumo de energía (kWh)	164.0535	3609.177 kWh	\$ 2.314.822 (mayo/2022)

Nota. Consumo de agua y energía en la planta piloto.

Con base en los valores reportados en cada uno de los apartados, se va a realizar un resumen del subtotal de la implementación de la planta a un mes de producción, donde se mostrará el valor de los equipos, los costos asociados a la recolección, transporte, almacenamiento de la materia, insumos requeridos, utilidades de servicios y valor del procesamiento de la materia prima relacionado a la nómina de los empleados. El coste de esto se muestra en la tabla 37.

Tabla 37.

Costos de operación totales de la planta.

Tipo de costo	Valor
Equipos	\$163.049.059
Arrendamiento bodega	\$ 10.000.000
Operación	
Nómina	\$ 5.532.270
Insumos	\$ 23.096.000
Servicios públicos	\$ 2.472.574
Total	\$ 204.150.524

Nota. Costos de implementación de la planta.

Estas cotizaciones hacen parte de los gastos operacionales que se estiman para establecer este tipo de planta a un mes de producción, sin embargo para establecer un proyecto para la instauración de una planta, se debe hacer la proyección, estimado a años de producción. En donde se tiene que tener en cuenta el valor presente neto, en un año de producción, los gastos operaciones y no operaciones relacionadas al proyecto y el capital requerido para establecer la planta.

3.7.2. *Economía de la industria productora de aceites esenciales a partir de la semilla del aguacate*

El mercado del aceite de la semilla del aguacate es muy escaso debido a que las empresas relacionadas prefieren extraer sus aceites de la pulpa y cascara del aguacate sin embargo hay empresas que lo hacen como la empresa Biocate de la ciudad de Bogotá, la cual está enfocada en la extracción de aceite esencial para implementarse dentro de la industria alimentaria y aromaterapia. Esta empresa ofrece sus productos desde valores aproximados de 1000 a 185.000 (COP)[96].

Con base en lo anterior se plantea la venta del aceite esencial de la semilla de aguacate (*Var. Hass*) enfocada en la implementación de la industria de la aromaterapia. Donde se plantea vender el aceite con un valor de \$181.000 COP aproximadamente, Por

cada 36 L. en la figura 43 se muestra el valor de venta del aceite esencial establecido al por mayor.

Figura 43. Valor al por mayor de aceite esencial de la semilla del aguacate variedad Hass

PRODUCCION	
<i>Aceite esencial. (CANT Lt/día)</i>	36,2461
<i>PRODUCCION ANUAL (CANT Lt/año)</i>	10.207
VALOR LOTE ANUAL	\$ 1.849.801.909

Nota. Valor del aceite esencial de la semilla de aguacate Hass

3.7.2.a. Normativa: La normativa para la extracción de aceites esenciales del aguacate no está aún definida en Colombia, por lo que se hace necesario registrarse bajo la normativa para aceites vegetales comestibles, como la norma INCONTEC (Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación) o la AOCS (America Oil Chemists Society). También se puede tomar como referencia la resolución de 2154 del capítulo VIII Art.30, para la producción de aceites esenciales, donde especifica estándares de calidad en cuanto a estos tipos de aceites que están enunciados a partir de las normas CODEX de México D.F. En la tabla 38 se muestra los estándares de calidad que se pueden manejar para este tipo de aceites.

Tabla 38.*Propiedades del aceite vegetal de aguacate.*

PROPIEDAD	CODEX	DATOS EXPERIMENTALES
Densidad	0.91-0.92	0.9152
Índice de refracción (ND a 25°C)	1.465-1.474	1.4661
Índice de saponificación (mg KOH/g)	184-196	152.4456
Índice de yodo (cg I/ g)	75-94	94.3905
Índice de peróxidos(mEq/Kg)	15	17.3771
Índice de acidez (mg KOH/g)	4	4.2797
Materia no saponificable (g/Kg)	120	86.8665

Nota. Codex alimentarius. CODEX STAN 210-1999. Tomado de: [20] A. T. M. Hernández y A. C. S. Parra, «EVALUACIÓN DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE FITOESTEROLES PARTIENDO DE LA SEMILLA DEL AGUACATE (Persea americana Mill. Var Hass) A ESCALA LABORATORIO», *Tesis grado, Fund. Universidad Am.*, vol. 1, n.º 9, p. 221, 2013. [En Línea]. Disponible: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7709/1/6141271-2019-2-IQ.pdf> [Acceso: oct.12, 2021]

Con respecto a los costos de inversión necesarios para este proyecto. Para establecer la planta productora de aceite esencial, se plantea inicialmente el capital requerido o valor presente neto, para designar el estado de liquidez del negocio y poder definir, la viabilidad económica en cuanto a indicadores financieros. En la figura 44 se muestra el valor de la inversión inicial para el primer año productivo.

Figura 44.

Inversión inicial para el proyecto con respecto a gastos operacionales en el primer año.

<i>Tipo de costo</i>	<i>Valor COP</i>
<i>Equipos</i>	<i>\$ 163.049.579</i>
<i>Lote</i>	<i>\$ 10.000.000</i>
<i>Operación</i>	
<i>Nomina</i>	<i>\$ 66.387.240</i>
<i>Insumos</i>	<i>\$ 277.153.203</i>
<i>Servicios Públicos</i>	<i>\$ 29.670.894</i>
<i>Total</i>	<i>\$ 546.260.916</i>

Nota. Inversión inicial para el proyecto con respecto a gastos operacionales en el primer año.

En cuanto a las ganancias gravables se plantea de forma hipotética y con base a este tipo de mercados aplicados a la aromaterapia. Un estudio para 6 años en los que se pretende tener un aumento en ventas del producto del 30% cada año y un aumento anual del 15% en compra de insumos y materias primas para el proceso productivo. Hay que tener en cuenta que el producto será vendido al por mayor con, un valor neto de \$181.200(COP), correspondiente al valor de 36 L de aceite esencial.[15]

3.7.3. Evaluación financiera

En este apartado se mostrará el flujo de caja con respecto a lo que se definió anteriormente en cuanto al proyecto, con un estudio a 6 años. Donde se tuvieron en cuenta gastos operacionales y no operacionales.

Para determinar la factibilidad o rentabilidad del proyecto, se va a definir el cálculo de indicadores financieros como: la (TIO), (VPN), (TIR) y PRI. Correspondiente ha: la tasa de interés de oportunidad, valor presente neto, tasa interna de retorno y periodo de recuperación de la inversión.

El cálculo de la tasa de interés de oportunidad (TIO), permite establecer ese valor presente neto de los flujos de caja a futuro, ya que representa la rentabilidad mínima del proyecto. El valor de la TIO se calculará a partir de la tasa de depósito a término fijo

(DTF), con un valor para el año 2022 del mes de julio correspondiente al 8.49 % en Colombia, tomado de; "Indicador DTF - ANIF". ANIF). También es requerido el porcentaje de inflación, el cual es del 6.6 % (Jul, 2022.Col) valor tomado de, "IPC de Colombia 2022". datosmacro.com. Por último se selecciona una tasa de rentabilidad del 11 % referente a industrias comercializadoras de aceite esencial; donde da un valor de la TIO del 28,37 % se calcula a través de la siguiente ecuación:

Ecuación. 7

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

Con base en la recuperación del capital y la rentabilidad del proyecto para la planta productora de aceite esencial, se tiene en cuenta un análisis por medio de 3 indicadores financieros cómo: la VPN, TIR y PRI, que enuncian el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación de la inversión. Que serán enunciados en el flujo de caja que se encuentra en el (ANEXO 6).

El cálculo de la VPN representa la pérdidas o ganancias de un proyecto de inversión, evaluado durante un tiempo determinado, a una tasa di interés de oportunidad (TIO), cuando el valor de esta es mayor a 0 es aceptado el proyecto, y cuando es menor a cero esto representa que este proyecto no es rentable. El cálculo de este valor se hace mediante la siguiente formula:

Ecuación 8:

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

Donde:

n=periodo al cual fue definido el proyecto

F=valor de flujo de fondos para el periodo n

i=tasa de iteres de oportunidad o TIO

La tasa interna de retorno se define como la tasa de rentabilidad del proyecto o tasa interna de recuperación de los inversionistas, esta mide la rentabilidad del proyecto dado en un porcentaje, esta se puede calcular a partir de la ecuación 9.

Ecuación 9:

$$VAN = -D_0 + \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FC_i}{(1+r)^i} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n} = 0$$

Donde:

F_c=Flujo de caja del periodo j

D_o=Desembolso inicial

r=tasa de retorno de la inversión (TIR)

n=duración de la inversión

VAN=valor presente neto

Con respecto a los datos obtenidos, la tasa interna de retorno (TIR) arrojo un porcentaje del 247 %, lo que representa la tasa máxima de oportunidad hacia al inversionista y hace muy factible este tipo de proyectos. Con un periodo de recuperación de la inversión o PRI de, 1 año 4 meses y 15 días.

4. CONCLUSIONES

En el proceso de caracterización de la semilla de aguacate (*Persea Americana* Mill) de tres diferentes variedades; (Hass, criollo y Lorena) se determinaron propiedades químicas como la humedad, materia seca y cenizas, necesarias para conocer el tipo de semillas que estamos tratando, donde los resultados obtenidos fueron: 1.69% en la variedad lorena, 1.14% en la variedad criolla y 8.49% en la variedad Hass. Los datos obtenidos con respecto al ensayo del contenido de materia seca fueron de 98,31% en la variedad Lorena, 98,86% en la variedad Criolla y 91,51% en la variedad Hass, y finalmente, en el cálculo de cenizas dieron; 8.42% en la variedad lorena, 0.42% en la variedad criolla y 2.75% en la variedad Hass. Estas propiedades difieren con respecto a la variedad de aguacate, las condiciones de maduración que ha tenido el fruto, el lugar de procedencia y el manejo que se tiene postcosecha, dentro de estas propiedades calculadas, hay factores que representan la afinidad que hay entre los compuestos de la semilla, como por ejemplo el porcentaje de humedad, que define una parte del rendimiento en la extracción de los compuestos que se desean obtener como; polifenoles, terpenos y trazas de ácidos grasos, e influye en la química de los aceites generando mayor velocidad de descomposición y rancidez si se presentan en gran concentración (tiempo de vida útil).

Para el proceso de extracción se realizó una preselección con respecto al método de extracción y el solvente a utilizar, donde se tuvieron en cuenta criterios como: rendimientos, tiempos de extracción, pureza, practicidad y economía, esto con respecto a revisiones bibliográficas que lo sustentan, por lo cual se seleccionó el método soxhlet en cuanto al método de extracción. Con respecto al solvente se tuvieron en cuenta sus propiedades fisicoquímicas propiedades como el punto de ebullición, la polaridad baja, tiempos de extracción, factores relacionados a altos rendimientos respecto a revisiones en la literatura, otros factores fueron la toxicidad y el encajar dentro de los compuestos que van en pro de la química verde. Por lo cual el que se acoplaba era el solvente etanol al 95%. Dentro del proceso extractivo también se tuvo en cuenta el diámetro de partícula

a utilizar que fue de: 2,16 mm en la variedad Hass; 2,23 mm en la variedad lorena y 2,36 mm en la variedad criolla, estos diámetros influyen ya que a menor diámetro de partícula, la distancia que recorrerá el aceite para salir de la partícula es menor, disminuyendo así la resistencia de la transferencia de masa lo que facilitaría el proceso extractivo. Con respecto a las variables operativas usadas en la experimentación fueron: una relación de soluto solvente de 1:10, 25g de masa por semilla, una temperatura 78°C (T ebullición etanol 95%), y una presión de 560 mmHg (presión de Bogotá D.C). Los rendimientos obtenidos con respecto a estos ensayos fueron: 4,02% en la variedad lorena, 5,57% en la variedad criolla y 10,05% en la variedad Hass que fue la que presento mayor rendimiento en comparación a las otras variedades. En cuanto a sus densidades: 0.92 g/mL, 0.91 g/mL, 0.85 g/mL respectivamente. Con base a ensayos realizados en la literatura, como el de MARTINEZ, Angela y SANTANA, Andrea 2019, la variedad que presento menor porcentaje de error en comparación a los rendimientos obtenidos, fue la variedad Hass con un 31,27% de error teniendo en cuenta las mismas condiciones de operación a diferencia del diámetro de partícula que fue de 0.420 mm.

En cuanto a la propuesta conceptual de la planta piloto, para el proceso de extracción de aceite esencial de la semilla de aguacate Hass. Se diseñó un proceso basándose en la semilla que durante la extracción presento mayor rendimiento con un porcentaje de 10.05% en etanol al 95%. Con base en esto, se definió los balances de masa, donde se incluyen: flujos, rendimientos, pérdidas, recirculaciones y variables de proceso. Por último se propusieron los equipos por cada etapa, su dimensionamiento con respecto a las especificaciones del balance, los consumos energéticos, un diagrama PFD, un diagrama de Gantt de tiempos y movimientos y una matriz de ubicación. En el proceso se establece un flujo de 100kg de semilla procesada por cada 2.25h dividido en 5 lotes para la producción aproximada de 33 kg de aceite esencial.

En cuanto a los costos de operación y evaluación financiera de la planta piloto, se tuvieron en cuenta: el coste de los equipos, nómina de empleados, utilidades de servicio y materias primas. Con base en esto se obtuvo un valor de: 546.000.000 COP aproximadamente, referente a el costo de inversión inicial en un año de producción, luego

se planteó un proyecto a 6 años para la venta de aceite esencial de la semilla de aguacate Hass en una industria de producción de aceites esenciales para la aromaterapia con lotes de venta al por mayor. Mediante el uso de 4 indicadores financieros donde, se calculó la tasa de interés de oportunidad (TIO) que dio un valor 28,37%, la TIR que dio un valor de 247%, lo cual representa una tasa alta de recuperación del capital para los inversionistas con un periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 1 año 4 meses y 15 días. Con base en estos datos se puede evidenciar una alta factibilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Ospina Carmona, M. A. Castaño Muñoz, A. M. Vélez Obando, y F. A. Atehortúa Hurtado, «Retos que enfrenta la agroindustria del aguacate en Antioquia en las áreas de producción y logística en términos de economía circular, con el fin de facilitar las exportaciones a la Unión Europea», 2020, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.esumer.edu.co/jspui/handle/esumer/2091>.
- [2] D. Soler Tovar, «Ethics and Biodiversity: Reflections on Bioprospecting and Biopiracy», en *Reserarch Gate*, vol. II, n.º October 2010, 2010, p. 1.
- [3] R. Lucio, «Revista de la Universidad de La Salle», *Educ. y Pedagog. Enseñanza y Didáctica Difer. y Relac.*, vol. 1989, n.º 17, pp. 35-46, 1989, [En línea]. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1793&context=ruls>.
- [4] DANE, «Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)», *Boletín Técnico*, n.º 1, pp. 1-38, 2019.
- [5] DANE, «El cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller.), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales (Primera parte)», *Boletín Mens. Insumos y Factores Asoc. a la Prod. Agropecu.*, n.º 40, p. 79, 2015, [En línea]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf.
- [6] M. Barrimi *et al.*, «Colombia tiene un consumo de aguacate de 6,3 kg per cápita por año», *Dinámica del mercado mundial de aguacate. Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55), 22 -35 “, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
- [7] ministerio de agricultura, «Indicadores e instrumentos monetarios», *Lect. Econ.*, vol. unknown, n.º 52, pp. 167-194, 2000, doi: 10.17533/udea.le.n52a4904.
- [8] A. M. Serpa, A. E. L., M. P. L. C., L. M. V. A., A. F. Ríos, y G. A. Hincapié., «Extracción de aceite de aguacate variedad “Hass” (*Persea americana* Mill) liofilizado por prensado en frio», *Rev. Investig. Apl.*, vol. 8, n.º 2, pp. 113-123, 2014.
- [9] U. de G. de R. A.-U. V. de G. y R. Agropecuarios, «Ficha de inteligencia Aguacate», *Finagro*, vol. 1, pp. 1-14, 2018, [En línea]. Disponible en:

https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_tabaco_version_ii.pdf.

- [10] E. m. m. victoria, H. a. a. ramirez, y J. L. N. SUAZA, «OPORTUNIDADES PARA LA EXPORTACIÓN DEL AGUACATE HASS BAJO EL (TLC) COLOMBIA- UNIÓN EUROPEA», *PENINGGALAN Sej. SEBAGAI SUMBER BELAJAR Sej. DALAM PENANAMAN NILAI-NILA Kebangs. PENDAHULUAN Banyuwangi merupakan Wil. yang memiliki beberapa Drh. yang berpotensi memiliki situs peninggalan Sej. yang sampai saat ini masih ada namun kondisi*, vol. 1, n.º 1, p. 17, 2019, [En línea]. Disponible en: http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component%0Ahttp://www.albayan.ae%0Ahttps://scholar.google.co.id/scholar?hl=en&q=APLIKASI+PENGENA.
- [11] E. S. Arango y L. M. S. Cortes, «PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE AGUACATE TIPO HASS EN EL MUNICIPIO DE SONSÓN (ANTIOQUIA) Estefanía Soto Arango Liliana María Sepúlveda Cortes Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Industrial Medellín , Colombia», vol. 1, p. 97, 2020.
- [12] E. Álvarez, «Cultivo del Aguacate (Persea americana Miller)», p. 27, 2018, [En línea]. Disponible en: http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia_Centa_Aguacate_2019.pdf.
- [13] J. P. Mejia Pallo, «Determinación del porcentaje de aceite de cuatro variedades de aguacate (persea americana) en el sector las Viñas», 2020.
- [14] M. Londoño, *Insectos. En Tecnología para el cultivo de aguacate*. 2008.
- [15] A. F. Melo Garcia y N. A. Mora Medina, «Evaluacion tecnico-financiera para el proceso de obtencion de aceite vegetal a partir de aguacate (Persea Americana) variedad Lorena», *Fund. Univ. Am.*, vol. 67, n.º 6, pp. 14-21, 2007.
- [16] Fundacion Española de la nutricion, «Aguacate, ficha nutricional», pp. 227-228.
- [17] J. A. García-Fajardo, R. Ramos-Godínez, y J. Mora-Galindo, «Estructura De La Semilla De Aguacate Y Cuantificación De La Grasa Extraída Por Diferentes Técnicas», *Rev. Chapingo Ser. Hortic.*, vol. 5, pp. 123-128, 1999, [En línea]. Disponible en: http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p123.pdf.

- [18] A. Bandoni, *Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica*. 2003.
- [19] G. de J. Montoya Cadavid, «Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero», *Univ. Nac. Colomb.*, vol. 1, pp. 12-174, 2010, [En línea]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/50956/7/9588280264.pdf>.
- [20] M. Alejandro, «Aceites esenciales», *Div. Publicaciones UIS*, vol. 32, n.º 2, p. 180, 2003, [En línea]. Disponible en: amart@muiscas.udea.edu.co.
- [21] A. Gloria y G. Sonia, «Comparación De Dos Métodos De Extracción De Aceite Esencial Utilizando Piper Aduncum (Cordoncillo) Procedente De La Zona Cafetera», *Univ. Nac. Colomb. Manizalez*, pp. 1-103, 2003, [En línea]. Disponible en:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>.
- [22] J. Bances Piscocoya y W. Rojas Puicon, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite de semilla de maracuyá, por prensado en frío para exportación», *Univ. Nac. Pedro Ruiz Gall.*, p. 92, 2019, [En línea]. Disponible en:
[https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893 BANCES PISCOYA-ROJAS PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893_BANCES_PISCOYA-ROJAS_PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- [23] C. Hernández y A. Mieres Pitre, «Rendimiento de la extracción por prensado en frío y refinación física del aceite de la almendra del fruto de la Palma Corozo (*Acrocomia aculeata*).», *Rev. Ing. Uc.*, vol. 12, n.º 1, pp. 68-75, 2005, [En línea]. Disponible en: http://www.ciiq.org/varios/peru_2005/Trabajos/IV/7/4.7.02.pdf.
- [24] K. Cefla, «Diseño de una planta para la extracción de aceite vegetal comestible de las semillas de chía (*Salvia Hispanical*) mediante prensado», *Esc. Politécnica Nac.*, p. 158, 2015, [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10365>.
- [25] O. J. A. Ariza, V. F. López, H. J. Coyotl, C. M. E. Ramos, R. J. Díaz, y Z. A. Martínez, «Artículo Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill . var . Hass) Effect of different extraction methods on the fatty acid profile in the avocado», *Rev. Venez. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, vol. 2, n.º 2, p. 15, 2011.
- [26] Martha Cecilia Acosta Moreno, «Evaluación y escalamiento del proceso de

- extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático», *Univ. Nac. Colomb.*, vol. 1, p. 126, 2011, [En línea]. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/377/4/Muñoz_Zapata_Adriana_Patricia_Articulo_2011.pdf.
- [27] N. Gómez, M. Sosa, y A. López, «Extracción asistida con microondas de aceite esencial de acuyo (*Piper auritum*) y evaluación de su efecto antifúngico contra *Penicillium expansum*», *Investig. y Desarro. en ciencia y Tecnol. Aliment.*, vol. 1, n.º 1, p. 6, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/2/29.pdf>.
- [28] A. T. M. Hernández y A. C. S. Parra, «Evaluación de un proceso para la obtención de fitoesteroles partiendo de la semilla del aguacate (*Persea americana* Mill. Var Hass) a escala laboratorio», *Tesis grado, Fund. Universidad Am.*, vol. 1, n.º 9, p. 221, 2019.
- [29] C. Ronzón, «Aceite De Aguacate Extra Virgen Procesado Con Ultrasonido: Calidad Química Y Sensorial», pp. 466-471, 2017.
- [30] A. Spinella, M., Fernández, M., Nolasco, S. y De Figueiredo, «Extracción de aceite asistida por ultrasonido de granos de girasol alto esteárico alto oleico.», p. 15, 2015.
- [31] G. Hidalgo y A. Romero, «**Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor», *Univ. Piura*, p. 147, 2016, [En línea]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2658/ING_569.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [32] O. Arango, F. BOLAÑOS, O. VILLOTA, A. HURTADO, y I. TORO, «Optimization of Yield and Thymol Content of Wild Oregano Essential Oil Obtained By Steam Distillation Process», *Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 10, n.º 2, pp. 217-226, 2012, [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200025&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- [33] I. Casado, «Optimización de la extracción de Aceites Esenciales por destilación en Corriente de Vapor», *Univ. Politécnica Madrid*, vol. 1, p. 84, 2018.

- [34] L. Martínez Nieto, F. Camacho Rubio, S. Rodríguez Vives, y M. Moreno Romero, «Extracción y caracterización del aceite de aguacate», *Grasas y aceites (Sevilla)*, vol. 39, n.º 4, pp. 272-277, 1988.
- [35] A. D. González, «Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas Development of methods of extraction of oil», *Prospect*, vol. 7, n.º 2, pp. 53-60, 2009, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250976007.pdf>.
- [36] F. Argote, Z. Suarez Montenegro, M. Tobar Delgado, J. Pérez Alvarez, A. Hurtado, y J. Delgado Ospina, «Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en staphylococcus aureus y escherichia coli», *Biotechnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial BSAA*, vol. 15, n.º 2, pp. 52-60, 2017, doi: 10.18684/bsaa(v15)ediciónespecialn2.578.
- [37] M. F. Diego Alberto y R. P. Diego Francisco, «Sustitución de grasa por aceite de aguacate en la elaboración de salchicha tipo Frankfurt», *Ing. Aliment.*, p. 104, 2021, [En línea]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/725.
- [38] L. Tejeda-Benítez, D. Henao-Argumedo, M. Alvear-Alayón, y C. R. Castillo-Saldarriaga, «Caracterización y perfil lipídico de aceites de microalgas», *Rev. Fac. Ing.*, vol. 24, n.º 39, p. 43, 2015, doi: 10.19053/01211129.3550.
- [39] M. Rincón y D. Martínez, «Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria», *Rev. Palmas*, vol. 30, n.º 2, pp. 11-24, 2009, [En línea]. Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432>.
- [40] R. H. C. Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot, «Operaciones unitarias en ingeniería química», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2013.
- [41] Leidy Andrea Reyes Castellanos, «Evaluación Técnico-Financiera De LA Obtención De Aceite De Semillas De Guanábana (Annona muricata)», *Fund. Univ. Am.*, vol. 1, n.º 1, pp. 1-128, 2020, [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003><http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>.
- [42] L. Alfonso y G. Villada, «Aceites Esenciales : Un Mercado Potencial Para El Aprovechamiento De La Biodiversidad Colombiana», 2018.

- [43] A. Von_Humboldt, «Estudio del mercado nacional de aceites esenciales», *Inst. Investig. Recur. Biológicos Alexander Von Humboldt*, p. 41, 2003.
- [44] M. Samuel y M. Reyes, «Estudio del rendimiento y composición del aceite esencial de diferentes poblaciones silvestres de *Lippia chiapasensis* Loes. del altiplano occidental guatemalteco», p. 11, 2012, [En línea]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3237.pdf.
- [45] V. Cevallos y L. Londoño, «Aceites Esenciales En La Conservación De Alimentos Valeria Ceballos Toro , Lina M. Londoño Giraldo», pp. 1-13, 2018, [En línea]. Disponible en: <file:///H:/3659-Texto del artículo-6039-1-10-20181029.pdf>.
- [46] V. F. Dr. Vladimir, «Aceites esenciales y plantas», *sena*, vol. 1, n.º 69, p. 48.
- [47] I. Fawcett, «Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala», *Univ. los Andes*, vol. 67, n.º 6, pp. 14-21, 2007, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21769/u258460.pdf>.
- [48] J. Ariza, «“Estudio Del Efecto Del Campo Eléctrico Sobre La Isomería De Los Ácidos Grasos Del Aguacate.”», *Inst. Politécnico Nac.*, p. 139, 2012, [En línea]. Disponible en: <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8338/1/Tesis Aceite de aguacate.pdf>.
- [49] M. Elena Jiménez, M. Del, R. Aguilar, M. De La, L. Zambrano, y E. Kolar, «Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas», *Rev. la Soc. Química México*, vol. 45, n.º 2, pp. 89-92, 2001.
- [50] A. S. Rodríguez, «Evaluación Del Contenido Fenólico y Su Capacidad Antioxidante De Extractos De Hojas De Aguacate Criollo (*Persea Americana Var. Drymifolia*) Obtenidos Mediante Ultrasonido De Alta Intensidad», *Benemrita Univ. Auton. Puebla*, vol. 1, p. 77, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/14405>.
- [51] F. Avila y K. Guerrero, «Obtención de un conservante natural a partir de la semilla de aguacate variedad Hass (*Persea Americana Mill*)», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2019.
- [52] karen E. M. Paucar, «Diseño De Un Contenedor Para Almacenamiento En Frío A

- Partir Del Aceite Vegetal De Semilla De Aguacate Maduro», *Univ. Int. sek Maest. en diseño Ind. y procesos*, vol. 1, p. 130, 2022.
- [53] F. Antonio y J. Eduardo, «Determinacion De La Temperatura Y El Tiempo Optimo En El Rendimiento De La Extraccion Del Aceite De Palta Fuerte (*Persea Americana*) Por El Metodo Soxhlet», *Univ. Priv. Antonio Guillermo Urrelo Fac. Ing. Carrera Prof. Ing. Ind.*, vol. 1, pp. 1-82, 2020.
- [54] J. S. Guillén Sánchez, «“Obtención y Caracterización Físicoquímica Del Aceite de Palta Hass (*Persea Americana*) extraído por método en frio (Prensado) y caliente (Soxhlet) ’», pp. 1-101, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2762/42901.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [55] B. Polania, «Actividad antioxidante de los residuos del aguacate Hass (*Persea americana* Mill . var Hass) sometidos a extracciones clásicas y a fluidos presurizados», p. 103, 2014, [En línea]. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/49408/1/Tesis Maestria Wilson Polania.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/49408/1/Tesis%20Maestria%20Wilson%20Polania.pdf).
- [56] A. M. Restrepo Duque, J. Londono Londono, D. Gonzalez Alvarez, Y. Benavides Paz, y B. L. Cardona Salazar, «Comparacion del aceite de aguacate variedad hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercriticos y metodos convencionales : una perspectiva desde la calidad / Ana Maria Restrepo Duque [y otros 4].», *Comp. oil from hass Var. avocado Cultiv. Colomb. obtained by Supercrit. fluids by Conv. methods a Perspect. under Qual. terms*, vol. 9, n.º 2, pp. 151-161, 2012.
- [57] J. F. Arroyave, «Obtencion de aceite de alto valor agregado para la industria de alimentos usando fluidos supercriticos», *Corp. Univ. LA SALLISTA*, vol. 4, n.º 1, pp. 1-91, 2017, [En línea]. Disponible en: [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2559/1/Obtencion_a ceite__fluidos_supercriticos.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2559/1/Obtencion_a%20ceite__fluidos_supercriticos.pdf).
- [58] S. Ovando-Chacón y K. Waliszewski, «Preparativos de celulasas comerciales y aplicaciones en procesos extractivos», *Univ. y Cienc.*, vol. 21, n.º 42, pp. 113-122, 2005, [En línea]. Disponible en: www.ujat.mx/publicaciones/uciencia.
- [59] M. P. A. Ruiz, «Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por metodo

- soxhlet y arrastre de vapor», 2019.
- [60] M. Z. V. Oseida, «Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*)», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2019.
- [61] L. Rios *et al.*, «Extracción y caracterización de aceite de cardamomo (*Elettaria Cardamomum*) extraction and characterization of cardamom oil (*Elettaria Cardamomum*)», vol. 74, pp. 47-52, 2007.
- [62] R. Investigaciones *et al.*, «Extracción con solventes y purificación de aceite a partir de semillas de *Jatropha Curcas*», *Rev. Investig. Apl.*, vol. 4, n.º 2, pp. 77-86, 2010.
- [63] SIAFA, «Hexano Hexano», *Siafa Srl*, vol. 9609, p. 2, [En línea]. Disponible en: <http://www.siafa.com.ar/notisiafa/fichas/hexano.pdf>.
- [64] M. Martínez, «La refinación del aceite de aguacate», vol. 1, p. 148, 2002, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/15343>.
- [65] M. Reactivos quimica, «Hoja De Datos De Seguridad», n.º 7, pp. 1-4, 2011, [En línea]. Disponible en: http://reactivosmeyer.com.mx/datos/pdf/reactivos/hds_1025.pdf.
- [66] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Ciclohexano: Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del ciclohexano», *Doc. Límites Expo. Prof.*, vol. 10, p. 4, 2009, [En línea]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/Doc_Toxicologica/Ficheros/DLEP10.pdf.
- [67] C. Roth GmbH, «Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa», vol. 2006, n.º 1907, pp. 1-14, 2019, [En línea]. Disponible en: www.carlroth.dewww.carlroth.dewww.carlroth.dewww.indukern.eswww.carlroth.de.
- [68] N. P. Pájaro Castro y J. T. Olivero Verbel, «Química verde: Un nuevo reto», *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 21, n.º 2, p. 169, 2011, doi: 10.18359/rcin.265.
- [69] M. Fuentes y M. Aranda, «Metodología para extracción de aceite de la microalga *Nannochloropsis oculata* usando ultrasonido», *Rev. del Inst. Investig. la Fac. Ing. Geológica, Minera, Metal. y Geográfica*, vol. 16, n.º 32, pp. 34-37, 2015.

- [70] A. F. P. López, «Evaluación para la obtención de almidón aprovechando los residuos de mango (*mangifera indica* L.) para la producción de un biopolímero», *Fund. Univ. AMÉRICA Fac. Ing.*, vol. 1, p. 155, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8679/1/6142361-2021-2-IQ.pdf>.
- [71] X. Ruelas *et al.*, «Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles», *Rev. Científica e la Univ. Autónoma Noahuila*, vol. 5, n.º 9, pp. 31-37, 2013, [En línea]. Disponible en: <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/?p=585>.
- [72] M. J. U. R. M. A. Z. Agudelo, «Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio», *J. Phys. Ther. Sci.*, vol. 9, n.º 1, pp. 1-11, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>.
- [73] M. L. Vasquez Quiroz, «Composición proximal, contenido de polifenoles totales de semilla de palata (*Persea Americana*) variedades Fuerte y Hass cultivadas en el distrito de Chao-provincia de Viru la Libertad», *Bibl. Digit. - Dir. Sist. Informática y Comun.*, vol. 1, n.º 0, pp. 1-42, 2017, [En línea]. Disponible en: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14885/Vasquez Quiroz%2CMilagrosLisseth.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14885/VasquezQuiroz%2CMilagrosLisseth.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- [74] C. Ernesto, A. Ordo, y P. E. Rodr, «Protocolo para la determinación de materia seca de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) con horno microondas», *Corporación Colomb. Investig. Agropecu. CORPOICA*, vol. 1, p. 20, 2019.
- [75] C. Carvalho, M. Velásquez, y Z. Van Rooyen, «Porcentaje mínimo de materia seca para una cosecha adecuada del aguacate cv. "Hass" en Colombia», *VIII Congr. Mund. la Palta*, pp. 417-423, 2015.
- [76] M. D. M. Cerdas Araya, M. Montero Calderón, y O. Somarribas Jones, «Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) Cultivar Hass en zona intermedia de producción de Los Santos, Costa

- Rica», *Agron. Costarric.*, 1969, doi: 10.15517/rac.v38i1.15205.
- [77] Licelander Hennessey Ramos, «Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad hass como componentes funcionales en un jabón líquido», *Univ. Manizales*, vol. 110265, p. 110493, 2017.
- [78] R. E. Barrera López y J. P. Arrubla Vélez, «Análisis de fitoesteroles en la semilla de *Persea americana* miller (Var. Lorena) por cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta eficiencia», *Rev. Fac. Ciencias Básicas*, vol. 13, n.º 1, pp. 35-41, 2017, doi: 10.18359/rfcb.2013.
- [79] E. R. D. RUBIANO, «Calculo y diseño de un cuarto frío modular para verduras», *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 1, p. 337, 2010.
- [80] Universidad Industrial de Santander, «Guía de almacenamiento seco, refrigerado y congelado», *Univ. Ind. Santander*, vol. 2, pp. 1-9, 2008, [En línea]. Disponible en: https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GBE.27.pdf.
- [81] Documento realizado y C. C. de R. y C. A. G. D. T. de A. A. y Refrigeración, «Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios. Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G.», p. 54, 2007.
- [82] ZANIN, «Manual técnico descarrillador marca zanin», vol. 1, p. 2, 2020.
- [83] M. D. E. Operaci, «Horno de secado universal bb250a», vol. 1, p. 11, 2015.
- [84] Meelko, «Molino de martillos Industrial», *Procesos Aliment. S.L.*, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.sitiosecuador.com/ads/molino-de-martillo-para-granos-mkhm198b/>.
- [85] C. Nuñez, «Extracción con Equipo Soxhlet», *Bioquímica y Biol. Mol.*, vol. 2, n.º 3, p. 5, 2008, [En línea]. Disponible en: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequiposoxhlet.pdf>.
- [86] R. Finex, «Russell finex», vol. 91, n.º 0, pp. 11-12, 2009.
- [87] D. P. Ramirez y S. S. Scarpetta, «Pequeños Y Medianos Productores En Autores», pp. 1-42, 2017, [En línea]. Disponible en: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/82868/1/TG01730.pdf.

- [88] J. A. S. Kamila Bastidas, Laura Natalia Avendaño, «Licitación red de intercambio de calor», p. 30, 2021.
- [89] S. G. J. A. BOTERO JUAN FELIPE¹, IBARRA IBARRA SOFIA², «ACTIVIDAD II DISEÑO DE PLANTAS GRUPO 8 2021-II», *Dep. Ing. Química, Fund. Univ. América, Campus Cerros 1.*, vol. 1, p. 30, 2021.
- [90] A. Ceballos y S. Montoya, «Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate», *Biotechnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 11, n.º 1, pp. 103-112, 2013.
- [91] W. Viera, A. Sotomayor, P. Viteri, R. Ushiña, y K. Cho, «Germoplasma Local de Aguacate (*Persea americana* Mill.) Tipo Criollo para la producción de portainjertos en el Ecuador», *Memorias del V Congr. Latinoam. del Aguacate*, n.º September, 2017, [En línea]. Disponible en: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>.
- [92] L. S. C. B. y M. A. M. Daza, «Desarrollo de un coagulante organico a partir de la semilla de moringa para la empresaasa comercial dacetex ltda», *Fund. Univ. AMÉRICA Fac. Ing.*, vol. 1, n.º 1, pp. 1-101, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article>.
- [93] «Arriendo de Bogota en florida occidental-Bogotá la florida occidental sur-Bogota-34-64630»<https://www.metrocuadrado.com/inmueble/venta-bodega-bogota-florida-blanca-3-banos/34-64630>, «Bodega.pdf». p. 2, 2021.
- [94] Superintendencia Delegada para Energía y Gas Combustible, *Boletín Tarifario Contenido*. 2020.
- [95] enel, «tarifario-octubre-2021.pdf». p. 1, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/español/personas/1-17-1/2021/tarifario-octubre-2021.pdf>.
- [96] K. J. B. C. Luz Karime Contreras Briceño, «Aprovechamiento de residuos aguacate generados en centro abastos de Bucaramanga para la producción de aceites

- esenciales», *Univ. Nac. Abierta y a Distancia*, n.º 1996, p. 6, 2021.
- [97] F. Castellano, «¿ Qué Son Los», *Grup. UML*, n.º 1, pp. 1-4, 2005, [En línea].
Disponible en: <https://umlangley.wordpress.com/2016/01/26/que-son-los-moocs/>.
- [98] A. C. Curtis, «Cátedra de Fisiología Vegetal Carreras : Profesorado y Licenciatura en», pp. 1-22, 2013.

GLOSARIO

Terpeno: es un compuesto que se encuentra en las plantas y representa un olor característico de la misma. Además es el componente principal de los aceites esenciales contenidos en estas.

Triglicérido: Es un lípido formado estructuralmente con un glicerol que contiene tres ácidos grasos[97].

Cotiledón: Nombre científico de las semillas,” Estos forman parte del germen de la semilla de los Antófitos”[98].

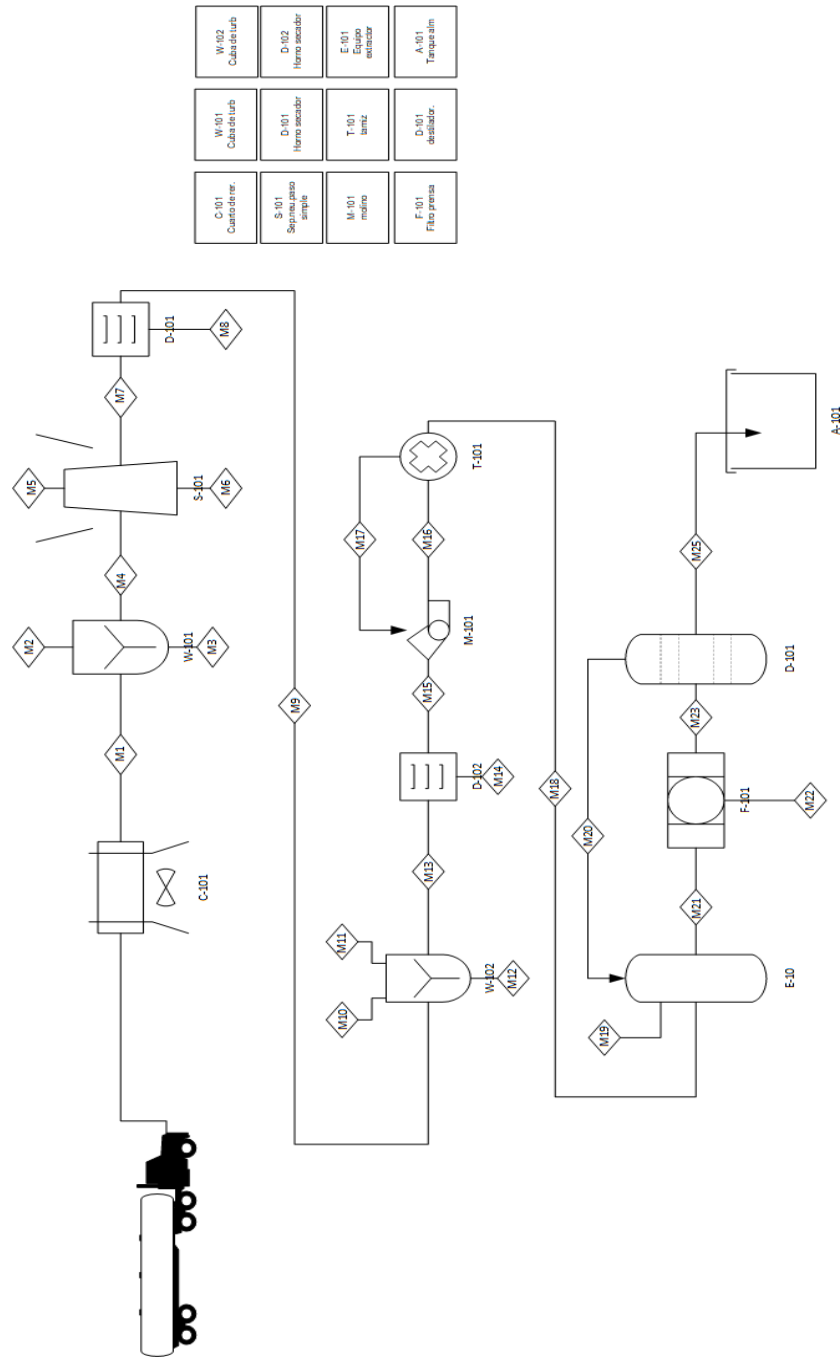
Endocarpio: En botánica, el endocarpio es la capa más interna del pericarpio, es decir, la capa protectora de los cotiledones[98].

Ácido graso: Un ácido graso es una molécula lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal

ANEXOS

ANEXO 1

Figura 45.
Diagrama PFD.

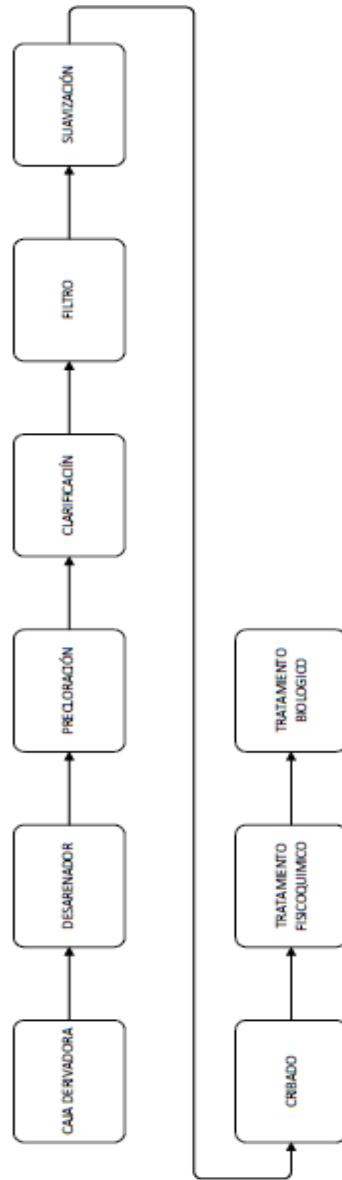


C-101 Cunto elev.	W-101 Cubas de urb.	W-102 Cubas de urb.
S-101 Sep. en paso simple	D-101 Horno secador	D-102 Horno secador
M-101 mofino	T-101 lanz.	E-101 Equipo selector
F-101 Filtro prensa	D-101 destilador.	A-101 Tanque atm.

ANEXO 2

Figura 46.

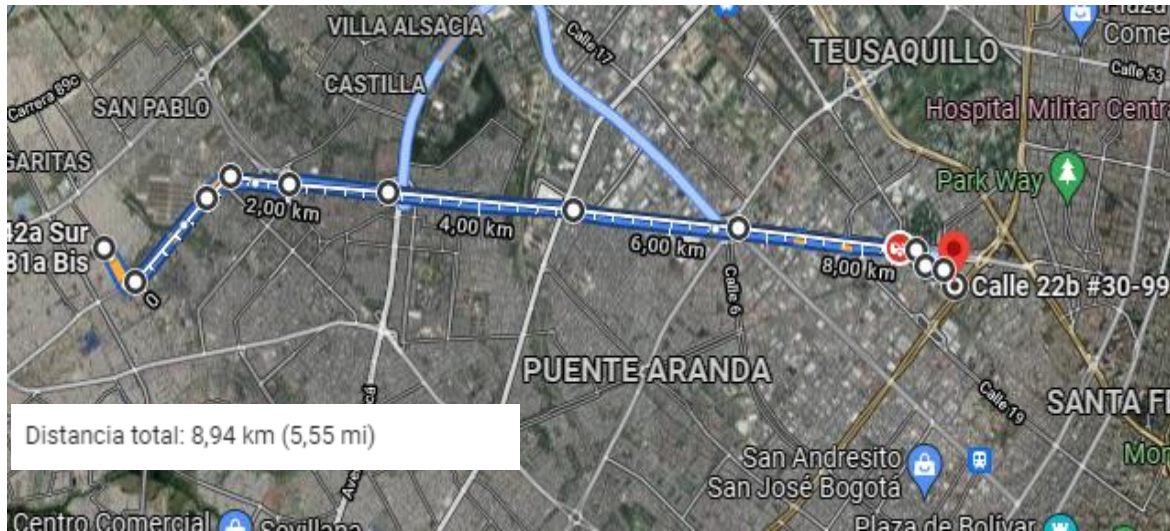
Diagrama de planta de aguas.



ANEXO 3

Figura 47.

Zona de distribución de materia prima guacamoles listos s.a.s a planta de producción de aceites esenciales.



ANEXO 4

Figura 48.

Tarifas de energía eléctrica mayo 2022

TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh) REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) OCTUBRE DE 2021

SECTOR RESIDENCIAL (NIVEL DE TENSION I)			NIVEL COMÚN (NIVEL DE TENSION II)		
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-ene)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)
E1	0-45 (+)	223,6925	223,3471	231,9632	598,9813
	Más de 05	598,9813	598,3677	679,9981	598,9813
E2	0-45 (+)	299,4907	279,1839	289,9791	598,9813
	Más de 05	598,9813	598,3677	679,9981	598,9813
E3	0-45 (+)	509,1341	474,6179	492,9644	598,9813
	Más de 05	598,9813	598,3677	679,9981	598,9813
E4	100-200kWh	718,7776	670,0412	570,4581	598,9813
E5	100-200kWh	718,7776	670,0412	695,3497	598,9813
					670,0412
					598,3677

(*) ICS: Consumo de Subestación

SECTOR INDUSTRIAL						
	NIVEL 1 PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)	NIVEL 2 (11,4 y 13,2 kV) (\$/kWh)	NIVEL 3 (24,5 kV) (\$/kWh)	NIVEL 4 (115 kV) (\$/kWh)
OTICAL E INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	598,9813	598,3677	598,9813	480,6452	444,4676	383,2857
OPCIONES HORARIAS (**)	602,1700	601,3118	582,2023	463,1046	445,8274	384,6283
INDUSTRIAL Y COMERCIAL CON CONTRIBUCIÓN	598,4404	599,5951	591,1795	481,8203	445,6950	384,6709
OPCIONES HORARIAS (**)	719,7776	670,0412	699,9497	576,7744	533,3611	459,1428
INDUSTRIAL SIN CONTRIBUCIÓN	722,6112	671,5071	697,4108	579,2250	534,8929	461,0560
OPCIONES HORARIAS (**)	719,7295	671,5071	697,4108	579,1910	535,0068	461,0560
INDUSTRIAL CON CONTRIBUCIÓN	520,1258	549,5152	581,1052	481,7413	445,5492	403,0181
OPCIONES HORARIAS	721,9843	673,2784	699,8968	580,6284	536,7921	461,0181
	719,6467	671,4182	697,3268	578,0452	534,6906	461,0181

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh). Resolución CREG-119 de 2007							
	Generación	Transmisión	Distribución	Comercialización	Pérdidas	Reservaciones	Clientes
NIVEL 1	248,6189	38,0688	182,2100	54,4738	48,9470	34,8641	671,7729
PROPIEDAD DE CODENSA	248,6189	38,0688	172,4183	54,4738	48,9470	34,8641	679,9681
NIVEL 1	248,6189	38,0688	182,6862	54,4738	48,9470	34,8641	677,5888
PROPIEDAD DEL CLIENTE	248,6189	38,0688	126,0512	54,4738	16,7158	34,8541	518,7826
NIVEL 2	248,6189	38,0688	97,3916	54,4738	16,4324	34,8541	480,8396
NIVEL 3	248,6189	38,0688	76,9645	54,4738	10,3472	34,8541	444,4676
NIVEL 4	248,6189	38,0688	76,9645	54,4738	10,3472	34,8541	383,2857
Clim (\$/factura)**				7433,8258			



ANEXO 5

Figura 49.

Tarifa consumo de agua 2022

TARIFAS PARA LOS SUSCRIPTORES ATENDIDOS EN BOGOTÁ D. C. POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALcantarillado de Bogotá, EAAB -ESP
TARIFAS PARA EL SERVICIO DE ACUEDUCTO AÑO 2021

CIFRAS EN \$/CUBETRA.

CARGO FIJO \$/SUSCRIPCIÓN		dic-2020	ene-2021	feb-2021	mar-2021	abr-2021	may-2021	jun-2021	jul-2021	ago-2021	sep-2021	oct-2021	nov-2021	dic-2021
E	Extrato 1	4.009,20	4.120,33	4.120,33	4.120,33	4.120,33	4.120,33	4.120,33	4.055,12	4.202,52	4.202,52	4.202,52	4.202,52	4.202,52
	Extrato 2	8.018,60	8.018,60	8.240,76	8.240,76	8.240,76	8.240,76	8.240,76	8.130,22	8.405,02	8.405,02	8.405,02	8.405,02	8.405,02
	Extrato 3	11.259,68	11.259,68	11.702,74	11.702,74	11.702,74	11.702,74	11.702,74	11.517,82	11.907,12	11.907,12	11.907,12	11.907,12	11.907,12
	Extrato 4	13.364,32	13.364,32	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.550,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38
	Extrato 5	29.936,08	29.936,08	30.840,14	30.840,14	30.840,14	30.840,14	30.840,14	30.352,88	31.378,78	31.378,78	31.378,78	31.378,78	31.378,78
	Extrato 6	36.618,24	36.618,24	37.724,10	37.724,10	37.724,10	37.724,10	37.724,10	37.123,04	38.382,96	38.382,96	38.382,96	38.382,96	38.382,96
D	CONSUMO BÁSICO \$/--	783,01	783,01	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95	809,95
	Extrato 1	1.566,02	1.566,02	1.619,90	1.619,90	1.619,90	1.619,90	1.619,90	1.618,06	1.660,44	1.660,44	1.660,44	1.660,44	1.660,44
	Extrato 2	2.218,53	2.218,53	2.294,86	2.294,86	2.294,86	2.294,86	2.294,86	2.292,26	2.352,29	2.352,29	2.352,29	2.352,29	2.352,29
	Extrato 3	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	Extrato 4	4.045,56	4.045,56	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.180,00	4.289,48	4.289,48	4.289,48	4.289,48	4.289,48
	Extrato 5	4.306,57	4.306,57	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.449,63	4.566,22	4.566,22	4.566,22	4.566,22	4.566,22
C	CONSUMO NO BÁSICO \$/--	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	Extrato 1	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	Extrato 2	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	Extrato 3	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	Extrato 4	4.045,56	4.045,56	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.184,75	4.180,00	4.289,48	4.289,48	4.289,48	4.289,48	4.289,48
	Extrato 5	4.306,57	4.306,57	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.454,74	4.449,63	4.566,22	4.566,22	4.566,22	4.566,22	4.566,22
I	COMERCIAL	20.046,48	20.046,48	20.651,88	20.651,88	20.651,88	20.651,88	20.651,88	20.325,58	21.012,58	21.012,58	21.012,58	21.012,58	21.012,58
	INDUSTRIAL	17.273,62	17.273,62	17.893,20	17.893,20	17.893,20	17.893,20	17.893,20	17.615,50	18.210,90	18.210,90	18.210,90	18.210,90	18.210,90
	OFICIAL	13.364,32	13.364,32	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.550,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38
	ESPECIAL	13.364,32	13.364,32	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.767,92	13.550,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38	14.008,38
	COMERCIAL	3.915,06	3.915,06	4.049,76	4.049,76	4.049,76	4.049,76	4.049,76	4.045,16	4.151,11	4.151,11	4.151,11	4.151,11	4.151,11
	INDUSTRIAL	3.601,88	3.601,88	3.725,78	3.725,78	3.725,78	3.725,78	3.725,78	3.721,55	3.819,02	3.819,02	3.819,02	3.819,02	3.819,02
OFICIAL		2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40
	ESPECIAL	2.610,04	2.610,04	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.699,84	2.696,77	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40	2.767,40

Para Normas y Cargos Especiales Verificar en Normas Especiales

ANEXO 6

Figura 50.

Flujos de caja

PRODUCCION	
	GALONES
<i>Aceite esencial. (CANT)</i>	36,2461
<i>VALOR FRASCO (COP)</i>	\$ 181.231
<i>PRODUCCION AL MES (CANT frascos.)</i>	851
<i>PRODUCCION ANUAL (CANT.frascos)</i>	10.207
<i>VALOR LOTE ANUAL</i>	\$ 1.849.801.909

<i>Materia Prima</i>	<i>coste el kilogramo</i>	<i>Lote (Kg/día)</i>	<i>Mensual</i>	<i>Valor/ mes</i>	<i>VALOR/ ANUAL</i>
<i>Cotiledon</i>	500	1.000	22000	\$ 11.000.000	\$ 132.000.000
<i>Ácido citrico</i>	23600	13	284,35	\$ 6.710.660	\$ 80.527.920
<i>Etanol 95%</i>	9300	26,3218	579,0796	\$ 5.385.440	\$ 64.625.283
			TOTAL	\$ 23.096.100	\$ 277.153.203

VNA	\$ 3.149.369.079,01
VPN	\$ 3.695.629.994,89
TIR	247%
TIO	28,37%
DTF	8,49%
% INFLACION	6,60%
RM	11%

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION	
PER. ULT FC ACUM. NEG	1
ABS. ULT FC ACUM NEG	\$ 546.260.916
FC NETO SIG.PER.	\$ 1.460.217.074
PRI	1,4
	1
MESES	0,4
	4,5
	0,5
DIAS	15
1 AÑO 4 MESES Y 15 DIAS	

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

	AÑOS					
	1	2	3	4	5	6
Ingresos por ventas	\$ 1,949,001,909	\$ 2,077,272,896	\$ 2,446,363,025	\$ 2,813,307,479	\$ 3,295,315,001	\$ 3,720,612,366
-	-	-	-	-	-	-
Fijos (Depreciación)	-	-	-	-	-	-
Variables	-	-	-	-	-	-
Utilidad Bruta	\$ 1,949,001,909	\$ 2,077,272,896	\$ 2,446,363,025	\$ 2,813,307,479	\$ 3,295,315,001	\$ 3,720,612,366
Costos de nominia	\$ 5,532,270	\$ 5,808,384	\$ 6,089,328	\$ 6,404,294	\$ 6,714,529	\$ 7,061,734
Costos de compra (mataría prima)	\$ 277,153,203	\$ 308,716,194	\$ 366,535,111	\$ 421,515,378	\$ 484,742,685	\$ 557,454,088
Utilidad operacional	\$ 1,567,116,436	\$ 1,802,757,128	\$ 2,079,728,586	\$ 2,385,387,807	\$ 2,749,847,907	\$ 3,156,037,544
Costos por financiamiento	-	-	-	-	-	-
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,567,116,436	\$ 1,802,757,128	\$ 2,079,728,586	\$ 2,385,387,807	\$ 2,749,847,907	\$ 3,156,037,544
Impuestos	\$ 297,751,123	\$ 340,510,054	\$ 384,018,431	\$ 453,255,583	\$ 521,331,102	\$ 599,618,533
Utilidad neta	\$ 1,269,365,313	\$ 1,460,217,074	\$ 1,695,710,155	\$ 1,932,172,223	\$ 2,228,516,805	\$ 2,556,419,011

Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos operativos	\$	1,849,801,909	2,127,772,196	2,446,383,025	2,813,317,479	3,235,315,101	3,720,612,366
Costos de producción	\$	282,685,473	324,535,067	372,634,439	427,919,672	491,467,194	564,514,822
Fijos	\$	-	-	-	-	-	-
Variables	\$	-	-	-	-	-	-
Costos administrativos	\$	5,522,270	5,808,884	6,099,328	6,404,294	6,724,509	7,060,794
Costos de ventas	\$	277,153,203	318,726,184	366,535,111	421,515,378	484,742,685	557,454,088
FINANCIAMIENTO	\$	-	-	-	-	-	-
GANANCIAS NETAS GRAVABLES	\$	1,567,116,436	1,802,737,128	2,073,748,586	2,385,397,807	2,743,847,907	3,156,097,544
Impuestos directos	\$	297,752,123	342,520,054	394,008,431	453,225,583	521,331,102	599,658,533
Salvamentos de ventas de activos							
Impuestos de utilidad ventas de activos							
GANANCIAS NETAS	\$	1,269,364,313	1,460,217,074	1,679,740,155	1,932,172,223	2,222,516,805	2,556,439,011
Costos de inversión	\$	546,260,916					
Creditos recibidos	\$						
Amortización	\$	-	-	-	-	-	-
Flujo de fondos	-\$	546,260,915,87	1,460,217,074,06	1,679,740,154,73	1,932,172,223,48	2,222,516,804,82	2,556,439,010,75

ANEXO 7

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para las extracciones soxhlet no se utilicen planchas de calentamiento, sino mantas de calentamiento, ya que se genera mayores pérdidas de transferencia de calor en las planchas por que el área de contacto del balón y la plancha es muy reducido; lo cual ocasiona demoras en el proceso extractivo.

Se recomienda para los ingenieros o investigadores que quieren continuar con este tipo de investigaciones, en cuanto a la extracción del aceite de la semillas del aguacate. Realizar una metodología experimental con más réplicas para corroborar los datos en cuanto al rendimiento obtenido, pruebas físicas y de calidad.

Al implementar este tipo de proyectos a escala planta piloto se recomienda validar los datos obtenidos en cuanto a sus balances de masa y variables de proceso en un software como aspen hyssys o aspen plus.