

EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN  
DE ACEITE VEGETAL A PARTIR DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*)  
VARIEDAD LORENA.

ANDRÉS FELIPE MELO GARCÍA  
NELSON ANDRÉS MORA MEDINA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN  
DE ACEITE VEGETAL A PARTIR DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*)  
VARIEDAD LORENA.

ANDRÉS FELIPE MELO GARCÍA  
NELSON ANDRÉS MORA MEDINA

Proyecto Integral de grado para optar al título de:  
INGENIERO QUÍMICO

Director:  
FELIPE CORREA MAHECHA  
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C Agosto del 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la universidad y Rector del claustro

**Dr. JAIME POSADA DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrector Académico y de Posgrados

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Decano general Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director de Investigaciones

**Ing. ARMANDO FERNÁNDEZ CÁRDENAS**

Director del programa de química

**Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y los docentes no son responsables por las ideas y conceptos emitidos en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a nuestros padres, hermanos y amigos que nos acompañaron durante este camino, creyeron en nuestras capacidades y nos brindaron todo el apoyo emocional, moral y económico.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a mis padres por darme la oportunidad de crecer académica y emocionalmente durante no solo la carrera sino toda mi vida, además de ser el mejor ejemplo a seguir que puede existir.*

*A mi compañero y mejor amigo Mora que me ha brindado su amistad irremplazable durante 10 años de mi vida.*

*A mis amigos de la universidad más cercanos, que me ayudaron a crecer como persona y estuvieron siempre en los momentos que más los necesitaba, indispensables.*

*A las diferentes series animadas que amenizaron mi estado anímico en los momentos de alto estrés.*

### ***Andrés Felipe Melo García***

*A Dios por caminar conmigo todo el tiempo, permitirme culminar esta etapa de mi vida y permitirme gozar de salud y bienestar para afrontar con la cabeza en alto las cosas que vienen por delante bajo su voluntad.*

*A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento, porque aunque los momentos algunas veces se tornaron duros nunca dejaron de creer en mi, fueron mi fuente de fuerza, amor y sabiduría en todas las decisiones tomadas.*

*A mi compañero y mejor amigo Melo por su paciencia, dedicación y trabajo que permitieron culminar una etapa más juntos además de brindarme su amistad incondicional durante más de 10 años de mi vida.*

*Al amor, a la mona que me ha brindado su apoyo en los momentos más difíciles, ha creído en mi, me ha dado fuerza en los momentos más duros y gracias a ella encontré algo que pensé que había perdido. "Hacer bien nos hace bien"*

*A Goku mi perro, por ser mi compañero incanzable de batallas nocturnas, por su amor incondicional y sus mimos de ánimo que siempre sacaban una sonrisa en mi.*

*A los pocos amigos que tuve la oportunidad de conocer y que con gran valor guardo en mi corazón, porque ellos hacen parte de mi familia.*

### ***Nelson Andrés Mora Medina***

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>23</b>
1.1 AGUACATE	23
1.1.1 Taxonomía del aguacate	23
1.1.2 Fisiología del aguacate	24
1.1.3 Subespecies de aguacate	26
1.1.4 Variedades de Aguacate	28
1.1.5 Valor Nutritivo del Aguacate	29
1.1.6 Aguacate variedad Lorena	31
1.1.7 Madurez del aguacate	33
1.1.8 Situación actual del aguacate en Colombia	35
1.2 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	38
1.2.1 Extracción por solventes	38
1.2.2 Extracción por prensado en frío	39
1.2.3 Extracción por centrifugación	39
1.2.4 Extracción con fluido supercrítico	40
1.2.5 Extracción con enzimas	41
1.3 ACEITE DE AGUACATE	41
1.3.1 Tipos de aceite	42
1.3.2 Características del aceite de aguacate	43
1.3.3 Propiedades físicas	45
1.3.4 Propiedades químicas	46
1.3.5 Situación actual del aceite de aguacate en Colombia	47
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</b>	<b>48</b>
2.1 MUESTREO	49
2.1.1 Determinación de las unidades de muestreo (NTC 756)	49
2.1.2 Rotulado (NTC 1248)	50
2.1.3 Transporte (NTC 1248-3, NTC 1248-2)	50



2.1.4 Almacenamiento (NTC 1248-3)	51
2.1.5 Informe de muestreo (NTC 756)	51
2.2 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE LA MATERIA PRIMA	52
2.2.1 Determinación del peso	53
2.2.2 Determinación del contenido de pulpa	53
2.2.3 Determinación de densidad real	55
2.2.4 Determinación densidad aparente	56
2.2.5 Determinación de a porosidad	56
2.2.6 Determinación de pH	57
2.2.7 Determinación de Dureza	58
2.2.8 Determinación de Humedad y materia volátil	58
2.2.9 Determinación de contenido de grasa por método Soxhlet	61
2.2.10 Determinación de materia seca	62
<b>3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN</b>	<b>66</b>
3.1 COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	66
3.2 EXTRACCIÓN POR SOLVENTES	69
3.2.1 Pretratamiento de la materia prima	69
3.2.2 Reactivos, equipos y materiales	70
3.2.3 Condiciones de operación	70
3.2.4 Descripción del método de extracción por solventes	71
3.2.4.1 Molienda	72
3.2.4.2 Secado de materia prima	72
3.2.4.3 Extracción por método Soxhlet	72
3.2.4.4 Destilación	74
3.2.4.5 Rendimiento del proceso	76
3.2.5 Características del aceite obtenido por método de extracción por solventes	77
3.2.5.1 Resultados fisicoquímicos	78
3.2.5.2 Resultados microbiológicos	78
3.3 EXTRACCIÓN POR PRENSADO EN FRÍO	80
3.3.1 Pretratamiento de la materia prima	80
3.3.2 Reactivos, equipos y materiales	80
3.3.3 Condiciones de operación	80

3.3.4 Descripción del método de extracción por prensado en frío	80
3.3.4.1 Molienda	81
3.3.4.2 Secado de materia prima	82
3.3.4.3 Preparación y adecuación de los equipos y materiales	82
3.3.4.4 Extracción por método de prensado en frío	84
3.3.4.5 Rendimiento del proceso	85
3.3.5 Características del aceite obtenido por método de extracción por prensado en frío	86
3.3.5.1 Resultados fisicoquímicos	87
3.3.5.2 Resultados microbiológicos	87
3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTE Y MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR PENSADO EN FRÍO	89
<b>4. DISEÑO CONCEPTUAL DE PLANTA PARA MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR PENSADO EN FRÍO</b>	<b>93</b>
4.1 DIAGRAMAS DEL PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE POR EL MÉTODO DE PENSADO EN FRÍO	93
4.1.1 Diagrama global del proceso	93
4.1.2 Diagrama de bloques del proceso	94
4.1.3 Diagrama PFD (Process Flow Diagram)	95
4.2 BALANCES DE MATERIA	96
4.2.1 Balance global de materia	96
4.2.2 Balance de materia para el proceso de lavado	96
4.2.3 Balance de materia para el proceso de despulpado	98
4.2.4 Balance de materia para el proceso de deshidratado	99
4.2.5 Balance de materia para el proceso de prensado	101
4.3 EQUIPOS	103
4.3.1 Cuartos de almacenamiento de materias primas	103
4.3.2 Lavador	103
4.3.2.1 Características y diseño	103
4.3.3 Despulpadora	105
4.3.3.1 Características y diseño	105
4.3.4 Deshidratador	107
4.3.4.1 Características y diseño	108

4.3.5 Prensa	109
4.3.5.1 Características y diseño	109
4.4 CONSUMOS ENERGÉTICOS	112
4.4.1 Consumo energético para el proceso de lavado	112
4.4.2 Consumo energético para el proceso de despulpado	112
4.4.3 Balance de energía para el proceso de secado	112
4.4.4 Consumo de energía del deshidratador	114
4.4.5 Consumo de energía de la prensa	114
<b>5. EVALUACIÓN FINANCIERA</b>	<b>115</b>
5.1 FACTORES DE OPERACIÓN Y FACTORES FINANCIEROS	115
5.2 COSTOS E INVERSIONES	116
5.2.1 Activos fijos	116
5.2.2 Costos de producción	117
5.3 FLUJO DE CAJA DEL PRUYECTO	124
5.3.1 Período de evaluación	124
5.3.2 Flujo de caja neto	124
5.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO	126
5.4.1 Tasa interna de retorno (TIR)	126
5.4.2 Tasa Interna de Oportunidad (TIO)	127
5.4.3 Valor Presente Neto (VPN)	127
5.4.4 Análisis de sensibilidad	128
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>130</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>141</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición química aproximada de la pulpa de aguacate.	25
Tabla 2. Características de las Subespecies de aguacates.	27
Tabla 3. Variedades de aguacate más conocidas en Colombia.	28
Tabla 4. Composición nutricional del aguacate.	30
Tabla 5. Comparación de las longitudes y diámetros de 6 variedades comercializadas en Colombia.	32
Tabla 6. Información sobre el peso en gramos de 5 variedades de aguacate.	32
Tabla 7. Variables asociadas a la calidad de 6 variedades de aguacate.	35
Tabla 8. Área de producción y rendimiento de los departamentos productores de aguacate en Colombia.	35
Tabla 9. Rendimientos en producción de los diferentes países.	36
Tabla 10. Contenido máximo y mínimo de ácidos grasos en el aceite de aguacate.	44
Tabla 11. Contenido máximo y mínimo de esteroles y tocoferoles en el aceite de aguacate.	44
Tabla 12. Determinación del tamaño de muestra para productos empacados.	50
Tabla 13. Rotulado imprimible.	50
Tabla 14. Especificaciones de las cajas plásticas para el transporte de aguacate.	51
Tabla 15. Informe de muestreo.	51
Tabla 16. Peso por unidad de aguacate.	53
Tabla 17. Densidad del aguacate variedad Lorena.	55
Tabla 18. Promedio porcentual de materia seca.	63
Tabla 19. Propiedades del aguacate variedad Lorena.	64
Tabla 20. Matriz de selección.	69
Tabla 21. Condiciones de operación para la extracción de aceite por solvente.	70
Tabla 22. Valor de materia seca y aceite de diferentes muestras.	76
Tabla 23. Resultados fisicoquímicos para el aceite obtenido por el método de solventes.	78
Tabla 24. Comparación de los resultados de los análisis microbiológicos del aceite de aguacate con la resolución 1428 de la Comunidad Andina.	79
Tabla 25. Condiciones de operación para la extracción de aceite por prensado en frío.	80
Tabla 26. Especificaciones de la pistola de calafateo.	82
Tabla 27. Valor de materia seca y aceite de diferentes muestras.	85
Tabla 28. Resultados fisicoquímicos para el aceite obtenido por el método de prensado en frío.	87
Tabla 29. Comparación de los resultados de los análisis microbiológicos del aceite con la resolución 1428 de la Comunidad Andina.	88
Tabla 30. Comparación de propiedades fisicoquímicas para el aceite de aguacate.	91

Tabla 31. Corrientes del proceso de extracción por el método de prensado en frío.	95
Tabla 32. Resumen balance de materia.	102
Tabla 33. Datos técnicos de la lavadora JP3000.	104
Tabla 34. Datos técnicos de la despulpadora REF 1000.	105
Tabla 35. Datos técnicos del Deshidratador EED-04.	108
Tabla 36. Datos técnicos de la prensa en frío 6Y-320.	109
Tabla 37. Consumo energético promedio en un secador vertical.	112
Tabla 38. Factores de operación y económicos.	115
Tabla 39. Costos de activos fijos tangibles.	117
Tabla 40. Costos de activos fijos intangibles.	117
Tabla 41. Costo mano de obra.	118
Tabla 42. Porcentaje de aportes y prestaciones sociales.	118
Tabla 43. Proyección de Nómina a 5 años.	118
Tabla 44. Costos de venta mínimo de aguacate variedad Lorena en la finca "La Soledad" (2014-2018)	119
Tabla 45. Costos de materias primas y servicios (2014-2018)	119
Tabla 46. Variación porcentual de los precios.	120
Tabla 47. Proyección de precios (2018-2023)	120
Tabla 48. Costos totales de materia prima y servicios.	120
Tabla 49. Depreciación total anual de los equipos.	121
Tabla 50. Tasas de impuestos.	121
Tabla 51. Costos totales de impuestos.	122
Tabla 52. Comparación de precios de aceite de aguacate.	123
Tabla 53. Proyección de ingresos.	124
Tabla 54. Flujo de caja neto del proyecto.	125
Tabla 55. Variación de criterios financieros frente a precios de aceite de aguacate.	128
Tabla 56. Resumen criterios de evaluación del proyecto.	129
Tabla 57. Contenido de pulpa cáscara y semilla de aguacate variedad Lorena	142
Tabla 58. Porcentaje de pulpa, semilla y cáscara	143
Tabla 59. Datos utilizados para representaciones gráficas de humedad	144
Tabla 60. Indicadores ajustados para la TIO	149
Tabla 61. Valores presentes de los flujos netos de caja y VPN	150

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Peso promedio de las variedades de aguacate.	33
Gráfica 2. Variables asociadas a la calidad de 6 variedades de aguacate.	34
Gráfica 3. Balance comercial de importación y exportación de aguacate.	37
Gráfica 4. Contenido de pulpa, cáscara y semilla de aguacate variedad Lorena.	54
Gráfica 5. Porcentaje de pulpa, semilla y cáscara.	54
Gráfica 6. Comportamiento de la humedad a través del tiempo.	60
Gráfica 7. Comportamiento del peso de la cápsula a través del tiempo.	60
Gráfica 8. Flujo de caja neto del proyecto.	125
Gráfica 9. Comparación de precios frente al VPN.	129

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Descripción del fruto del aguacate.	25
Figura 2. Aguacate variedad Lorena.	31
Figura 3. Mezcla aguacate-agua.	57
Figura 4. Medición de pH.	58
Figura 5. Montaje método Soxhlet.	61
Figura 6. Aguacate seco.	63
Figura 7. Descripción del proceso de extracción por el método de solventes.	71
Figura 8. Montaje de Soxhlet en cadena.	72
Figura 9. Materia seca libre de grasa.	73
Figura 10. Mezcla de Aceite-Solvente.	74
Figura 11. Aceite extraído libre de solventes.	75
Figura 12. Descripción del proceso de extracción por el método de prensado en frío.	81
Figura 13. Cartucho y sección cortada.	83
Figura 14. Preparación del filtro de tela.	83
Figura 15. Pistola de calafatero y aceite de aguacate extraído.	84
Figura 16. Diagrama global del proceso de extracción de aceite por el método de prensado en frío.	94
Figura 17. Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite de aguacate por el método de prensado en frío.	95
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de obtención de aceite virgen de aguacate variedad Lorena.	96
Figura 19. Volumen de control para el proceso de lavado.	97
Figura 20. Volumen de control para el proceso de despulpado.	98
Figura 21. Volumen de control para el proceso de deshidratado.	100
Figura 22. Volumen de control para el proceso de prensado.	101
Figura 23. Esquema de lavadora de fruta JP3000.	104
Figura 24. Esquema de despulpadora.	106
Figura 25. Deshidratador EED-04.	108
Figura 26. Prensa en frío 6Y-320.	110
Figura 27. Malla-Filtro.	111
Figura 28. Resultados microbiológicos para el aceite extraído por el método de solventes.	146
Figura 29. Resultados fisicoquímicos para el aceite extraído por el método de solventes.	147
Figura 30. Resultados microbiológicos para el aceite extraído por el método de prensado en frío.	148
Figura 31. Resultados fisicoquímicos para el aceite extraído por el método de prensado en frío.	149

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Error estándar de la media	48
Ecuación 2. Desviación estándar de la media	48
Ecuación 3. Media límite superior	48
Ecuación 4. Media límite inferior	48
Ecuación 5. Contenido de pulpa de aguacate	53
Ecuación 6. Densidad	55
Ecuación 7. Volumen canastilla	56
Ecuación 8. Porcentaje de porosidad	56
Ecuación 9. Porcentaje de humedad y materia volátil	58
Ecuación 10. Contenido de grasa	61
Ecuación 11. Materia seca	62
Ecuación 12. Rendimiento del método Soxhlet	76
Ecuación 13. Rendimiento del método prensado en frío	86
Ecuación 14. Balance global de materia	96
Ecuación 15. Balance de masa para el lavado	97
Ecuación 16. Balance de masa para el proceso de despulpado	98
Ecuación 17. Corrientes del proceso de despulpado	98
Ecuación 18. Balance de masa para el proceso de despulpado reorganizado	99
Ecuación 19. Porcentaje de semilla y cáscara	99
Ecuación 20. Balance de masa para el proceso de deshidratado	100
Ecuación 21. Cálculo para un valor específico de humedad	100
Ecuación 22. Balance de masa para el proceso de prensado	101
Ecuación 23. Flujo final de aceite prensado	102
Ecuación 24. Consumo energético para el lavado	112
Ecuación 25. Consumo energético para el proceso de despulpado	112
Ecuación 26. Balance de energía para el proceso de deshidratado	113
Ecuación 27. Cantidad de energía a suministrar al deshidratador	113
Ecuación 28. Consumo energético para el proceso de deshidratado	114
Ecuación 29. Consumo energético para el proceso de prensado	114
Ecuación 30. Período de payback	126
Ecuación 31. Cálculo de la TIR	126
Ecuación 32. Cálculo de la TIO	127
Ecuación 33. Cálculo de la VPN	127



## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Tablas de contenido de pulpa, semilla y cáscara	142
Anexo B. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos	145
Anexo C. Indicadores de la viabilidad financiera	149

## LISTA DE ABREVIATURAS

- b.s:** Base Seca.  
**BN:** Beneficio neto del flujo en el período t (\$COP).  
**CDT:** Certificado de Depósito a Término (%).  
**cg/g:** Centigramo sobre gramo.  
**COP:** Unidad de Pesos Colombianos.  
**DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística.  
**DTF:** tasa para depósitos a término fijo (%).  
**FSC:** Fluido Super Crítico.  
**HDL:** High-density lipoprotein.  
**ICA:** Instituto Colombiano Agropecuario.  
**ICONTEC:** Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.  
**INVIMA:** Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.  
**LDL:** Low-Density Lipoprotein.  
**NTC:** Norma Técnica Colombiana.  
**PUGH:** Apellido del británico Stuart Pugh (Matríz de PUGH).  
**TIO:** Tasa Interna de Oportunidad (%).  
**TIR:** Tasa Interna de Retorno (%).  
**UFC:** Unidad Formadora de Colonias.  
**VPN:** Valor Presente Neto (\$COP).

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la evaluación técnico-financiera para el proceso de extracción de aceite de aguacate variedad Lorena con el fin de darle un uso a este en la industria cosmética. Para llevar a cabo la resolución del objetivo fue necesario en primera parte recolectar información bibliográfica sobre la variedad de aguacate a estudiar, se identificó que las características físicas y fisicoquímicas más importantes para determinar eran: peso, contenido de pulpa, densidad real, densidad aparente, porosidad, pH, humedad y materia volátil, contenido de grasa y materia seca. Los métodos de extracción de aceite de aguacate se establecieron por medio de una matriz de decisión PUGH en donde se evaluaron los criterios que se consideraron críticos tanto para el proyecto y la industria para así, extraer aceite por dos de los métodos encontrados en la literatura. Para el método de extracción por solventes se utilizó Eter de Petróleo (40-60) siguiendo la Norma Técnica Colombiana (NTC 6240), para el método de extracción por prensado en frío se utilizó una pistola de calafateo adecuada para simular el proceso de prensa, una vez extraído el aceite, se realizaron por medio de un servicio contratado los análisis fisicoquímicos y microbiológicos indicados por la resolución 1418 del 2011 para aceites utilizados en la industria cosmética y así, determinar cual de los aceites obtenidos por los dos métodos es más apto para el uso que se le pretende dar. Una vez establecido el método de extracción (prensado en frío), se realizó el diseño conceptual de la planta teniendo en cuenta que el flujo de entrada a las máquinas estuvo dado por la producción por cosecha de la finca “La Soledad” en el municipio de Mariquita-Tolima; este flujo de entrada fue de 2.85 toneladas. Con este valor fue posible elaborar todos los balances de masa y requerimientos energéticos de los equipos necesarios para el proceso de extracción. De estos balances se obtuvo que la cantidad de aceite para ese flujo de entrada fue de 181.83 kg y que además el equipo que más consume energía es el deshidratador con un consumo de 73.21 kW. Para finalizar, se establecieron las variables necesarias para elaborar un análisis de la viabilidad financiera del proyecto teniendo en cuenta los principales criterios de evaluación (TIR, TIO, Flujo de caja, VPN), con el fin de determinar si es adecuado o no llevar a cabo este procedimiento y aplicar estas tecnologías de extracción.

Palabras clave: extracción, industria cosmética, solventes, prensado en frío, diseño conceptual, viabilidad financiera.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate variedad Lorena es el más comercializado al interior del país abarcando aproximadamente el 37% del área sembrada<sup>1</sup>, sin embargo, el crecimiento que han tenido las regiones en cuanto al área sembrada y a las cosechas de este fruto ocasionan que la oferta del mismo sea demasiado alta. Esto influye directamente en el precio de venta al mayoreo haciendo que el precio de este disminuya, por esta razón, es recomendable encontrar una alternativa para el aprovechamiento de este fruto, teniendo en cuenta su alta producción en el país. Es por lo anterior que el aguacate variedad Lorena será el insumo de estudio en el desarrollo de este proyecto.

Un subproducto del aguacate con gran aceptación en el mercado mundial es el aceite vegetal obtenido a partir de este, dicha alternativa tiene dos usos principales, la industria alimenticia y la industria cosmética.

El uso principal del aceite de aguacate está dirigido hacia la industria alimenticia debido a propiedades similares a las del aceite de oliva y su alta cantidad de grasas insaturadas. Se ha encontrado que en la industria cosmética este aceite es un fuerte competidor y llega a tener un valor económico mayor que el usado en la industria de alimentos; esto debido a sus propiedades antioxidantes otorgadas por la Vitamina E, la estimulación en la formación de colágeno esencial para la cicatrización dada por la Vitamina C y la hidratación que provee la Vitamina A contenida en el aceite.<sup>2</sup>

Para la obtención de aceite vegetal a partir de aguacate existen diferentes métodos de extracción. Colombia a pesar de ser uno de los mayores productores de aguacate a nivel mundial, no cuenta con investigaciones suficientes sobre los procesos de obtención de subproductos de este fruto. El principal trabajo investigativo es una tesis de maestría desarrollada por la Universidad Nacional en donde se exhibe la evaluación y el escalamiento de este proceso por el método de extracción de enzimas. Teniendo en cuenta que la única variedad de aguacate exportada en el país es la Hass, es necesario el aprovechamiento de todas las variedades de este fruto y la implementación de diversos procesos que permitan la obtención y el comercio de subproductos como el aceite vegetal ya sea para su uso alimenticio o cosmético.

---

<sup>1</sup>FIDUCIARIA COLOMBIANA DE COMERCIO EXTEROR, S A. Plan de Negocios de Aguacate. Nov. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/documentos/PLAN%20DE%20NEGOCIO%20AGUACATE%20131211.pdf>

<sup>2</sup>ACTITUDFEM. El aguacate en la industria cosmética. Oct 05,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.actitutfem.com/belleza/tratamientos-piel/productos/el-aguacate-en-la-industria-cosmetica>

Teniendo en cuenta la gran cantidad de fruta producida en la finca “La Soledad” ubicada en el municipio de San Sebastián de Mariquita-Tolima, el presente proyecto busca evaluar técnica y financieramente el proceso de obtención de aceite vegetal a partir de aguacate variedad Lorena, con el fin de darle una alternativa a los productores que se enfrentan a los bajos precios en la venta de la fruta, permitiéndoles obtener un subproducto de alta calidad, con utilidad en el mercado y sobre todo que tenga una viabilidad económica mucho mayor que la venta directa.

Cabe resaltar que las utilidades de un producto cosmético son mayores a las de un producto alimenticio, por tal razón, el enfoque que se le pretende dar a la obtención de aceite de aguacate en este proyecto está destinado a dicha industria; teniendo en cuenta los diferentes métodos de extracción, evaluando los factores críticos de estos y escogiendo dos métodos para la formulación del proyecto.

Inicialmente es necesario determinar las propiedades físicas y fisicoquímicas del aguacate variedad Lorena. Estas propiedades serán determinadas a escala laboratorio, posteriormente, se procederá a realizar la extracción de aceite para los dos métodos seleccionados y se caracterizará el aceite obtenido para así realizar una comparación y evaluación de los resultados. Seguido a esto se determinará cual método es adecuado para el proyecto ya que se pretende obtener un aceite virgen de aguacate que será utilizado como producto base en la industria cosmética.

Una vez obtenido el aceite se elaborará un diseño conceptual de la planta de extracción para el método escogido, para finalmente evaluar financieramente el proceso logrando determinar si este es viable o no y si es recomendable aplicar estas tecnologías en las fincas productoras de la región del Tolima.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar técnica y financieramente la extracción de aceite de aguacate variedad Lorena a partir de un diseño conceptual para su uso en la industria cosmética.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características físicas y químicas del aguacate variedad Lorena.
- Seleccionar un método de extracción de aceite de aguacate.
- Diseñar conceptualmente el proceso de extracción de aceite de aguacate.
- Establecer la viabilidad financiera a partir del diseño conceptual del proceso.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 AGUACATE

Debemos conocer el origen de la fruta que vamos a trabajar por lo tanto es de vital importancia tener en cuenta su procedencia y características básicas. El aguacate hace parte del género *Persea* y al mismo tiempo es un pariente de la *Laurácea*, su cimiento es reconocido por estar en el centro del continente americano; Esta clase de fruto viene del occidente de México y Guatemala exactamente en los territorios montañosos. Adicionalmente se reparte de manera natural desde centro América hasta Sudamérica<sup>3</sup>.

En la industria alimenticia se utiliza el fruto fresco de aguacate tanto como alimento de consumo directo después de su remoción del árbol al que pertenece, como para ser base de varias salsas que se utilizan en la cocina (como el guacamole). Además de esto el aceite extraído de la pulpa del fruto puede ser implementado en el sector alimenticio o en el sector cosmético, dándole a este último un valor agregado mayor. En la industria cosmética se aprovecha el aceite extraído de la pulpa para aplicarse como base de ungüentos usados para dermatitis, acné, laceraciones y enfermedades que afectan la piel<sup>4</sup>. Se descubrió que el óleo de este fruto es un elemento común hipoalergénico que hallamos en los productos de belleza para la protección de la piel, los detergentes y los shampoos de muy buena calidad<sup>5</sup>. Por otro lado, la pulpa que queda después de hacer la extracción del aceite es normalmente utilizada para la formación de concentrados (debido a que sus componentes son ricos en proteína) que son luego utilizados en la industria ganadera<sup>6</sup>. Por último, la semilla es normalmente destinada para la obtención de colorantes<sup>7</sup>.

**1.1.1 Taxonomía del aguacate.** A continuación se muestra un resumen de la taxonomía del aguacate.

- Nombre científico: *Persea americana* Miller variedad Lorena
- Reino: Vegetal

---

<sup>3</sup> DANE. El Cultivo Del Aguacate (*Persea Americana* Miller.), Fruta De Extraordinarias Propiedades Alimenticias, Curativas E Industriales (Primera Parte). Colombia: 2015. p. 1

<sup>4</sup> SUPER INTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Cosméticos Para El Cuidado De La Piel De Origen Natural. Colombia: 2013. p. 17

<sup>5</sup> BIOCATE. Procesos y Tecnología. [Consultado el Sep 10, 2017]. Disponible en: <a href='http://biocatecolombia.com/seccion.aspx?nombre=PROCESOS%20Y%20TECNOLOGIA' target='\_blank'>http://biocatecolombia.com/seccion.aspx?nombre=PROCESOS%20Y%20TECNOLOGIA</a>

<sup>6</sup> SANGINÉS, Leonor. Aguacates en alimentación humana y animal. una reseña corta. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 2008. p. 211-214

<sup>7</sup> RAMOS, Hennessey Licelander. 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. Universidad de Manizales; 2017

- División: *Spermatophyta*
- Subdivisión: *Angiospermae*
- Clase: *Dicotyledoneae*
- Subclase: *Dipétala*
- Familia: *Lauraceae*
- Género: *Persea*

El fruto se encuentra catalogada dentro de las Lauráceas, esta familia está conformada por 52 géneros y aproximadamente de 3.500 clases; esta familia es reconocida por ser una de las más antiguas de las dicotiledóneas. Dentro de este conjunto se encuentran tipos de gran importancia económica, tales como el alcanfor (*Cinnamomun camphora*) y de otra clase como la canela (*Cinnamomun zeylanicum* Ness)<sup>8</sup>. El género *Persea* se encuentra formado por aproximadamente 150 clases, estas clases se encuentran repartidas en las zonas conocidas como tropicales y subtropicales repartidas particularmente en Asia, las Canarias y América, lugar donde habitan 80 clases, en donde la gran parte se ubican desde el Sur de los EEUU hasta Chile<sup>9</sup>. Además de lo anterior el árbol de aguacate está conformado de hojas opuestas, en sentido vertical, leñosas y con un olor particular; disposición de hojas horizontales, con panojas formadas de varios racimos; flores que se extienden más arriba del tallo hasta el pedúnculo<sup>10</sup>.

La zona Andina de Colombia es reconocida porque en esta se hallan los siguientes especímenes o variedades de aguacate: "*Persea aff. rigens* C.K. Allen, *Persea sp. nov.*, *Persea subcordata* (R. & P.) Nees, Kunth, *Persea ferruginea* Kunthl, *Persea caerulea* Mez"<sup>11</sup>.

**1.1.2 Fisiología del aguacate.** El aguacate tiene diferentes dimensiones, perfiles y tonalidades, esto dependiendo de la variedad. Las apariencias suelen ser; ovaladas, cónicas, ovoides, redondas y periformes. El color preponderante es el verde el cual varía según la tipo de aguacate, este puede ser luminoso, vivo, apagado o pálido. Cada aguacate posee en el centro una semilla con las dimensiones parecidas a las nombradas anteriormente para el fruto, pero en este caso lo usual es que la semilla sea redonda o cónica teniendo en cuenta que el color de esta semilla suele ser en la mayoría de los casos entre café y negro<sup>12</sup>.

---

<sup>8</sup> AVILÁN, L.; LEALI, F. y BAUTISTA, D. Lauraceae. En: Manual de Fruticultura, Cultivo y Producción. 1ª ed. Ed América, Chacaito (Venezuela), 1989. p. 666-776

<sup>9</sup> VARGAS, W.G. Lauráceas. En: Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Ed. Universidad de Caldas. Colección de Ciencias Agropecuarias, Manizales. 2002. p. 329-358

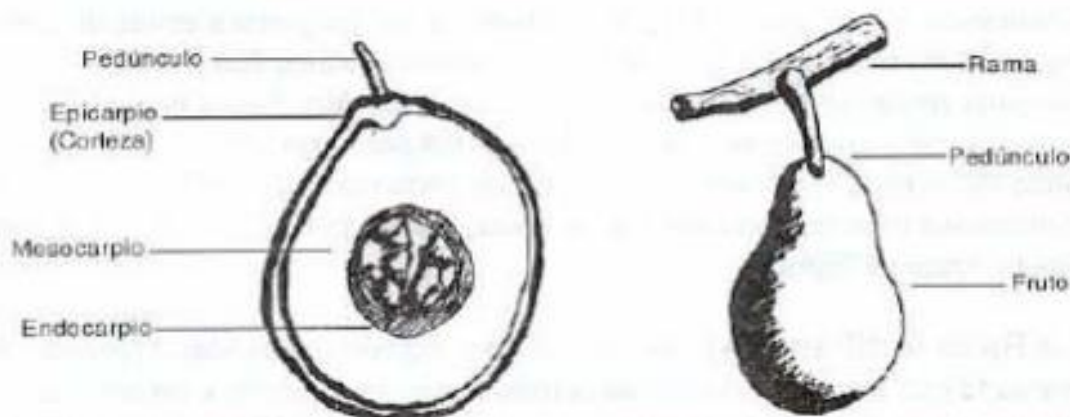
<sup>10</sup> Ibid., p. 329-358

<sup>11</sup> Ibid., p. 329-358

<sup>12</sup> AMÓRTEGUI, Ferro Ignacio; CAPERA, Edgar; GODOY José Vicente. El Cultivo Del Aguacate Modulo Educativo Para El Desarrollo Tecnológico De La Comunidad Rural. Colombia: Corporación para la Promoción del Desarrollo Rural y Agroindustrial de Tolima - PROHACIENDO, 2001. p. 9



**Figura 1.** Descripción del fruto del aguacate.



**Fuente** PROHACIENDO. El Cultivo Del Aguacate Modulo Educativo Para El Desarrollo Tecnológico De La Comunidad Rural. 2001. p. 16-18

Como se puede observar en la figura 1, el aguacate está compuesto por endocarpio (semilla), mesocarpio (pulpa), exocarpio (cascara o piel) y pedúnculo. Para el caso de este fruto el mesocarpio es la parte que contiene la mayor cantidad de grasa, vitaminas, carbohidratos y proteínas. La pulpa compone en la mayoría de las variedades entre el 70.5% y 87.2% del total de la fruta, siendo esta la pieza principal que compone el aguacate<sup>13</sup>.

Es reconocido que el aguacate contiene grasas en la pulpa por lo tanto se debe considerar la calaña del aceite que hace parte de la palta (aguacate) es de reconocer, debido a que este aceite está conformado por mono insaturados en su mayoría, en donde los ácidos grasos producen una disminución del colesterol malo (LDL) y al mismo tiempo generan un crecimiento del colesterol bueno (HDL). Los ácidos grasos en el aguacate se reparten en su mayoría entre saturados (encontrándose estos en un porcentaje de 10,1% a 12,3%) y ácidos grasos no saturados los cuales se encuentran en un rango porcentual de 87,7% a 90%, todo esto se viene del mesocarpio<sup>14</sup>.

**Tabla 1.** Composición química aproximada de la pulpa de aguacate.

Parte comestible	60%
Calorías	127
Agua	79,7 g
Proteína	1,6 g
Grasa	13,3 g
Carbohidratos	3,0 g

<sup>13</sup> Ibid. p. 18

<sup>14</sup> ATEHORTUA, M. Aguacates. Medellín: Secretaria de Agricultura y Fomento de la Gobernación de Antioquia (1975).

**Tabla 1.** (Continuación)

Fibra	1,6 g
Cenizas	0,8 g
Calcio	10 mg
Fósforo	50 mg
Hierro	0,4 mg

**Fuente** ACOSTA, Martha Cecilia. Evaluación Y Escalamiento Del Proceso De Extracción De Aceite De Aguacate Utilizando Tratamiento Enzimático. Universidad Nacional de Colombia, 2011.

**1.1.3 Subespecies de aguacate.** Este fruto es caracterizado por poseer distintas subespecies, a continuación se muestran las 3 principales

- **Subespecie mexicana:** *Persea americana var. Drymifolia*, es originada en los territorios altos de la zona Central de México. En Colombia, esta especie se adapta al entorno desde los 1.700 hasta los 2.500 metros sobre el nivel del mar (msnm). El mesocarpio contiene muy baja proporción de fibra, alto contenido de grasa (llegando a un 30 %), bajo azúcar (2 %), y su sabor es a nuez típico de esta especie<sup>15</sup>. Dentro de las variedades o cultivares de la Subespecie mexicana están: Mexicola, Puebla, Duke, Gottfried, Zutano, Bacon y Topa-topa.
- **Subespecie guatemalteca:** *Persea americana var. Guatemalensis*, es originada en suelos Guatemaltecos. En Colombia, los árboles de esta especie poseen las siguientes características: adaptación a alturas que se encuentran de 1.000 a 2.000 metros sobre el nivel del mar. El aguacate es de forma ovalada como un balón de fútbol americano; tiene una coloración tipo verde oscuro casi llegando a un negro cuando está en su punto de maduración; en cuanto a su tamaño este aguacate suele ser intermedio o mayúsculo. La calaña del mesocarpio y su proporción de aceite del 20% sobrepasa a la especie antillana. El tiempo que pasa desde la floración y el momento de recoger el fruto alcanza los 15 o 16 meses, y luego de que los aguacates ya alcanzan su madurez fisiológica el árbol los conserva por un periodo de 6 meses, esto debido a que los frutos no se desploman de una manera sencilla a comparación de otras especies<sup>16</sup>.

Algunas de las variedades o cultivares pertenecientes a esta Subespecie son: Hass, Lamb-Hass, Hass Carmen, Reed, Edranol, Itzama, Nabal, Linda, Pinkerton y Mayapan.

- **Subespecie antillana:** *Persea americana var. americana*, es un árbol que viene de Centroamérica. Por su parte, las cualidades que esta especie posee

<sup>15</sup> BERNAL, Jorge A., et al. Tecnología Para El Cultivo De Aguacate. 5ta ed. Rionegro, Antioquia, Colombia: corpoica, 2008. p. 24

<sup>16</sup> Ibid., p. 27

son: es de tamaño mayúsculo, tienen la capacidad de pesar de doscientos cincuenta a dos mil quinientos gramos, y tienen forma esférica; en cuanto a su coloración estos poseen un verde con un brillo muy intenso; su contenido de aceite es bajo a comparación de otras especies siendo este de un porcentaje entre cinco a quince por ciento además de tener un contenido alto de azúcar a comparación de otras especies siendo este de cinco por ciento<sup>17</sup>.

Además en el trópico asimila temperaturas de 17 a 27 grados centígrados, altitudes por debajo de los mil metros sobre el nivel del mar y así mismo, los árboles de esta especie no toleran el frío por lo tanto suelen morir cuando la temperatura en la que se encuentran esta entre los 2,2 y 4 grados centígrado<sup>18</sup>.

Dentro de las variedades o cultivares de esta Subespecie se tienen: Butler, Fuchs, fucsia, Hulumanu, Lorena, Peterson, Pinelli, Pollock, Ruehle, Russell, Simmonds, Trapp, Villacampa, Waldin, común o criollo, venezolano y Curumaní.

**Tabla 2.** Características de las Subespecies de aguacates.

Característica		Subespecies		
		Mexicana	Guatemalteca	Antillana
Adaptación		Frío	Frío	Cálido
T mínima °C		-9	-4,5 a 6	-2,2 a 4,0
T rango °C		8 a 15	12 a 22	22 a 28
Tolerancia	Frio	Alta	Media	Baja
	Humedad	Baja	Media	Alta
	Salinidad	Baja	Media	Alta
	Alcalinidad	Media	Baja	Alta
Origen		Tierras altas de México	Tierras altas de Guatemala	Tierras bajas de Centro y Sudamérica
Hojas	Olor a anís	Si	No	No
	Color brotes	Verde pálido	Bronceado	Verde pálido
	Tamaño	Pequeña	Intermedia	Grande
	Color	Oscuro lustros	Oscuro lustroso	Claro opaco
	Color envés	Mas ceroso	Menos ceroso	Mas ceroso
Fruto	Tamaño	Pequeño	Variable	Variable
	Peso (g)	200 a 250	200 a 2.300	400 a 2.300
	Contenido de aceite	Alto	Alto	Bajo

<sup>17</sup> Ibid., p. 32-33

<sup>18</sup> Ibid., p. 33

**Tabla 2.** (Continuación)

Cascara	Grosor	Delgada	Gruesa	Mediana
	Tamaño (mm)	0,8	3,0 a 6,0	1,5 a 3,0
	Textura	Lisa	Áspera	Lisa
	Consistencia	Suave	Leñosa quebradiza	Flexible
Semilla	Tamaño	Grande	Pequeña	Grande
	Estado	Adherido o suelta	Adherida	Suelta
	Cotiledones	Rugoso	Liso	Rugoso
Pedúnculo	Tamaño	Largo	Corto	Corto
	Longitud (cm)	2,0 a 5,4	0,6 a 1,8	--
	Grosor	Delgado	Grueso	Delgado
	cm	06 a 1,27	1,27 a 1,8	Cilíndrico
	Cónico	Cónico	Cilíndrico o cónico	Cilíndrico
Floración a madurez		5, 6 a 8 meses	10 a 15 meses	5,6 a 9 meses

**Fuente.** BERNAL ESTRADA. Manual técnico actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. 2008

#### 1.1.4 Variedades de Aguacate.

A continuación se muestran las variedades de aguacate que se comercian en Colombia.

**Tabla 3.** Variedades de aguacate más conocidas en Colombia.

Variedad	Peso del fruto (g)	Corteza %	Pulpa %	Semilla %	Grasa %	Forma del fruto	Raza
Booth 7	300-570	10,6	70,5	18,5	10,5	Redonda	Guatemalteca
Booth 8	360-800	12	72,5	15,5	9	Ovoide	Guatemalteca
Choquette	680-1130	3	80	17	13	Ovalada	Guatemalteca
Collinred	500-600	8	79	13	5	Perifirme	Guatemalteca
Collinson	470-600	5,5	83	11,5	13	Ovoide-Eliptica	Guatemalteca
Fuerte	250-450	11	74	15	24	Perifirme	Guatemalteca
Hass	170-400	8,5	72	11,5	17	Oval-Perifirme	Guatemalteca
Lorena	430-750	2,9	87,2	9,9	8,2	Oblonga	Antillana
Lula	400-680	9,5	70	20,5	7	Perifirme	Antillana
Monroe	680-1360	7,7	78	14,3	12	Ovalada	Antillana
Ruehle	280-570	6,1	81,7	12,2	11,7	Perifirme	Antillana
Trapica	340-680	9	71	20	7	Cónica	Mexicana
Trinidad	440-560	9,5	76,1	14,4	15	Ovoide	Mexicana
Waldin	400-800	8,8	72,3	18,9	10	Ovalada	Mexicana

**Fuente:** PROHACIENDO. El cultivo del aguacate modulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. 2001. P. 17-18

**1.1.5 Valor Nutritivo del Aguacate.** El contenido de grasas y aceites que poseen los aguacates son en gran parte no saturados (mono insaturadas), sobresaliendo por su parte el alto volumen de ácido oleico. Igualmente, el fruto es uno de los más ricos en fibra, siendo esta de variedad soluble y no soluble, en donde resalta y se encuentra en más volumen la insoluble<sup>19</sup>. Lo anterior refleja el gran aporte que hace el aguacate como fruta a el ser humano, con cantidades altas de lípidos que benefician la salud.

Es generoso en cuanto a minerales, destacando sobretodo el magnesio y el potasio. Por parte de su estructura vitamínica la palta (aguacate) proporciona grandes cantidades de vitamina E la cual es reconocida por ser un excelente antioxidante, esto hace que el aguacate se destaque a comparación de otras frutas que a duras penas tienen esta cantidad generosa de vitamina E. Igualmente, la digestión de este fruto aporta el cubrimiento necesario de otro tipo de vitaminas como lo pueden ser la C y en una cantidad menor la B6<sup>20</sup>. De tal manera que el aguacate proporciona buena cantidad de vitaminas minirales indispensables para el desarrollo y crecimiento del humano.

El volumen de H2O del aguacate es más bajo a comparación de otra clase de frutas, caso contrario es el contenido de grasas y aceites, el cual es alto, lo que genera un crecimiento en su aporte de calorías<sup>21</sup>. A pesar de lo expresado anteriormente el contenido de agua en el aguacate como se verá en el proyecto varia dependiendo de la variedad, en algunos el agua es mas abundante que en otros lo que hace que su contenido de lípidos tambien varie por esta misma razón.

---

<sup>19</sup>FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN FEN. Aguacate - Avocado Persea Americana. Mar 17,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/aguacate.pdf>

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Ibid.

**Tabla 4.** Composición nutricional del aguacate.

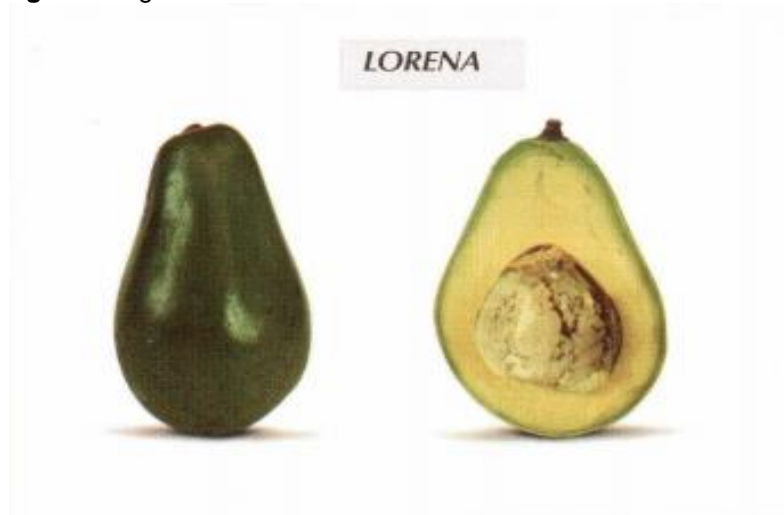
<b>Composición nutricional</b>	<b>Por 100 g de porción comestible</b>
Energía (Kcal)	141
Proteínas (g)	1,5
Lípidos totales (g)	12
AG saturados (g)	1,41
AG monoinsaturados (g)	901
AG poliinsaturados (g)	1,04
Omega 3 (g)	0,046
Omega 6 (g)	0,986
Colesterol (mg/1000kcal)	0
Hidratos de carbono (g)	5,9
Fibra (g)	1,8
Agua (g)	78,8
Calcio (mg)	16
Hierro (mg)	0,7
Yodo (mg)	2
Magnesio (mg)	41
Zinc (mg)	0,3
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	400
Fósforo (mg)	28
Tiamina (mg)	0,09
Riboflavina (mg)	0,12
Equivalente niacina (mg)	1,5
Vitamina B6 (mg)	0,42
Folatos (µg)	11
Vitamina B12 (µg)	0
Vitamina C (mg)	17
Vitamina A (µg)	25
Vitamina D (µg)	0
Vitamina E (mg)	3,2

**Fuente.** KIRKPATRIC, Kathryn. Avocado. 2013

**1.1.6 Aguacate variedad Lorena.** El aguacate variedad Lorena “se originó hacia el año 1957 en la finca Lorena, ubicada en el municipio de Palmira, Valle del Cauca, posiblemente a partir de una selección de la variedad antillana Trapp”<sup>22</sup>. Además de esto el aguacate variedad Lorena tiende a comportarse de buena manera en altitudes bajas y medianas, en aproximadamente 1.500 msnm. En Colombia se le conoce también como variedad “papelillo” debido a que su cáscara es muy delgada a comparación de otros aguacates, como el Hass por ejemplo.

Esta tipo de fruto se encuentra en grandes cantidades en regiones donde predominan climas cálidos, en las cuales se maneja un buen comercio y difusión por parte del demandante, esto debido a sus características gustativas y calaña del mesocarpio. Los aguacates poseen una forma larga, ovalados, con un tamaño mayúsculo a comparación de otras variedades; en cuanto a su peso esta variedad alcanza aproximadamente de cuatrocientos a seiscientos gramos y llega a medir casi quince centímetros de largo por nueve de ancho; la piel es lisa y muy puntiaguda, su mesocarpio posee grasas en un rango de siete a nueve por ciento y fibra en un cinco por ciento<sup>23</sup>. Se resalta que los cultivos de esta variedad normalmente ocurren tres veces en el año y su recolección se hace en el momento en que el fruto llega a su madurez fisiológica, dicha cosecha es realizada por cultivadores con experticia<sup>24</sup>.

**Figura 2.** Aguacate variedad Lorena.



**Fuente:** CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.

---

<sup>22</sup> DANE. Op. Cit., p. 5

<sup>23</sup> Ibid., p. 5

<sup>24</sup> Ibid., p. 5

**Tabla 5.** Comparación de las longitudes y diámetros de 6 variedades comercializadas en Colombia.

	Hass	Fuerte	Booth 8	Trinidad	Lorena	Trapp
<b>Longitud promedio (mm)</b>	88,6	119,5	106,8	99,4	128,9	137,4
<b>Diámetro promedio (mm)</b>	66,4	76,2	84,9	90,1	88,4	94,5
<b>Diferencia (mm) L-D</b>	22,2	43,3	21,9	9,3	40,2	43
<b>Relación L/D</b>	1,3	1,6	1,3	1,1	1,5	1,5
<b>Longitud*</b>	0,785	0,759	0,721	0,831	0,805	0,606
<b>Diámetro*</b>	0,906	0,886	0,755	0,951	0,884	0,872
<b>Forma</b>	Ovoide	Periforme	Ovoide	Esférico	Periforme	Periforme

**Fuente:** CHAPARRO, María Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.

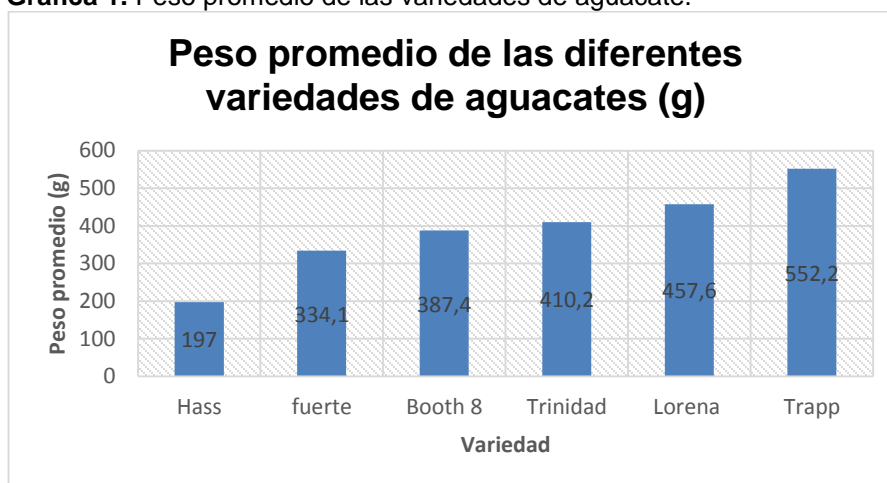
**Tabla 6.** Información sobre el peso en gramos de 5 variedades de aguacate.

Peso (g)	Hass	Fuerte	Booth 8	Trinidad	Lorena	Trapp
<b>LI</b>	190,5	328,9	383,2	404,2	450,3	547,2
<b>Media</b>	197	334,1	387,4	410,2	457,6	552,2
<b>LS</b>	203,5	339,4	387,4	416,6	464,9	557,3

**Fuente.** CHAPARRO, María Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.



**Gráfica 1.** Peso promedio de las variedades de aguacate.



**Fuente:** CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.

La tabla 5, 6 y la gráfica 1 dan una caracterización física en cuanto a las dimensiones y pesos de diferentes aguacates comercializados en Colombia, entre ellos se encuentra la variedad Lorena la cual sobresale entre las demás debido a que llega a ser una de las más pesadas y más grande en todas sus dimensiones, solo estando por debajo de la variedad Trapp.

**1.1.7 Madurez del aguacate.** Es reconocido que el aguacate no llega a cumplir su maduración en el árbol porque este crea una especie de desactivador de maduración, este desactivador pasa directamente por el pedúnculo. El momento de corte en la cosecha es de vital importancia ya que este hace parte de las características de calidad que debe tener un aguacate, esto se debe a que el momento del corte influye en el producto directamente optimizando la calaña y decreciendo las pérdidas. El fruto puede madurar comúnmente cuando este se encuentra almacenado a determinadas temperaturas según la variedad, también puede madurar mediante la implementación de diez a cien ppm de etileno a veintiún grados centígrados<sup>25</sup>.

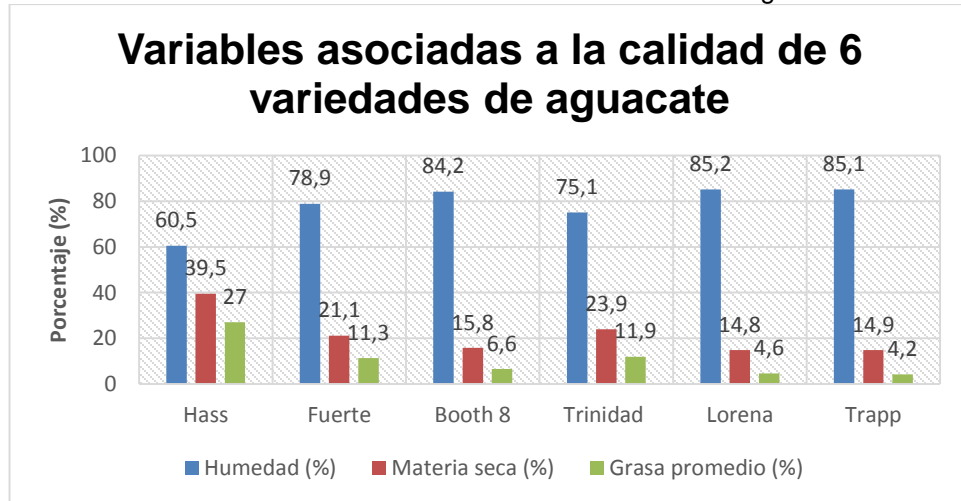
Por lo anterior se hace uso de diferentes métodos con el objetivo de determinar el instante del corte, métodos tales como: la dimensión y apariencia de los aguacates, el color que posee la pasta, el crecimiento de la región de abscisión, el tiempo que transcurre luego del amarre del aguacate. Además, se encuentran otros métodos

<sup>25</sup> CERDAS, Maria Del Milagro; MONTERO, Marta; DÍAZ, Eduardo. Manual De Manejo Pre Y Post Cosecha De Aguacate. San Jose, Costa Rica: 2006. p. 29

que tienen como base el dimensionamiento como la firmeza del fruto, la proporción de aceite que se encuentra en el fruto y el rango de oxigenación de este mismo <sup>26</sup>.

En latinoamerica los factores que son normalmente tenidos en cuenta para la cosecha son La transformación del pigmento en el epicarpio, de verde tenue a verde opaco y el aumento del contraste oscuro, hacen que este factor a lo largo del tiempo se convierta en sinónimo de mucha vaguedad ya que depende demasiado de la subjetividad de quien cosecha. Dichos factores de cosecha no se relacionan directamente con los factores de distinción que utilizan los centros de acopio, esta descoordinación entre quien cosecha y el centro de acopio genera un gran grado de rechazo de materia prima, en este caso de aguacate, donde se presenta mucha fruta inmadura, lo que al final representa perdida tanto para quien vende como para quien compra<sup>27</sup>. De tal manera que se puede utilizar un criterio mucho mas preciso para indicar la madurez del aguacate, este criterio es El volumen de grasas y aceites tiene su complejidad al momento de ser determinada; se han encontrado correlaciones entre la proporción de grasas y la materia seca del fruto, esta materia seca se halla de manera sencilla, barata y rápida. Teniendo en cuenta lo anterior hoy en día es muy utilizado como indicador el contenido de materia seca para determinar el instante de corte, dicho índice varía su porcentaje según la variedad del cultivo<sup>28</sup>. La gráfica 2 expone los diferentes porcentajes de humedad, materia seca y grasa promedio de diferentes variedades comercializadas en Colombia.

**Gráfica 2.** Variables asociadas a la calidad de 6 variedades de aguacate.



**Fuente.** CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004..

<sup>26</sup> Ibid., p. 29

<sup>27</sup> Ibid., p. 29

<sup>28</sup> Ibid., p. 30

**Tabla 7.** Variables asociadas a la calidad de 6 variedades de aguacate.

<b>Variedad</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Materia seca (%)</b>	<b>Grasa promedio (%)</b>
<b>Hass</b>	60,5	39,5	27,0
<b>Fuerte</b>	78,9	21,1	11,3
<b>Booth 8</b>	84,2	15,8	6,6
<b>Trinidad</b>	75,1	23,9	11,9
<b>Lorena</b>	85,2	14,8	4,6
<b>Trapp</b>	85,1	14,9	4,2

**Fuente:** CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.

**1.1.8 Situación actual del aguacate en Colombia.** El aguacate en Colombia es utilizado principalmente para su venta como fruto fresco, son pocas las compañías que se encargan de extraer el aceite (entre ellas la más reconocida es Biocate) u otros productos de esta materia, por lo tanto, el mercado del aguacate en Colombia es destinado en su mayor parte a la industria alimenticia, donde no se presentan cambios químicos o físicos trascendentes a parte de la maduración del fruto .

En Colombia se produce el aguacate en la mayoría de los departamentos, sin embargo, los departamentos que resaltan por su producción hasta el 2016 son: Tolima, Antioquia, Caldas y Santander. Esto se puede observar en la tabla 8 donde se divide entre el área utilizada en hectáreas, la producción en toneladas y por último el rendimiento de toneladas por hectárea<sup>29</sup>.

**Tabla 8.** Área de producción y rendimiento de los departamentos productores de aguacate en Colombia.

<b>Departamentos</b>	<b>Área (Ha)</b>			<b>Producción (Tn)</b>			<b>Rendimiento (Tn/ha)</b>		
	2014	2015	2016*	2014	2015*	2016*	2014	2015*	2016*
<b>Tolima</b>	8.088	9.291	10.894	65.945	60.718	90.529	8,15	6,54	8,31
<b>Antioquia</b>	4.784	5.077	5.225	47.821	48.427	54.758	10,00	9,54	10,48
<b>Caldas</b>	3.848	4.255	4.468	43.190	40.268	42.761	11,22	9,46	11,2
<b>Santander</b>	3.068	3.101	3.258	26.742	19.716	27.823	8,72	6,34	8,54
<b>Bolívar</b>	3.097	3.021	2.969	32.293	30.527	30.966	10,43	10,21	10,43
<b>Cesar</b>	2.018	2.342	1.989	16.153	19.138	15.852	8	8,17	7,97
<b>Valle del Cauca</b>	1.643	1.848	1.902	24.090	25.685	27.693	14,65	13,9	14,56
<b>Quindío</b>	1.205	1.692	2.047	10.228	13.246	15.946	8,49	7,83	7,78
<b>Risaralda</b>	1.390	1.154	1.212	16.808	14.091	14.798	12,09	12,21	12,21
<b>Total</b>	29.14	31.78	33.964	283.27	271.81	321.12	10,19	9,35	10,16
	4	1		3	6	6			

**Fuente:** MINAGRICULTURA. Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva - Grupo de Información y Estadísticas Sectoriales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2016

<sup>29</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO. Cadena De Aguacate Indicadores E Instrumentos. Colombia: 2016. p. 3

Colombia ocupa el tercer puesto en cuanto a producción mundial y en cuanto al área ocupa el segundo puesto a nivel mundial<sup>30</sup>.

**Tabla 9.** Rendimientos en producción de los diferentes países.

Países	Área (has)		Producción (Ton)		Rendimiento (Ton/ha)
	2013/14	%	2013/14	%	2013/14
México	144.244	27,07	1.467.837	29,32	10,17
Rep. Dominicana	12,922	2,43	387.546	7,74	29,99
Colombia	32.066	6,02	303.341	6,06	9,46
Perú	25.753	4,83	288.387	5,76	11,19
Indonesia	20.000	3,75	276.311	5,52	13,81
Kenya	11.000	2,07	191.505	3,83	17,41
Otros	286.702	53,82	2.090.563	41,77	7,29
<b>Mundo</b>	<b>532.687</b>	<b>100</b>	<b>5.005.490</b>	<b>100</b>	<b>14,18</b>

**Fuente:** MINAGRICULTURA. Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva - Grupo de Información y Estadísticas Sectoriales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2016

A pesar de esto Colombia se considera como nuevo en el mercado Mundial y participa en promedio con el 0,04% del Aguacate que se comercializa en el Mundo; lo anterior indica la gran oportunidad que posee Colombia, al igual que el progreso en cuanto a la consolidación y el sostener la Calidad, Cantidad y Continuidad en la oferta, asimismo el hecho de que el mundo conozca más sobre el aguacate colombiano<sup>31</sup>.

El aguacate se produce en 15 departamentos de Colombia y 8 departamentos de estos concentran el 90% de la producción. En Colombia es de esperar que llegue a ser uno de los países más productivo si este concibe sacar provecho de la disponibilidad de los recursos naturales (agua), las condiciones tropicales que le permitan acceder a varias floraciones o cosechas durante el año, la disponibilidad en el suelo e implementar un modelo provechoso adaptado a sus condiciones<sup>32</sup>.

En cuanto a exportaciones el mercado se centra en Europa, en los últimos 5 años en Colombia se ha reportado un crecimiento notable en las cifras de exportación de

<sup>30</sup>Ibíd., p. 5

<sup>31</sup>Ibíd., p. 5

<sup>32</sup>Ibíd., p. 5

aguacate fresco. Se reportaron 20 toneladas en la temporada 2008-2009, mientras que en la temporada 2014-2015 paso a un aumento resaltable de 3800 toneladas<sup>33</sup>. Según estos datos se esperaría que se mantuviese o siguiera creciendo la exportación del producto fresco, debido al aumento de su volumen.

Por otro lado, tenemos las importaciones, es decir el mercado interno de Colombia. Las importaciones por resaltar vienen principalmente de Sudamérica, países como Venezuela y Ecuador participan en esta actividad con un porcentaje de 56% y 43,4% respectivamente<sup>34</sup>. Durante el 2008 hasta el 2012 Colombia presentó un déficit en la balanza comercial, sin embargo a partir del 2013 gracias a factores como la financiación de proyectos para promover nuevas siembras y dar asistencia técnica a las existentes, crecimiento en la producción de aguacate, construcción de plantas de empaque, las tendencias mundiales y la llegada de diferentes compañías europeas interesadas en el aguacate han generado un aumento de la demanda a exportación, eso generó desde el 2013 un superávit<sup>35</sup>.

**Gráfica 3.** Balance comercial de importación y exportación de aguacate.



**Fuente:** BRICEÑO, Felipe. Estado Actual Y Perpectivas De La Cadena Del Aguacate En Aguacate En Colombia. Valle del Cauca Colombia: 2014.

<sup>33</sup> PÁVAS, Cesar Andrés. Organización De Cadena Productiva Del Aguacate. Colombia: 2015. p. 11

<sup>34</sup> BRICEÑO, Felipe. Estado Actual Y Perpectivas De La Cadena Del Aguacate En Aguacate En Colombia. Valle del Cauca Colombia: 2014. p. 16

<sup>35</sup> *Ibíd.*, p. 17

## 1.2 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

**1.2.1 Extracción por solventes.** Es uno de los métodos más utilizados para la extracción de aceite en las frutas y hortalizas, este procedimiento inicio en Europa por medio de la técnica batch en mil ochocientos setenta, luego de la 2da guerra mundial se crearon procesos para lograr una extracción continua y en contraflujo, esto con el objetivo de que estas nuevas herramientas tuviesen un efecto preciso y de calidad incluso para la materia prima que contuviese poco aceite<sup>36</sup>. Además El método por Soxhlet puede desasociar los elementos de una solución a través del reparto distinto de los componentes entre dos fluidos no miscibles<sup>37</sup>.

La muestra que se va a utilizar se pone en contacto con un solvente totalmente inmisible capaz de extraer a partir de la solubilidad uno o más constituyentes de la solución. Se utilizan solventes orgánicos como el hexano, ciclohexano, butano, cloroformo, etano entre otros. Para la extracción de aceite de aguacate generalmente se seca el mesocarpio a 105°C durante dos horas, a continuación, se hace la extracción con hexano a 59°C en 1 hora, reportándose a partir del uso de hexano un rendimiento de 50% y con el ciclohexano un rendimiento del 48,5%, este proceso fue realizado por Martinez en el 2002<sup>38</sup>.

El equipo de extracción Soxhlet tiene una función cíclica, la cual se utiliza para extraer las proporciones requeridas de grasas y aceites de la materia prima que se desee. El vapor generado en el equipo sube hasta el área superior donde este es condensado, lo que hace que el solvente se vuelva a convertir en líquido y caiga de nuevo en la recamara de este mismo y al tiempo va separando la sustancia deseada de la materia prima. Esta clase de herramienta se utiliza específicamente durante la experimentación (y si se requiere análisis) de procedimientos de extracción de aceites<sup>39</sup>.

---

<sup>36</sup> ROSENTHAL, A. PYLE, D. NIRANJAN, K. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction. *Enzyme and Microbial Technology*. Vol. 19 (1996): Págs. 402 –420.

<sup>37</sup> ACOSTA, Martha Cecilia. Evaluación Y Escalamiento Del Proceso De Extracción De Aceite De Aguacate Utilizando Tratamiento Enzimático. Universidad Nacional de Colombia, 2011. p. 26

<sup>38</sup> MARTÍNEZ, M. La Refinación del Aceite de Aguacate. Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, (2002).

<sup>39</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 27

**1.2.2 Extracción por prensado en frío.** Es uno de los métodos tradicionales más usados para extraer aceite virgen, es un método 100% mecánico. Este procedimiento inicio en Europa en mil novecientos setenta y cinco y consiste en la división de fluidos de un conjunto de dos fases (las cuales comúnmente suelen ser sólidos-líquido) que no logran ser bombeadas fácilmente. Esta tarea se realiza a partir de la compresión en determinadas condiciones de operación que facilitan que el fluido salga al mismo tiempo que se está reteniendo el sólido, todo esto entre el volumen comprimido <sup>40</sup>.

En el método las dos fases nombradas anteriormente se dividen a partir de la aplicación de la presión, entretanto que la última separación de la grasa en fase líquida y de otros componentes, se realiza utilizando el método de centrifugación<sup>41</sup>.

Para realizar el prensado en frío sobre el aguacate es necesario primero que todo separar la semilla y el exocarpio de la pulpa. Luego de esta acción el mesocarpio entra a una etapa de lavado, a continuación, se hace la molienda de dicha pulpa con ayuda de agua, después se realiza como tal la extracción del aceite y de aquí sale materia en forma de pasta, dicha pasta es luego llevada a un separador el cual divide la pulpa semi-sólida restante del aceite que fue extraído anteriormente. La extracción ocurre generalmente a una temperatura de 50°C la cual garantiza que no se presenten daños y cambios en los nutrientes del aceite<sup>42</sup>.

**1.2.3 Extracción por centrifugación.** La centrifugación al igual que la extracción por prensado es un método mecánico que consiste en herramientas que hacen uso de la fuerza centrífuga y la distinción de densidades entre el H<sub>2</sub>O y la grasa para la determinación del aceite, se utilizan condiciones de temperatura menores de cuarenta y cinco grados centígrados, lo que facilita la no desnaturalización de los nutrientes del aceite<sup>43</sup>.

El uso del equipo de centrifugación de vez en cuando puede causar problemas en cuanto a la calaña del aceite obtenido, esto se debe a que al utilizar este equipo se genera una fuerte oxigenación del producto lo que produce una pérdida de aromáticos volátiles<sup>44</sup>. Hay que tener en cuenta que:

Los equipos que utilizan para separar sustancias que se encuentran en diferentes estados o fases (normalmente fases sólido-líquido) basan su funcionamiento en la fuerza centrífuga la cual consiste en realizar giros a alta velocidad alrededor de un punto fijo central y constante, lo que al final genera la fuerza requerida para llevar a

---

<sup>40</sup> ROSENTHAL, A. PYLE, D. NIRANJAN, K. Op. Cit., p. 402 –420.

<sup>41</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 28

<sup>42</sup> *Ibíd.*, p. 28

<sup>43</sup> *Ibíd.*, p. 27

<sup>44</sup> CONDORI, Moisés. Análisis De Extracción De Aceite De Palta (Persea Americana) De La Variedad Fuerte Por Evaporación Rápida De Agua. Juliana, Peru: Universidad Peruana Unión, 2016. p. 37

cabo la tarea. El objetivo o materia prima cambia de lugar continuamente al igual que de dirección y, por lo tanto, se genera una aceleración inclusive cuando el volumen escalar de la rapidez es continuo. Esta es llamada comúnmente como la aceleración centrípeta la cual a su vez genera la fuerza centrípeta que hace que el contenido del recipiente se vaya hacia las paredes del mismo, siendo esta la fuerza opuesta a la centrifuga<sup>45</sup>.

**1.2.4 Extracción con fluido supercrítico.** Esta es una técnica mas avanzada con respecto a las mencionadas anteriormente este método es una disyuntiva de los diferentes procesos de extracción, la cual nos abre paso a la obtención de fracciones de materia prima de muy buena calaña con sus componentes nutritivos intactos y sin rastro alguno de solventes químicos. Los fluidos supercríticos también llamados FSC se originaron hace más de ciento veinte años, a pesar de esto, el desarrollo de esta tecnología para la extracción de aceite y grasas se empezó a agilizar hace apenas treinta años<sup>46</sup>.

Se ha utilizado como fluido supercrítico el dióxido de carbono (componente que comúnmente es utilizado en purezas de hasta noventa y nueve coma noventa y cinco por ciento) en la extracción de grasas de aguacate variedad fuerte y se han hecho balances con respecto a la extracción por solventes, utilizando en este último método el hexano. Para los dos métodos se acondiciono la materia prima de la misma manera con el objetivo de evaluar solamente los métodos y no sus variaciones de acondicionamiento y como estas pueden influir en el resultado<sup>47</sup>.

El producto de la extracción del experimento anterior fue sujeto a evaporación al vacío, esto con el fin de limpiar los componentes restantes de dióxido de carbono que pudiesen estar aun en el producto. Se concluyó que las condiciones óptimas para el proceso de FSC son: ochenta y un grados centígrados, quinientos cuarenta atmosferas y una hora de proceso en donde la extracción es completada en un noventa y cinco por ciento<sup>48</sup> que a comparación de la extracción por Soxhlet es mucho mas rápida debido a que esta ultima alcanza tiempos hasta de 8 horas según la cantidad de materia prima que se tome.

---

<sup>45</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 27-28

<sup>46</sup> MORATA, Antonio. Nuevas Tecnologías De Conservación De Alimentos. 2da ed. Madrid, España: 2010. p. 10

<sup>47</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 29

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p. 29



**1.2.5 Extracción con enzimas.** Contextualizando este método que junto al de fluidos supercríticos es uno de los más novedosos y ultimamente estudiados se toma en cuenta que la elaboración de enzimas para la utilización industrial se inició en Dinamarca y Japón exactamente a finales del siglo diez y nueve. Las enzimas se originan de las células y por esta razón se logra obtener por medio de tejido animal, vegetal o por medio de procedimientos de fermentación mediante microorganismos cuidadosamente elegidos<sup>49</sup>.

En Colombia no existe la fabricación de enzimas a escala industrial, por esta razón las enzimas deben ser importadas de Europa, Canadá y México<sup>50</sup>.

Se han alcanzado rendimientos de hasta setenta y cinco por ciento en base seca, en la obtención de aceite de este fruto haciendo uso de  $\alpha$ -amilasa, teniendo en cuenta que la recuperación fue de sesenta y cinco por ciento en base seca de aceite, haciendo uso de poligalacturonasa,  $\alpha$ -amilasa y proteasa<sup>51</sup>.

Además de esto han estudiado la extracción en frío haciendo uso de mezclas enzimáticas que se encuentran en el mercado para valorar la productividad con relación al uso de diferentes concentraciones de enzimas, variando el pH, la temperatura, y el tiempo. Los factores anteriores y el juego de variación de concentraciones han resultado en una mayor eficiencia del método<sup>52</sup>.

### **1.3 ACEITE DE AGUACATE**

El aceite de aguacate proviene del mesocarpio o pulpa del fruto extraído del árbol de aguacate. Dicha pulpa constituye la mayoría de la masa del fruto fresco de aguacate y es de esta de donde se extrae la mayoría (en la semilla se presentan bajos porcentajes de aceite) del aceite. El aceite posee un conjunto de componentes, que son en este caso los ácidos grasos los cuales cumplen con las sugerencias nutritivas para disminuir las cantidades saturados presentes en una dieta saludable<sup>53</sup>. Lo anterior se evidencia por su contenido de ácidos grasos saturados que es de 10% a 19% dependiendo del tipo y de la maduración, también contiene un alto porcentaje de ácido oleico el cual llega hasta a un 80%, además de esto posee niveles aceptables de poliinsaturados los cuales se encuentran entre el 11% y el 15%, por último no contiene colesterol. El consumo de este aceite promueve el aumento del colesterol bueno HDL y disminuye el colesterol malo LDL.

---

<sup>49</sup> *Ibíd.*, p. 31

<sup>50</sup> *Ibíd.*, p. 31

<sup>51</sup> *Ibíd.*, p. 30

<sup>52</sup> *Ibíd.*, p. 30

<sup>53</sup> PÉREZ, R; VILLANUEVA, S.; COASÍO, R. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Gnosis*. 2005;3(10):1. <http://www.redalyc.org/pdf/730/73000310.pdf>

Lo anterior con respecto al aguacate con una percepción de su consumo alimentación<sup>54</sup>.

Este aceite contiene altos porcentajes de lecitina y de fitosteroles lo que facilita su propagación en la piel y el cabello (usos cosméticos), puede estimular el metabolismo del colágeno haciendo que este aumente produciendo retraso en muestras visibles de envejecimiento y flacidez en la piel. Además, se compone de vitamina E, la cual actúa como un antioxidante natural de radicales libres. Para la industria cosmética el aceite de aguacate es usado principalmente para la restauración de la piel (hidratante, cicatrización de heridas), acondicionador para el cabello (reparador de cabello), antioxidante (anti-envejecimiento, protección de cabello) y para la pérdida del cabello<sup>55</sup>.

El aceite de aguacate natural (sin el uso de algún químico en su extracción) posee un color verde oscuro, tiene un estado líquido algo espeso a temperatura ambiente y tienen una densidad relativa a 25°C entre 0,91 y 0,92<sup>56</sup>.

**1.3.1 Tipos de aceite.** Para reconocer que tipo de aceite se quiere reducir es necesario tener claro la definición de distintas variedades de aceites.

- **Aceite blanqueado o aceite decolorado:** es un aceite normalmente tratado con diferentes ciclos de refinación, los cuales implementan productos químicos y métodos mecánicos. Comúnmente se hace uso de carbono activado, filtración y tierras o lodos activados con el objetivo de reducir en gran cantidad los contaminantes que pueden llegar a tener los aceites<sup>57</sup>.
- **Aceite crudo natural:** son elementos lipídicos que vienen de los vegetales o animales, los cuales se obtienen por medio de procesos mecánicos de extracción o también por método Soxhlet, dividiendo desechos de la materia prima o impurezas que no han sido tratadas anteriormente con técnicas químicas o físicas diferentes a las automatizadas<sup>58</sup>.
- **Aceite frutado:** es un aceite natural que posee un olor y gusto particular dependiendo del fruto<sup>59</sup>.

---

<sup>54</sup> *Ibíd.*, p. 1

<sup>55</sup> PROVITAL GROUP. Avocado Oil. En: Botany. Mar 2,. p. 1-5

<sup>56</sup> NORMAS OFICIALES MEXICANAS. Aceites Y Grasas - Aceite De Aguacate Especificaciones; México: 2008. p. 8

<sup>57</sup> MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2154 De 2012. En: Minsalud.Gov. Ago 8,. p. 4

<sup>58</sup> *Ibíd.*, p. 4

<sup>59</sup> *Ibíd.*, p. 7

- **Aceite puro:** este aceite viene de una única variedad vegetal. No se acepta la aparición de un aceite ajeno (de otra variedad de vegetal o mezcla)<sup>60</sup>.
- **Aceite refinado:** son aceites caracterizados por ser naturales y por tener un acondicionamiento previo (normalmente son procedimientos fisicoquímicos) con el objetivo de eliminar componentes que afectan la calidad del mismo. Además se les quita el olor y sabor natural (técnica de desodorización) a partir de mecanismos ya impuestos en la industria<sup>61</sup>.
- **Aceite saborizado:** es una sustancia oleosa que proviene de vegetales el cual contiene aditivos que alteran el aroma y el sabor de este<sup>62</sup>.
- **Aceites y grasas comestibles:** son bienes materiales (de clasificación alimenticia) conformados por diferentes clases y cantidades de ácidos grasos, dichos aceites y grasas provienen de una planta o un animal<sup>63</sup>.
- **Aceites y grasas vírgenes:** son sustancias oleosas estrictamente de origen vegetal (que se pueden consumir) a las cuales no se les altera su naturalidad y se produce mediante técnicas mecánicas o por implementación de temperaturas específicas<sup>64</sup>.

**1.3.2 Características del aceite de aguacate.** Es de vital importancia reconocer que la extracción de aceite y grasas del fruto a trabajar en este proyecto nace como una disyuntiva para explotar el aguacate, con el objetivo de reafirmar la producción de este fruto y tratar de neutralizar la merma de los cosechadores por el exceso de producción de este fruto en Colombia<sup>65</sup>. Aparte de lo anterior, los aceites que tienen su origen en vegetales o frutas, como el de aceituna, palta, y girasol, tienen tendencia a ser producidos en la zona donde se cosechan de tal manera que se ha creado la tecnología necesaria para su producción<sup>66</sup>. Hay que tener en cuenta que el aceite se gasta mientras este permanece en el lugar de almacenamiento, esto se debe a que las condiciones que se manejan en este lugar acondicionan la vida útil del producto<sup>67</sup>.

El aceite de aguacate posee alto contenido de compuestos bioactivos, los cuales son capaces de aportarle beneficios a la salud del ser humano, debido a que estos compuestos bioactivos hacen la función de antioxidante<sup>68</sup>. En cuanto a las propiedades nutritivas del aceite de aguacate se destacan diferentes clases de

---

<sup>60</sup> *Ibíd.*, p. 7

<sup>61</sup> *Ibíd.*, p. 7

<sup>62</sup> *Ibíd.*, p. 7

<sup>63</sup> *Ibíd.*, p. 7

<sup>64</sup> *Ibíd.*, p. 7

<sup>65</sup> SERPA, Angélica, et al. Extracción De Aceite De Aguacate Variedad "Hass" (Persea americana Mill) Liofilizado Por Prensado En Frío. En: Revista Investigaciones Aplicadas. Jul 1., vol. 8, no. 2, p. 113

<sup>66</sup> CONDORI. Op. Cit., p. 29

<sup>67</sup> *Ibíd.*, p. 29

<sup>68</sup> *Ibíd.*, p. 30

vitaminas como lo son la vitamina A la vitamina B la vitamina C y la de más alto contenido, la vitamina E. Adicionalmente el aceite obtenido está conformado en su mayoría por ácidos grasos mono insaturados los cuales como se explicó anteriormente en este documento, reducen el colesterol dañino y aumentan el saludable<sup>69</sup>.

**Tabla 10.** Contenido máximo y mínimo de ácidos grasos en el aceite de aguacate.

Ácidos Grasos	Mínimo	Máximo
Acido palmítico C16:0	9	18
Ácido palmitoléico C16:1	3	9
Acido esteárico C18:0	0,4	1
Ácido oleico C18:2	56	74
Ácido linoléico C18:2	10	17
Ácido linolénico C18:3	0	2

**Fuente.** FIRESTONE, David; "Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes"; AOCS Press, 1999.

Así mismo el aceite de aguacate contendrá los siguientes esteroides y tocoferoles:

**Tabla 11.** Contenido máximo y mínimo de esteroides y tocoferoles en el aceite de aguacate.

Esteroides	Mínimo	Maximo
Colesterol	0	0,2
Brasicaesterol	-	2
Campesterol	6	8
Estigmaesterol	0	2
Beta-Sitosterol	89	92
5-Avenasterol	0	3
7-Avenasterol	0	0,2
Esteroides Totales	-	4040
Tocoferoles	-	-
Alfa-Tocoferol	64	100
Beta-Tocoferol	0	19
Tocoferoles Totales	83	100

**Fuente.** FIRESTONE, David; "Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes"; AOCS Press, 1999.

En cuanto al aspecto nutritivo o los beneficios para el cuerpo, la sustancia oleosa extraída del aguacate es catalogada como saludable, hasta se ha considerado por diferentes artículos como una sustancia comparable al aceite de oliva, por esta razón, es admitido para ser consumido directamente. También es reconocido por

<sup>69</sup> Ibíd., p. 30

beneficiar es sistema cardiovascular del ser humano<sup>70</sup>. Por otro lado, este producto hace parte de la industria cosmética, ya que está conformado por fitoesteroles que se caracterizan por tener alta estabilidad y alto contenido vitamínico (sobre todo de vitamina E) que en este caso es el alfa-tocoferol<sup>71</sup>.

**1.3.3 Propiedades físicas.** Las propiedades físicas que normalmente se le determinan al aceite como la densidad, el peso específico y la humedad, ayudan al analista a reconocer si el producto, en este caso el aceite de aguacate, cumple con los rangos estandarizados por la compañía que lo produce y por las normas que apliquen para éste.

- **Densidad:** este factor influye de gran manera en la calaña del producto, pero hay que tener en cuenta que cabe la posibilidad de que este factor cambie por la oxidación del aceite. Por otro lado este factor es trascendente al momento de realizar el desarrollo de maquinaria<sup>72</sup>.
- **Humedad:** es definido por la proporción de H<sub>2</sub>O que se encuentra presente en el aceite. Si se presenta demasiada agua esto influye negativamente porque se pueden crear vínculos fisicoquímicos no apropiados, generando de esta manera degeneración del aceite. La técnica usada para determinar este criterio es utilizar una mufla u horno para de esta manera remover el agua contenida en la materia prima, esto a temperaturas determinadas según el producto<sup>73</sup>.
- **Peso específico:** es la correlación que existe entre la masa de la sustancia oleosa y la masa del H<sub>2</sub>O. Esta propiedad es inversamente proporcional a la temperatura, lo que quiere decir que a menor temperatura mayor será el peso específico. Un claro ejemplo de que el aceite tiene mayor peso específico, es el típico ejemplo del vaso con aceite y agua, donde el aceite forma una separación notable y se posiciona arriba del agua<sup>74</sup>.

---

<sup>70</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 21

<sup>71</sup> *Ibíd.*, p. 21

<sup>72</sup> *Ibíd.*, p. 21

<sup>73</sup> *Ibíd.*, p. 21

<sup>74</sup> CONDORI. Op. Cit., p. 31

**1.3.4 Propiedades químicas.** Las propiedades químicas que se determinan en un aceite varían según quien quiera y para que quieran estudiar el producto, normalmente los estudios que se le hacen a el aceite de aguacate son: Índice de yodo, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de acidez e índice de refracción. Sin embargo existen otros aspectos que se pueden estudiar como el índice de materia insaponificable, índice de insaponificación y ácidos grasos libres entre otros.

- **Índice de Yodo:** se puede definir como la manifestación del nivel de elementos insaturados presentes en la sustancia oleosa. Este parámetro es directamente proporcional al número de vínculos dobles por unidad de aceite. Este aspecto influye directamente en la calidad del producto. Además es capaz de identificar varias clases de sustancias insaturadas<sup>75</sup>.
- **Índice de saponificación:** se puede definir como la magnitud de AGL y de ácidos grasos acoplados que están presentes en las sustancias oleosas. Este parámetro tiene una relación directa al peso molecular medio. Debido a lo anterior, este factor es reconocido por medir la pureza, de esta manera un alto nivel de saponificación es sinónimo de alta oxidación en el producto<sup>76</sup>.
- **Índice de peróxidos:** se interpreta como la medición de oxígeno que se encuentra pegado a la sustancia oleosa, esto representado por peróxidos. Los analistas determinan este factor como el oxígeno activo presente en un kilogramo de producto a analizar. Por lo anterior, este criterio muestra al analista el nivel de oxidación del producto<sup>77</sup>.
- **Índice de Acidez:** es una magnitud escalar de AGL que se encuentra en las sustancias oleosas. Los analistas representan este valor como la proporción en mg de hidroxilo de potasio o sodio que se necesitan para lograr el equilibrio o neutralizar los AGL que se encuentran en un g de sustancia oleosa. Adicionalmente este criterio es sinónimo de calidad para el producto<sup>78</sup>.
- **Índice de refracción:** permite establecer el valor de la variación de rapidez y dirección de ondulación de luz, al atravesar esta última por la materia de interés. Para un aceite normalmente se define como el rayo de energía que cruza el aire que contiene el aceite<sup>79</sup>.

---

<sup>75</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 22

<sup>76</sup> *Ibíd.*, p. 22-23

<sup>77</sup> *Ibíd.*, p. 22

<sup>78</sup> *Ibíd.*, p. 22

<sup>79</sup> CONDORI. Op. Cit., p. 32

**1.3.5 Situación actual del aceite de aguacate en Colombia.** Colombia es conocida por ser un país donde la aplicación comercial primaria del aguacate es la venta del producto entero para su uso principalmente en la cocina. Lo anterior se complementa con la comercialización al exterior del fruto, esto desde mediados del 2012 hasta el presente. Sin embargo, no fue sino hasta mediados 2009-2010, donde la empresa “La Perla” crea una planta de extracción de aceite de aguacate en el país, ubicada en Urrao (Antioquia). Dicha planta surgió como una necesidad de utilizar el aguacate que no cumplía los estándares de exportación, para de esta manera extraer el aceite y utilizarlo para la industria cosmética o para la industria alimenticia.

En el presente se encuentran algunas compañías como: La Perla, Biocate, ECOrganicos y Green Hass, las cuales resaltan por la producción de aceite de aguacate para el sector cosmético y el sector alimenticio. Esto le da a la cosecha de aguacate producida un uso completo del fruto, minimizando así las pérdidas de la materia prima que a su vez generan el máximo aprovechamiento del aguacate. Actualmente el aceite proveniente de este fruto en Colombia es utilizado como aderezo para las ensaladas, aceites desmaquilladores, cremas hidratantes, aceites para masajes entre otros productos derivados del aceite de aguacate<sup>80</sup>.

El aceite de aguacate en el país no se usa para exportar, sin embargo, las tendencias por el uso de productos naturales tanto en la cocina como para el cuerpo (esto considerando sus beneficios para la salud) ha hecho que el aceite de aguacate dentro de Colombia encuentre un potenciador, aumentando la demanda de este producto dentro del país. De manera que este producto proveniente de Colombia solo es consumido internamente.

---

<sup>80</sup>FERNANDO, Diego. Aceite de aguacate, opción de ingresos. Colombia. May 3,. [Consultado el Sep 3,2017]. Disponible en: <http://www.lapatria.com/campo/aceite-de-aguacate-opcion-de-ingresos-79126>

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

**NOTA:** A lo largo del proyecto se encuentran varias tablas las cuales contienen un valor promedio acompañado de un símbolo “±”, esto quiere decir que cada vez que alguien replique el mismo estudio en una muestra del mismo tamaño, obtenida de la misma población, el valor medio que obtenga este investigador estará entre el límite superior y el límite inferior llamado intervalo de confianza del 95%, este noventa y cinco por ciento se refiere a que podemos afirmar, con una probabilidad de acierto de 0,95, que la media poblacional está incluida en dicho intervalo<sup>81</sup>.

Para el cálculo del intervalo de confianza se requiere obtener primero la desviación estándar y el error estándar. A continuación se muestran las formulas utilizadas para el calculo anteriormente nombrado.

$$SE_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$SD_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Límite superior} = \bar{x} + (SE_{\bar{x}} * 1,96) \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\text{Límite inferior} = \bar{x} - (SE_{\bar{x}} * 1,96) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

- $SE_{\bar{x}}$  = Error estandar de la media.
- $s, \sigma$  = Desviación estandar.
- $\sqrt{n}$  = Raíz del numero de muestras.
- $SD_{\bar{x}}$  = Desviación estándar de la media.
- $\bar{x}$  = Promedio de los datos obtenidos o media.
- 1,96 = Desviación normal estándar.

En el capítulo presente se establecen las principales características físicas y químicas del aguacate variedad Lorena, estas son determinadas por medio de las Normas Técnicas Colombianas y diferentes fuentes bibliográficas. Una vez caracterizada la fruta se hace una comparación entre los valores de las propiedades obtenidas y las encontradas en la bibliografía.

---

<sup>81</sup> ABRAIRA,V. Desviación estándar y error estándar. En: SEMERGEN - Medicina De Familia. vol. 28, no. 11, p. 621-623



## 2.1 MUESTREO

La primera medida que se debe tomar para la determinación de las características físicas y químicas del aguacate variedad Lorena exigen la elaboración de un plan de muestreo con el objetivo de ejecutar una recolección de materia prima que cumpla los aspectos y características pertinentes para el buen desarrollo de la toma de muestras.

Dicha toma de muestras influye directamente en el producto final obtenido, por lo tanto, es indispensable seguir las normas impuestas por el ICONTEC que funcionan como columna vertebral para el contenido del plan de muestreo.

Con base a lo mencionado anteriormente es necesario tener en cuenta las siguientes normas ICONTEC:

- NTC 1248: Productos Agrícolas (Aguacate). (1994)<sup>82</sup>
- NTC 1248-2: Aguacate Especificaciones del Empaque. (1996)<sup>83</sup>
- NTC 1248-3: Aguacate Almacenamiento y Transporte. (1996)<sup>84</sup>
- NTC 756: Frutas y Hortalizas Frescas Toma de Muestras. (1997)<sup>85</sup>

Las normas previamente expuestas especifican los requerimientos mínimos y la forma recomendable para ejecutar un muestro en cuanto a diferentes aspectos tales como almacenamiento, transporte, rotulado, toma de muestras y empaquetado.

**2.1.1 Determinación de las unidades de muestreo (NTC 756).** Según la Norma Técnica Colombiana ICONTEC (NTC 756) el aguacate fue empacado en 10 (diez) canastillas plásticas debidamente numeradas para posteriormente seleccionar 1 (una) muestra de los empaques como indica la tabla 12 que proporciona la información sobre las unidades necesarias para el muestreo según su empaque, esta muestra fue tomada aleatoriamente por medio del programa Microsoft Excel con la función “ALEATORIO”.

---

<sup>82</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1248 Productos Agrícolas. Aguacate. Colombia: 1995. p. 1-8

<sup>83</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1248-2 Frutas Frescas. Aguacate. Especificaciones Del Empaque. Colombia: 1996. p. 1-9

<sup>84</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1248-3 Frutas Frescas. Aguacate. Almacenamiento Y Transporte. Colombia: 1996. p. 1-10

<sup>85</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 756 Frutas Y Hortalizas Frescas. Toma De Muestras. Colombia: 1977. p. 1-7

**Tabla 12.** Determinación del tamaño de muestra para productos empacados.

Número de empaques similares que constituyen el lote	Número de empaques o muestras (cada una constituye una unidad de muestreo) que deben tomarse
1 a 10	1
11 a 50	3
51 a 100	5
101 a 300	7
301 a 500	9
501 a 1000	10
más de 1000	15 (Mínimo)

Fuente. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana. NTC 756 Frutas Y Hortalizas Frescas. Toma De Muestras. Colombia: 1977. p. 1-7

**2.1.2 Rotulado (NTC 1248).** Una vez obtenidas las 10 (diez) canastillas con la materia prima, se procede a rotular cada una de estas por la tabla 13 elaborada por los autores del proyecto, esta tabla cubre todas las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana (NTC 1248).

**Tabla 13.** Rotulado imprimible.

<b>Rotulado</b>	
Empacador	Andrés Felipe Melo García
Producto	Aguacate
Variedad	Lorena
País	Colombia
Región	Tolima
Municipio	Mariquita
Categoría	Categoría I
Calibre	C (412,6 g – 498,3 g)
Numero de canastilla	No.8

**Fuente.** Elaboración propia.

**2.1.3 Transporte (NTC 1248-3, NTC 1248-2).** La cosecha se efectúa en las horas más frescas del día, iniciando cerca de las 6:00 a.m., cuando la luminosidad permite valorar de mejor manera el estado de la materia prima, no se recomienda que la recolección se ejecute en momentos de lluvia ya que la fruta mojada puede cambiar de categoría por manchas negras que aparecen debido a quemaduras por humedad y sol.<sup>86</sup> El aguacate cosechado se coloca dentro de cajas plásticas limpias que son llenadas hasta  $\frac{3}{4}$  de su capacidad para prevenir el daño de la materia prima por compresión al estibar las cajas durante el transporte.

<sup>86</sup> CERDAS, Maria Del Milagro; MONTERO, Marta; DÍAZ, Eduardo. Op. Cit., p. 25-39

Las especificaciones de las cajas plásticas están dadas en la Tabla 14 presentada a continuación.

**Tabla 14.** Especificaciones de las cajas plásticas para el transporte de aguacate.

<b>Tipo de empaque</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Peso neto (kg)</b>
Canastilla plástica	600	400	Máximo 8
	500	300	

**Fuente.** ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1248-2 Frutas Frescas. Aguacate. Especificaciones Del Empaque. Colombia: 1996. p. 1-9

Se designó un vehículo con capacidad de carga de 2 toneladas para el transporte de la fruta, este fue limpiado y acondicionado previamente para cumplir y garantizar la tSubespecieibilidad del proceso de transporte. A su vez se monitoreó la temperatura y humedad de almacenamiento con un Termohigrómetro Digital Dual marca HTC-2 garantizando las condiciones establecidas por la NTC 1248-3 las cuales son para temperatura de 13°C a 15°C con una humedad relativa del 85% a 90%.

**2.1.4 Almacenamiento (NTC 1248-3).** De acuerdo con los requisitos mínimos que debe tener el lugar de almacenamiento se recomienda que la temperatura del sitio esté entre 13°C y 15°C, el cuarto que se adaptó para el almacenamiento de la fruta cumple con estos requisitos, adicionalmente la materia prima en ningún momento está expuesta a la intemperie.

Debido a que en Bogotá la temperatura varía entre 12°C y 19°C, esta temperatura máxima se alcanza únicamente estando expuesto al aire libre y al sol entre las 10:00 hr y las 14:00 hr, no es necesario que el almacenamiento se efectúe en un cuarto de refrigeración.

**2.1.5 Informe de muestreo (NTC 756).** Este informe es requerido para lograr una buena aplicación del muestreo.

**Tabla 15.** Informe de muestreo.

<b>Producto</b>	<b>Aguacate</b>
<b>Especie</b>	Antillana
<b>Variedad</b>	Lorena
<b>Fecha y lugar del despacho del producto</b>	Lunes 05 de febrero de 2018 – Mariquita Tolima
<b>Nombre y dirección del depositario del lote</b>	Nelson Mora Bonilla – Finca la Soledad, Vereda Malabar Bajo, Mariquita (Tolima)
<b>Sitio de almacenamiento</b>	Cuarto de almacenamiento
<b>Condiciones de almacenamiento</b>	Temperatura (12°C – 19°C). Humedad relativa (80% - 90%)
<b>Duración de almacenamiento</b>	7 – 9 días

Tabla 15. (Continuación).

<b>Producto</b>	<b>Aguacate</b>
<b>Día y hora de toma de muestra</b>	Lunes 05 de febrero de 2018 entre 6:00 am y 8:00 am
<b>Medio de transporte empleado</b>	Vehículo acondicionado con capacidad de carga de 2 toneladas.
<b>Temperatura y humedad relativa durante el muestreo</b>	Temperatura (18°C – 25 °C). Humedad relativa (80% - 90%)
<b>Tamaño del lote</b>	10 canastillas
<b>Propósito del muestreo</b>	Caracterización de la materia prima
<b>Tiempo límite entre el muestreo y los análisis bajo condiciones normales</b>	13 días
<b>Descripción de las condiciones para el transporte o almacenamiento</b>	El vehículo fue acondicionado previamente para el transporte de la materia prima, se garantiza que no hay presencia de agentes u objetos que maltraten el fruto, la temperatura y humedad fueron monitoreadas por medio de un termohigrómetro digital dual marca HTC-2
<b>Uniformidad aparente del lote</b>	Al ser tenido en cuenta únicamente los aguacates de categoría I el lote era uniforme aparentemente.
<b>Limpieza del lote</b>	Pertinente
<b>Temperatura de los frutos durante el transporte</b>	13°C – 15°C
<b>Temperatura del fruto durante el almacenamiento</b>	12°C – 19°C
<b>Nombres de las personas interesadas presentes durante el muestreo</b>	Nelson Andrés Mora Medina – Andrés Felipe Melo García
<b>Número de muestras para el análisis</b>	35 aguacates
<b>Nombre y cargo de la persona que tomó la muestra</b>	Nelson Andrés Mora Medina (estudiante) – Andrés Felipe Melo García (estudiante)

Fuente. Elaboración propia.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE LA MATERIA PRIMA

Según las Normas Técnicas Colombianas, es necesario determinar ciertas propiedades de la fruta para poder así establecer cuales son los métodos adecuados para proceder a la extracción, las propiedades determinadas para el aguacate variedad Lorena son:

**2.2.1 Determinación del peso.** Para establecer el peso de la materia prima se utilizaron 20 (veinte) aguacates de diferentes características físicas (tamaño, peso), cada uno de ellos fue dispuesto en una balanza con un rango de peso de 0,5 g a 7 kg. Los resultados de los pesos se muestran en la tabla 16 presentada a continuación.

**Tabla 16.** Peso por unidad de aguacate.

<b>Número de unidad</b>	<b>Peso (g)</b>
1	407,27
2	430,16
3	491,63
4	471,41
5	425,36
6	412,52
7	431,62
8	433,78
9	459,19
10	403,64
11	411,42
12	472,58
13	418,23
14	411,39
15	416,47
16	420,84
17	495,09
18	447,77
19	435,93
20	428,07
<b>Total</b>	<b>8724,37 g</b>
<b>Promedio</b>	<b>436,22 ± 12,17 g</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>27,77</b>
<b>Error Estándar</b>	<b>6,21</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

**2.2.2 Determinación del contenido de pulpa.** La determinación del contenido de pulpa según la NTC 5209 se obtiene mediante la extracción manual (separando la pulpa de la cáscara y de la semilla) y se establece la relación del peso de la pulpa con respecto al peso total del fruto, . El resultado se expresa en porcentaje (%).<sup>87</sup>

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{P_{\text{pulpa}}}{P_{\text{fruto}}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

<sup>87</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5209 Frutas Frescas. Aguacate. Variedades Mejoradas Especificaciones. Colombia: 2003. p. 19

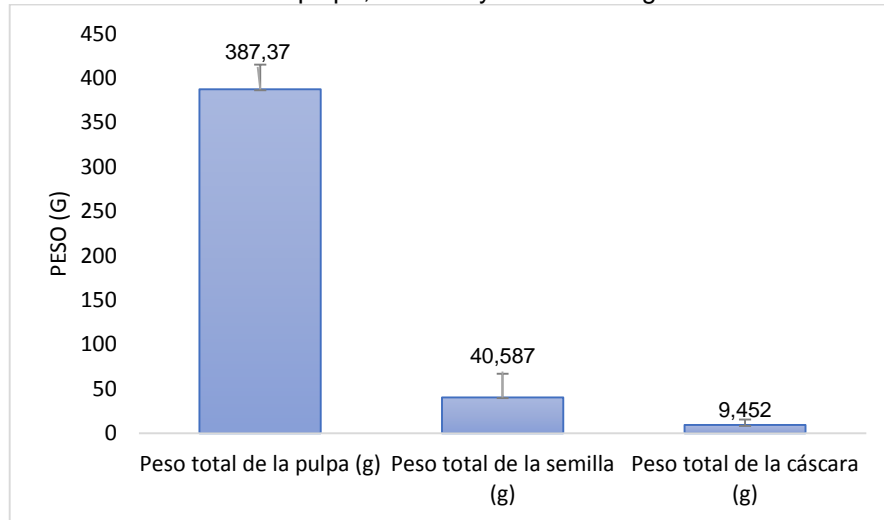
Donde:

$P_{pulpa}$  = peso de la pulpa (g).

$P_{fruto}$  = peso del fruto (g).

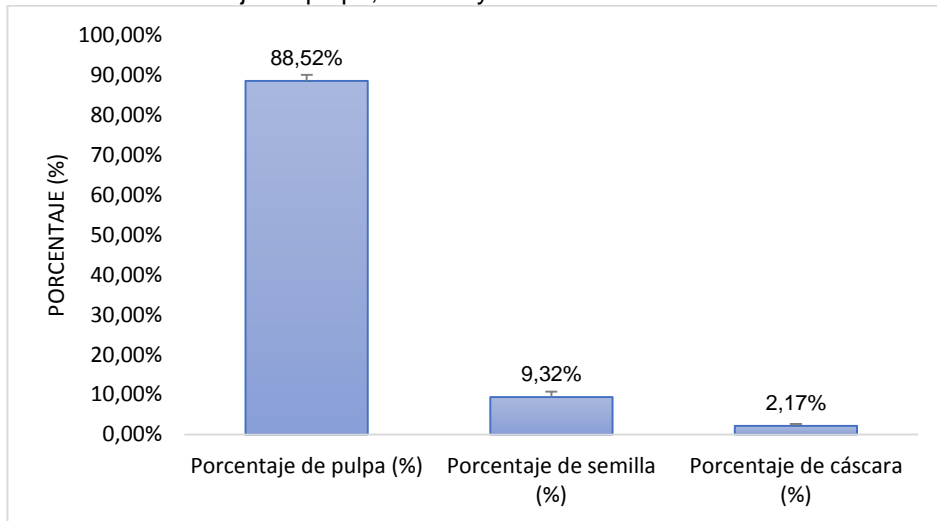
Los resultados del contenido de pulpa se observan en las gráficas 4 y 5 presentadas a continuación:

**Gráfica 4.** Contenido de pulpa, cáscara y semilla de aguacate variedad Lorena.



**Fuente.** Elaboración propia.

**Gráfica 5.** Porcentaje de pulpa, semilla y cáscara.



**Fuente.** Elaboración propia.

Las gráficas anteriores fueron obtenidas por medio de los datos expresados en las tablas 57 y 58 que se encuentran en el anexo A.

**2.2.3 Determinación de densidad real.** La densidad del aguacate se estableció por medio de la ecuación 6 (seis), utilizando 10 (diez) frutos, un Becker de 1000 (mil) mililitros y una gramera SF-400 (con capacidad de 7000g)<sup>88</sup>. La materia prima fue introducida dentro Becker (uno por uno) el cual contenía agua, produciéndose así un desplazamiento de volumen, dicho desplazamiento corresponde por lo tanto al volumen que es usado en la ecuación 6 (seis). Para la determinación de la densidad de esta fruta fue necesario seleccionar aguacates de con pesos entre 200 y 400 g.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$\rho$ : Densidad (g/mL).

$m$ : masa (g).

$V$ : Volumen (mL).

**Tabla 17.** Densidad del aguacate variedad Lorena.

<b>Número de unidad</b>	<b>Peso total de la fruta (g)</b>	<b>Volumen (mL)</b>	<b>Densidad (g/mL)</b>
1	336,14	355	0,9469
2	353,45	382	0,9253
3	386,32	400	0,9658
4	311,76	312	0,9992
5	360,43	390	0,9242
6	342,09	373	0,9171
7	268,87	277	0,9706
8	250,78	257	0,9758
9	209,09	216	0,9680
10	267,65	274	0,9768
<b>Total</b>	3086,58	3236	-
<b>Promedio</b>	308,658	323,6	0,9570 ± 0,0168 g/mL
	<b>Desviación Estándar</b>		0,0272
	<b>Error Estandar</b>		0,0086

**Fuente.** Elaboración propia.

<sup>88</sup> CONDORI. Op. Cit., p. 44

**2.2.4 Determinación densidad aparente.** Por medio del volumen de la canastilla empleada para el transporte del aguacate variedad Lorena, la masa de la materia prima que se encuentra dentro de la canastilla y la ecuación 6 (seis) se obtuvo la densidad aparente. Sin embargo, fue necesario calcular primero el volumen de la canastilla para lo cual se tuvo en cuenta las dimensiones de ésta, las cuales eran: 600 mm largo, 400 mm ancho y 200 mm de altura. La ecuación 7 (siete) corresponde al cálculo del volumen de la canastilla.

$$V_{canastilla} = l * a * h = 0,6m * 0,4m * 0,2m = 0,048m^3 \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$m_{aguacates} = 7,922kg$$

$$\rho_a = \frac{m_{aguacates}}{V_{canastilla}} = \frac{7,922kg}{0,048m^3} = 165,04 \frac{kg}{m^3}$$

Donde:

$\rho_a$ : Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>).

$m_{aguacates}$ : Masa de aguacate (kg).

$V_{canastilla}$ : Volumen canastilla (m<sup>3</sup>).

La densidad aparente obtenida expresa las propiedades del grupo de aguacates para su almacenamiento, transporte y envasado<sup>89</sup>.

**2.2.5 Determinación de a porosidad.** Con la ecuación 8 se define el porcentaje de porosidad del aguacate variedad Lorena, esto por medio de la densidad aparente y la densidad real del aguacate<sup>90</sup>.

$$\varepsilon = \left( 1 - \frac{\rho_{aparente}}{\rho_{real}} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$\varepsilon = \left( 1 - \frac{165,04 \frac{kg}{m^3}}{957 \frac{kg}{m^3}} \right) * 100 = 82,75\%$$

Donde:

$\varepsilon$ : porosidad (%).

$\rho_{aparente}$ : Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>).

$\rho_{real}$ : Densidad real (kg/m<sup>3</sup>).

La porosidad en este caso representa la fracción del volumen total que está ocupando el aire en la canastilla en donde se encuentra el aguacate, si esta fracción

<sup>89</sup> *Ibíd.*, p. 44

<sup>90</sup> GUPTA, R. K.; DAS, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, (1997). p. 1-8.



o porción de aire se llegase a comprimir, el volumen y la porosidad del aguacate en la canastilla de plástico presentaría una variación, esto hasta que se obtenga un volumen de equilibrio. De igual manera la porosidad está directamente relacionada con la forma del fruto y la superficie de este<sup>91</sup>.

**2.2.6 Determinación de pH.** Según la Norma Técnica Mexicana (NMX-F-317-S-1978) "Determinación de pH en alimentos"<sup>92</sup>. Para la determinación del pH es necesario macerar la pulpa del aguacate variedad Lorena, depositar 40 mililitros de esta masa semilíquida en un vaso precipitado de 50 mililitros y por último adicionar 40 mililitros de agua (como se observa en la figura 3) generando de esta manera una relación 1:1 entre la muestra y el agua.

**Figura 3.** Mezcla aguacate-agua.



**Fuente.** Elaboración propia.

Posteriormente se agita el contenido del vaso precipitado y se procede a medir el pH de la muestra. Se debe tener en cuenta que el pH-metro utilizado este previamente calibrado para obtener un valor real de pH en el aguacate. El valor que mostro el equipo fue un intervalo entre 6,4-6,55 valor que concuerda con el presente en el artículo "Changes physical-chemical of avocado (*Persea americana Mill. cv. "Hass"*) in postharvest for two municipalities of Antioquia"<sup>93</sup> que presenta valores de pH para el aguacate entre 6,4 y 6,6.

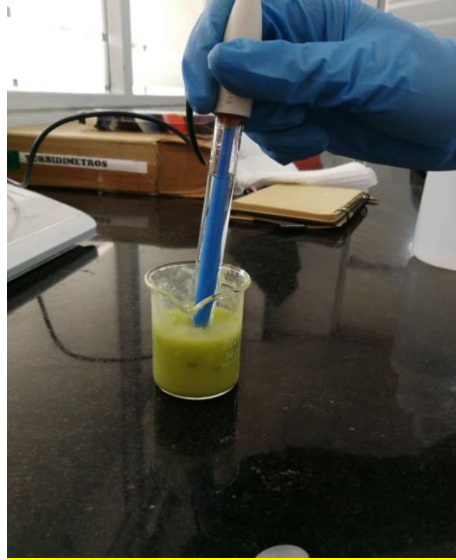
---

<sup>91</sup> CONDORI. Op. Cit., p. 52

<sup>92</sup> NORMAS MEXICANAS DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX F 317 S 1978. Determinación De pH En Alimentos. Determination of pH in Foods. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas. México: 1978. p. 3

<sup>93</sup> MÁRQUEZ CARDOZO, C. J., et al. Changes physical-chemical of avocado (*Persea americana Mill. cv. "Hass"*) in postharvest for two municipalities of Antioquia. En: Revista Temas Agrarios. vol. 19, no. 1, p. 32-42

**Figura 4.** Medición de pH.



**Fuente.** Elaboración propia.

**2.2.7 Determinación de Dureza.** El valor de la dureza del aguacate variedad Lorena fue establecido por medio de la bibliografía, en específico la norma NTC 5209, donde la consistencia se toma sobre la cáscara del fruto que se encuentra en madurez de consumo. Para el caso de la variedad Lorena la dureza establecida por la norma se encuentra entre 3,7 kgf/cm<sup>2</sup> y 4,5 kgf/cm<sup>2</sup><sup>94</sup>.

**2.2.8 Determinación de Humedad y materia volátil.** La humedad y materia volátil del fruto se ejecutó siguiendo las instrucciones de la norma NTC 2228 “Oleaginosas. Determinación del contenido de humedad y materia volátil”<sup>95</sup>. Para esta determinación se maceraron 10 gramos de aguacate los cuales fueron ubicados en una cápsula de porcelana (la cual es calentada y deseca previamente por 30 minutos en una mufla a 105°C), posteriormente se lleva la cápsula con la muestra a la mufla (a 105°C) durante 3 horas. Al cumplirse este tiempo se remueve la cápsula de la mufla e inmediatamente se introduce al desecador hasta que se alcance la temperatura del laboratorio. Seguido a esto se coloca la cápsula de nuevo en la mufla durante 1 hora y finalmente se extrae del desecador para proceder al pesaje de ésta. Es necesario hacer esto hasta que el peso de la cápsula sea constante o que la diferencia entre dos pesadas consecutivas sea menor a 0,005g<sup>96</sup>. Para la determinación de la humedad y materia volátil se hace uso de la ecuación 9.

$$\text{Porcentaje de humedad y materia volátil} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 \quad (\text{Ecuación 9})$$

<sup>94</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5209 Frutas Frescas. Aguacate. Variedades Mejoradas Especificaciones. Op. Cit., p. 17-18

<sup>95</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana Oleaginosas. Determinación Del Contenido De Humedad Y Materia Volátil. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1986. p. 1-5

<sup>96</sup> *Ibíd.*, p. 3

Donde:

$m_1$ : es la masa de la cápsula en gramos y a muestra antes de secada.

$m_0$ : es la masa de la cápsula en gramos.

$m_2$ : que es la masa de la cápsula en gramos y la muestra después del secado.

$$\text{Porcentaje de humedad y materia volátil} = \frac{85,2051g - 77,1704g}{85,2051g - 75,6779g} * 100 = 84,3\%$$

El porcentaje de humedad obtenido es de 84,3%, valor que concuerda con el reportado de 84,1% para la variedad Loren en “Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calidad”<sup>97</sup>. Debido a que este aguacate contiene poco porcentaje de grasa, entre 8,2 y 14,72<sup>98</sup> deja un alto porcentaje en cuanto al contenido de agua, esto se ve reflejado en el valor obtenido de humedad. Adicionalmente en la gráfica 6 se puede observar el comportamiento de la humedad a medida que va transcurriendo el tiempo y en la grafica 7 se muestra como varia el peso de la capsual con la muestra a travez del tiempo.

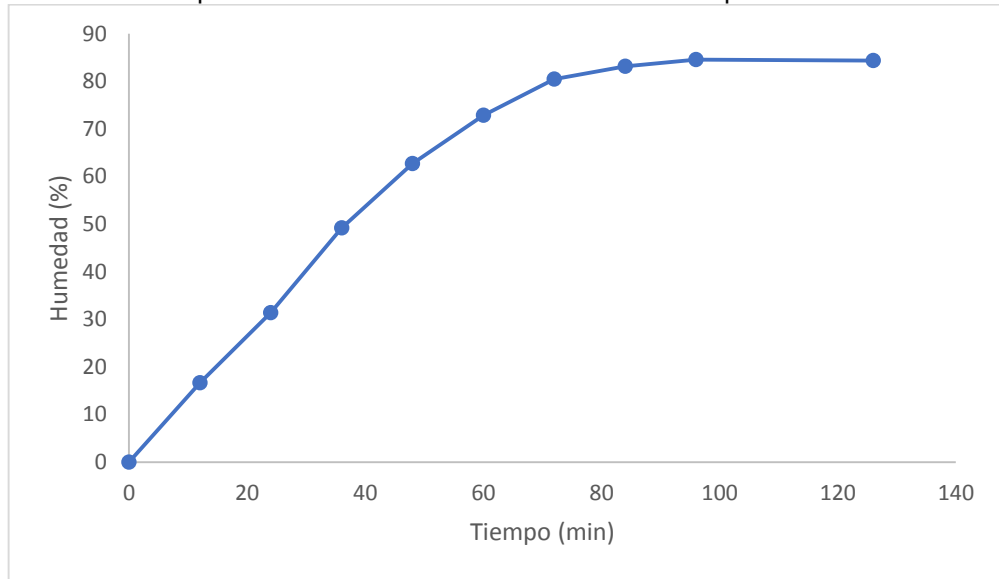
Para realizar las gráficas 6 y 7 se utilizaron los datos que se encuentran en el anexo A tabla 59, donde se especifica el valor de tiempo, peso y humedad. Además, se tiene en cuenta que para la determinación de la humedad se utilizó una única muestra y una sola replica, por lo tanto, en la tabla 59 no se encuentran valores promedios, desviciones estándar ni errores estándar.

---

<sup>97</sup>CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004. p. 163-175.

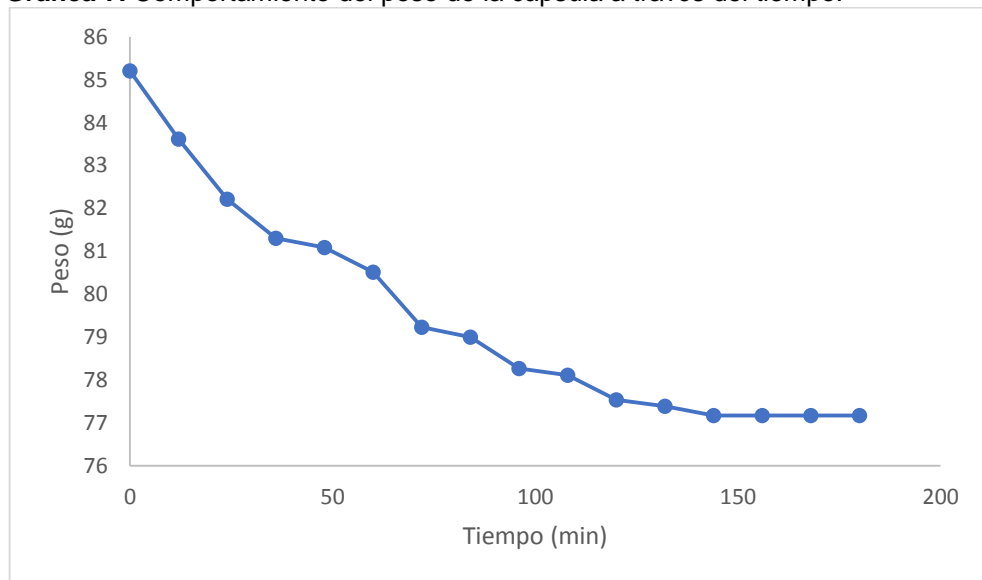
<sup>98</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 9-13

**Gráfica 6.** Comportamiento de la humedad a través del tiempo.



**Fuente.** Elaboración propia.

**Gráfica 7.** Comportamiento del peso de la cápsula a través del tiempo.



**Fuente.** Elaboración propia.

**2.2.9 Determinación de contenido de grasa por método Soxhlet.** El método Soxhlet determina el contenido de grasa que contiene la pulpa del aguacate, para esta determinación se manejó la Norma Técnica Colombiana (NTC 6240) “Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite, Método Soxhlet”<sup>99</sup>.

Previamente a la extracción se debe secar la muestra para mejorar la eficiencia de la determinación de grasa, para esto se siguieron los apartados utilizados en la determinación de humedad y material volátil. En seguida se hace el montaje del sistema Soxhlet el cual se puede apreciar en la Figura 5. Este método será explicado de manera extensa en el capítulo número 3 por esta razón en este apartado solo se mencionará el montaje y el valor obtenido de contenido de grasa en el aguacate variedad Lorena.

**Figura 5.** Montaje método Soxhlet.



**Fuente.** Elaboración propia.

La ecuación 10 describe la manera para determinar el contenido de grasa.

$$\%A = \frac{A_c}{m_0} * 100 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

$$\%A = \frac{1,2519g}{10g} * 100 = 12,5\%$$

Donde:

$\%A$ : porcentaje de aceite (%).

$A_c$ : Aceite obtenido de la extracción (g).

---

<sup>99</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 6240; Determinación Del Contenido Porcentual De Grasa O Aceite. Método Soxhlet. Colombia: 2017. p. 1-6

$m_0$ : peso inicial de la muestra (g).

En el caso del aguacate variedad Lorena se registró un valor exactamente de 12,519% de contenido de grasa, el cual se encuentra en el intervalo de 8,2-14,7% de tal forma que concuerda con lo datado en la tesis “Evaluación Y Escalamiento Del Proceso De Extracción De Aceite De Aguacate Utilizando Tratamiento Enzimático”<sup>100</sup> para la variedad de interés nuestra, la variedad Lorena.

**2.2.10 Determinación de materia seca.** La materia seca en el aguacate es un indicador para determinar si un lote de la plantación está listo para ser cosechado, además de ser un indicador de madurez del fruto<sup>101</sup>. Para obtener el valor de materia seca del aguacate se siguió la metodología plasmada en “Postcosecha y transformación de aguacate: agroindustria rural innovadora” por Corpoica. Se da comienzo con rebanadas pequeñas de aguacate que luego pasan por un rallador de papas, a continuación, se agregan 100 gramos de esta materia rallada en un plato de porcelana, posteriormente se introduce el plato de porcelana a un microondas para secar la materia prima hasta que presente un peso constante. El proceso se lleva a cabo por ciclos de 3 minutos a una potencia del 40% del microondas hasta cumplir 15 minutos, si después de estos 15 minutos no se consigue el peso constante se debe seguir el proceso hasta conseguirlo<sup>102</sup>.

$$M_{seca} = \frac{\text{Peso seco} - \text{Peso tara}}{\text{Peso húmedo} - \text{Peso tara}} * 100 \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

*Peso tara*: peso del plato o recipiente vacío (g).

*Peso seco*: peso del plato más la muestra seca (g).

*Peso húmedo*: peso del plato con la muestra húmeda (g).

---

<sup>100</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 9-13

<sup>101</sup> SANDOVAL, Angélica; FORERO, Freddy; GARCIA, Jairo. Postcosecha Y Transformación De Aguacate: Agroindustria Rural Innovadora. Espinal - Tolima: CORPOICA, 2010. p. 20-21

<sup>102</sup> *Ibid.*, p. 20-21

**Tabla 18.** Promedio porcentual de materia seca.

Muestra	Gramos (g) de muestra Humeda	% de Materia Seca
1	97,24	14,71
2	96,01	16,57
3	98,67	13,17
4	95,23	12,32
5	98,86	18,68
<b>Promedio</b>		15,09 ± 2,26 %
<b>Desviación Estándar</b>		2,58
<b>Error Estandar</b>		1,15

**Fuente.** Elaboración propia.

En el caso del aguacate variedad Lorena el tiempo para lograr el peso constante fue de 10 minutos antes de que los pedazos de aguacate presentaran quemaduras (en la figura 6 se observa el estado en que quedan los pedazos de aguacate). Con la ecuación 11 podemos calcular el porcentaje de materia seca del fruto el cual en nuestra experimentación fue de 15,09%. Este porcentaje representa la madurez del fruto e influye en el contenido de aceite que este posee. Finalmente, el valor obtenido es comparado al reportado en "Postcosecha y transformación de aguacate: agroindustria rural innovadora"<sup>103</sup> por Corpoica de 15,9%.

**Nota:** Para realizar esta determinación experimento se utilizó un microondas marca Electrolux de un voltaje de 120V modelo EMDL17S3GLW con el fin de realizar el secado bajo las condiciones establecidas por el proceso.

**Figura 6.** Aguacate seco.



**Fuente.** Elaboración propia.

<sup>103</sup> *Ibíd.*, p. 20-21

Al comienzo de este capítulo, se enunció que el propósito principal era la determinación de las características físicas y químicas del aguacate variedad Lorena por medio de las Normas Técnicas Colombianas establecidas previamente. La revisión bibliográfica permitió que se hiciera una comparación de los datos obtenidos para establecer la confiabilidad de los resultados y la tSubespecieibilidad de los procedimientos, esta comparación se puede evidenciar en la tabla 21.

Los principales factores que han intervenido en el desarrollo de las pruebas y han hecho que los datos no hayan sido totalmente exactos son los factores humanos, esto ocurre por el manejo de los equipos de laboratorio o por la misma calibración de estos equipos.

**Tabla 19.** Propiedades del aguacate variedad Lorena.

Propiedad	Valor		Fuente de Reporte	Norma Técnica o Fuente Utilizada
	Experimental	Reportado		
Peso promedio	436,22 ± 12,17 g	300-601g <sup>104</sup>	NTC 5209	NTC 5209
Porcentaje de pulpa	88,52% ± 6,46x10 <sup>-3</sup> %	87,2% <sup>105</sup>	El cultivo de Aguacate Prohaciendo	NTC 5209
Porcentaje de semilla	9,32% ± 6,27x10 <sup>-3</sup> %	9,9% <sup>106</sup>	El cultivo de Aguacate Prohaciendo	NTC 5209
Porcentaje de cázcara	2,17% ± 1,96x10 <sup>-4</sup> %	2,9% <sup>107</sup>	El cultivo de Aguacate Prohaciendo	NTC 5209
Densidad real	0,9570 ± 0,0168 g/mL	-*	-*	Tesis por Moisés Condori Cahui
Densidad aparente	165,04 kg/m <sup>3</sup>	-*	-*	Tesis por Moisés Condori Cahui
Porosidad	82,75%	-*	-*	Tesis por Moisés Condori Cahui

<sup>104</sup>ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5209 Frutas Frescas. Aguacate. Variedades Mejoradas Especificaciones. Colombia: 2003. p. 16

<sup>105</sup>AMÓRTEGUI, F; CAPERA, E; GODOY, J. Op. Cit., p. 18

<sup>106</sup>Ibíd., p. 18

<sup>107</sup>Ibíd., p. 18



**Tabla 19.** (Continuación)

Propiedad	Valor		Fuente de Reporte	Norma Técnica o Fuente Utilizada
	Experimental	Reportado		
pH	6,4-6,55	6,4-6,6 <sup>108</sup>	Changes physical-chemical of avocado, Marquez Cardozo	NMX-F-317-S-1978
Porcentaje de humedad y materia volátil	84,3%	84,1% <sup>109</sup>	Aguacate, María Cristina chaparro C.	NTC 2228
Contenido de grasa	12,5%	8,2-14,7% <sup>110</sup>	Evaluación y escalamiento Acosta Martha Cecilia	NTC 6240
Materia seca	15,09 ± 2,26 %	15,9% <sup>111</sup>	Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora	Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora.

\*No se encuentran valores reportados de la variedad Lorena en la bibliografía  
**Fuente.** Elaboración propia.

<sup>108</sup>MÁRQUEZ CARDOZO, C. J., et al. Op. Cit., p. 32-42

<sup>109</sup>CHAPARRO, M; ROJAS. Op. Cit., p. 163-175

<sup>110</sup>ACOSTA. Op. Cit., p. 9-13

<sup>111</sup>SANDOVAL, A; FORERO, F; GARCIA, J. Op. Cit., p. 20-21

### 3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN

En el capítulo presente se busca reconocer los diferentes métodos de extracción de aceite de aguacate que existen para poder establecer cuales se llevarán a cabo experimentalmente para así determinar cual es la cantidad de materia prima necesaria para llevar a cabo el proceso. Se identificará cuales son los procesos unitarios requeridos por cada uno de los métodos elegidos.

Los dos métodos de extracción serán llevados a cabo a nivel laboratorio para establecer cuales son las condiciones críticas del proceso, además, una vez obtenido el aceite de aguacate será necesario evaluar ciertas propiedades microbiológicas y fisicoquímicas para detallar si el aceite obtenido tiene las características para ser utilizado en la industria cosmética.

#### 3.1 COMPARACIÓN Y ELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Para la elección de los métodos es necesario desarrollar una matriz de decisión que compare los métodos principales que existen para el proceso de extracción de aceites vegetales, El análisis de la matriz PUGH es una técnica de toma de decisiones, que se enfrenta a un problema que tiene múltiples dimensiones y factores. Este método se utiliza para comparar lógicamente diferentes opciones basadas en criterios predefinidos. El uso del proceso PUGH ayuda a seleccionar la mejor opción u opciones posibles entre varias alternativas a escoger y potencialmente varios factores que intervienen los cuales deben tenerse en cuenta. Como muchos otros tipos de técnicas de comparación, la metodología PUGH se basa en el modelado de preferencia, siendo esta una técnica de decisión múltiple basada en la teoría de utilidad de múltiples atributos.<sup>112</sup>

Por esta razón se escogió el método de matriz PUGH y se procede a evaluar los factores que se consideraron críticos tanto para los métodos de extracción como para el desarrollo del proyecto.

Para construir la matriz se tomaron 6 (seís) factores que se consideraron críticos para el desarrollo del proyecto, estos factores fueron ubicados en una columna uno tras otro y fueron valorados en un orden de importancia de 1 a 3 de la siguiente forma:

- 1- Poco importante
- 2- Impotante
- 3- Muy importante

---

<sup>112</sup> CERVONE,H. Frank. Applied digital library project management. En: OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives. Oct 30,. vol. 25, no. 4, p. 228-232

Una vez ubicados los criterios verticalmente en la tabla se procede a colocar los diferentes métodos de extracción de forma horizontal, esto se hace con el fin de evaluar cada uno de los criterios escogidos para todos los métodos de extracción. Para llenar la tabla se debe asignar por cada criterio y para cada método un signo positivo (+), neutro (0) o negativo (-).

Un signo positivo indica que se debe sumar el valor que le fue asignado al criterio mientras que un valor negativo restará dicho valor, el valor neutro no alterará el resultado final.

Una vez evaluados todos los criterios se procede a hacer la sumatoria total de los valores por cada uno de los métodos, los 2 métodos de extracción que tengan un mayor resultado serán los escogidos para desarrollar el proyecto.

Los 6 (seis) factores a evaluar serán:

- Disponibilidad de equipos: Este es un factor indispensable para cualquier método de extracción pues para llevar a cabo el proceso se requiere de equipos y maquinaria, es necesario evaluar la facilidad de encontrar los equipos, los costos de estos y la adecuación de los terrenos donde se piensen instalar.

Por otro lado, este proyecto no cuenta con una empresa que disponga los equipos requeridos para todos los métodos de extracción, además, es necesario utilizar estos por lo menos 5 días a la semana. Esto refleja la dependencia de una entidad que quiera llevar a cabo la extracción por cualquier método en tener los equipos requeridos.

A este criterio se le asigna un valor de 3 (Muy importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que hay disponibilidad de los equipos para desarrollar el método, mientras que un signo negativo (-) indica que no hay disponibilidad de estos.

- Disponibilidad de reactivos: Los únicos métodos de extracción que no requieren reactivos son los mecánicos, esto quiere decir que para cualquier otro método de extracción es necesario evaluar la facilidad para encontrar los reactivos debido a la indispensabilidad que tienen estos en el proceso. A este criterio se le asigna un valor de 2 (Importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que hay facilidad para adquirir los reactivos requeridos por el método, mientras que un signo negativo (-) indica que no hay disponibilidad de estos.

- **Costos del proceso:** Para una empresa es de vital importancia la inversión que se pretende realizar, esto ocurre debido a la viabilidad financiera de un proyecto, si los costos son muy altos, es más difícil recuperar la inversión. Para el caso del proyecto, la adquisición de materiales e inversiones necesarias serán realizadas por cuenta de los autores. A este criterio se le asigna un valor de 3 (Muy importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que los costos del método son menores, mientras que un signo negativo (-) indica que los costos son altos o mayores.
- **Uso del método de extracción en la industria:** Es necesario observar cuales son los métodos usados industrialmente para la extracción de aceite de aguacate, esto se debe hacer con el fin de evaluar por cual de los métodos de extracción es más viable enfocar el proceso, sin embargo, esto no quiere decir que no se puedan desarrollar todos los métodos. A este criterio se le asigna un valor de 1 (Poco importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que es un método usado en la industria, mientras que un signo negativo (-) indica que no es muy común usar este método para la extracción.
- **Rendimiento del proceso:** El rendimiento del proceso es sinónimo de mayor producción, si la producción es mayor por un método eso quiere decir que habrá más producto que vender y las ganancias serán mayores. A este criterio se le asigna un valor de 2 (Importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que es un método con un rendimiento alto, mientras que un signo negativo (-) indica que los rendimientos para este método son bajos.
- **Peligrosidad:** Es importante evaluar que tipo de peligros existen para cada uno de los métodos de extracción, ya sea por el manejo de los reactivos o por la operación de las máquinas que requiere cada proceso. A este criterio se le asigna un valor de 1 (Poco importante) donde evaluarlo con un signo positivo (+) significa que no hay peligro notable al ejecutar el método, mientras que un signo (-) indica que hay que tomar medidas de precaución al ejecutar el método.

**Tabla 20.** Matriz de selección.

Método de extracción		Solvente	Prensado en frío	Centrifugación	Fluido supercrítico	Enzimas
Criterio	Valor					
Disponibilidad de equipos	3	+	+	-	+	+
Disponibilidad de reactivos	2	+	0	0	-	-
Costos	3	+	+	+	-	-
Uso del método en la	1	-	+	+	-	-
Rendimiento	2	+	-	-	-	+
Peligrosidad	1	-	+	+	-	+
	+	10	8	5	3	6
	0	0	0	0	0	0
	-	2	2	5	9	5
	<b>Total</b>	8	6	0	-6	1

**Fuente.** Elaboración propia.

Por medio de la matriz de selección se logró observar que los métodos más aptos para desarrollar teniendo en cuenta los diferentes factores son los de extracción por solvente y extracción por prensado en frío. De acuerdo con lo anterior para este proyecto se desarrollará una experimentación de los dos métodos nombrados anteriormente y según la comparación de los resultados de cada uno se seleccionará el método que mejor se ajuste a los parámetros de calidad del aceite de aguacate.

## 3.2 EXTRACCIÓN POR SOLVENTES

**3.2.1 Pretratamiento de la materia prima.** La selección de los aguacates se hace después del muestreo y almacenamiento, de acuerdo con la experimentación se usaron aguacates que se encontraran en su madurez fisiológica, es decir juzgando por su textura y color (experticia del seleccionador), en nuestro caso pasaron de 8 a 12 días postcosecha para el uso del aguacate variedad Lorena en el proceso de extracción del aceite.

Antes de comenzar con la extracción de aceite de aguacate es debido realizar dos procedimientos previos, siendo ellos el lavado y el despulpado de la fruta ya que el aceite que se quiere extraer lo contiene el mesocarpio del fruto. Por otro lado, se encuentra el lavado el cual pareciese no tener gran importancia en el proceso, sin embargo, a escala industrial es determinante debido a que la materia prima puede llegar con suciedad o factores externos que puedan luego afectar el resultado de

las características del aceite, siendo este infectado por algún factor de suciedad durante el proceso.

**3.2.2 Reactivos, equipos y materiales.** La extracción por solventes requiere de los siguientes ítems:

- **Reactivos:** Agua destilada, Éter de Petróleo 40°C-60°C.
- **Equipos:** Balón de fondo plano esmerilado de 500ml, 1 condensador de bolas, 1 equipo de extracción Soxhlet, 1 Te de vidrio, 1 pinza, 3 nueces, mortero y mazo, 2 mangueras, 2 papel filtro, 1 condensador refrigerante, 1 tapón de hule, 2 soportes universales, 1 probeta de 100ml y 1 termómetro. Plancha de calentamiento Soxhlet, horno eléctrico NEX 700 Watts de potencia con controlador de temperatura y balanza analítica.
- **Materiales:** Pulpa de aguacate.

La mayoría de los ítems nombrados anteriormente están estipulados en la NTC 6240, con excepción del equipo de destilación simple y el horno eléctrico NEX.

**3.2.3 Condiciones de operación.** Las condiciones de operación para la extracción del aguacate por solvente fueron definidas a través de la bibliografía, trabajos como: “La Refinación del Aceite de Aguacate”<sup>113</sup> por Martínez, M. y la norma técnica colombiana NTC 6240. En la tabla 21 se pueden apreciar las condiciones de operación del método Soxhlet.

**Tabla 21.** Condiciones de operación para la extracción de aceite por solvente.

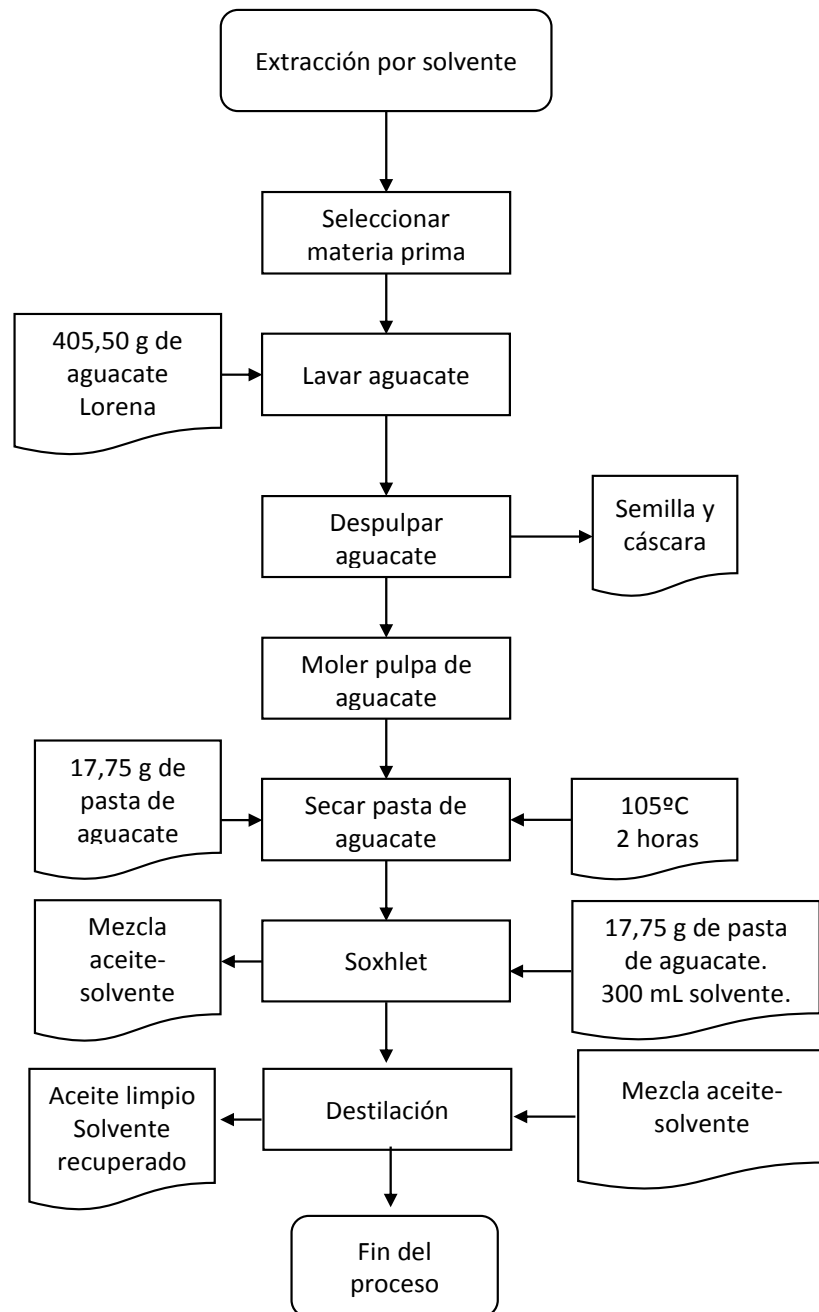
<b>Condiciones de operación</b>	<b>Valor</b>
Temperatura de extracción	71°C
Temperatura de destilación	71°C
Duración de Soxhlet	1 hora y 15 minutos
Presión	0,7368 atm
Duración de secado	2 horas
Duración de destilación	45 minutos
Evaporación de solvente remanente	30 minutos

**Fuente.** Elaboración propia.

<sup>113</sup> MARTÍNEZ, M. Op. Cit.

**3.2.4 Descripción del método de extracción por solventes.** Para ejecutar el proceso de extracción por solventes se siguió la Norma Técnica Colombiana NTC 6240 de la siguiente forma y teniendo en cuenta el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 7.** Descripción del proceso de extracción por el método de solventes.



**Fuente.** Elaboración propia.

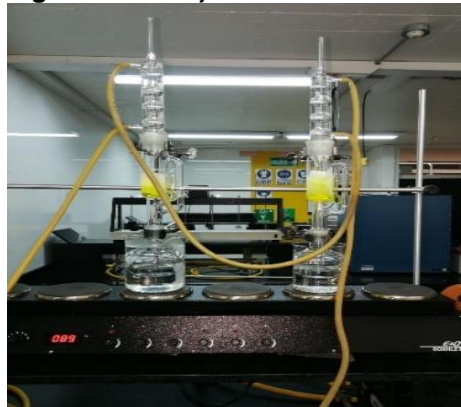
**3.2.4.1 Molienda.** Al momento de despulpar la fruta es necesario inmediatamente proceder a la molienda, esta se hace con fin de obtener una pasta homogénea, este procedimiento es necesario para que el secado posterior sea más sencillo, es decir, que la pasta de aguacate sea más simple de deshidratar. Para este proceso fueron utilizados 405,48 g de aguacate que posteriormente fueron llevados al proceso de secado.

**3.2.4.2 Secado de materia prima.** Según la norma técnica colombiana NTC 6240 es necesario remover la mayor cantidad de agua posible al aguacate, para poder efectuar el procedimiento fue pesado en una balanza analítica 70,18 g de pulpa homogénea pretratada, posteriormente se extendió una capa delgada de la pulpa sobre la bandeja del horno marca NEX de 700 Watts con controlador de temperatura, esta fue ajustada en un rango entre 100 y 105°C.

El proceso de secado se extiende durante 2 horas, o hasta que la muestra tuviera un color caramelo (amarillo tostado). Luego se usó una espátula para remover la muestra seca de la bandeja del horno, esta se dispuso en un papel filtro para tomar el peso de la muestra seca. Este peso fue del 17,75 g.

**3.2.4.3 Extracción por método Soxhlet.** Luego de tomar el peso de la materia seca, esta fue organizada en pequeños empaques de papel filtro con fin de insertarlos en el Soxhlet. Una vez los papeles filtro con el contenido de materia seca se encuentran en el Soxhlet se procede a realizar el montaje del proceso (Figura 5), teniendo en cuenta que en el balón aforado debe estar incluido 300 mL de solvente en este caso Ether de Petróleo (40 – 60).

**Figura 8.** Montaje de Soxhlet en cadena.



**Fuente.** Elaboración propia.

Este montaje consta de:

- Condensador de bolas
- Soxhlet
- Balón esmerilado de fondo plano con capacidad de 500 mL
- Plancha eléctrica con temperatura establecida entre 50 – 80°C



- Termómetro
- Recipiente para baño maría.
- Mangueras
- Motor recirculador de agua.

El indicador principal para detener el proceso de extracción está dado cuando el solvente que cae en el Soxhlet está totalmente incoloro, esto ocurrió después de 6 (seis) lavados de la muestra seca que estaba insertada en el extractor, ocupando así un tiempo aproximado de 1hr y 15 minutos.

Finalmente se desmonta el extractor para limpiar y retirar la muestra de aceite – solvente que ha quedado en el balón esmerilado y retirar los empaques de las muestras.

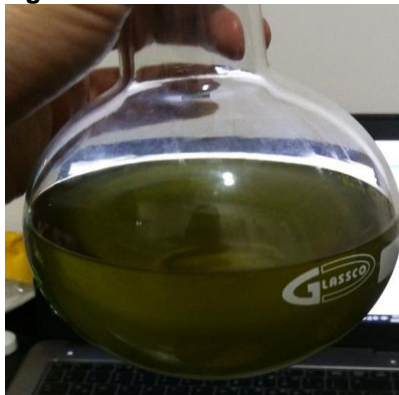
**Figura 9.** Materia seca libre de grasa.



**Fuente.** Elaboración propia.

En la imagen anterior (Figura 9) se observa que la materia seca está totalmente incolora, esto significa que el solvente ayudó a remover toda la grasa contenida en estas permitiendo que esta grasa pasará al balón esmerilado por proceso de condensación dejando como producto en este balón una mezcla de Aceite – Solvente lista para ser destilada. (Figura 10).

**Figura 10.** Mezcla de Aceite-Solvente.



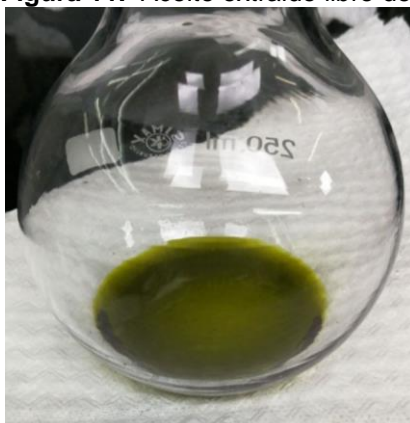
**Fuente.** Elaboración propia.

**3.2.4.4 Destilación.** Para la separación de la mezcla entre Aceite – Solvente fue necesario recurrir a un montaje de destilación simple el cual consta de:

- Balón esmerilado de fondo plano con capacidad de 500 mL y la mezcla de Aceite – Solvente.
- Condensador o refrigerante.
- Plancha eléctrica con temperatura establecida entre 50 – 80°C
- Te de vidrio
- Termómetro
- Tapón de caucho
- Recipiente para recoger el Solvente recuperado
- Manguera
- Motor recirculador de agua

Una vez montado el destilador se inicia el proceso, el indicador principal para saber que el proceso terminó es en el momento donde el solvente deja de salir por la boquilla del refrigerante, sin embargo, en el balón esmerilado quedan remanentes de solvente debido a que después de un tiempo de destilación el solvente y el aceite alcanzan un equilibrio a la temperatura a la cual se está llevando a cabo el proceso. Para este proceso la cantidad de solvente recuperado fue de 124,6 mL.

**Figura 11.** Aceite extraído libre de solventes.



**Fuente.** Elaboración propia.

Debido a que el punto de ebullición del solvente oscila entre los 40 y 60°C<sup>114</sup> y el punto de ebullición de aceite de aguacate es de 269°C<sup>115</sup> el remanente de solvente en el balón esmerilado puede ser retirado por medio de un baño maría a una temperatura entre 60 y 80°C para que así el solvente se evapore y el aceite quede libre de este.

El proceso termina cuando la muestra de aceite en el balón queda sin olor alguno de solvente, obteniendo así un total de 4,12 mL con un peso de 2,22 g de aceite para la materia seca obtenida.

Para economizar costos y hacer que el proceso sea medianamente amigable con el ambiente es necesario utilizar tanto en el proceso de extracción como en el proceso de destilado una bomba o motor recirculador con una potencia de 5 Watts en una cubeta llena de agua.

En la Tabla 24 se observan 7 muestras diferentes de materia seca, cada una de 20 gramos y una última de 22 gramos, este peso es debido a que en el Soxhlet según la NTC 6240 la muestra insertada debe tener un peso mínimo de 5 gramos y un máximo de 25 gramos dependiendo las dimensiones del equipo de laboratorio.

Las muestras tienen un peso total de 142 gramos para poder calcular la cantidad total de aceite extraído por método Soxhlet en y poder compararlo así con la cantidad de aceite extraído por método de prensado en frío.

---

<sup>114</sup> QUIMIPUR, S. L. U. Ficha de datos de seguridad&nbsp; Sep 28,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://quimipur.com/pdf/eter-petroleo-40-60.pdf>

<sup>115</sup> GRUPO OLEO LAB, S A. Aceite de aguacate. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://oleolab.com/productos/detalles/9>

**Tabla 22.** Valor de materia seca y aceite de diferentes muestras.

<b>Muestra</b>	<b>Materia seca (g)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>Aceite (mL)</b>
1	20	2,5014	4,6455
2	20	2,6517	4,9246
3	20	2,5360	4,7096
4	20	2,5992	4,8271
5	20	2,6599	4,9397
6	20	2,6884	4,9928
7	22	2,7515	5,1100
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>18,3881</b>	<b>34,15</b>
<b>Promedio</b>		<b>2,6269 ± 0,0646 g</b>	<b>4,8784 ± 0,1201 mL</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

El total de aceite extraído para 142 gramos de aguacate seco es de 34,15 mL con un peso de 18,3881 gramos.

**3.2.4.5 Rendimiento del proceso.** Debido a que el método de extracción por solventes es utilizado principalmente para extraer todas las grasas y los aceites de cualquier tipo de materia seca, el cálculo del rendimiento del proceso vendrá dado de igual forma que el cálculo del contenido de grasa total para la muestra seca de aguacate, además, al extraer todas las grasas (100%) por este método, el resultado de aceite de aguacate obtenido en la cantidad de 142 gramos de materia seca debe ser utilizado como referente teórico para el cálculo del rendimiento por el proceso de prensado en frío, en donde también son utilizados 142 gramos de materia seca.

La ecuación 12 establecida por la Norma Técnica Colombiana NTC 6240 "Determinación del contenido porcentual de grasas y aceites. Método Soxhlet"<sup>116</sup> define el rendimiento de la extracción por el método Soxhlet.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{18,3881 \text{ g Aceite de aguacate}}{142 \text{ g de materia seca}} \times 100 \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 12,95\%$$

Este rendimiento al ser obtenido por el método de extracción por solvente corresponde al 100% de las grasas y aceites contenidos en la pulpa de aguacate variedad Lorena.

<sup>116</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 6240; Determinación Del Contenido Porcentual De Grasa O Aceite. Método Soxhlet. Op. Cit., p. 4

El valor de 12,95% se aleja 1,77 unidades porcentuales al valor reportado en la tesis de investigación titulada “Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático” en el cual se observa que el valor de rendimiento para la extracción por solvente es de 14,72%<sup>117</sup>. Tomando 14,72% como dato teórico y 12,95% como dato experimental habría un 12% de error lo que confirma su cercanía.

**3.2.5 Características del aceite obtenido por método de extracción por solventes.** Según el INVIMA, para darle uso a cualquier tipo de aceite o grasa en el sector cosmético es necesario cumplir los requisitos fisicoquímicos establecidos por la resolución 2154 del 2012 por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el uso o consumo humano.

De acuerdo con esta resolución los análisis fisicoquímicos que deben ser evaluados en el aceite de aguacate son:

- Densidad Relativa
- Índice de refracción
- Índice de yodo
- Índice de saponificación
- Materia Insaponificable
- Acidez

Además, según la resolución 1418 del 2011 de la Comunidad Andina, los aceites y grasas utilizadas para el uso cosmético deben tener unos límites de contenido microbiológico, de acuerdo con esta resolución los análisis microbiológicos que deben ser evaluados en el aceite de aguacate son:

- *Mesófilo aerobios* totales
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Staphylococcus aureus*
- *Escherichia coli*

---

<sup>117</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 9-13

**3.2.5.1 Resultados fisicoquímicos.** Como fue mencionado anteriormente según la resolución 2154 del 2012 (adelante en la sección 3.4 se definen los límites de la resolución) los análisis fisicoquímicos fueron llevados a cabo por una empresa especializada en este tipo de pruebas, el laboratorio al cual se llevó una muestra de 530 mL de aceite extraído por el método de solventes fue “BIOPOLAB”, este se encuentra ubicado en la Carrera 19 No. 63 a – 50, los resultados obtenidos para el aceite obtenido por el método de prensado se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** Resultados fisicoquímicos para el aceite obtenido por el método de solventes.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Índice de Yodo Wijs	72,9	cg/g
Índice de Saponificación	180,7	mgKOH/g
Materia insaponificable	8,25	g/Kg
Índice de Refracción ND 40°	1,478	ND 40°
Acidez Titulable	1,132	%Acidez
Densidad Relativa	0,9092	g/mL

**Fuente.** Elaboración propia.

En el anexo B se encuentra detalladamente el resultado de los análisis fisicoquímicos realizados al aceite de aguacate obtenido por el método de solventes.

**3.2.5.2 Resultados microbiológicos.** Para realizar los análisis microbiológicos y poder garantizar la calidad del aceite en cuanto a este aspecto fue necesario llevarlos a cabo en una entidad certificada y regulada nacionalmente, el laboratorio al cual se llevó una muestra de 500 mL aceite extraído por el método de solventes fue el “CENTRO DE DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO”, en donde se ejecutan análisis de productos farmacéuticos, cosméticos, veterinarios, alimentos, aguas, materias primas, ambientes, envases, superficies, equipos, personal, evaluación de desinfectantes y asesorías técnicas.

Este laboratorio está ubicado en la Carrera 22 No. 159 A – 31 de la ciudad de Bogotá. En la tabla 24 se puede observar los resultados de los análisis microbiológicos comparados con los límites permitidos por la resolución 1428 de la Comunidad Andina.<sup>118</sup>

<sup>118</sup> COMUNIDAD ANDINA, INVIMA. Resolución 1418 - Límites de contenido microbiológico en productos cosméticos. En: Resoluciones. Jun 9, . p. 1-2

**Tabla 24.** Comparación de los resultados de los análisis microbiológicos del aceite de aguacate con la resolución 1428 de la Comunidad Andina.

<b>Recuentos e investigaciones</b>	<b>Límites permitidos por la resolución 1428 de la comunidad andina<sup>119</sup></b>	<b>Resultados de los análisis para aceite de aguacate por método de solvente</b>
<b>RECUENTO TOTAL DE MESÓFILOS AEROBIOS</b> Medio PCA T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Límite máximo: 1x10 <sup>3</sup> UFC/mL	0 UFC/mL
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Escherichia coli</i></b> Medios Caldo Lauryl Sulfato EMB Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en un g o un mL.	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Staphylococcus aureus</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 Horas. Manitol Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en un g o un mL.	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas. Cetrimide Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 24 Horas.	Ausencia de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en un g o un mL.	AUSENTE

**Fuente.** Elaboración propia.

Al observar la tabla anterior se puede concluir que microbiológicamente el aceite de aguacate extraído por método de solventes cumple los parámetros indicados por el INVIMA para su uso en la industria cosmética ya que es posible detallar que, para los recuentos e investigaciones requeridas, la muestra obtenida presenta ausencia en todos estos presentando así un alto índice de calidad.

<sup>119</sup> COMUNIDAD ANDINA, INVIMA. Resolución 1418 - Límites de contenido microbiológico en productos cosméticos. En: Resoluciones. Jun 9,.

### 3.3 EXTRACCIÓN POR PENSADO EN FRÍO

**3.3.1 Pretratamiento de la materia prima.** Para ejecutar el método de extracción por prensado en frío es necesario al igual que en el método de extracción por solvente realizar un pretratamiento a la materia prima tal y como está indicado en el punto 3.2.1.

**3.3.2 Reactivos, equipos y materiales.** Para el método de extracción por prensado en frío se requiere de los siguientes ítems:

- **Reactivos:** No aplica.
- **Equipos:** Pistola de calafateo, horno eléctrico NEX 700 Watts de potencia con controlador de temperatura y balanza analítica.
- **Materiales:** Pulpa de aguacate, cartucho de 9 pulgadas, filtro de tela, rejilla de metal.

**3.3.3 Condiciones de operación.** Las condiciones de operación para el método de extracción por prensado en frío están definidas por la AOCS (American Oil Chemists Society) y por diferentes fuentes bibliográficas.

**Tabla 25.** Condiciones de operación para la extracción de aceite por prensado en frío.

<b>Condiciones de operación</b>	<b>Valor</b>
Temperatura de extracción	45 – 50°C
Duración del prensado	10 -15 minutos
Duración de secado	4 - 5 horas

**Fuente.** Elaboración propia.

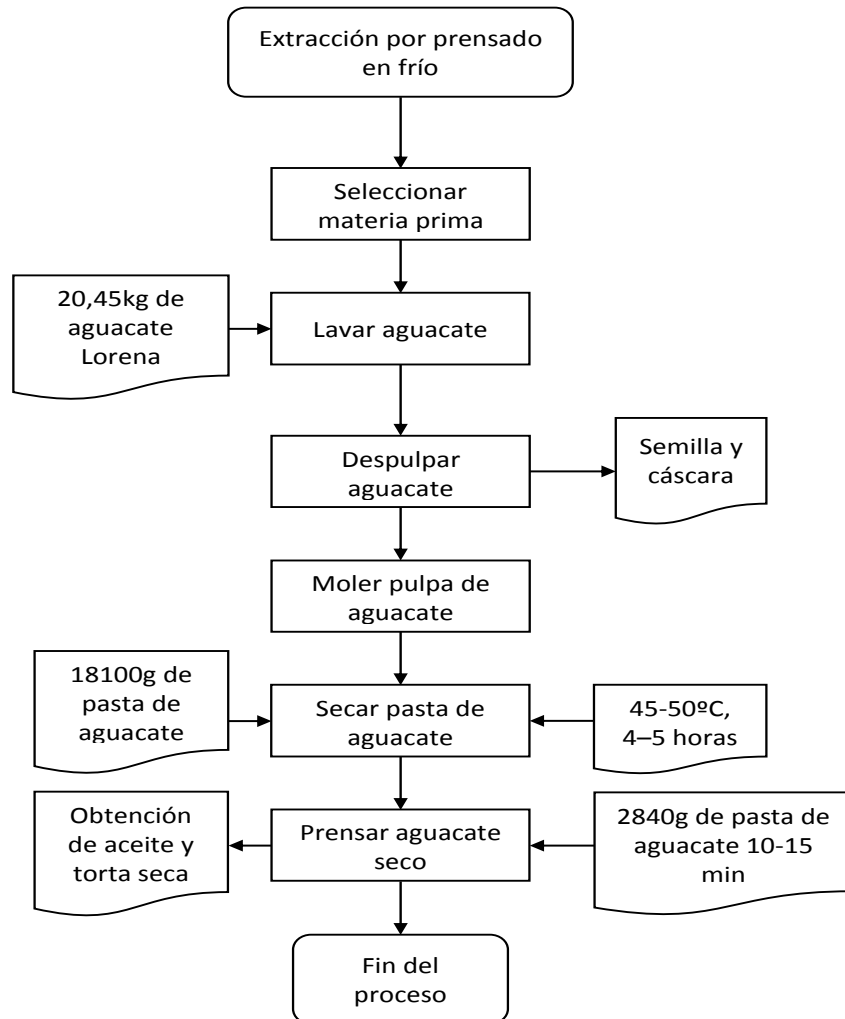
**3.3.4 Descripción del método de extracción por prensado en frío.** Para ejecutar el proceso de extracción por prensado en frío se siguió lo establecido por la bibliografía, según diferentes artículos consultados (como: “Extracción y caracterización del aceite de aguacate”<sup>120</sup> por L. Martínez Nieto, “Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad”<sup>121</sup> por Ana María Restrepo entre otros: una vez establecidas las condiciones de operación se procede a desarrollar el método de extracción de la siguiente manera:

<sup>120</sup>MARTÍNEZ, L., et al. Extracción y caracterización del aceite de aguacate. España. Junio 1988. p. 272-277

<sup>121</sup> LONDOÑO, Julián, et al. Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. En: Revista Lasallista De Investigación. vol. 9, no. 2, p. 151-161



**Figura 12.** Descripción del proceso de extracción por el método de prensado en frío.



**Fuente.** Elaboración propia.

**3.3.4.1 Molienda.** Al igual que en el método de extracción por solvente fue necesario efectuar una molienda como está especificado en el punto 3.2.4.1 de este documento. Para este proceso fueron utilizados 72,7880 g de aguacate que posteriormente fueron llevados al proceso de secado.

**3.3.4.2 Secado de materia prima.** A comparación del proceso de secado ejecutado en el método de extracción por solvente, en el secado para el método de prensado en frío es indispensable mantener una temperatura entre 45 y 50°C<sup>122</sup>, esto con el fin de que el aceite extraído conserve sus propiedades fisicoquímicas y para evitar la degradación de los compuestos bioactivos presentes en el fruto<sup>123</sup>.

Para garantizar que el horno estuviese a esta temperatura, se tomó la medida de esta condición de operación cada 30 minutos a lo largo del proceso, sin embargo, al disminuir la temperatura de secado, el tiempo de este proceso tiene un aumento considerable, el tiempo de secado de la muestra de 60g de pulpa fue de 4 horas y 35 minutos<sup>124</sup>.

Posteriormente fue retirada la muestra seca de la bandeja de igual forma que en el punto 3.2.4.2 de este documento, obteniendo así una muestra de materia seca de 15,6776 g.

**3.3.4.3 Preparación y adecuación de los equipos y materiales.** Es evidente que para la aplicación de este método se requieren de equipos, los cuales son:

- **Pistola de calafateo:** Para utilizar la pistola de calafateo es necesario hacer una limpieza y desinfección con detergente para evitar contaminación la muestra que se pretende prensar.

**Tabla 26.** Especificaciones de la pistola de calafateo.

<b>Marca</b>	Machinery group corp
<b>Origen</b>	China
<b>Nombre Funcional</b>	Pistola calafateo
<b>Nombre del fabricante</b>	Technologiestrade Colombia S.A
<b>Ean producto</b>	7706371038132
<b>Alto producto</b>	164.19 milímetros
<b>Ancho producto</b>	32 centímetros
<b>Profundidad del producto</b>	56.38 milímetros

**Fuente:** Transfer Multisort Elektronik S.L.U. Manual de instrucciones pistola calafateo.

<sup>122</sup>WONG, Marie; REQUEJO-JACKMAN, Cecilia; WOLF, Allan. What is unrefined, extra virgin cold-pressed avocado oil? Abr. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.aocs.org/stay-informed/read-inform/featured-articles/what-is-unrefined-extra-virgin-cold-pressed-avocado-oil-april-2010>

<sup>123</sup>LONDOÑO, et al. Op. Cit., p. 151-161

<sup>124</sup>OLEOTEKA. Aceite de Aguacate. Sep 28,. [Consultado el Abril 8 del 2018]. Disponible en: <https://oleoteka.com/aceite-de-aguacate/>

- **Cartucho de 9 pulgadas.** Es necesario que el émbolo de la pistola de calafateo encaje perfectamente en el cartucho de 9 pulgadas, para esto se corta una sección de este de 2 cm, esta sección ya retirada del cartucho se acopla al émbolo con el fin de que, al momento de aplicar la presión con la pistola, en el cartucho exista un cierre hermético que no permita las pérdidas de materia seca y aceite extraído.

**Figura 13.** Cartucho y sección cortada.



**Fuente.** Elaboración propia.

- **Filtro de tela.** El filtro está compuesto por una parte metálica (malla) y una parte de tela, para armar el filtro se debe envolver la malla en el filtro de tela, tejer el conjunto que queda y por último acoplarlo en la boquilla del cartucho.

**Figura 14.** Preparación del filtro de tela.



**Fuente:** Elaboración propia

Una de las razones para hacer esto es debido a que al no ser ejecutado de esta manera cabe la posibilidad de que el filtro se rasgue, además, si el filtro no fuese de este material, la materia seca podría pasar por la boquilla del cartucho y sería necesario realizar otra filtración posterior a esta.

**3.3.4.4 Extracción por método de prensado en frío.** Tan pronto los equipos y materiales están preparados para el proceso, se introduce una cantidad de 142 g de materia seca caliente (para facilitar la extracción) en el cartucho, garantizando así que este quede completamente lleno, posteriormente hay que cerciorarse que el cartucho quede con un cierre hermético para empezar a aplicar la presión necesaria para la extracción por medio de la pistola de calafateo. Se debe ejercer presión entre 10 – 15 minutos, o hasta que se detenga la salida de aceite por la boquilla del cartucho. Para la muestra de materia seca introducida en el cartucho, se extrajo 15,05 mL de aceite correspondiente a 8,0987 g de aceite de aguacate.

**Figura 15.** Pistola de calafatero y aceite de aguacate extraído.



**Fuente.** Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 28. Se muestran 20 muestras con su respectivo contenido de materia seca y aceite. Podemos observar que la materia seca siempre fue de 142 gramos, esto se debe a que esta cantidad es la requerida para llenar el cartucho que se utilizó.

**Tabla 27.** Valor de materia seca y aceite de diferentes muestras.

<b>Muestra</b>	<b>Materia seca (g)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>Aceite (mL)</b>
1	142	8,0987	15,05
2	142	7,5890	14,10
3	142	7,8762	14,64
4	142	8,0663	14,99
5	142	7,7862	14,47
6	142	7,2274	13,43
7	142	7,8735	14,63
8	142	7,5681	14,06
9	142	7,3401	13,64
10	142	7,4633	13,87
11	142	8,0683	14,99
12	142	7,3755	13,71
13	142	7,1089	13,21
14	142	7,5860	14,10
15	142	7,4203	13,79
16	142	7,4217	13,79
17	142	7,3733	13,70
18	142	7,9600	14,79
19	142	7,6046	14,13
20	142	7,9918	14,85
<b>Total</b>	<b>2840</b>	<b>152,7992</b>	<b>283,95</b>
<b>Promedio</b>		<b>7,6399 ± 0,1330 g</b>	<b>14,20 ± 0,24 mL</b>

Fuente. Elaboración propia.

**3.3.4.5 Rendimiento del proceso.** Para determinar el rendimiento de la extracción por el método de prensado en frío se hará con base en los gramos de aceite obtenido en la extracción Soxhlet, este valor será tomado como referente teórico debido a que este corresponde al total de grasas y aceites extraídos en el aguacate variedad lorena en 142 gramos de materia seca.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente la ecuación que permite el cálculo del rendimiento de la extracción por el método de prensado en frío es<sup>125</sup>:

<sup>125</sup> CANO SALAZAR, J. A.; BUELVAS SALGADO, G. A.; y PATIÑO GÓMEZ, J. H. Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (Persea americana Mill) utilizando tratamiento enzimático. En: Revista Lasallista De Investigación. vol. 9, no. 2, p. 138-150

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{g de Aceite obtenido por prensado en frío}}{\text{g de Aceite teórico}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{7,6399 \text{ g}}{18,3881 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 41,55 \%$$

El rendimiento teórico reportado en el artículo “EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD “Hass” (*Persea anercana Mill*) LIOFILIZADO POR Prensado en Frío” está entre 25,79% y 55,53%<sup>126</sup>.

Las razones por las cuales el rendimiento del proceso de prensado es relativamente bajo se debe a que en el caso del proyecto no se contó con una prensa que aplicara más presión sobre la muestra seca, según el artículo mencionado anteriormente, a mayor presión mayor rendimiento. Además, aunque por medio de presión se logre extraer una buena cantidad de aceite, en la torta sobrante aún queda gran cantidad de grasas.

**3.3.5 Características del aceite obtenido por método de extracción por prensado en frío.** Según el INVIMA, para darle uso a cualquier tipo de aceite o grasa en el sector cosmético es necesario cumplir los requisitos fisicoquímicos establecidos por la resolución 2154 del 2012 por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el uso o consumo humano.

De acuerdo con esta resolución los análisis fisicoquímicos que deben ser evaluados en el aceite de aguacate son:

- Densidad Relativa
- Índice de refracción
- Índice de yodo
- Índice de saponificación
- Materia Insaponificable
- Acidez

Además, según la resolución 1418 del 2011 de la Comunidad Andina, los aceites y grasas utilizadas para el uso cosmético deben tener unos límites de contenido microbiológico, de acuerdo con esta resolución los análisis microbiológicos que deben ser evaluados en el aceite de aguacate son:

---

<sup>126</sup> SERPA, et al. Op. Cit., p. 113-123

- Mesófilo aerobios totales
- Pseudomonas aeruginosa
- Staphylococcus aureus
- Escherichia coli

**3.3.5.1 Resultados fisicoquímicos.** De igual forma que para el método de extracción por solvente los análisis fueron llevados a cabo en la empresa “BIOPOLAB” en una muestra de 530 mL de aceite extraído por el método de prensado en frío. En la sección 3.4 se hace un análisis comparativo en donde se muestran los resultados del aceite obtenido en este proyecto, las normas a seguir y características del aceite de aguacate de diferentes autores.

Los resultados de estos análisis pueden ser observados en la siguiente tabla.

**Tabla 28.** Resultados fisicoquímicos para el aceite obtenido por el método de prensado en frío.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
Índice de Yodo Wijs	85,5	cg/g
Índice de Saponificación	189	mgKOH/g
Materia insaponificable	12,5	g/Kg
Índice de Refracción ND 40°	1,4690	ND 40°
Acidez Titulable	0,914	%Acidez
Densidad Relativa	0,916	g/mL

**Fuente.** Elaboración propia.

En el anexo B se puede observar detalladamente los análisis fisicoquímicos realizados por la empresa BIOPOLAB.

**3.3.5.2 Resultados microbiológicos.** De igual manera que en el punto 3.2.5.2 los análisis microbiológicos para la muestra de aceite extraída por el método de prensado en frío fueron llevados a cabo en el “CENTRO DE DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO”. Los resultados de estos análisis pueden ser observados en la siguiente tabla:

**Tabla 29.** Comparación de los resultados de los análisis microbiológicos del aceite con la resolución 1428 de la Comunidad Andina.

<b>Recuentos e investigaciones</b>	<b>Límites permitidos por la resolución 1428 de la comunidad andina<sup>127</sup></b>	<b>Resultados de los análisis para aceite de aguacate por método de prensado en frío</b>
<b>RECUENTO TOTAL DE MESÓFILÓS AEROBIOS</b> Medio PCA T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Límite máximo: 1x10 <sup>3</sup> UFC/mL	0 UFC/mL
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Escherichia coli</i></b> Medios Caldo Lauryl Sulfato EMB Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en un g o un mL.	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Staphylococcus aureus</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 Horas. Manitol Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas.	Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en un g o un mL.	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas. Cetrimide Agar T°32.5°C ± 2.5°C X 24 Horas.	Ausencia de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en un g o un mL.	AUSENTE

**Fuente.** Elaboración propia.

De igual forma que con el aceite extraído por método de solventes se puede concluir que microbiológicamente el aceite de aguacate extraído por método de prensado en frío cumple los parámetros indicados por el INVIMA para su uso en la industria cosmética ya que es posible detallar que, para los recuentos e investigaciones requeridas, la muestra obtenida presenta ausencia en todos estos presentando así un alto índice de calidad.

<sup>127</sup> COMUNIDAD ANDINA, INVIMA. Resolución 1418 - Límites de contenido microbiológico en productos cosméticos. En: Resoluciones. Jun 9,.



### 3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTE Y MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR PENSADO EN FRÍO

Como fue explicado anteriormente, el proceso de extracción de aceite por el método de solventes tiene un mayor rendimiento que el proceso de extracción por el método de prensado en frío, sin embargo, es necesario tener en cuenta diferentes factores para poder seleccionar uno de los dos métodos de extracción, entre estos se encuentran, la facilidad para conseguir los materiales del proceso, en este punto la extracción por solventes presenta una desventaja, ya que para este método es necesario utilizar un solvente orgánico muchas veces tóxico, en otras ocasiones, requiere de un permiso especial (estupefacientes) para poder encontrarlo en el mercado y por otro lado, es costoso. Además de lo anterior, el método de solventes presenta una operación unitaria adicional, la destilación, a comparación del método por prensado en frío que no requiere de esta acción, dándole así más practicidad al prensado en frío. Por lo experimentado a lo largo de este proyecto se le encuentra una mayor dificultad al ejecutar el procedimiento con solventes que al ejecutar el procedimiento por prensado en frío.

La materia prima también influye en el proceso, para el caso de la extracción con solventes es necesario tener aguacates y por supuesto adquirir el solvente, mientras que el prensado en frío solo requiere la adquisición de los aguacates. Lo anterior representa una facilidad de adquisición de materia prima por parte de la extracción por prensado en frío.

La temperatura a la cual se maneja el prensado en frío es de 45 – 50 grados centígrados, lo cual le otorga el nombre de “aceite virgen” al producto, incluyendo la recuperación del valor de la fruta ya que las propiedades biológicas se conservan, tanto como los valores nutritivos como los medicinales, lo que le proporciona más valor en el mercado a comparación del aceite producido con solventes, el cual maneja temperaturas de 100-105 grados centígrados desnaturalizando el aceite, además de que es tratado con químicos<sup>128</sup>.

Para el punto microbiológico se hace el análisis de 4 especies las cuales son: Mesófilos aerobios, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. “Los Mesófilos aerobios son todos aquellos organismos como los mohos, levaduras, bacterias que pueden desarrollarse en ambientes de 20 a 30 grados centígrados”<sup>129</sup>, evidenciando la calidad sanitaria tanto de la materia prima como del producto final. “La *Escherichia coli* es una bacteria que se puede encontrar

---

<sup>128</sup> K. GARCÉS, Laura. Los Beneficios de los Aceites Extraídos en Frío. Jul. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.biomanantial.com/los-beneficios-de-los-aceites-extraidos-en-frio-a-1484-es.html>

<sup>129</sup> ANALIZA CALIDAD @ ASESORES. Análisis De Microorganismos Aerobios Mesófilos. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi178arm2004-4.pdf>

en el ambiente, en los alimentos y en los intestinos de los humanos”<sup>130</sup>, es importante hacer un recuento de esta bacteria debido a que la presencia de esta puede generar infecciones al ser consumida, a ausencia de esta, buena será la condición sanitaria del aceite. *Staphylococcus aureus* al igual que *Escherichia coli* es una bacteria que presenta resistencia ante los antibióticos la cual causa intoxicaciones en el ser humano siendo esta también una bacteria termoresistente, al igual que las anteriores la ausencia de este microorganismo refleja de manera positiva la aceptación de este producto a el mercado<sup>131</sup>. Por último se encuentra *Pseudomonas aeruginosa* que son bacilos rectos o semi-curveos Gram negativos presentes normalmente en los alimentos, el ambiente, en el agua, ríos, piscinas y productos usualmente líquidos, puede generar infecciones dérmicas, otitis externa e infección ocular, la no presencia de este bacilo representa un seguro de salubridad para el aceite producido”<sup>132</sup>.

En cuanto al punto de vista microbiológico como se puede ver, los resultados de ambos aceites (extraído por método solvente y extraído por método de prensado en frío) son exactamente iguales, lo que les da una aceptación por parte de la resolución 1428 y por lo tanto también al mercado, esto desde el punto de vista microbiológico.

Otro punto de comparación son las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas, debido a que ambos aceites extraídos cumplen con la normatividad microbiológica se hará un análisis comparativo de las propiedades fisicoquímicas de ambos aceites con datos obtenidos de la literatura que evalúan las mismas pruebas fisicoquímicas y establecen unos parámetros mínimos y máximos y así, poder utilizar este tipo de aceite para el consumo humano (cosmético, alimenticio).

Al querer utilizar el aceite como base para productos cosméticos es preciso estar al tanto del uso de productos orgánicos en la industria cosmética. A lo largo del tiempo los consumidores de cosméticos han marcado una tendencia sobre la preocupación por su salud, bienestar, sensibilidad ecológica y el uso de químicos en los productos de belleza, como lo señala el estudio realizado por Transparency Market Research, lo que en últimas estimula la demanda de productos orgánicos<sup>133</sup>. El mercado de

---

<sup>130</sup>CENTRO PARA CONTROL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES. E. coli y la seguridad de los alimentos. May 5,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/ecoli/index.html>

<sup>131</sup> GUADALUPE, Socorro, et al. Microbiología general de *Staphylococcus aureus*: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación En: Hipertensión Y Riesgo Vascular. vol. 32, no. 3, p. 125-129

<sup>132</sup> QING, Dan Nan. *Pseudomonas aeruginosa*. En: Inspección y tecnología. Mar 15,. vol. 46, no. 3, p. 238-239

<sup>133</sup> VIDAL, Noemí. Productos cosméticos orgánicos, una tendencia de mercado. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.ainia.es/insights/productos-cosmeticos-organicos-una-tendencia-de-mercado/>

los productos orgánicos cargo 8.23 billones de dólares en 2013 y para el 2020 según Grand View Research, se espera llegar a los 15.98 billones de dólares<sup>134</sup>. Lo anterior sugiere que el uso de químicos en el proceso de extracción por solventes (aunque el solvente sea recuperado) entraría a influir en la calidad del producto, debido a que en el transcurso de su producción se usa éter de petróleo o hexano, lo que altera la naturaleza del aceite. Esto da a entender que el prensado en frío nos proporciona un producto de mayor calidad, orgánico y correspondiente a las tendencias actuales. En la tabla 30 se compararán las propiedades fisicoquímicas de los dos aceites obtenidos con datos obtenidos de la literatura.

**Tabla 30.** Comparación de propiedades fisicoquímicas para el aceite de aguacate.

Parámetro	Aceite de aguacate prensado	Aceite de aguacate solvente	Normas Mexicanas <sup>135</sup>	Resolución 2154 <sup>136</sup>	Kirschenbauer <sup>137</sup>	Jímenez <sup>138</sup>
Índice de Yodo Wijs (cg/g)	85,5	72,9	85-90	75-94	70,6-76,4	84
Índice de Saponificación (mg KOH/g)	189	180,7	177-198	184-196	185-198	189
Materia insaponificable (g/Kg)	12,5	8,25	12	15	-	-
Índice de Refracción (ND 40°)	1,4690	1,478	1,458-1,465	1,4677-1,4705	1,4654-1,4662	1,468
Acidez Titulable (%)	0,914	1,132	-	-	-	-
Densidad Relativa (g/mL)	0,916	0,9092	0,910-0,920	0,910-0,916	0,9132	0,91

**Fuente.** Elaboración propia.

Según la tabla 30 el aceite con mejores resultados en los análisis realizados comparado con las normas y a los aceites de los diferentes autores es el aceite extraído por el método de extracción por prensado en frío. Además, el porcentaje de acidez del aceite extraído por solventes excede el contenido porcentual el cual debe ser de menos del 1% según la resolución 2154<sup>139</sup>, donde se especifica que para el uso de este tipo de aceites es requerido que éste tenga menos del 1% de contenido de acidez.

<sup>134</sup> *Ibíd.*

<sup>135</sup> ACEITES Y GRASAS- ACEITE DE AGUACATE ESPECIFICACIONES. Nmx-F-052-Scfi-2008 Aceites Y Grasas- Aceite De Aguacate especificaciones. 2008, p. 1-12

<sup>136</sup> La Ministra de Salud y Protección Social. RESOLUCION 2154 DE 2012. Ago 8,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>

<sup>137</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 23-27

<sup>138</sup> ACOSTA. Op. Cit., p. 23-27

<sup>139</sup> MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Op. Cit. p. 1-47

Contribuyendo a lo anterior se observa que el contenido de yodo es mayor en el aceite extraído por prensado en frío, al tener mayor contenido de yodo este le proporcionara mas beneficios al consumidor del aceite, esto se debe a que el yodo es un oligoelemento que en la industria cosmética actúa como catalizador en los mecanismos de defensa y en la reparación de la piel dañada. Por otra parte, el yodo es esencial para mantener la estabilización de hidratación requerida para el metabolismo celular, la supresión de toxinas y la absorción de nutrientes<sup>140</sup>, lo cual demuestra que a mayor contenido de yodo mejor será el beneficio para el consumidor.

Los argumentos expuestos en esta sección (3.4) reflejan que los aspectos como, tendencias del mercado, impacto en la salud y ecosistema, calidad del producto (conservación de nutrientes), acomodación y cumplimiento de resultados fisicoquímicos (con respecto a las normas y autores expuestos), favorecen a el aceite extraído por prensado en frío, donde su único inconveniente es la duración del proceso y el rendimiento, sin embargo decidimos optar por el prensado en frío por los aspectos mencionados anteriormente, donde le damos mas importancia a la calidad del producto y a las tendencias actuales que a el rendimiento o cantidad que se pueda producir (siendo estas producciones mayores con el proceso de extracción de solventes pero con menos calidad lo que bajaría su precio considerablemente en el mercado ya que es reconocido que un aceite virgen o extra virgen sea vendido a un precio mayor que un aceite tratado o refinado).

---

<sup>140</sup> SANIFARMA. Propiedades de los minerales en el cuidado de la piel. Ene 23,. [Consultado el May 7 del 2018]. Disponible en: <http://www.sanifarma.com/blog/cosmetica/propiedades-de-los-minerales-en-el-cuidado-de-la-piel>

#### **4. DISEÑO CONCEPTUAL DE PLANTA PARA MÉTODO DE EXTRACCIÓN POR PENSADO EN FRÍO**

Una vez determinado el método de extracción que se evaluará en el proyecto, es necesario establecer cuales son los equipos necesarios para utilizar en el proceso de extracción de aceite de aguacate por el método de prensado en frío para una cantidad específica de materia.

Teniendo en cuenta que las capacidades de producción por cosecha de la finca son de 7 a 10 toneladas y que no todo el aguacate será destinado para la extracción de aceite, sino también para la venta de la fruta fresca, se dispone entonces para el proceso de extracción 2,85 kg de fruta, este valor se toma considerando que para desarrollar el proyecto se necesita una máquina deshidratadora cuya capacidad de secado no excede los 1000 kg por secado, además que como fue establecido previamente, el tiempo de deshidratado para el aguacate es entre 4 y 5 horas por lo cual considerar un valor mayor de materia prima dificultaría y prolongaría la extracción. Con base a este valor se desarrollarán todos los balances de materia para el proceso teniendo en cuenta que los equipos principales necesarios para este son:

- Lavador
- Despulpador
- Deshidratador
- Prensa y filtro

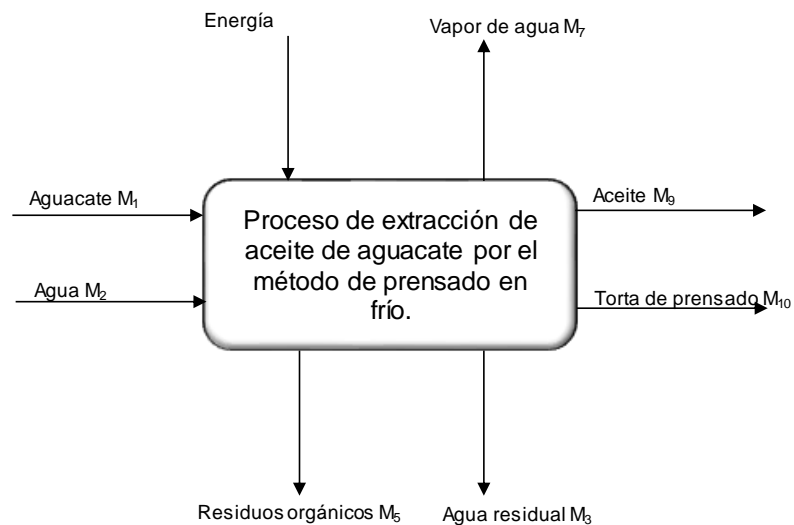
##### **4.1 DIAGRAMAS DEL PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE POR EL MÉTODO DE PENSADO EN FRÍO**

Por medio de los diferentes diagramas se busca representar desde un enfoque general hacia uno más específico el proceso de extracción de aceite de aguacate variedad Lorena por el método de prensado en frío, en estos diagramas es posible observar el comportamiento del proceso, las condiciones de operación y las corrientes de entrada y de salida de cada una de las operaciones unitarias especificadas por este.

**4.1.1 Diagrama global del proceso.** Mediante el diagrama global del proceso se busca representar de forma general este, presentándolo como un volumen de control general que abarca todas las operaciones unitarias del proceso, esto se elaborará con el fin de definir cuales son las corrientes de entrada y de salida del proceso de extracción de aceite de aguacate por el método de prensado en frío.

En la figura 16 se puede observar el diagrama global del proceso junto a las corrientes de entrada y de salida utilizadas en la extracción de aceite.

**Figura 16.** Diagrama global del proceso de extracción de aceite por el método de prensado en frío.



**Fuente.** Elaboración propia.

**4.1.2 Diagrama de bloques del proceso.** Un diagrama de bloques es una representación gráfica del modelo matemático de un sistema. En muchos casos estos diagramas permiten entender el comportamiento y conexión del sistema.<sup>141</sup>

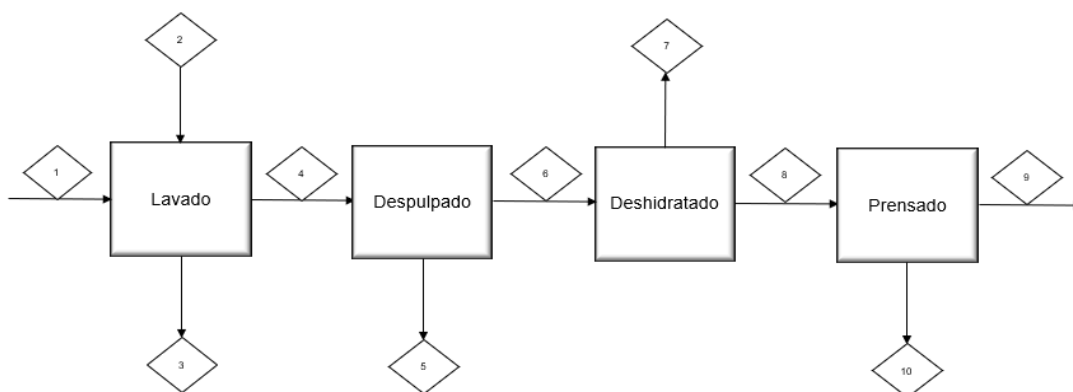
Este tipo de diagrama permite conocer los flujos de entrada y de salida de un proceso y observar como estos están conectados.<sup>142</sup> Además permiten determinar cuales son las cantidades o flujos de los compuestos necesarios para realizar el proceso y las condiciones de operación de los equipos.

Las condiciones operativas para el proceso de lavado y despulpado deben ser condiciones ambiente, mientras que el deshidratado manejará una temperatura entre 45 y 50°C a una presión estándar. En la prensa se manejará la misma temperatura que el deshidratado con una presión de 2500 psi o más.

<sup>141</sup> UNIVERSIDAD DE CARABOBO. Diagrama de Bloques. Mar 27,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3\\_2.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3_2.htm)

<sup>142</sup> VELIS, Juan Carlos. Los Diagramas En La Ingeniería De Procesos. Mar 19,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://ingjveliz.wixsite.com/ingenieria-procesos/single-post/2016/03/19/INGENIER%C3%8DA-DE-PROCESOS>

**Figura 17.** Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite de aguacate por el método de prensado en frío.



**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 31.** Corrientes del proceso de extracción por el método de prensado en frío.

Corriente	Nombre
M <sub>1</sub>	Aguacate variedad Lorena
M <sub>2</sub>	Agua
M <sub>3</sub>	Agua residual
M <sub>4</sub>	Aguacate
M <sub>5</sub>	Residuos orgánicos (semilla, cáscara)
M <sub>6</sub>	Pulpa homogeneizada
M <sub>7</sub>	Vapor
M <sub>8</sub>	Materia seca
M <sub>9</sub>	Aceite de aguacate
M <sub>10</sub>	Torta de prensado

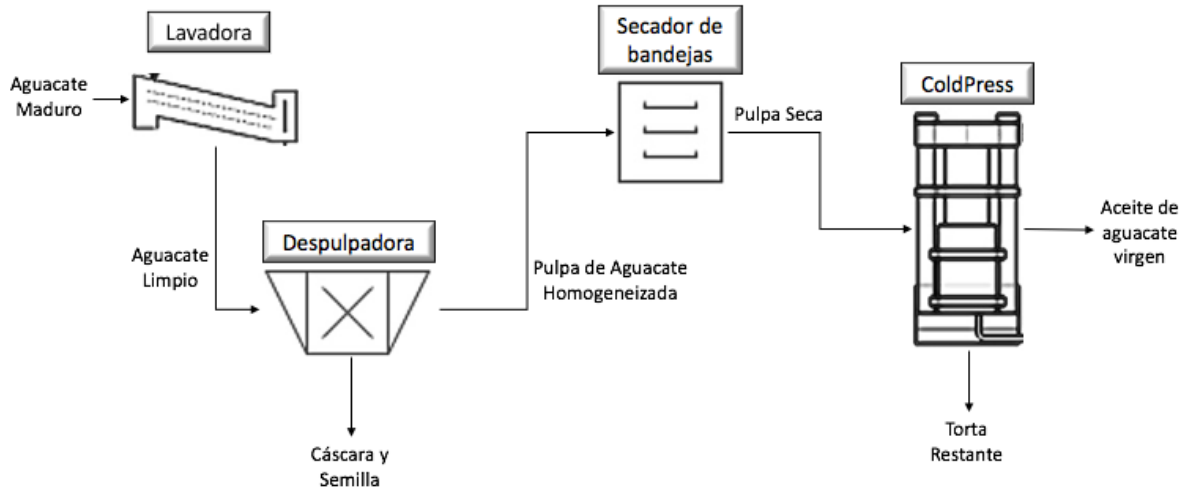
**Fuente.** Elaboración propia.

**4.1.3 Diagrama PFD (Process Flow Diagram).** Los diagramas de flujo de proceso (PFD) “son una representación esquemática del proceso, sus condiciones de operación normal y su control básico. Estos diagramas proporcionan una información clara, ordenada y concisa de todos los pasos que componen los distintos procesos industriales”<sup>143</sup>.

Para el proceso de extracción de aceite vegetal a partir de aguacate variedad Lorena, los autores plantearon el diagrama que se muestra en la siguiente figura.

<sup>143</sup> NIROSA. Diagramas de flujo de proceso (PFD) y P&ID. Oct. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://nirosa.es/servicio/diagramas-de-flujo-de-proceso-pfd/>

**Figura 18.** Diagrama de flujo del proceso de obtención de aceite virgen de aguacate variedad Lorena.



**Fuente.** Elaboración propia.

En la imagen anterior se observan los procesos principales para la extracción de aceite de aguacate variedad Lorena por el método de prensado en frío.

## 4.2 BALANCES DE MATERIA

Como fue mencionado anteriormente para realizar el balance de materia se utilizará una cantidad total de aguacate variedad Lorena de 2,85 toneladas, este será el flujo de entrada del proceso y el punto de partida para desarrollar los balances de materia.

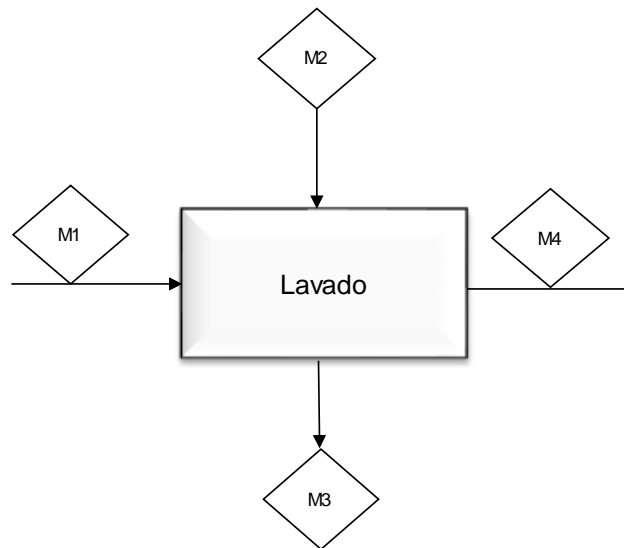
**4.2.1 Balance global de materia.** Se establece como volumen de control la figura 17.

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_5 + M_7 + M_9 + M_{10} \quad (\text{Ecuación 14})$$

**4.2.2 Balance de materia para el proceso de lavado.** En la figura 18 se observa el volumen de control donde está especificado dos corrientes de entrada ( $M_1$  y  $M_2$ ) y dos corrientes de salida ( $M_3$  y  $M_4$ ).



**Figura 19.** Volumen de control para el proceso de lavado.



**Fuente.** Elaboración propia.

En la siguiente ecuación se puede observar el balance de masa para la figura anterior:

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4 \quad \text{(Ecuación 15)}$$

La cantidad de aguacate que se va a usar es de 2,85 toneladas para todo el proceso, además de esto por facilidades de secado y teniendo en cuenta las capacidades máximas del deshidratador el proceso se llevará a cabo durante 3 días con 2 turnos cada uno de 6 horas laborales, de lo anterior se puede asumir que flujo de entrada  $M_1$  va a ser de 950 kg/día. El consumo de agua será de 662,5 L, este es un valor que tienen las lavadoras de fruta con capacidad entre 300 y 3000 kg/h, se tomará este mismo valor como flujo de agua total utilizado durante el proceso. Es decir,  $M_2$  va a tener un valor de 662,5 L/día.

Es necesario que las unidades de los flujos sean las mismas para disminuir la complejidad del balance de masa, por esto, se debe tomar este valor y realizar la conversión pertinente mediante el despeje de la ecuación (6):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$\rho$  = densidad del agua con un valor de 1 kg/L<sup>144</sup>

---

<sup>144</sup> VAXASOFTWARE. Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C; Jul 28,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/denh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/denh2o.pdf)

$m$  = masa del agua que se pretende obtener.  
 $V$  = volumen del agua en este caso 662,5 L

De tal forma se puede obtener un valor para  $M_2$  de 662,5 kg/día.

Ya que la cantidad de agua usada en este proceso es significativa pero que, además, los residuos que contiene el agua de salida no son tóxicos para el medio ambiente, se pretende utilizar esta corriente como un sistema de riego para los mismos árboles de aguacate.

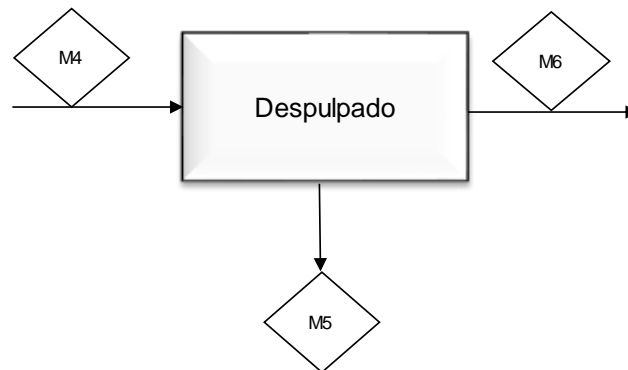
Reemplazando los valores anteriores, la ecuación 15 quedaría de la siguiente manera:

$$1612,5 \text{ kg} = M_3 + M_4$$

De tal manera que las cantidades de agua y aguacate que entran en la lavadora serán iguales a las cantidades de agua y aguacate que salen de la lavadora.

**4.2.3 Balance de materia para el proceso de despulpado.** En la figura 19 se observa el volumen de control para el proceso de despulpado donde se especifica el ingreso de una corriente ( $M_4$ ) y la salida de dos corrientes ( $M_5$  y  $M_6$ )

**Figura 20.** Volumen de control para el proceso de despulpado.



**Fuente.** Elaboración propia.

Para la figura anterior se obtiene el siguiente balance de masa:

$$M_4 = M_5 + M_6 \quad \text{Ecuación (16)}$$

Debido a que en el proceso de lavado, la fruta ingresa con una mínima cantidad de impurezas o suciedad se asume que no hay pérdidas de peso para el proceso de despulpado, es decir:

$$M_1 = M_4 \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Reemplazando la ecuación (17) en la ecuación (16) se obtiene lo siguiente:

$$M_1 = M_5 + M_6 \quad (\text{Ecuación 18})$$

Ecuación de la cual ya conocemos el valor del flujo  $M_1$ , por lo tanto:

$$950 \text{ kg} = M_5 + M_6$$

De la tabla 19 (Propiedades del aguacate variedad Lorena.) se puede observar que el porcentaje en peso promedio de la semilla y de la cáscara es 9,32% y 2,17% respectivamente, es decir que el flujo definido como  $M_5$  estará dado por la siguiente ecuación:

$$M_5 = \frac{950 \text{ kg} \times 9,32}{100} + \frac{950 \text{ kg} \times 2,17}{100} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$M_5 = 109,155 \text{ kg}$$

Por lo tanto, despejando  $M_6$  de la ecuación 18 y con los datos de  $M_1$  y  $M_5$  podemos calcular la cantidad de pulpa que sale de la despulpadora de la siguiente manera.

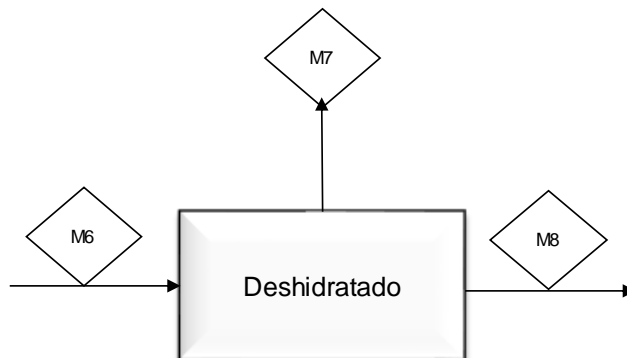
$$M_1 - M_5 = M_6$$

$$950 \text{ kg} - 109,155 \text{ kg} = M_6$$

$$M_6 = 840,845 \text{ kg de pulpa de aguacate.}$$

**4.2.4 Balance de materia para el proceso de deshidratado.** En la figura 20 se observa el volumen de control para el proceso de deshidratado, este es el punto más crítico del proceso debido al control que se debe ejercer sobre la temperatura, en este se especifican tres corrientes principales, una de entrada ( $M_6$ ) y dos de salida ( $M_7$  y  $M_8$ ).

**Figura 21.** Volumen de control para el proceso de deshidratado.



**Fuente.** Elaboración propia.

En el punto 2.2.8 se estableció por medio de la ecuación 9 que el contenido de humedad y materia volátil del aguacate variedad Lorena es del 84,3%. Al final del proceso de deshidratación es necesario que la fruta tenga un porcentaje de humedad de 9,5%, esta humedad final a la que se quiere llegar se define entre un rango de 5% a 10% esto según el libro “Procesos de transporte y operaciones unitarias” de Geankoplis<sup>145</sup> donde en este intervalo se considera que los microorganismos dejan de ser activos.

La corriente  $M_7$  es la que indicará esta pérdida de humedad, ya que el proceso de deshidratado es un proceso en el cual el aguacate pierde peso en forma de vapor de agua.

El balance de materia para el proceso de deshidratado quedaría de la siguiente forma:

$$M_6 = M_7 + M_8 \quad (\text{Ecuación 20})$$

Para el cálculo de la materia con un porcentaje de humedad del 9,5% se utilizará la siguiente ecuación<sup>146</sup>:

$$\text{Masa de producto seco} = \frac{100 - H_{\text{inicial}}}{100 - H_{\text{requerida}}} * \text{Masa que entra al secador} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde la masa del producto seco será:

---

<sup>145</sup> C.J. GEANKOPLIS. Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias. 3era ed. Mexico: CECSA, 1998. p. 579

<sup>146</sup> PÉREZ, Eduardo. Diseño De Un Sistema Deshidratador De Alimentos Geotérmico De Baja Entalpía. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. p. 93

$$\text{Masa de producto seco} = \frac{100-84,3}{100-9,5} * 840,845 \text{ kg de masa húmeda}$$

$$\text{Masa de producto seco} = 145,870 \text{ kg}$$

De esta forma encontramos el valor de  $M_8$  en la ecuación 21.

Para el cálculo de agua evaporada es necesario realizar un despeje en la ecuación 20 en términos de  $M_7$  de la siguiente forma:

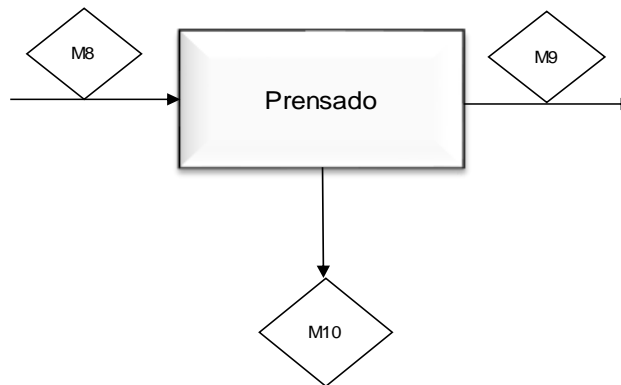
$$M_7 = M_6 - M_8$$

$$M_7 = 840,845 \text{ kg} - 145,870 \text{ kg}$$

$$M_7 = 694,975 \text{ kg de vapor}$$

**4.2.5 Balance de materia para el proceso de prensado.** En la figura 21 se observa el volumen de control para el proceso de prensado en el cual se extrae la cantidad total de aceite vegetal contenido en el aguacate variedad Lorena.

**Figura 22.** Volumen de control para el proceso de prensado.



**Fuente.** Elaboración propia

En la figura anterior se especifica una corriente de entrada ( $M_8$ ) y dos corrientes de salida ( $M_9$  y  $M_{10}$ ).

El balance de masa para el proceso de prensado es el siguiente:

$$M_8 = M_9 + M_{10} \quad \text{(Ecuación 22)}$$

En el numeral 3.3.4.5 se estableció por medio de la ecuación 13 el rendimiento del proceso, este rendimiento refiere al porcentaje de aceite extraído respecto a una muestra de materia seca, manejando este rendimiento de proceso y teniendo el flujo de materia seca para el proceso de prensado es posible calcular el flujo final de aceite ( $M_9$ ).

$$M_9 = M_8 \times 0,4155 \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$M_9 = 145,870 \text{ kg de materia seca} \times 0,4155 \quad (*)$$

$$M_9 = 60,61 \text{ kg de aceite de aguacate.}$$

(\*) El valor de 0,4155 es determinado experimentalmente y representa el porcentaje de aceite contenido sobre la materia seca (rendimiento determinado en el apartado 3.3.4.5).

Al obtener la cantidad de aceite que se obtendrá por el proceso es posible calcular la cantidad de torta prensada por medio de un despeje de  $M_{10}$  de la ecuación 22 de la siguiente forma:

$$M_{10} = M_8 - M_9$$

$$M_{10} = 145,870 \text{ kg} - 60,61 \text{ kg}$$

$$M_{10} = 85,26 \text{ kg de torta de prensado}$$

En la tabla 32 se observa en resumen el cálculo de todas las corrientes obtenidas para el proceso de extracción de aceite vegetal a partir de aguacate variedad Lorena por el método de extracción por prensado en frío.

**Tabla 32.** Resumen balance de materia.

<b>Corriente</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>
M <sub>1</sub>	Aguacate variedad Lorena	950 kg
M <sub>2</sub>	Agua	662,5 kg
M <sub>3</sub>	Agua residual	662,5 kg
M <sub>4</sub>	Aguacate	950 kg
M <sub>5</sub>	Residuos orgánicos (semilla, cáscara)	109,155 kg
M <sub>6</sub>	Pulpa homogeneizada	840,845 kg
M <sub>7</sub>	Vapor	694,975 kg
M <sub>8</sub>	Materia seca	145,870 kg
M <sub>9</sub>	Aceite de aguacate	60,609 kg
M <sub>10</sub>	Torta de prensado	85,261 kg

**Fuente.** Elaboración propia.

Se puede observar que la cantidad de torta prensada es grande, sin embargo, esta puede ser utilizada como aditivo para concentrados para ganado debido a la cantidad de proteínas que contiene, o también, puede ser utilizada como abono por su contenido de materia orgánica.<sup>147</sup>

<sup>147</sup>VERA, Duvan Alberto. Apuntes Materia Oleoquímica Extracción De Aceites; Colombia: 2017.

### 4.3 EQUIPOS

Para cada uno de los equipos establecidos anteriormente es necesario determinar sus dimensiones y las características de diseño.

**4.3.1 Cuartos de almacenamiento de materias primas.** Como fue establecido en el punto 2.1.4 es necesario tener un cuarto acondicionado con los requisitos mínimos. Según la NTC 1248-3<sup>148</sup> la temperatura del sitio debe estar entre 13°C y 15°C después del transporte, sin embargo como lo que pretende este trabajo es evaluar técnica y financieramente el proceso para la finca La Soledad de la vereda Malabar Bajo en Mariquita Tolima, los aguacates no serán transportados fuera del predio, la materia prima será almacenada en un cuarto con dimensiones de 5 metros de largo, 6 metros de ancho y 4,5 metros de alto adecuado en el predio usado únicamente para el almacenamiento de esta fruta.

El cultivo tiene una producción entre 6 y 8 toneladas por cosecha, por lo tanto, se tomarán estos datos como valor de flujo de entrada al proceso de extracción.

**4.3.2 Lavador.** En el proceso de lavado lo que se pretende es que la materia prima quedé de primera calidad sin ningún tipo de impurezas o suciedad que puedan alterar el producto final. La materia prima en la lavadora es lavada con agua y cepillos suaves que no alteran la forma física ni la deterioran.

Para el proceso de extracción de aceite de aguacate por método de prensado en frío se utilizará una lavadora de fruta JP3000 de la marca NIKO.

**4.3.2.1 Características y diseño.** Esta lavadora es completamente fabricada en acero inoxidable 304 debido a que esta no será expuesta a unas altas temperaturas, pero si ofrece una buena resistencia, adicionalmente para este proceso no se utilizará ningún tipo de producto químico lo que garantiza una mayor vida útil del equipo.

Esta máquina debe ser montada sobre ruedas giratorias y consta de cepillos hechos de materiales no tóxicos y desmontables para facilitar la limpieza de esta después de su uso.

La lavadora cuenta con un regulador de velocidad con convertidor de frecuencia, la velocidad de la lavadora determina la capacidad de la línea de procesamiento, también, posee un intercambio gradual del agua durante el lavado: corriente de agua fresca en la salida de frutas de la lavadora, desagüe de aguas residuales en

---

<sup>148</sup>ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1248-3. Op. Cit., p. 1-10

la entrada de frutas de la lavadora, por otro lado, cuenta también con una rampa deslizante larga en la salida para el drenado de frutas y eliminación de impurezas.<sup>149</sup> La capacidad de la JP3000 es de 300 a 3000 kg/hora<sup>150</sup>, sin embargo, el flujo de entrada al equipo de lavado será definido por las capacidades especificadas de los demás equipos del proceso.

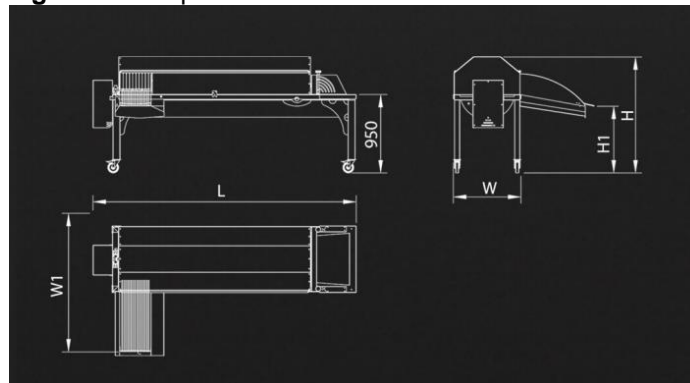
En la Tabla 33 se pueden observar los datos técnicos y la capacidad de la lavadora JP3000.

**Tabla 33.** Datos técnicos de la lavadora JP3000.

<b>Capacidad</b>	kg/h	300-3000
<b>L</b>	mm	2250
<b>W</b>	mm	900
<b>W1</b>	mm	1680
<b>H</b>	mm	1430
<b>H1</b>	mm	770
<b>Peso</b>	kg	265
<b>Alimentación</b>	kW	1,1
<b>Consumo de agua</b>	L	662,5
<b>Volumen total</b>	m <sup>3</sup>	3,36
<b>Área total</b>	m <sup>2</sup>	2,63

**Fuente:** SRAML. Lavadora de fruta. Oct 9,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://sraml.com/es/productos/m\\_quinas\\_para\\_frutas\\_de\\_hueso/29/lavadora\\_de\\_fruta/](http://sraml.com/es/productos/m_quinas_para_frutas_de_hueso/29/lavadora_de_fruta/)

**Figura 23.** Esquema de lavadora de fruta JP3000.



**Fuente:** SRAML. Lavadora de fruta. Oct 9,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://sraml.com/es/productos/m\\_quinas\\_para\\_frutas\\_de\\_hueso/29/lavadora\\_de\\_fruta/](http://sraml.com/es/productos/m_quinas_para_frutas_de_hueso/29/lavadora_de_fruta/)

<sup>149</sup> SRAML. Lavadora de fruta. Oct 9,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://sraml.com/es/productos/m\\_quinas\\_para\\_frutas\\_de\\_hueso/29/lavadora\\_de\\_fruta/](http://sraml.com/es/productos/m_quinas_para_frutas_de_hueso/29/lavadora_de_fruta/)

<sup>150</sup> *Ibíd.*



**4.3.3 Despulpadora.** Al momento de pasar la fruta de la lavadora a la despulpadora, lo que se pretende es que por medio de este equipo se retire la cáscara y la semilla, además, la despulpadora funciona a su vez, como un molino, permitiendo homogeneizar la materia prima con ayuda de los tamices que este equipo posee.

Para este proceso se usará una despulpadora REF 1000 elaborada por la empresa COMEK; este es un equipo elaborado en acero inoxidable 304 al igual de igual manera que en la lavadora, está no será expuesta a altas temperaturas ni a ningún tipo de material corrosivo.<sup>151</sup>

**4.3.3.1 Características y diseño.** Este equipo funciona como una trozadora, licuadora y refinadora, posee un sistema horizontal con corrector de inclinación que la convierte en semihorizontal, para mayor rendimiento, posee un sistema de aspas patentado que permite que la cáscara salga totalmente libre de pulpa, las aspas están protegidas para impedir que se parta la semilla y luego sea necesario filtrar nuevamente, cuenta también con dos tamices para cualquier tipo de fruta, incluyendo frutas de alta dificultad.<sup>152</sup>

En la tabla 34 se pueden observar los datos técnicos y la capacidad de la despulpadora REF 1000.

**Tabla 34.** Datos técnicos de la despulpadora REF 1000.

<b>Capacidad</b>	kg/h	1000
<b>H</b>	cm	140
<b>W</b>	cm	100
<b>L</b>	cm	80
<b>Peso</b>	kg	80
<b>Motor</b>	HP	3
<b>Tensión</b>	NA	Trifásica
<b>Tamices</b>	mm	2-5
<b>Consumo</b>	kW	1,5
<b>Volumen total</b>	m <sup>3</sup>	1,12
<b>Área total</b>	m <sup>2</sup>	1,4

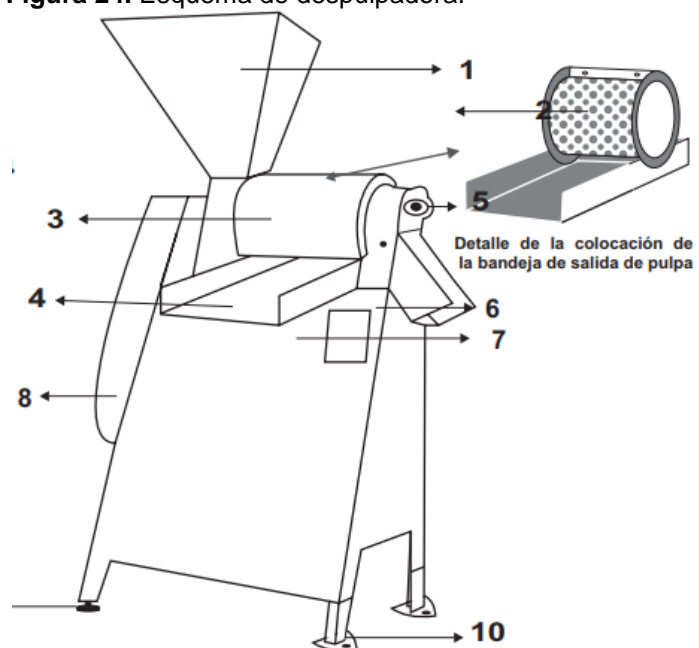
**Fuente:** COMEK. Ficha técnica de Despulpadora Ref. 1.000. Jun 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.comek.com.co/index.php/manuales-e-instrucciones.html>

En la siguiente figura se detallan las partes principales de la despulpadora de la marca COMEK:

<sup>151</sup> COMEK. Ficha técnica de Despulpadora Ref. 1.000. Jun 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.comek.com.co/index.php/manuales-e-instrucciones.html>

<sup>152</sup> *Ibid.*

**Figura 24.** Esquema de despulpadora.



**Fuente:** COMEK. Ficha tecnica de Despulpadora Ref. 1.000. Jun 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.comek.com.co/index.php/manuales-e-instrucciones.html>

Donde:

- Tolva
- Tamiz
- Tapa
- Bandeja pulpa
- Rodamiento
- Salida de desechos
- Interruptor
- Protector correas
- Niveladores
- Patas anclaje

**4.3.4 Deshidratador.** El deshidratador hace parte esencial del proceso, esto debido a que la temperatura a la cual va a ser secada la pulpa de aguacate variedad Lorena tiene que estar entre 45 y 50 grados centígrados, el énfasis de esta temperatura recae en que para que el aceite sea virgen y sea considerado un proceso en frío, en este caso prensado en frío, es de vital importancia mantener este rango de temperatura<sup>153</sup>, además que al no sobrepasar estas condiciones la calidad de nutrientes que contiene el aguacate no se verán afectadas, lo que garantizara el perduración de estas propiedades durante no solo la operación de deshidratación sino en todo el transcurso del proceso de obtención de aceite de aguacate. Algunas de los nutrientes característicos del aceite virgen de aguacate son especificados en la Tabla 4.

A su vez el libro “Operaciones básicas de ingeniería química” de McCabe/Smith<sup>154</sup> aconseja que la velocidad de aire caliente en un secador de bandejas este entre 2 a 5 m/s entre las bandejas. Además, nombra que la bandeja debe tener de lado entre 75-100 centímetros, mientras que de profundidad debe estar entre 1 o 10 centímetros<sup>155</sup> (profundidad según Geankolis y lado según McCabe).

Algunos de los beneficios cosméticos que trae el tratar la pulpa de aguacate a esta temperatura son: 1) Se le considera un excelente alimento en cuanto a nutrición en proporciones moderadas, ya que posee un gran contenido calórico y graso, por lo cual lo considero uno de los aceites más nutritivos para la piel. 2): “Posee un efecto protector y regenerante. Muy útil en masaje de manos agrietadas y reseca, tiene una excelente penetración, es ideal para pieles mixta/seca o muy secas. Además, se ha descubierto que el aceite de aguacate posee propiedades antioxidantes. Es rico en grasa vegetal que aporta beneficios al organismo y en vitaminas E, A, B1, B2, B3, ácidos grasos, proteínas, minerales”<sup>156</sup>. El aguacate y grasas de este fruto se usan largamente en cosméticos destinados a la belleza, principalmente para la piel y el cabello<sup>157</sup>.

---

<sup>153</sup> WONG, REQUEJO-JACKMAN, WOLF. Op. Cit.

<sup>154</sup> MCCABE/SMITH. Operaciones Básicas De Ingeniería Química. Volumen 2 ed. Barcelona: Reverté S.A, 1987. p. 978-980

<sup>155</sup> C.J. GEANKOPOLIS. Op. Cit., p. 580

<sup>156</sup> MAR GALISTEO. Descubre los beneficios del aceite de aguacate: cosmética natural. Ene 10,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://margalisteo.com/descubre-los-beneficios-del-aceite-de-aguacate-cosmetica-natural/>

<sup>157</sup> *Ibíd.*

**4.3.4.1 Características y diseño.** El deshidratador por utilizar en este proceso es una referencia “Cuatro carros” deshidratador modelo EED-04 fabricado en acero inoxidable 304 por la marca “MAQUIPRES COL, maquinaria e ingeniería para el procesado de productos agrícolas” con control de temperatura automatizado, control neumático de entrada y salida de aire, 4 carros cada uno de 15 bandejas y un higrómetro digital<sup>158</sup>.

**Tabla 35.** Datos técnicos del Deshidratador EED-04.

<b>Capacidad</b>	kg	420
<b>H</b>	m	2,50
<b>W</b>	m	1,50
<b>L</b>	m	4,80
<b>L bandeja</b>	m	1,0
<b>W bandeja</b>	m	1,0
<b>Motor Ventilador</b>	HP	3,6
<b>Motor extractor</b>	HP	2,0
<b>Consumo</b>	kW	73,21
<b>Volumen total</b>	m <sup>3</sup>	18
<b>Área total</b>	m <sup>2</sup>	7,2

**Fuente:** MAQUIPRES COL. Deshidratador de cuatro carros. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.maquipres.com/Deshidratadores.html>

**Figura 25.** Deshidratador EED-04.



**Fuente.** MAQUIPRES COL. Deshidratador de cuatro carros. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.maquipres.com/Deshidratadores.html>

<sup>158</sup> MAQUIPRES COL. Deshidratador de cuatro carros. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.maquipres.com/Deshidratadores.html>

**4.3.5 Prensa.** Para llevar el proceso experimental del prensado en frío aplicado en este proyecto a un ámbito industrial se debe buscar un equipo que tenga similitud en cuanto a la teoría y aplicación del prensado hidráulico, por esta razón se seleccionó una prensa en frío hidráulica para extracción de aceite de aguacate 6Y-320 marca Holyphant – hydraulic oil press. Hay que tener en cuenta que como en los procesos unitarios anteriormente nombrados como en este es imprescindible que la temperatura del prensado no sobrepase los 50 grados centígrados, por esta razón la prensa cuenta con un controlador de temperatura. Adicionalmente la temperatura a la cual se somete la materia seca en el prensado ayuda a que se facilite la extracción del aceite de aguacate.

La máquina está compuesta específicamente y principalmente por tres partes: el cuerpo principal, la transmisión hidráulica y el sistema eléctrico<sup>159</sup>. Como es reportado en el artículo “EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD “Hass” (*Persea americana Mill*) LIOFILIZADO POR PRENSADO EN FRÍO” a una presión de 2500 psi se presenta mayor rendimiento de la extracción es por esto que la presión a la cual trabaja esta prensa es máxima<sup>160</sup> de 55 Mpa equivalente a 7977,08 psi, asegurando de esta manera que la extracción en su aspecto industrial puede llegar a incrementar el rendimiento de la extracción en frío presentada anteriormente en la sección 3.3.

**4.3.5.1 Características y diseño.** La prensa presenta un ahorro de energía del 40% a comparación de otras máquinas de prensado con la misma capacidad, además de esto el porcentaje de aceite es de 2 a 3 por ciento mayor que otras máquinas de prensado usadas en procesos tradicionales o anticuados. El prensado en frío es característico del aceite virgen de oliva al igual que el aceite virgen de aguacate<sup>161</sup>.

**Tabla 36.** Datos técnicos de la prensa en frío 6Y-320.

<b>Capacidad</b>	kg/h	80-100
<b>H</b>	m	2,2
<b>W</b>	m	1,05
<b>L</b>	m	1,3
<b>Peso</b>	kg	2000
<b>Diametro de la torta</b>	m	0,32
<b>Presión máxima</b>	Mpa	55
<b>Motor</b>	kW	2,2
<b>Temperatura</b>	°C	40-100

<sup>159</sup> HOLYPHANT EN ALIBABA. Avocado, Walnut ,Green Olive Oil Hydraulic Cold Press Machine. Sep 11,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic\\_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p)

<sup>160</sup> SERPA, et al. Op. Cit., p. 113

<sup>161</sup> HOLYPHANT EN ALIBABA. Op. Cit.

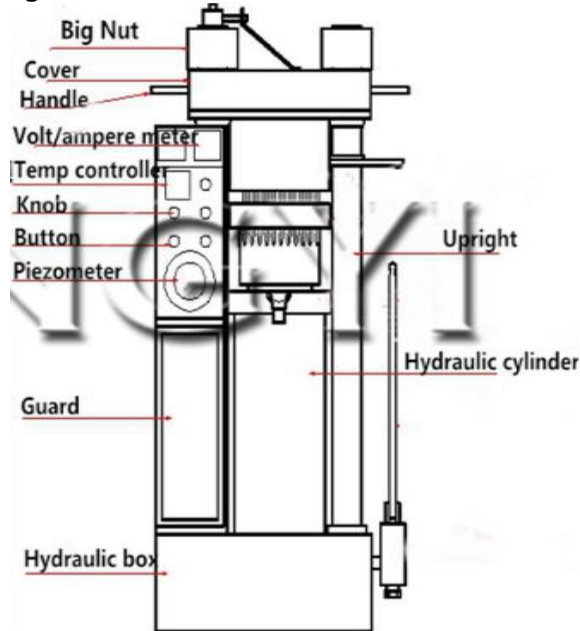
**Tabla 37.** (Continuación).

<b>Volumen total</b>	m <sup>3</sup>	3,003
<b>Consumo</b>	kW	2
<b>Área total</b>	m <sup>2</sup>	1,365
<b>Tiempo de prensado</b>	min	8-12

**Fuente:** HOLYPHANT EN ALIBABA. Avocado, Walnut ,Green Olive Oil Hydraulic Cold Press Machine. Sep 11,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic\\_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p)

A pesar de que la maquina justifique rendimientos buenos, al ser este tratado en temperaturas bajas (prensado en frio) es recomendado mas no completamente necesario hacer dos ciclos de prensado para una misma torta de aguacate seco, lo que genera una mayor obtención de aceite de aguacate pero puede influir en la calidad del aceite.

**Figura 26.** Prensa en frío 6Y-320.



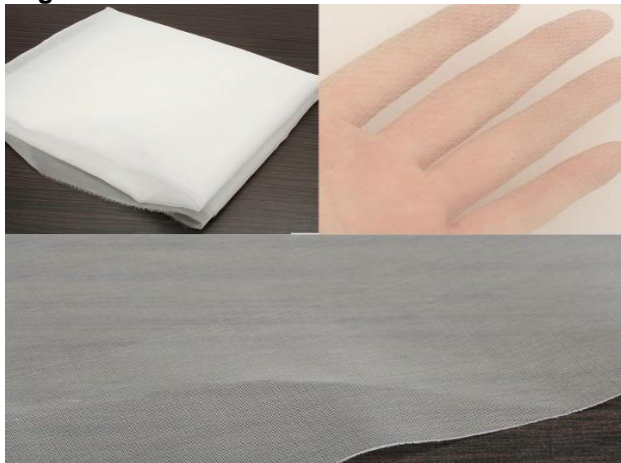
**Fuente:** HOLYPHANT EN ALIBABA. Avocado, Walnut ,Green Olive Oil Hydraulic Cold Press Machine. Sep 11,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic\\_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil-Hydraulic_60739808949.html?spm=a2700.7724838.2017115.47.24d7250aeipTAg&s=p)

En la figura anterior se muestran las diferentes partes de la prensa, la traducción de cada parte es:

- Big Nut/Nuez grande
- Cover/Cubierta
- Volt/Volti-amperímetro
- Control de temperatura
- Knob/Nudo
- Button/Boton
- Upright/Poste
- Guard/ Protector
- Piezometer/Piezómetro
- Hydraulic box/Caja hidráulica
- Hydraulic cylinder/Cilindro hidráulico

Debido a que es muy probable que en el aceite de aguacate proveniente de la prensa se encuentren residuos de materia seca, se hace uso de un filtro-malla de tela de 125 micras delgado, el cual consta de 93 cm de ancho por 100 cm de largo y está hecho de nylon<sup>162</sup>. Por cada ciclo de extracción se usa una malla de estas la cual será agustada al recipiente de almacenamiento de aceite.

**Figura 27.** Malla-Filtro.



**Fuente:** ALIEXPRESS. Nylon filtración malla 120 125 micras Telas líquido agua tensión tela de poliéster bolsa de filtro para leche lúpulo té Brewing food. Feb 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en:<https://es.aliexpress.com/store/product/Nylon-Filtration-120-Mesh-125-Micron-Fabric-Water-Liquid-Strain-Polyester-Cloth-Filter-Bag-For-Milk/>

<sup>162</sup> ALIEXPRESS. Nylon filtración malla 120 125 micras Telas líquido agua tensión tela de poliéster bolsa de filtro para leche lúpulo té Brewing food. Feb 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en:<https://es.aliexpress.com/store/product/Nylon-Filtration-120-Mesh-125-Micron-Fabric-Water-Liquid-Strain-Polyester-Cloth-Filter-Bag-For-Milk/>

## 4.4 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Una vez establecidos los equipos que se utilizarán en el proceso de extracción de aceite de aguacate, es necesario determinar el consumo energético de estos teniendo en cuenta principalmente el tiempo utilizado por el proceso para cada una de las máquinas.

**4.4.1 Consumo energético para el proceso de lavado.** Según la tabla 33 para la lavadora de frutas JP3000 el consumo energético de la lavadora es de 1.1 kW, teniendo en cuenta que el proceso se llevará a cabo durante 3 días, es posible el cálculo de consumo total de este equipo para todo el proceso por medio de la siguiente ecuación.

$$1.1 \frac{kJ}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{24 h}{1 día} \times 3 días = 285120 kJ \quad (\text{Ecuación 24})$$

**4.4.2 Consumo energético para el proceso de despulpado.** De igual forma que en el punto anterior, al observar la tabla 34, se obtiene el valor de consumo de energía para la despulpadora COMEK REF 1000, con este valor es posible calcular el consumo total de este equipo para el proceso por medio de la siguiente ecuación.

$$1.5 \frac{kJ}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{24 h}{1 día} \times 3 días = 388800 kJ \quad (\text{Ecuación 25})$$

**4.4.3 Balance de energía para el proceso de secado.** Antes de proceder a calcular la energía que consume el secador es preciso tener en cuenta que un secador vertical (de bandejas) bien construido y con buen mantenimiento según la tesis de Pérez González Eduardo titulada “Diseño de un sistema deshidratador de alimentos geotérmicos de baja entalpía” considera que el consumo energético aproximado es de 4,186 kJ/kg de agua evaporada<sup>163</sup>. La energía anteriormente nombrada contempla o esta compuesta por diferentes factores los cuales se muestran en la tabla 37.

**Tabla 38.** Consumo energético promedio en un secador vertical.

Desglose energético	kJ
Energía para evaporar 1kg de agua	2,511
Perdida por calor sensible absorbido por el aire	1,250-1,340
Perdida de calor por convección, radiación y conducción	124
Perdida por el calor transportado por el grano	334
TOTAL	4,219-4,309

**Fuente.** CONDORI, Moisés. Análisis De Extracción De Aceite De Palta (Persea Americana) De La Variedad Fuerte Por Evaporación Rápida De Agua. Juliana, Peru: Universidad Peruana Unión, 2016.

<sup>163</sup> PÉREZ. Op. Cit., p. 66



De acuerdo con lo anterior se calcula la siguiente manera el balance de energía.

$M_7 = 840,845 \text{ kg de pulpa de aguacate/día.}$

$$\text{Masa de agua a evaporar} = \frac{H_{inicial} - H_{final}}{100 - H_{final}} * \text{Mentrada} \quad (\text{Ecuación 26})$$

donde:

*Hinicial*: Humedad inicial de la pulpa humedad que entra a el secador.

*Hfinal*: Humedad final de la pulpa seca que sale del secador.

*Mentrada*: Masa de pulpa humedad que entra a el secador.

Reemplazando se obtiene:

$$M \text{ de agua a evaporar} = \frac{84,3 - 9,5}{100 - 9,5} * 840,845 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 694,974 \text{ kg de agua a evaporar}$$

Con este valor y el sugerido anteriormente de 4,186 kJ/kg de agua evaporada se puede calcular la cantidad de energía a suministrar al deshidratador con la ecuación 26<sup>164</sup>.

$$\dot{Q} = \text{Consumo energetico} * \text{flujo de agua a evaporar} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Reemplazando:

$$\dot{Q} = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 694,974 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 3 \text{ días} = 8727,483 \text{ kJ por tres días}$$

De tal forma que es necesario suministrar una cantidad de 2909,16 kJ/día de energía para lograr evaporar 686,612 kg/día (cantidad de agua que se quiere evaporar de los 840,845 kg/día de pulpa que entran al secador). La cantidad total de energía que hay que suministrar en todo tiempo del proceso (3 días) es de 8727,483 kJ. De la misma manera y para luego sacar el costo de energía del secador se convierten los kJ/día a Watts.

$$\dot{Q} = 2909,16 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} = 808,1 \text{ W/día} = 0,81 \text{ kW/día}$$

---

<sup>164</sup> *Ibíd.*, p. 93

**4.4.4 Consumo de energía del deshidratador.** Una vez establecido el consumo de calor necesario para el deshidratador, se procede a calcular el consumo de energía de este por medio de la especificación de la tabla 35, donde se indica que este equipo tiene un consumo de 73.21 kW, para proceder al cálculo del consumo energético se utiliza la ecuación 28.

$$73.21 \frac{kJ}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{24 h}{1 día} \times 3 días = 28976032 kJ \quad (\text{Ecuación 28})$$

**4.4.5 Consumo de energía de la prensa.** Como se puede observar en la tabla 36 en las especificaciones de la prensa se tiene un consumo de 2 kW para el modelo 6Y-320. De esta forma es posible calcular cual es el consumo energético para este equipo por medio de la ecuación 29.

$$2.0 \frac{kJ}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{24 h}{1 día} \times 3 días = 518400 kJ \quad (\text{Ecuación 29})$$

## 5. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se pretende identificar cuales son los costos y beneficios asociados al proceso de extracción de aceite de aguacate variedad Lorena por el método de prensado en frío, esto con el fin de evaluar la viabilidad financiera de este y proyectándolo así en un horizonte de 5 años.

Se busca trabajar los flujos de ingresos y egresos con las tasas y los precios actuales del mercado utilizando como criterio de decisión el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) con el fin de evaluar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y la rentabilidad que genere este en cuanto a retornos económicos para las personas que pretendan ejecutarlo.

En la evaluación financiera no se tendrá en cuenta costos de envase, etiquetado, publicidad y promoción del producto debido a que el proyecto solo está enfocado en el proceso de extracción de aceite de aguacate, se propone para un siguiente proyecto de grado desarrollar un estudio de mercado que comprenda y establezca los parámetros mencionados anteriormente.

### 5.1 FACTORES DE OPERACIÓN Y FACTORES FINANCIEROS

Los factores de operación son criterios que han sido establecidos a lo largo del proceso y a la naturaleza de operación de los equipos utilizados en este, mientras que los factores económicos son actividades de la economía colombiana que usualmente aumentan el poder productivo de un bien o un servicio con el fin de brindar una demanda para cumplir una necesidad humana.

Los factores de operación y económicos se pueden observar en la tabla 38:

**Tabla 39.** Factores de operación y financieros.

<b>Factores de operación</b>	
Factor de servicio total de la planta de extracción	
horas/lote	72
días/lote	3
lote/semana	1
lote/mes	1
días/semana	3
turnos/semana	6
horas/semana	48
horas/mes	48
Factor de servicio – Uso de servicios públicos	
horas/lote	36
días/lote	3
horas/semana	36
horas/mes	36

**Tabla 38.** (Continuación)

<b>Factores financieros</b>	
Aumento anual precios en las materias primas e insumos	6%
Aumento anual salario mínimo legal vigente*	5,8%
Meses de operación al año	12
<i>* Variación porcentual del salario mínimo legal vigente en los últimos 5 años.</i>	

**Fuente.** Elaboración propia.

Está especificado que el proceso de extracción de aceite de aguacate por el método de prensado en frío durará 3 días, durante estos 3 días se efectuarán dos turnos de 6 horas cada uno y se llevará a cabo una vez al mes.

## **5.2 COSTOS E INVERSIONES**

Para la instalación de la planta necesaria en el proyecto es necesario definir cuales serán los activos fijos, activos diferidos, costos variables y capital de trabajo.<sup>165</sup>

**5.2.1 Activos fijos.** Los activos fijos son aquellos que abarcan en la adquisición de bienes físicos o no físicos que permitan el desarrollo y la realización del proceso productivo. Para este proyecto será necesario la obtención de los siguientes activos fijos tangibles:

- Vehículo para el transporte de la materia prima: El vehículo utilizado debe tener una capacidad de carga mínima de 3 toneladas y será utilizado para el transporte de la materia prima desde el sitio de cosecha hasta el lugar de almacenamiento para que empiece el proceso de maduración.
- Maquinaria y equipos utilizados en el proceso de extracción de aceite de aguacate: Las maquinas y equipos utilizados en el proceso han sido establecidos en el punto 4.1 (Lavador, despulpador, deshidratador, prensa).
- Lote para la instalación de la planta. Es necesaria la adquisición de un inmueble que tenga la capacidad de instalación de toda la planta física, se establece que el lote será de 360 m<sup>2</sup> ubicado en el municipio de Mariquita – Tolima.

---

<sup>165</sup>GOLZÁLEZ, Oscar; DAVILA, Luz Marina. Modulo Evaluación de proyectos. Ene 13,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/ingenieriafinanciera2000/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos/libros>

**Tabla 40.** Costos de activos fijos tangibles.

Descripción	Unidades	Precio (COP)	Precio con iva (COP)	Total (COP)
Vehículo	1 \$	50.000.000	\$ 59.500.000	\$ 59.500.000
Lavador	1 \$	11.697.924	\$ 13.920.530	\$ 13.920.530
Despulpador	1 \$	8.700.000	\$ 10.353.000	\$ 10.353.000
Deshidratador	1 \$	27.852.200	\$ 33.144.118	\$ 33.144.118
Prensa	1 \$	5.570.440	\$ 6.628.824	\$ 6.628.824
Lote	1 \$	230.000.000	\$ 273.700.000	\$ 273.700.000
			<b>Total</b>	\$ 397.246.471

**Fuente.** Elaboración propia.

El costo del vehículo, la despulpadora y el lote fueron consultadas en establecimientos o paginas colombianas es decir empresas nacionales, mientras que la prensa, la lavadora y el deshidratador fueron consultados en una pagina web conocida como “Alibaba” donde venden estos equipos de procedencia china.

Además de los activos tangibles o bienes físicos mostrados en la Tabla 39, es necesario tener en cuenta los activos intangibles o activos no físicos que van a ser necesarios para el funcionamiento de la planta de extracción de aceite, los cuales serán especificados en la Tabla 40:

**Tabla 41.** Costos de activos fijos intangibles.

Descripción	Precio (COP)	Precio con iva (COP)	Total (COP)
Capacitación	\$ 4.000.000	\$ 4.760.000	\$ 4.760.000
Gastos notariales	\$ 3.000.000	\$ 3.570.000	\$ 3.570.000
Registro INVIMA	\$ 4.861.150	\$ 5.784.769	\$ 5.784.769
		<b>Total</b>	\$ 14.114.769

**Fuente.** Elaboración propia.

**5.2.2 Costos de producción.** Son los costos de materia prima, mano de obra e insumos que son necesarios durante el proceso de extracción de aceite de aguacate y permiten que la planta pueda operar como es deseado..

La mano de obra es esencial y para generar los costos de mano de obra es necesario tener en cuenta la mano de obra directa de producción en la planta y la mano de obra administrativa.

**Tabla 42.** Costo mano de obra.

<b>Cargos de producción</b>						
Cargos	Cantidad	Sueldo bruto (COP)	Aportes (COP)	Prestaciones so	Total mes (COP)	Total anual (COP)
Jefe de producción	1	\$ 210.000	\$ 153.312	\$ 45.822	\$ 409.134	\$ 4.909.608
Operarios	8	\$ 105.000	\$ 120.761	\$ 22.911	\$ 1.989.376	\$ 23.872.512
Total					\$ 2.398.510	\$ 28.782.120
<b>Cargos administrativos</b>						
Gerente comercial	1	\$ 315.000	\$ 185.863	\$ 68.733	\$ 569.596	\$ 6.835.152
Gerente general	1	\$ 420.000	\$ 218.414	\$ 91.644	\$ 730.058	\$ 8.760.696
Total					\$ 1.299.654	\$ 15.595.848
<b>Costos totales nómina</b>					\$ 3.698.164	\$ 44.377.968

**Fuente.** Elaboración propia.

Debido a que el proceso va a ser llevado a cabo durante 3 días con 2 turnos de 6 horas cada uno, se establece un valor de trabajo por turno de 35000 COP para los operarios, dos veces este salario para el jefe de producción, tres veces para el gerente comercial y cuatro veces para el gerente general, además de esto, para cumplimiento con la normatividad y el código de trabajo colombiano, en la tabla 42, se establecen los porcentajes de aportes y prestaciones sociales que se pagarán respecto al salario previamente establecido.

**Tabla 43.** Porcentaje de aportes y prestaciones sociales.

<b>Aportes parafiscales</b>	
Auxilio de transporte	
ARL	5,22%
EPS	8,5%
Pensión	12,5%
Caja de compensación	4%
<b>Prestaciones sociales</b>	
Cesantías	8,33%
Intereses de cesantías	1%
Prima legal	8,33%
Vacaciones	4,16%

**Fuente:** EAFIT Universidad. Estados financieros bajo CNIF. 2016 ., [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://entrenos.eafit.edu.co/gestion-administrativa/diaf/contabilidad/Informes%20Financieros/Informe%20financiero%202016.pdf>

En la siguiente tabla se observa la proyección del costo total de la nómina a 5 años con una tasa de aumento anual de salario mínimo legal vigente del 5,8%.

**Tabla 44.** Proyección de Nómina a 5 años.

<b>Año</b>	<b>Nómina (COP)</b>
2019	\$ 46.951.890
2020	\$ 49.675.100
2021	\$ 52.556.256
2022	\$ 55.604.518
2023	\$ 58.829.580

**Fuente.** Elaboración propia.

En los valores anteriores se tiene en cuenta los porcentajes de aportes y prestaciones sociales totales para cada trabajador.

Por otro lado se encuentran los materiales, insumos y servicios públicos. Como materia prima principal se utilizará el aguacate variedad Lorena, para determinar el costo de esta materia prima por kilogramos se establece el precio de venta de la fruta fresca en los últimos 5 años en la finca "La Soledad" con el fin de observar la variabilidad del precio, en la tabla 44 se puede observar en detalle cuales han sido los precios mínimos desde el año 2014 hasta el 2018.

**Tabla 45.** Costos de venta mínimo de aguacate variedad Lorena en la finca "La Soledad" (2014-2018)

Año	Aguacate (\$COP/kg)	
2014	\$	1.600
2015	\$	1.750
2016	\$	1.920
2017	\$	2.100
2018	\$	2.150

**Fuente.** Elaboración propia.

Además, la planta de extracción requiere de servicios de electricidad, agua y alcantarillado, en la siguiente tabla se presentará la variación de los precios de la materia prima y de los servicios públicos en los últimos 5 años, esto es presentado con el fin de calcular el porcentaje de variación de estos y poder proyectar los costos hasta el año 2023.

**Tabla 46.** Costos de materias primas y servicios (2014-2018)

Año	Aguacate (\$COP/kg)	Electricidad (\$COP/kwh)	Acueducto (\$COP/m <sup>3</sup> )		Alcantarillado (\$COP/m <sup>3</sup> )	
			Cargo fijo	Consumo básico	Cargo fijo	Consumo básico
2014	\$ 1.600	\$ 268	\$ 8.116	\$ 1.086	\$ 5.023	\$ 844
2015	\$ 1.750	\$ 292	\$ 8.373	\$ 1.120	\$ 5.182	\$ 871
2016	\$ 1.920	\$ 324	\$ 8.997	\$ 1.204	\$ 5.569	\$ 935
2017	\$ 2.100	\$ 327	\$ 10.337	\$ 1.724	\$ 6.066	\$ 1.625
2018	\$ 2.150	\$ 371	\$ 10.685	\$ 1.783	\$ 6.270	\$ 1.680
<b>Promedio</b>	<b>\$ 1.904</b>	<b>\$ 316</b>	<b>\$ 9.302</b>	<b>\$ 1.383</b>	<b>\$ 5.622</b>	<b>\$ 1.191</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 47.** Variación porcentual de los precios.

Año	% Variación precio del Aguacate	% Variación precio de electricidad	% Variación Acueducto		% Variación Alcantarillado	
			% Variación cargo fijo	% Variación consumo básico	% Variación cargo fijo	% Variación consumo básico
2014	1%	1%	4%	4%	4%	4%
2015	9%	9%	3%	3%	3%	3%
2016	10%	11%	7%	7%	7%	7%
2017	9%	1%	15%	43%	9%	74%
2018	2%	14%	3%	3%	3%	3%
<b>Promedio</b>	<b>6%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>	<b>12%</b>	<b>5%</b>	<b>18%</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

Una vez establecidos los valores porcentuales de variación de precios se procede a estimar los costos hasta el año 2023.

**Tabla 48.** Proyección de precios (2018-2023)

Año	Aguacate (\$COP/kg)	Electricidad (\$COP/kwh)	Acueducto (\$COP/m <sup>3</sup> )		Alcantarillado (\$COP/m <sup>3</sup> )	
			Cargo fijo	Consumo básico	Cargo fijo	Consumo básico
2018	\$ 2.150	\$ 371	\$ 10.685	\$ 1.783	\$ 6.270	\$ 1.680
2019	\$ 2.288	\$ 397	\$ 11.379	\$ 2.000	\$ 6.603	\$ 1.987
2020	\$ 2.435	\$ 425	\$ 12.118	\$ 2.243	\$ 6.953	\$ 2.350
2021	\$ 2.591	\$ 456	\$ 12.905	\$ 2.516	\$ 7.322	\$ 2.779
2022	\$ 2.758	\$ 488	\$ 13.744	\$ 2.822	\$ 7.710	\$ 3.287
<b>2023</b>	<b>\$ 2.935</b>	<b>\$ 523</b>	<b>\$ 14.636</b>	<b>\$ 3.165</b>	<b>\$ 8.119</b>	<b>\$ 3.888</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

Se establece que la tasa de consumo energético mensual será de 2232,9 kW, teniendo en cuenta que solo se van a utilizar los equipos durante 3 días, de igual forma, se estima que la cantidad de agua utilizada para los mismos 3 días serán 1988 m<sup>3</sup>. Con los datos obtenidos es posible hacer la proyección en costos totales para el año 2023 tanto para materia prima como para servicios públicos, estos están especificados en la Tabla 48.

**Tabla 49.** Costos totales de materia prima y servicios.

Año	Aguacate (\$COP)	Total servicios (\$COP)
2018	\$ 73.530.000	\$ 10.345.309
2019	\$ 78.252.253	\$ 11.074.575
2020	\$ 83.277.778	\$ 11.855.305
2021	\$ 88.626.054	\$ 12.691.132
2022	\$ 94.317.807	\$ 13.585.948
2023	\$ 100.375.097	\$ 14.543.919

**Fuente.** Elaboración propia.



La depreciación de los equipos se tiene en cuenta más adelante para el flujo de caja. Esta depreciación total de los equipos se estableció mediante un modelo lineal en el cual se determinó un tiempo de depreciación de 5 años, tiempo al cual está subspeciado el proyecto.

**Tabla 50.** Depreciación total anual de los equipos.

<b>Maquinaria</b>	<b>Depreciación anual (\$COP)</b>
Lavador	\$ 2.339.585
Despulpador	\$ 1.740.000
Deshidratador	\$ 5.570.440
Prensa	\$ 1.114.088
Vehículo	\$ 10.000.000
<b>Total</b>	<b>\$ 20.764.113</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

Los impuestos directos son todos los tipos de impuestos aplicados en la obtención de algún patrimonio de una persona jurídica, estos son aplicados de forma directa sobre la persona contribuyente.<sup>166</sup>

Para el caso del proyecto es necesario tener en cuenta el Impuesto predial debido a que se van a adquirir equipos y un lote, para el tema de ingresos netos es necesario tener en cuenta el Impuesto a la Renta y para las ventas totales por periodo es necesario tener en cuenta el Impuesto de Industria y Comercio (ICA), en la Tabla 50, se presentan las tasas de estos impuestos.

**Tabla 51.** Tasas de impuestos.

<b>Impuesto</b>	<b>Utilizado para</b>	<b>Tasa</b>
Impuesto Predial <sup>167</sup>	Equipos y Lote (Patrimonio)	0,012 \$COP/ \$COP inmueble

<sup>166</sup> RBUJAN. Los impuestos directos y los impuestos indirectos. May 30,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.pymesyautonomos.com/fiscalidad-y-contabilidad/los-impuestos-directos-y-los-impuestos-indirectos>

<sup>167</sup> CONSEJO DE BOGOTÁ D. C., Colombia. Acuerdo 648. (16, septiembre, 2016). Por la cual se simplifica el sistema tributario distrital y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2016. p. 1-9.

**Tabla 50.** (Continuación)

Impuesto de Renta <sup>168</sup>	Ingresos netos por período	33%
ICA <sup>169</sup>	Ventas totales por período	0,005 \$COP/ \$COP ingresos

**Fuente:** CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1819. (29, diciembre, 2016). Por la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D. C., 2016. Art. 100.

El valor anual de los impuestos será presentado en la Tabla 51, teniendo en cuenta que para el proyecto la inversión en el lote es de 230.000.000 \$COP.

**Tabla 52.** Costos totales de impuestos.

Año	Impuesto predial (\$COP)	Impuesto de renta (\$COP)	ICA (\$COP)	TOTAL (\$COP)
2019	-	-	-	-
2020	\$ 3.284.400	\$ 135.718.000	\$ 1.710.563	\$ 140.712.963
2021	\$ 3.284.400	\$ 136.203.000	\$ 1.864.513	\$ 141.351.913
2022	\$ 3.284.400	\$ 136.862.000	\$ 2.032.320	\$ 142.178.720
2023	\$ 3.284.400	\$ 137.721.000	\$ 2.215.228	\$ 143.220.628
2024	\$ 3.284.400	\$ 138.810.000	\$ 2.414.599	\$ 144.508.999

**Fuente.** Elaboración propia.

Para determinar el precio al cual se pretende vender el aceite de aguacate extraído se debe tener en cuenta que el precio está definido con el fin de solventar los costos operativos y productivos, además hay que tener en cuenta a las empresas productoras de aceite ya establecidas en el mercado, los consumidores y los proveedores de materias primas.<sup>170</sup>

Cabe resaltar que el aceite de aguacate no se encuentra registrado como producto en el DANE y CORABASTOS, por esta razón no se puede establecer una variación de precio a través de los años.

<sup>168</sup> CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1819. (29, diciembre, 2016). Por la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D. C., 2016. Art. 100.

<sup>169</sup> SECRETARÍA DISTRITAL DE HACIENDA DE BOGOTÁ D.C. SISTEMA DE RETENCIONES. [En Línea]. [Citado 11 noviembre, 2017] Disponible en: ( <http://www.shd.gov.co/shd/sistema-de-retenciones>).

<sup>170</sup> SAPAG, Nassir; SAPAG, Reinaldo. Preparación Y Evaluación De Proyectos. 3 ed. Colombia: Mc Graw Hill, 1998. p. 259-332

Teniendo en cuenta lo anterior, con el fin de establecer un precio adecuado para el mercado de aceite de aguacate extraído por el método de prensado en frío se procede a elaborar una tabla comparativa entre diferentes alternativas de este en el mercado, a continuación, se presentan los precios para 1 (un) galón de aceite de diferentes empresas en distintos países.

**Tabla 53.** Comparación de precios de aceite de aguacate.

<b>Empresa</b>	<b>Cantidad (gal)</b>	<b>Precio (\$COP)</b>	<b>País</b>
Biocate	1	\$ 568.500	Colombia
Baja precious	1	\$ 433.158	México
Green Health	1	\$ 361.715	México
Green Oil	1	\$ 448.750	Chile
Del Palto	1	\$ 468.522	Chile
Olivado	1	\$ 553.283	Nueva Zelanda
Avoro	1	\$ 511.115	México
Pacífica	1	\$ 383.336	EUA

**Fuente.** Elaboración propia.

Con base a lo anterior y teniendo en cuenta que debido al proceso de extracción y las condiciones de operación que permiten que el aceite sea considerado virgen se estableció un precio de \$ 470.000 COP para un galón extraído.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el punto 4.3.5 y la densidad relativa dada por los estudios fisicoquímicos realizados en la empresa BIOPOLAB, podemos calcular la cantidad de aceite extraído al día por medio de la modificación de la ecuación 6 para establecer el Volumen respecto a la masa y densidad y así poder posteriormente determinar cuanto aceite se obtendrá anualmente.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$V = \frac{60610 \text{ g de aceite obtenido}}{0,916 \text{ g/mL}}$$

$$V = 66168 \text{ mL de aceite de aguacate por día}$$

$$V = 66,168 \text{ L de aceite de aguacate por día x 3 días}$$

$$V = 198,504 \text{ L} = 52,44 \text{ US gal}$$

El aumento porcentual anual del costo del aceite de aguacate se establecerá respecto al aumento porcentual de la materia prima, en la tabla 53 se puede observar que este valor es del 6%. A continuación, se proyectarán los ingresos obtenidos por la venta de aceite hasta el año 2023.

**Tabla 54.** Proyección de ingresos.

Cantidad de aceite obtenida mensualmente (Galón)	Cantidad de aceite obtenida anualmente (galón)	Año	Precio (\$COP/ Galón)	Ingresos anuales (\$COP)
52,44	629,28	2018	\$ 470.000	\$ 295.761.600
52,44	629,28	2019	\$ 512.300	\$ 322.380.144
52,44	629,28	2020	\$ 558.407	\$ 351.394.357
52,44	629,28	2021	\$ 608.664	\$ 383.019.849
52,44	629,28	2022	\$ 663.443	\$ 417.491.636
52,44	629,28	2023	\$ 723.153	\$ 455.065.883

**Fuente.** Elaboración propia.

### **5.3 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO**

**5.3.1 Período de evaluación.** Corresponde a la línea del tiempo que se establecerá para evaluar financieramente el proyecto empezando desde el momento en el cual se hace una inversión inicial hasta que el proyecto termine, el tiempo de planeación para este proyecto será del año 2018 al año 2023 (5 años).<sup>171</sup>

**5.3.2 Flujo de caja neto.** Por medio del flujo de caja se pretende proyectar los resultados obtenidos teniendo en cuenta las inversiones en activos fijos tangibles e intangibles, capital usado para trabajo, impuestos, ingresos, etc. Esta es la herramienta más importante de la evaluación financiera puesto que con base a esta se puede determinar la viabilidad financiera de cualquier proyecto.

---

<sup>171</sup> MIRANDA, Juan José. Estructura Financiera del Proyecto. En: Gestión de Proyectos: Identificación-Formulación- Evaluación Financiera, Económica, Social, Ambiental. 4 ed. MM Editores. Bogotá D. C., 2003. p. 10-11

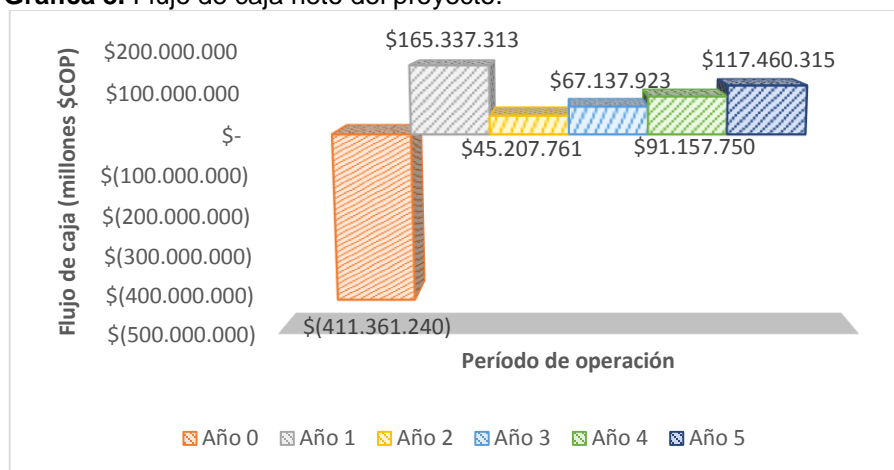
**Tabla 55.** Flujo de caja neto del proyecto.

Descripción	Año					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Ingresos operacionales</b>						
Ventas de aceite de aguacate (\$COP)	-	\$ 322.380.144	\$ 351.394.357	\$ 383.019.849	\$ 417.491.636	\$ 455.065.883
<b>Total ingresos (\$COP)</b>	-	\$ 322.380.144	\$ 351.394.357	\$ 383.019.849	\$ 417.491.636	\$ 455.065.883
<b>Costos operacionales</b>						
<b>Gastos de Capital</b>						
<b>Activos fijos (Tangibles)</b>						
Maquinaria y equipos	\$ 64.046.471	-	-	-	-	-
Vehículo	\$ 59.500.000	-	-	-	-	-
Lote	\$ 273.700.000	-	-	-	-	-
<b>Activos fijos (No tangibles)</b>						
Capacitaciones	\$ 4.760.000	-	-	-	-	-
Gastos Notariales	\$ 3.570.000	-	-	-	-	-
Registro INVIMA	\$ 5.784.769	-	-	-	-	-
<b>Total gastos de capital (\$COP)</b>	\$ 411.361.240					
<b>Gastos Operativos</b>						
Materia prima (\$COP)	-	\$ 78.252.253	\$ 83.277.778	\$ 88.626.054	\$ 94.317.807	\$ 100.375.097
Servicios públicos (\$COP)	-	\$ 11.074.575	\$ 11.855.305	\$ 12.691.132	\$ 13.585.948	\$ 14.543.919
Nómina (\$COP)	-	\$ 46.951.890	\$ 49.675.100	\$ 52.556.256	\$ 55.604.518	\$ 58.829.580
Depreciación (\$COP)	-	\$ 20.764.113	\$ 20.764.113	\$ 20.764.113	\$ 20.764.113	\$ 20.764.113
<b>Total gastos operativos (\$COP)</b>	-	\$ 157.042.831	\$ 165.572.296	\$ 174.637.554	\$ 184.272.386	\$ 194.512.709
<b>Impuestos directos</b>						
Impuesto predial (\$COP)	-	-	\$ 3.284.400	\$ 3.284.400	\$ 3.284.400	\$ 3.284.400
Impuesto de renta (\$COP)	-	-	\$ 135.718.000	\$ 136.203.000	\$ 136.862.000	\$ 137.721.000
ICA (\$COP)	-	-	\$ 1.611.901	\$ 1.756.972	\$ 1.915.099	\$ 2.087.458
<b>Total impuestos (\$COP)</b>	-	-	\$ 140.614.301	\$ 141.244.372	\$ 142.061.499	\$ 143.092.858
<b>Total Costos (\$COP)</b>	\$ 411.361.240	\$ 157.042.831	\$ 306.186.596	\$ 315.881.926	\$ 326.333.885	\$ 337.605.567
<b>Flujo neto (\$COP)</b>	-\$ 411.361.240	\$ 165.337.313	\$ 45.207.761	\$ 67.137.923	\$ 91.157.750	\$ 117.460.315

**Fuente.** Elaboración propia.

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del flujo de caja en el período de tiempo establecido.

**Gráfica 8.** Flujo de caja neto del proyecto.



**Fuente.** Elaboración propia.

Para calcular el valor exacto de recuperación se utilizó la siguiente ecuación:<sup>172</sup>

$$\text{Período de payback} = \left[ \text{Período último con flujo acumulado negativo} \right] + \left[ \frac{\text{Valor absoluto del último flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del flujo de caja en el siguiente período}} \right]$$

(Ecuación 30)

el período de recuperación para el proyecto es 4,36, lo que indica que la inversión será recuperada después de los 4 años de iniciadas las operaciones del proceso.

## 5.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTO

Son herramientas que permiten aceptar o rechazar el proyecto analizado, estas herramientas buscan calcular si los ingresos que se obtienen de acuerdo con las inversiones realizadas son más altos que las expectativas de los inversionistas.<sup>173</sup>

Por medio de estos criterios se pretende observar si la rentabilidad del proyecto es la deseada, es decir como mínimo recuperar la inversión, en este proyecto los criterios a evaluar serán la Tasa interna de retorno (TIR), Tasa Interna de Oportunidad (TIO) y el Valor Presente Neto (VPN).

**5.4.1 Tasa interna de retorno (TIR).** Por medio de la TIR se pretende evaluar el proyecto en una sola tasa de rendimiento por período, es decir la tasa porcentual en la cual se recupera la totalidad de la inversión realizada.<sup>174</sup> La TIR es de igual forma es aquella tasa que hace que el Valor Presente Neto sea igual a cero, por lo tanto, es posible calcular el valor de la TIR por medio de la siguiente ecuación:<sup>175</sup>

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad \text{(Ecuación 31)}$$

Donde:

BN = Beneficio neto del flujo en el período t.

TIR = Tasa Interna de Retorno.

I<sub>0</sub> = Inversión en el período 0.

<sup>172</sup> MONCAYO, Carolina. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback. Dic 23,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback/>

<sup>173</sup> ACTUALÍCESE, Investigación Contable y Tributaria en Profundidad. Indicadores Financieros. [En línea]. [Citado 5 Mayo ,2017] disponible en: (<https://actualicese.com/2015/02/26/definicion-deindicadores-financieros/>)

<sup>174</sup> SAPAG; SAPAG. Op. Cit., p. 318

<sup>175</sup> *Ibíd.*, p. 319

Para el flujo de caja neto observado en el punto 5.3.2 el valor de la Tasa Interna de Retorno es de: 6,11%, lo que quiere decir que el proyecto es rentable a esta tasa porcentual. En el anexo C se observa el cálculo completo para este valor.

**5.4.2 Tasa Interna de Oportunidad (TIO).** También llamada Tasa Mínima de Descuento, es la tasa mínima en la cual los inversores están dispuestos a obtener ganancias al realizar la inversión de un proyecto, para el cálculo de la TIO es necesario calcular un promedio de los indicadores económicos como el Crédito de Depósito a Término (CDT al año inmediatamente anterior de iniciar el proyecto), la Tasa Promedio de Captación del CDT conocida como DTF, además, se debe tener en cuenta una tasa subjetiva del inversor y la tasa de inflación reportada por el Banco de la república de Colombia.

Por medio de la siguiente ecuación es posible calcular el valor de la Tasa Interna de Oportunidad<sup>176</sup>:

$$TIO = \frac{[CDT]+[DTF]+[Tasa\ Inversor]}{3} \quad (\text{Ecuación 32})$$

El valor obtenido por medio de la ecuación 30 corresponde al 12.25% efectivo anual.

Siendo este porcentaje mayor al de la TIR es posible concluir preliminarmente que el proyecto no es viable con esta tasa, sin embargo, para corroborar esta información es necesario proceder al cálculo del VPN.

**5.4.3 Valor Presente Neto (VPN).** El criterio del Valor Presente Neto plantea que el proyecto puede aceptarse si su valor actual neto es igual o superior a cero donde el valor de la VPN es expresado como la diferencia entre todos los ingresos y egresos en moneda corriente colombiana (\$COP).<sup>177</sup> La expresión matemática que permite el cálculo de la VPN es la siguiente:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+TIO)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+TIO)^t} - I_0 \quad (\text{Ecuación 33})$$

Donde:

$Y_t$  = Flujo de ingresos del proyecto.

$E_t$  = Flujo de egresos del proyecto.

$I_0$  = Inversión inicial del proyecto.

TIO = Tasa Interna de Oportunidad.

---

<sup>176</sup> CHIVATA, Daniel; DUARTE, Camilo. Diseño Conceptual De Una Planta Para El Aprovechamiento De Caucho Molido De Neumáticos Usados a Partir De Pirólisis. Fundación universidad de America, 2018. p. 145

<sup>177</sup> SAPAG; SAPAG. Op. Cit., p. 317

El Valor Presente Neto durante los 5 años de proyección equivale a -57.390.308 \$COP. Este valor es negativo ya que para que un proyecto sea viable financieramente, el valor de la TIR debe ser mayor o igual que el valor de la TIO.<sup>178</sup>

Debido a la no viabilidad financiera del proyecto se procederá a elaborar un análisis de sensibilidad variando los costos de venta del aceite de aguacate con el fin de observar la alteración en el valor de la TIO, la TIR y la VPN, para concluir así cual es el precio de venta necesario para que el proyecto sea rentable y viable financieramente.

**5.4.4 Análisis de sensibilidad.** Como fue mencionado anteriormente se pretende aumentar los precios de venta del aceite de aguacate en un 2%, esto con el fin de observar la variabilidad de los criterios financieros y establecer cual será el precio de venta necesario para encontrar una viabilidad financiera en el proyecto.

En la tabla 55 se puede observar la variación de los criterios frente al nuevo precio de venta de aceite de aguacate.

**Tabla 56.** Variación de criterios financieros frente a precios de aceite de aguacate.

<b>Precio aceite de aguacate (\$COP)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VPN (\$COP)</b>
\$ 470.000	6,11	-57.390.308
\$ 479.400	9,06	-30.384.063
\$ 488.988	11,96	-2.837.691
\$ 498.768	14,82	25.260.296
\$ 508.743	17,64	53.918.520

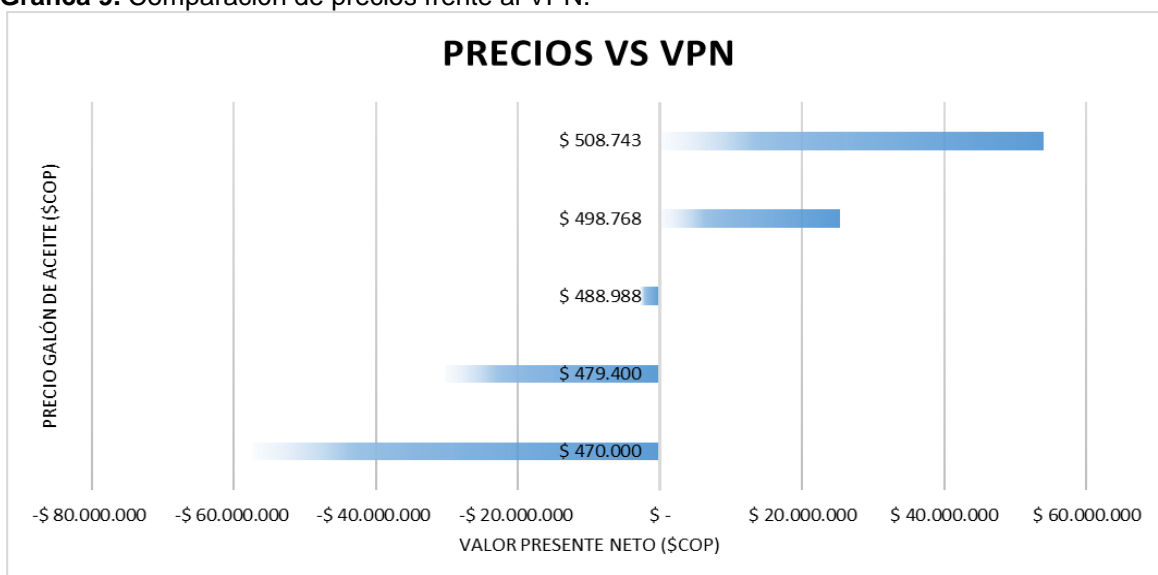
**Fuente.** Elaboración propia.

En la gráfica 9 se observa un resumen de la tabla anterior.

<sup>178</sup> GONZÁLEZ, Oscar. Estudio Económico LI - Apuntes De La Materia Formulación Y Evaluación Proyectos / Ingeniería Financiera. Colombia: 2017.



**Gráfica 9.** Comparación de precios frente al VPN.



**Fuente.** Elaboración propia.

Se puede observar que al tomar un precio de \$498.760 COP para el galón de aceite de aguacate, el valor de la TIR (14,82%) es mayor que el establecido en el punto 5.4.2 en la TIO (12,25%), esto quiere decir que con este valor el proyecto es viable financieramente, además, se puede corroborar esta información con el Valor Presente Neto (\$ 25.260.296 COP).

En la tabla 56 se presenta un resumen de los criterios de evaluación del proyecto para el precio establecido por el análisis de sensibilidad.

**Tabla 57.** Resumen criterios de evaluación del proyecto.

<b>Precio de aceite: \$ 498.768 COP</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
TIO	12,25%
TIR	14,82%
VPN	\$ 25.260.296

**Fuente.** Elaboración propia.

De acuerdo a los indicadores calculados en este capítulo el proyecto puede llegar a ser viable, sin embargo es necesario ampliar el mercado del aceite de aguacate en Colombia debido a que no se encuentran datos ni en los boletines del DANE ni en las normas técnicas Colombianas, lo que refleja la poca incursión que ha tenido el aceite de aguacate en Colombia, es por esto que la extracción del aceite de aguacate variedad Lorena se ve como una oportunidad de ingresos para la finca “La soledad” y una ayuda a expandir el mercado de este aceite en Colombia.

## 6. CONCLUSIONES

- Por medio de la caracterización del aguacate variedad Lorena se logró establecer las propiedades físicas y químicas principales de este fruto. Los resultados para cada una de las propiedades fueron: peso promedio para la muestra tomada ( $436,22 \pm 12,17$  g), porcentaje de pulpa ( $88,52\% \pm 6,46 \times 10^{-3}$  %), porcentaje de semilla ( $9,32\% \pm 6,27 \times 10^{-3}$  %), porcentaje de cáscara ( $2,17\% \pm 1,96 \times 10^{-4}$  %), Densidad real ( $0,9570 \pm 0,0168$  g/mL), densidad aparente ( $165,04$  kg/m<sup>3</sup>), porosidad (82,75%), pH (6,4-6,55), porcentaje de humedad y materia volátil (84,3%), contenido de grasa (12,5%), materia seca ( $70,88 \pm 3,43$  %) y una dureza entre 3,7 kgf/cm<sup>2</sup> y 4,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que la cantidad de aceite obtenido está relacionada directamente con el contenido de grasa del aguacate variedad Lorena, es posible concluir que la cantidad a extraer no será alta.
- Se llevaron a cabo los métodos de extracción por solventes y por prensado en frío debido a los criterios de evaluación que se tuvieron en cuenta tanto para la industria como para el desarrollo del proceso. Aunque el aceite obtenido por medio de las dos extracciones cumplía con las características microbiológicas para ser utilizado en la industria cosmética, el aceite extraído por el método de solvente tuvo como resultado una acidez mayor a la establecida por la resolución Nacional para aceites usados en esta industria, además, el contenido de yodo del aceite extraído por solventes no se encuentra dentro los límites de las normas mexicanas y la resolución 2154 por tales razones, la extracción elegida para el aceite utilizado en la industria cosmética fue el prensado en frío, esto debido a que en su mayoría a comparación del aceite extraído por solventes cumple con los requerimientos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la normatividades y además, el proceso permite que el aceite conserve la mayoría de las propiedades benéficas del aguacate como fruta sin utilizar ningún tipo de químico para su obtención.
- Fueron seleccionados los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de extracción por el método de prensado en frío para la finca “La Soledad” ubicada en el municipio de Mariquita-Tolima logrando concluir así, que el equipo más crítico del proceso es el deshidratador ya que de acuerdo a la capacidad de carga de este, se debe establecer los flujos de entrada de la materia prima al proceso, por otro lado el deshidratador es el equipo con más consumo energético de los establecidos, por tal razón, será el proceso más costoso de toda la extracción.
- Teniendo en cuenta la producción por cosecha de la finca “La Soledad” y que parte de esta seguirá siendo destinada para la venta del fruto fresco, se establecieron los flujos de entrada para el proceso de extracción por prensado en frío, es así como se determinó que para la extracción era sugerido utilizar una

cantidad de 2,85 Toneladas de aguacate variedad Lorena del cual se obtuvo un total de 181,83 kg de aceite vegetal.

- Para que el proceso sea viable financieramente es necesario darle un precio de venta al galón de aceite de aguacate de \$498.760 COP, a partir de este valor la Tasa Interna de Retorno (14,82%) es mayor a la Tasa Interna de Oportunidad (12,25%). Para esta evaluación se tuvieron en cuenta los costos de los equipos, materia prima, servicios, operarios e impuestos proyectados a 5 años. La ganancia obtenida para este precio de galón de aguacate será de \$ 25.260.296 COP.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para obtener beneficios económicos más altos del fruto de aguacate variedad Lorena, es recomendable investigar sobre las diferentes aplicaciones que pueden tener la semilla, la cáscara y la misma pulpa ya que una vez obtenido el aceite estos residuos orgánicos se desechan y no se aprovechan de ninguna forma.
- Debido a que solo se tuvieron en cuenta dos procesos de extracción, es considerable elaborar diferentes trabajos o investigaciones con los métodos que no fueron tenidos en cuenta en este proyecto, esto debe ser llevado a cabo para considerar cual de los procedimientos trae consigo mayor beneficios económicos y un mayor rendimiento de producción.
- Se recomienda desarrollar el diseño del deshidratador de bandejas con todas las especificaciones y requerimientos para el proceso de secado de aguacate ya que este es el equipo crítico del proceso y es necesario establecer de forma exacta los balances de energía específicos para la fruta, cabe resaltar que el diseño de este equipo es tema principal para un trabajo de grado completo.
- Se propone realizar un estudio de mercado detallado para el aceite de aguacate en Colombia con el fin de obtener datos exactos sobre publicidad, etiquetado, consumo, envasado, oferta y demanda.
- Debido a los porcentajes de grasa que tiene el aguacate variedad Lorena es recomendable efectuar la evaluación técnico-financiera para otra variedad en la cual el valor de esta característica sea más alto y así, comparar los resultados que se obtengan con los presentados en este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

ABRAIRA,V. Desviación estándar y error estándar. En: SEMERGEN - Medicina De Familia. vol. 28, no. 11.

ACOSTA, Martha Cecilia. Evaluación Y Escalamiento Del Proceso De Extracción De Aceite De Aguacate Utilizando Tratamiento Enzimático. Universidad Nacional de Colombia, 2011.

ACTITUDFEM. El aguacate en la industria cosmética. Oct 05,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.actitudfem.com/belleza/tratamientos-piel/productos/el-aguacate-en-la-industria-cosmetica>

ACTUALÍCESE, Investigación Contable y Tributaria en Profundidad. Indicadores Financieros. [En línea]. [Citado 5 Mayo ,2017] disponible en: (<https://actualicese.com/2015/02/26/definicion-deindicadores-financieros/>)

ALIEXPRESS. Nylon filtración malla 120 125 micras Telas líquido agua tensión tela de poliéster bolsa de filtro para leche lúpulo té Brewing food. Feb 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en:<https://es.aliexpress.com/store/product/Nylon-Filtration-120-Mesh-125-Micron-Fabric-Water-Liquid-Strain-Polyester-Cloth-Filter-Bag-For-Milk/>

AMÓRTEGUI, Ferro Ignacio; CAPERA, Edgar; GODOY José Vicente. El Cultivo Del Aguacate Modulo Educativo Para El Desarrollo Tecnológico De La Comunidad Rural. Colombia: Corporación para la Promoción del Desarrollo Rural y Agroindustrial de Tolima - PROHACIENDO, 2001.

ANALIZA CALIDAD ® ASESORES. Análisis De Microorganismos Aerobios Mesófilos. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi178arm2004-4.pdf>

ATEHORTUA, M. Aguacates. Medellín: Secretaria de Agricultura y Fomento de la Gobernación de Antioquia (1975).

AVILÁN, L.; LEALI, F. y BAUTISTA, D. Lauraceae. En: Manual de Fruticultura, Cultivo y Producción. 1ª ed. Ed América, Chacaito (Venezuela), 1989

BERNAL, Jorge A., et al. Tecnología Para El Cultivo De Aguacate. 5ta ed. Rionegro, Antioquia, Colombia: corpoica, 2008. P

BIOCATE. Procesos y Tecnología. [Consultado el Sep 10, 2017]. Disponible en: <a href='http://biocatecolombia.com/seccion.aspx?nombre=PROCESOS%20Y%20TECNOLOGIA' target='\_blank'><http://biocatecolombia.com/seccion.aspx?nombre=PROCESOS%20Y%20TECNOLOGIA></a>

BRICEÑO, Felipe. Estado Actual Y Perpectivas De La Cadena Del Aguacate En Aguacate En Colombia. Valle del Cauca Colombia: 2014.

C.J. GEANKOPLIS. Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias. 3era ed. Mexico: CECSA, 1998. p. 579

CANO SALAZAR,J. A.; BUELVAS SALGADO,G. A.; y PATIÑO GÓMEZ,J. H. Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (Persea americana Mill) utilizando tratamiento enzimático. En: Revista Lasallista De Investigación. vol. 9, no. 2.

CENTRO PARA CONTROL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES. E. coli y la seguridad de los alimentos. May 5,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/ecoli/index.html>

CERDAS, Maria Del Milagro; MONTERO, Marta; DÍAZ, Eduardo. Manual De Manejo Pre Y Post Cosecha De Aguacate. San Jose, Costa Rica: 2006.

CERVONE,H. Frank. Applied digital library project management. En: OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives. Oct 30,. vol. 25, no. 4.

COMEK. Ficha tecnica de Despulpadora Ref. 1.000. Jun 16,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.comek.com.co/index.php/manuales-e-instrucciones.html>

COMUNIDAD ANDINA,INVIMA. Resolucion 1418 - Límites de contenido microbiológico en productos cosméticos. En: Resoluciones. Jun 9,.

CONDORI, Moisés. Análisis De Extracción De Aceite De Palta (Persea Americana) De La Variedad Fuerte Por Evaporación Rápida De Agua. Juliana, Peru: Universidad Peruana Unión, 2016.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1819. (29, diciembre, 2016). Por la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D. C., 2016. Art. 100.

CONSEJO DE BOGOTÁ D. C., Colombia. Acuerdo 648. (16, septiembre, 2016). Por la cual se simplifica el sistema tributario distrital y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C., 2016.

CHAPARRO, Maria Cristina; ROJAS. Caracterización De Los Productos Hortifrutícolas Colombianos Y Establecimiento De Las Normas Técnicas De Calida; Colombia. 2004.

CHIVATA, Daniel; DUARTE, Camilo. Diseño Conceptual De Una Planta Para El Aprovechamiento De Caucho Molido De Neumáticos Usados a Partir De Pirólisis. Fundación universidad de America, 2018.

DANE. El Cultivo Del Aguacate (Persea Americana Miller.), Fruta De Extraordinarias Propiedades Alimenticias, Curativas E Industriales (Primera Parte). Colombia: 2015.

FERNANDO, Diego. Aceite de aguacate, opción de ingresos. Colombia. May 3,. [Consultado el Sep 3,2017]. Disponible en: <http://www.lapatria.com/campo/aceite-de-aguacate-opcion-de-ingresos-79126>

FIDUCIARIA COLOMBIANA DE COMERCIO EXTEROR, S A. Plan de Negocios de Aguacate. Nov. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/documentos/PLAN%20DE%20NEGOCIO%20AGUACATE%20131211.pdf>

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN FEN. Aguacate - Avocado Persea Americana. Mar 17,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/aguacate.pdf>

GOLZALÉZ, Oscar; DAVILA, Luz Marina. Modulo Evaluación de proyectos. Ene 13,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/ingenieriafinanciera2000/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos/libros>

GONZÁLEZ, Oscar. Estudio Económico LI - Apuntes De La Materia Formulación Y Evaluación Proyectos / Ingeniería Financiera. Colombia: 2017.

GRUPO OLEO LAB, S A. Aceite de aguacate. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://oleolab.com/productos/detalles/9>

GUADALUPE, Socorro, et al. Microbiología general de Staphylococcus aureus: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación En: Hipertension Y Riesgo Vascular. vol. 32, no. 3.

GUPTA, R. K.; DAS, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, (1997).

HOLYPHANT EN ALIBABA. Avocado, Walnut ,Green Olive Oil Hydraulic Cold Press Machine. Sep 11,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.alibaba.com/product-detail/Avocado-Walnut-Green-Olive-Oil>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Determinación Del Contenido Porcentual de Grasa o Aceite. Método Soxhlet. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2017. NTC 6240.

----- Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. NTC 1486. 110 p.

----- Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. NTC 4490. 33 p.

----- Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. NTC 5613. 45 p.

----- Frutas frescas. Aguacate. Variedades Mejoradas Especificaciones. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2003. NTC 5209.

----- Productos Agrícolas. Aguacate. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1996. NTC 1248.

----- Frutas Frescas. Aguacate. Especificaciones Del Empaque. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1996. NTC 1248-2.

----- Frutas Frescas. Aguacate. Almacenamiento Y Transporte. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1996. NTC 1248-3.

----- Oleaginosas. Determinación Del Contenido De Humedad Y Materia Volátil. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1986. NTC 947-1.

----- Frutas Y Hortalizas Frescas. Toma De Muestras. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1977. NTC 756.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana Oleaginosas. Determinación Del Contenido De Humedad Y Materia Volátil. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1986.

K. GARCÉS, Laura. Los Beneficios de los Aceites Extraídos en Frío. Jul. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.biomanantial.com/los-beneficios-de-los-aceites-extraidos-en-frio-a-1484-es.html>

LONDOÑO, Julián, et al. Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. En: Revista Lasallista De Investigación. vol. 9, no. 2.

MAQUIPRES COL. Deshidratador de cuatro carros. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.maquipres.com/Deshidratadores.html>

MAR GALISTEO. Descubre los beneficios del aceite de aguacate: cosmética natural. Ene 10,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en:



<https://margalisteo.com/descubre-los-beneficios-del-aceite-de-aguacate-cosmetica-natural/>

MÁRQUEZ CARDOZO, C. J., et al. Changes physical-chemical of avocado (*Persea americana Mill. cv. "Hass"*) in postharvest for two municipalities of Antioquia. En: Revista Temas Agrarios. vol. 19, no. 1.

MARTÍNEZ, L., et al. Extracción y caracterización del aceite de aguacate. España. Junio 1988

MARTÍNEZ, M. La Refinación del Aceite de Aguacate. Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, (2002).

MCCABE/SMITH. Operaciones Básicas De Ingeniería Química. Volumen 2 ed. Barcelona: Reverté S.A, 1987.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO. Cadena De Aguacate Indicadores E Instrumentos. Colombia: 2016.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2154 De 2012. En: Minsalud.Gov. Ago 8,.

MIRANDA, Juan José. Estructura Financiera del Proyecto. En: Gestión de Proyectos: Identificación Formulación- Evaluación Financiera, Económica, Social, Ambiental. 4 ed. MM Editores. Bogotá D. C., 2003.

MONCAYO, Carolina. Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback. Dic 23,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback/>

MORATA, Antonio. Nuevas Tecnologías De Conservación De Alimentos. 2da ed. Madrid, España: 2010.

NIROSA. Diagramas de flujo de proceso (PFD) y P&ID. Oct. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://nirosa.es/servicio/diagramas-de-flujo-de-proceso-pfd/>

NORMAS MEXICANAS DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. NMX F 317 S 1978. Determinación De pH En Alimentos. Determination of pH in Foods. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas. México: 1978.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS. Aceites Y Grasas - Aceite De Aguacate Especificaciones; México: 2008.

OLEOTEKA. Aceite de Aguacate. Sep 28,. [Consultado el Abril 8 del 2018]. Disponible en: <https://oleoteka.com/aceite-de-aguacate/>

PÁVAS, Cesar Andrés. Organización De Cadena Productiva Del Aguacate. Colombia: 2015.

PÉREZ, Eduardo. Diseño De Un Sistema Deshidratador De Alimentos Geotérmico De Baja Entalpía. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

PÉREZ, R; VILLANUEVA, S.; COASÍO, R. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Gnosis*. 2005;3(10):1. <http://www.redalyc.org/pdf/730/73000310.pdf>

PROVITAL GROUP. Avocado Oil. En: Botany. Mar 2.

QING, Dan Nan. Pseudomonas aeruginosa. En: Inspección y tecnología. Mar 15,. vol. 46, no. 3, p. 238-239

QUIMIPUR,S. L. U. Ficha de datos de seguridad&nbsp; Sep 28,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://quimipur.com/pdf/eter-petroleo-40-60.pdf>

RAMOS, Hennessey Licelander. 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. Universidad de Manizales; 2017

RBUJAN. Los impuestos directos y los impuestos indirectos. May 30,. [Consultado el 5 de Mayo del2018]. Disponible en: <https://www.pymesyautonomos.com/fiscalidad-y-contabilidad/los-impuestos-directos-y-los-impuestos-indirectos>

ROSENTHAL, A. PYLE, D. NIRANJAN, K. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction. *Enzyme and Microbial Technology*. Vol. 19 (1996).

SANDOVAL, Angélica; FORERO, Freddy; GARCIA, Jairo. Postcosecha Y Transformación De Aguacate: Agroindustria Rural Innovadora. Espinal - Tolima: CORPOICA, 2010.

SANGINÉS, Leonor. Aguacates en alimentacion humana y animal. una reseña corta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 2008

SANIFARMA. Propiedades de los minerales en el cuidado de la piel. Ene 23,. [Consultado el May 7 del 2018]. Disponible en: <http://www.sanifarma.com/blog/cosmetica/propiedades-de-los-minerales-en-el-cuidado-de-la-piel>

SAPAG, Nassir; SAPAG, Reinaldo. Preparación Y Evaluación De Proyectos. 3 ed. Colombia: Mc Graw Hill, 1998.

SECRETARÍA DISTRITAL DE HACIENDA DE BOGOTÁ D.C. SISTEMA DE RETENCIONES. [En Línea]. [Citado 11 noviembre, 2017] Disponible en: (<http://www.shd.gov.co/shd/sistema-de-retenciones>).

SERPA, Angélica, et al. Extracción De Aceite De Aguacate Variedad "Hass" (Persea americana Mill) Liofilizado Por Prensado En Frío. En: Revista Investigaciones Aplicadas. Jul 1,., vol. 8, no. 2.

SRAML. Lavadora de fruta. Oct 9,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://sraml.com/es/productos/m\\_quinas\\_para\\_frutas\\_de\\_hueso/29/lavadora\\_de\\_fruta/](http://sraml.com/es/productos/m_quinas_para_frutas_de_hueso/29/lavadora_de_fruta/)

SUPER INTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Cosméticos Para El Cuidado De La Piel De Origen Natural. Colombia: 2013.

UNIVERSIDAD DE CARABOBO. Diagrama de Bloques. Mar 27,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3\\_2.htm](http://www.ing.uc.edu.ve/~dgramos/tem3/tema3_2.htm)

VARGAS, W.G.Lauráceas. En: Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Ed. Universidad de Caldas. Colección de Ciencias Agropecuarias, Manizales. 2002.

VAXASOFTWARE. Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C; Jul 28,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/denh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/denh2o.pdf)

VELIS, Juan Carlos. Los Diagramas En La Ingeniería De Procesos. Mar 19,. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://ingjcveliz.wixsite.com/ingenieria-procesos/single-post/2016/03/19/INGENIER%C3%8DA-DE-PROCESOS>

VERA, Duvan Alberto. Apuntes Materia Oleoquímica Extracción De Aceites; Colombia: 2017.

VIDAL, Noemí. Productos cosméticos orgánicos, una tendencia de mercado. [Consultado el 5 de Mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.ainia.es/insights/productos-cosmeticos-organicos-una-tendencia-de-mercado/>

WONG, Marie; REQUEJO-JACKMAN, Cecilia; WOLF, Allan. What is unrefined, extra virgin cold-pressed avocado oil? Abr. [Consultado el 5 de Mayo del 2018].

Disponibile en: <https://www.aocs.org/stay-informed/read-inform/featured-articles/what-is-unrefined-extra-virgin-cold-pressed-avocado-oil-april-2010>

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### TABLAS DE CONTENIDO DE PULPA, CÁSCARA Y SEMILLA DE AGUACATE VARIEDAD LORENA.

Tabla 57. Contenido de pulpa cáscara y semilla de aguacate variedad Lorena.

Número de unidad	Peso total de la fruta (g)	Peso total de la pulpa (g)	Peso total de la semilla (g)	Peso total de la cáscara (g)
1	407,27	366,95	36,18	6,14
2	430,16	388,86	35,63	9,38
3	491,63	447,38	47,63	6,16
4	471,41	414,84	46,12	10,45
5	425,36	377,29	39,01	9,06
6	412,52	375,81	33,58	11,77
7	431,62	371,19	48,85	11,58
8	433,78	390,84	32,65	10,29
9	459,19	404,09	42,17	12,93
10	403,64	345,11	49,06	9,47
11	411,42	360,82	41,42	9,18
12	472,58	417,76	46,21	8,61
13	418,23	375,57	34,51	8,15
14	411,39	356,26	46,82	8,31
15	416,47	369,41	40,18	6,88
16	420,84	380,02	32,58	8,24
17	495,09	446,08	35,91	13,1
18	447,77	387,32	50,19	10,26
19	435,93	384,05	40,76	11,12
20	428,07	387,83	32,28	7,96
<b>Total</b>	8724,37 g	7747,49 g	811,74 g	189,04 g
<b>Promedio</b>	436,22 ± 12,17g	387,37 ± 11,56 g	40,59 ± 2,72g	9,45 ± 0,88 g
<b>Desviación Estándar</b>	27,77	26,36	6,23	2,01
<b>Error Estándar</b>	6,21	5,90	1,39	0,45

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 58.** Porcentaje de pulpa, semilla y cáscara.

<b>Número de unidad</b>	<b>Peso total de la fruta (g)</b>	<b>Porcentaje de pulpa (%)</b>	<b>Porcentaje de semilla (%)</b>	<b>Porcentaje de cáscara (%)</b>
1	407,27	89,61%	8,88%	1,51%
2	430,16	89,54%	8,28%	2,18%
3	491,63	89,06%	9,69%	1,25%
4	471,41	88,00%	9,78%	2,22%
5	425,36	88,70%	9,17%	2,13%
6	412,52	89,01%	8,14%	2,85%
7	431,62	86,00%	11,32%	2,68%
8	433,78	90,10%	7,53%	2,37%
9	459,19	88,00%	9,18%	2,82%
10	403,64	85,50%	12,15%	2,35%
11	411,42	87,70%	10,07%	2,23%
12	472,58	88,40%	9,78%	1,82%
13	418,23	89,80%	8,25%	1,95%
14	411,39	86,60%	11,38%	2,02%
15	416,47	88,70%	9,65%	1,65%
16	420,84	90,30%	7,74%	1,96%
17	495,09	90,10%	7,25%	2,65%
18	447,77	86,50%	11,21%	2,29%
19	435,93	88,10%	9,35%	2,55%
20	428,07	90,60%	7,54%	1,86%
<b>Promedio</b>	436,22 ± 12,17 g	88,52% ± 6,46x10 <sup>-3</sup> %	9,32% ± 6,27x10 <sup>-3</sup> %	2,17% ± 1,96x10 <sup>-4</sup> %
<b>Desviación Estándar</b>	27,77	0,015	0,014	0,004
<b>Error Estándar</b>	6,21	0,0033	0,0032	0,0001

**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 59.** Datos utilizados para representaciones gráficas de humedad y peso a través del tiempo

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Humedad (%)</b>
0	85,205	0
12	83,619	16,648
24	82,214	31,395
36	80,517	49,204
48	79,228	62,730
60	78,264	72,850
72	77,539	80,465
84	77,282	83,155
96	77,148	84,564
126	77,170	84,334

**Fuente.** Elaboración propia.



## ANEXO B

- **RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA EL ACEITE DE AGUACATE OBTENIDO POR EL MÉTODO DE SOLVENTES.**

**Figura 28.** Resultados microbiológicos para el aceite extraído por el método de solventes.



**CENTRO DE DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**  
Análisis de productos farmacéuticos, cosméticos, veterinarios, alimentos, aguas, materias primas, ambientes, envases, superficies, equipos, personal, evaluación de desinfectantes y asesorías técnicas.  
NIT. 830.116.846-4

---

**REPORTE MICROBIOLÓGICO**

NÚMERO DE ANÁLISIS	AG 14231
NOMBRE DEL CLIENTE	ANDRES FELIPE MELO
PRODUCTO	ACEITE DE AGUACATE SOLVENTE
LOTE	030418
PRESENTACIÓN	FRASCO PLÁSTICO X 500 mL
FECHA DE RECEPCIÓN	03 - ABRIL - 2018
FECHA DE ANÁLISIS	03 - ABRIL - 2018
FECHA DE REPORTE	06 - ABRIL - 2018
MÉTODO	RECUENTO EN PLACA / INVESTIGACIONES SELECTIVAS USP 39 <61>
CIUDAD	BOGOTÁ D.C.

RECUENTOS E INVESTIGACIONES	RESULTADOS
<b>RECuento TOTAL DE MESÓFILOS AEROBIOS</b> Medio PCA T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas - Lote: M5E4DQ01. FV: Marzo/2020	0 ufc / mL
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Escherichia coli</i></b> Medios Caldo Lauryl Sulfato - Lote: 109926B. FV: Julio/31/2021 EMB Agar T° 32.5 °C ± 2.5 °C x 48 Horas - Lote: 233441. FV: Junio/2019	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Staphylococcus aureus</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas Lote: 8731116. FV: Diciembre/14/2021 Manitol Agar T° 32.5 °C ± 2.5 °C x 48 Horas – Lote: H1B4FQ01. FV: Mayo/01/2020	AUSENTE
<b>INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas Lote: 8731116. FV: Diciembre/14/2021 Cetrimide Agar T°32.5°C ± 2.5°C x 24 Horas - Lote: 239974. FV: Agosto/2019	AUSENTE

**OBSERVACIONES:**

Muestra tomada por el Cliente.

ufc / mL: Unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra analizada.

**RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA.**

Atte:   
 TERESA DE JESUS LOPEZ MARTINEZ  
 Bacterióloga, LC. Microbióloga Ind. MBA.  
 Tarjeta profesional 41768500. SDS




**CENTRO DE DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**  
**CEDIMI S.A.S.**  
 NIT.830.116.846-4

---



Carrera 22 No 159A-31- Teléfonos: 6057746 / 7741063 Celular: 310-2 57 27 80  
 E-mail: cedimi@hotmail.com – ce\_di\_mi@yahoo.com - Bogotá D.C. Colombia

**Fuente.** Centro de Diagnóstico microbiológico, Marzo 2018.

Figura 29. Resultados fisicoquímicos para el aceite extraído por el método de solventes.



**biopolab**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS  
Código: F-08-02  
Versión: 2  
Fecha: 26/01/2016

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

**RESULTADOS DE ANÁLISIS ALIMENTOS**

INFORME DE RESULTADOS N°: 23737

<b>CLIENTE:</b> NELSON ANDRÉS MORA MEDINA <b>NIT:</b> 1019084495 <b>TELÉFONO:</b> 7532101 <b>CONTACTO:</b> Nelson Andrés Mora Medina <b>CARGO:</b> N.E. <b>DIRECCIÓN:</b> cra 58 # 125 B - 96 <b>CIUDAD:</b> Bogotá <b>ID. MUESTRA:</b> 18-3223 <b>ODS:</b> 18-1239	<b>COTIZACIÓN N°:</b> 18-370 <b>FECHA FABRICACIÓN:</b> 27/03/2018 <b>FECHA VENCIMIENTO:</b> N.E. <b>CANTIDAD (g/mL):</b> 530 mL <b>FECHA DE MUESTREO:</b> 4/04/2018 <b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 4/04/2018 <b>TIPO DE EMPAQUE:</b> PET <b>PUNTO DE CAPTACIÓN/Orden de servicio cliente:</b>	<b>PRODUCTO:</b> Aceite de aguacate solvente <b>LOTE:</b> 2 <b>ESTADO:</b> N.E. <b>T (°C) MUESTRA:</b> N.E. <b>RESPONSABLE MUESTREO:</b> Cliente <b>TEMP. RECEPCIÓN:</b> 18 °c <b>Aceite de aguacate solvente</b>
<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b> Análisis FQ: 15 días      Análisis MB: 24 horas		

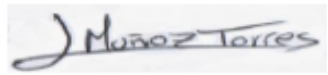
*Fisicoquímica*

FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA
9/04/2018	Índice de Yodo Wtjs	72,9	cg/g	Método Wtjs	NTC 1322	NO ESPECIFICA
9/04/2018	Índice de Saponificación	180,7	mg KOH/g	Saponificación, KOH, Titulación	NTC 335	NO ESPECIFICA
9/04/2018	Materia Insaponificable	8,25	g/Kg	Titrimétrico	AOAC 933.06	NO ESPECIFICA
9/04/2018	Índice de Refracción ND 40°	1,478	ND 40°	Refractométrico	AOAC 921.06	NO ESPECIFICA
9/04/2018	Acidez Titulable	1,132	% Acidez	Titration Method	AOAC 940.26	NO ESPECIFICA
9/04/2018	Densidad Relativa	0,9092	g/mL	Picnómetro-Gravimétrico	AOCS Ca 10c 95 25°C	NO ESPECIFICA

\* Análisis subcontratados

-Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
 -Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
 -Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónica, o al correo e inmediatamente será atendida.  
 -La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

Documento aprobado por:



Javier Eduardo Muñoz Torres  
 Director Técnico Alimentos  
 P. Químico de Alimentos. Matricula Profesional PQA-495

Fecha de expedición: 13/04/2018

Biopolímeros Industriales Ltda.  
 Carrera 18 No. 63a - 50 Piso 6. Bogotá-Colombia  
 Telefonos: (+1) 5405700/5406606, Bogotá  
[www.biopolab.com](http://www.biopolab.com)

- Resultados fisicoquímicos y microbiológicos para el aceite de aguacate obtenido por el método de prensado en frío.

Figura 30. Resultados microbiológicos para el aceite extraído por el método de prensado en frío.



**CENTRO DE DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO**  
Análisis de productos farmacéuticos, cosméticos, veterinarios, alimentos, aguas, materias primas, ambientes, envases, superficies, equipos, personal, evaluación de desinfectantes y asesorías técnicas.

---

**REPORTE MICROBIOLÓGICO**

NÚMERO DE ANÁLISIS	AG 14232
NOMBRE DEL CLIENTE	ANDRES FELIPE MELO
PRODUCTO	ACEITE DE AGUACATE PRENSADO
LOTE	030418
PRESENTACIÓN	FRASCO PLÁSTICO X 500 mL
FECHA DE RECEPCIÓN	03 - ABRIL - 2018
FECHA DE ANÁLISIS	03 - ABRIL - 2018
FECHA DE REPORTE	06 - ABRIL - 2018
MÉTODO	RECUENTO EN PLACA / INVESTIGACIONES SELECTIVAS USP 39 <61>
CIUDAD	BOGOTÁ D.C.

RECUENTOS E INVESTIGACIONES	RESULTADOS
RECUENTO TOTAL DE MESÓFILOS AEROBIOS Medio PCA T°32.5°C ± 2.5°C X 48 Horas - Lote: M5E4DQ01. FV: Marzo/2020	0 ufc / mL
INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Escherichia coli</i> Medios Caldo Lauryl Sulfato - Lote: 109926B. FV: Julio/31/2021 EMB Agar T° 32.5 °C ± 2.5 °C x 48 Horas - Lote: 233441. FV: Junio/2019	AUSENTE
INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Staphylococcus aureus</i> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas Lote: 8731116. FV: Diciembre/14/2021 Manitol Agar T° 32.5 °C ± 2.5 °C x 48 Horas - Lote: H1B4FQ01. FV: Mayo/01/2020	AUSENTE
INVESTIGACIÓN A/P DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Medios: Caldo Casoy, T°32.5°C ± 2.5°C X 24 horas Lote: 8731116. FV: Diciembre/14/2021 Cetrimide Agar T°32.5°C ± 2.5°C x 24 Horas - Lote: 239974. FV: Agosto/2019	AUSENTE

**OBSERVACIONES:**  
Muestra tomada por el Cliente.

ufc / mL: Unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra analizada.

**RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA.**

Atte:   
TERESA DE JESÚS LÓPEZ MARTÍNEZ  
Bacterióloga, LC. Microbióloga Ind. MBA.  
Tarjeta profesional 41768500. SDS



---

Carrera 22 No 159A-31- Teléfonos: 6057746 / 7741063 Celular: 310-2 57 27 80  
E-mail: cedimi@hotmail.com – ce\_di\_mi@yahoo.com - Bogotá D.C. Colombia

Fuente. Centro de Diagnóstico microbiológico, Marzo 2018.

Figura 31. Resultados fisicoquímicos para el aceite extraído por el método de prensado en frío.

**bioPolab**  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLOGICOS  
Código: F-01-01  
Versión: 3  
Fecha: 26/01/2016

**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS ALIMENTOS**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 23738**

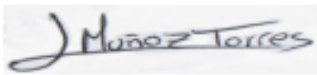
<b>CLIENTE:</b> NELSON ANDRÉS MORA MEDINA	<b>COTIZACIÓN N°:</b> 18-370	<b>FECHA FABRICACIÓN:</b> 27/03/2018	<b>PRODUCTO:</b> Aceite de aguacate prensado
<b>NIT:</b> 1019084495		<b>FECHA VENCIMIENTO:</b> N.E	<b>LOTE:</b> 1
<b>TELÉFONO:</b> 7532101		<b>CANTIDAD (g/mL):</b> 530 mL	<b>ESTADO:</b> N.E
<b>CONTACTO:</b> Nelson Andrés Mora Medina		<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 4/04/2018	<b>T (° C) MUESTRA:</b> N.E
<b>CARGO:</b>		<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 4/04/2018	<b>RESPONSABLE MUESTREO:</b> Cliente
<b>DIRECCIÓN:</b> crra 58 # 125 B - 96		<b>TIPO DE EMPAQUE:</b> PET	<b>TEMP. RECEPCIÓN:</b> 6 ° C
<b>CIUDAD:</b> Bogotá		<b>PUNTO DE CAPTACIÓN/ Orden de servicio cliente:</b>	<b>ALMAC. CONTRAMUESTRA:</b> Análisis FQ: 15 días Análisis MB: 24 horas
<b>ID. MUESTRA:</b> 18-3224			
<b>ODS:</b> 18-1239			

*Fisicoquímica*

FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO	NO SE COMPARA CONTRA NINGUNA NORMA
9/04/2018	Índice de Yodo Wijs	85,5	cg/g	Método Wijs	NTC 1322	No Especifica
9/04/2018	Índice de Saponificación	189	mg KOH/g	Saponificación, KOH, Titulación	NTC 335	No Especifica
9/04/2018	Materia Insaponificable	12,5	g/Kg	Titulométrico	AOAC 933.08	No Especifica
9/04/2018	Índice de Refracción ND 40°	1,4690	ND 40°	Refractométrico	AOAC 921.08	No Especifica
9/04/2018	Acidez Titulable	0,914	% Acidez	Titration Method	AOAC 940.28	No Especifica
9/04/2018	Densidad Relativa	0,916	g/mL	Picnómetro-Gravimétrico	AOCS Ca 10c 95 25°C	No Especifica

Estos resultados son válidos únicamente para esta muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Fisicoquímica de Biopolab.  
- Este informe de resultados no se puede reproducir y solo aplica para los resultados de la muestra analizada.  
- Cualquier inquietud o reclamación puede ser presentada a nuestra compañía ya sea vía telefónico, o al correo e inmediatamente sera atendida  
- La muestra será almacenada 15 días para eventuales repeticiones o inquietudes con los análisis y resultados.

Documento aprobado por:

  
Javier Eduardo Muñoz Torres  
Director Técnico Alimentos  
P. Químico de Alimentos. Matrícula Profesional PQA-495

Fecha de expedición: 13/04/2018

Biopolímeros Industriales Ltda.  
Carrera 18 No. 63a- 50 Piso 6. Bogotá-Colombia  
Teléfonos: (+1) 5405700/5406606, Bogotá  
[www.biopolab.com](http://www.biopolab.com)

## ANEXO C

### INDICADORES DE VIABILIDAD FINANCIERA

- Tasa interna de retorno (TIR):** para el cálculo de este criterio es necesario realizar la sumatoria de los ingresos netos de cada año (flujo neto de cada periodo), restarle la inversión inicial del periodo 0, dejar como incógnita la tasa que se utilizara durante todo los periodos e igualar a 0 la ecuación 30 expuesta en la sección 5.4.1. De tal manera que al despejar la incógnita el resultado será la la tasa interna de retorno (TIR). Para este cálculo de este criterio se tomo el valor de 470000 (\$COP) por galón de aceite de aguacate prensado en frío.

$$\frac{\$165.337.313}{(1 + TIR)^1} + \frac{\$45.207.761}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$167.137.923}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$91.157.750}{(1 + TIR)^4} + \frac{\$117.460.315}{(1 + TIR)^5} - \$411.361,240 = 0$$

$$TIR = 6,113\%$$

- Tasa Interna de Oportunidad (TIO):** en primer lugar se tienen en cuenta diferentes indicadores económicos, los cuales son: CDT (Crédito de depósito a Término), DTF (Tasa promedio de Captación del CDT), una tasa subjetiva del inversor y por ultimo la tasa de inflación reportada por el Banco de la República de Colombia. Se calcula un promedio de CDT, un promedio de DTF y un promedio de inflación, después de esto se hace un ajuste para el CDT y el DTF el cual consiste en sumar el promedio del CDT al promedio de Inflación y para el DTF se hace exactamente lo mismo. Cabe aclarar que los promedios se sacan de un periodo de un año, en este caso del 1ro de enero del 2017 al 1ro de enero del 2018. En la Tabla 57 se muestran los valores obtenidos de la explicación anterior.

**Tabla 60.** Indicadores ajustados para la TIO

Indicador	Promedio	Indicador ajustado	
CDT (360)	6,73%	11,05%	EA
DTF	6,01%	10,33%	EA
Inflación	4,32%	4,32%	EA

**Fuente.** Elaboración propia.

Para la tasa del inversor se hace la suma entre el valor de CDT ajustado y el valor de inflación promedio lo que resulta en un valor de 15,37% EA. Con la ecuación 31 planteada en la sección 5.4.2 se obtiene una TIO de 12,25% EA.

- Valor presente neto (VPN):** en la Tabla 58 se muestran los datos necesarios para el calculo del VPN, donde están expuestos los flujos netos de cada año, los valores presentes de dichos flujos y el VPN que consiste en la sumatorio

de estos valores presentes (en este apartado se usa la TIO obtenida anteriormente).

**Tabla 61.** Valores presentes de los flujos netos de caja y VPN

<b>Período</b>	<b>Año</b>	<b>Flujo neto de caja (\$COP)</b>	<b>Valor Presente (\$COP)</b>
0	2018	-\$ 411.361.240	-\$ 411.361.239,66
1	2019	\$ 147.293.820,18	\$ 147.293.820,18
2	2020	\$ 35.878.997,10	\$ 35.878.997,10
3	2021	\$ 47.468.865,76	\$ 47.468.865,76
4	2022	\$ 57.418.018,40	\$ 57.418.018,40
5	2023	\$ 65.911.229,72	\$ 65.911.229,72
<b>Valor Presente Neto (\$COP)</b>			<b>-\$ 57.390.308,51</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

- **Análisis de sensibilidad:** para ejecutar el análisis es preciso calcular el VPN y la TIR para diferentes precios del galon de aceite de aguacate, para calcular estos dos aspectos se tiene en cuenta lo expuesto en este anexo. Este análisis se hace con el fin de definir el precio al cual es viable el proceso.

