



**Caracterización físico-química del aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba, zapote y piñuela:  
un potencial residuo agroindustrial como plataforma base para procesos industriales y biorrefinería.**

Castillo Jiménez, Ammy Nicole

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera Petroquímica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Petroquímico

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier

25 de Agosto del 2023

Latacunga - Ecuador

## Reporte de verificación de contenido

**Copyleaks**  
Plagiarism report

TESIS\_CASTILLO\_AMMY.pdf



VERIFICAR RESULTADO  
PLAGIADO: CASTILLO AMMY

## Scan details

Scan time:  
August 25th, 2023 at 14:56 UTC

Total Pages:  
83

Total Words:  
20679

## Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0%	0
Minor Changes	0.1%	20
Paraphrased	3.5%	721
Omitted Words	15.9%	3268

## AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text



Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier. Msc.

C.C.:0502865850



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

#### Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: “**Caracterización físico-química del aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba y piñuela: un potencial residuo agroindustrial como base para procesos industriales y biorrefinería**” fue realizado por la señorita Castillo Jiménez, Ammy Nicole, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de la Fuerza Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por lo cual me permito acreditar y autorizar para que se o sustente públicamente.

Latacunga, 25 de agosto del 2023

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier. Msc.

C.C.:0502865850



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Responsabilidad de autoría

Yo, **Castillo Jiménez, Ammy Nicole** con cédula de ciudadanía n.º 1725497869, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Caracterización físico-química del aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba, zapote y piñuela: un potencial residuo agroindustrial como plataforma base para procesos industriales y biorrefinería”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga 25 de agosto del 2023

**Castillo Jiménez, Ammy Nicole**

**C.C.: 1725497869**



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Autorización de publicación

Yo **Castillo Jiménez, Ammy Nicole**, con cédula de ciudadanía n.º 1725497869, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: “**Caracterización físico-química del aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba, zapote y piñuela: un potencial residuo agroindustrial como plataforma base para procesos industriales y biorrefinería**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga 25 de agosto del 2023



Castillo Jiménez, Ammy Nicole

C.C.: 1725497869

### **Dedicatoria**

A Dios por guiarme, ayudarme y acompañarme en cada decisión que he tomado, momento feliz o triste que he pasado y por poner personas tan increíbles hasta llegar a este punto de mi vida.

Con un profundo amor y admiración le dedico mi trabajo y esfuerzo a mi padre, Estarman Castillo, por todo lo que me ha ayudado, aconsejado, acompañado y más que todo, por todo el amor y apoyo que me ha brindado durante toda mi vida. A mi madre, Yoly Jiménez, por todo el tiempo, dedicación, por cada abrazo y cariño que me ha dado. A mi hermano, Bryan Castillo, por esas conversaciones en la que me ha enseñado yo puedo lograr lo que me proponga. También quiero dedicarle a Lester, porque me llena de felicidad y ternura con sus locuras.

Por todo lo expresado les quiero dedicar este logro a mi pequeña familia y a mis amigos, quienes estuvieron presentes en cada paso de este proceso y espero que se sientan orgullosos por lo que he conseguido.

Finalmente quiero dedicarme a mí, por todas esas desveladas, por mi determinación y esfuerzo de seguir adelante y nunca rendirme incluso en los momentos más complicados.

## Agradecimiento

A lo largo de este camino de aprendizaje he tenido la oportunidad y el privilegio de contar con el apoyo y guía de excelentes personas, las cuales se merecen mis más sinceros agradecimientos. Con mucho cariño quiero agradecer de todo corazón a mis padres mi fuente de inspiración y mi orgullo, cuyo amor y su constante apoyo han sido la base de mi formación tanto académica como personal.

Quiero expresar mi gratitud a mi tutor, Ing. Javier Sayavedra por acompañarme en varios momentos de mi carrera, siendo un excelente docente y amigo, cuya orientación, compromiso, dedicación e infinita paciencia han sido fundamentales para mi crecimiento académico y el desarrollo de esta tesis.

De igual forma quiero agradecer al Doctor Roman Rodríguez, Ing. Jessenia López, Ing. Mauricio Bedón, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo dejando una marca positiva en mi vida, gracias por inspirarme a seguir persiguiendo mis propósitos a través de sus valiosas enseñanzas. Además deseo manifestar mi más sincero agradecimiento al Ing. Jeanpier Yagos por su invaluable ayuda que permitió completar mi tesis, su apoyo fue fundamental.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a Norman y Keylee, cuyo apoyo, palabras de aliento, ocurrencias y alegrías han logrado ser una motivación invaluable para mí. No puedo dejar de mencionar a Pia y Tania, por estar conmigo desde el inicio de mis estudios y a pesar de la distancia han estado siempre presentes con su amistad incondicional.

Finalmente, agradezco a Kira, Katty, David, todos mis amigos y compañeros de carrera “los chéveres”, con quienes nos hemos apoyado mutuamente para lograr nuestros objetivos, gracias por todos los momentos de felicidad, tristeza, y hasta coraje que hemos pasado juntos. Este trabajo que considero un logro personal no hubiese sido posible sin el respaldo de todos ustedes, por ello les dedico mi más profundo agradecimiento y mi compromiso de seguir superándome y aprendiendo en el futuro.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenido .....	8
índice de tablas.....	12
índice de figuras.....	14
índice de ecuaciones .....	16
índice de abreviaturas.....	17
Resumen .....	19
Abstrac.....	20
Capítulo I: Generalidades .....	21
Introducción.....	21
Planteamiento del problema .....	22
Justificación e importancia .....	23
Alcance .....	24
Objetivos .....	25
<i>Objetivo general</i> .....	25
<i>Objetivos específicos</i> .....	25
Hipótesis.....	25
Variables.....	26
<i>Variable dependiente</i> .....	26
<i>Variable independiente</i> .....	26
Capítulo II: Fundamentación teórica .....	27
Agroindustria en el Ecuador.....	27
Residuos agroindustriales.....	28
Biomasa .....	30
Maracuyá.....	31
<i>Origen</i> .....	31

<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i> .....	33
<i>Tipos y sus características</i> .....	33
Características botánicas y morfológicas de la maracuyá .....	35
Características fisicoquímicas .....	36
Propiedades medicinales y beneficios para la salud .....	38
<i>Aplicaciones</i> .....	39
Grosella .....	40
<i>Origen</i> .....	40
<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i> .....	41
<i>Tipos y características</i> .....	41
<i>Características botánicas y morfológicas</i> .....	43
<i>Características físico-químicas</i> .....	43
<i>Propiedades medicinales y beneficios</i> .....	45
<i>Aplicaciones</i> .....	45
Guayaba .....	45
<i>Origen</i> .....	45
<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i> .....	46
<i>Tipos y características</i> .....	47
<i>Características botánicas y morfológicas</i> .....	47
<i>Características físico-químicas</i> .....	48
<i>Propiedades medicinales y beneficios</i> .....	49
<i>Aplicaciones</i> .....	50
Zapote .....	50
<i>Origen</i> .....	50
<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i> .....	51
<i>Tipos y características</i> .....	51
<i>Características botánicas y morfológicas</i> .....	52
<i>Características físico-químicas</i> .....	53
<i>Aplicaciones</i> .....	54
Aceites vegetales .....	54
<i>Composición del aceite vegetal</i> .....	55
Clasificación de los aceites vegetales .....	57
Usos y aplicaciones de los aceites vegetales .....	58

Técnicas de extracción de los aceites vegetales .....	60
<i>Extracción mecánica (ME)</i> .....	60
<i>Extracción convencional con disolventes (CSE)</i> .....	61
<i>Extracción asistida por enzimas (EAE)</i> .....	62
<i>Extracción asistida por ultrasonido (EAU)</i> .....	62
<i>Extracción asistida por microondas (MAE)</i> .....	62
<i>Extracción de fluidos supercríticos (SFE)</i> .....	63
Caracterización de los aceites vegetales se las semillas.....	63
<i>Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FITR)</i> .....	63
<i>Análisis termogravimétrico (TGA)</i> .....	64
<i>Espectroscopia ultravioleta-visible (uv-vis)</i> .....	64
<i>Cromatografía de gases</i> .....	64
Capítulo III: Metodología.....	66
Equipos, materias y reactivos .....	66
<i>Equipos</i> .....	66
<i>Materia prima</i> .....	66
<i>Materiales</i> .....	66
<i>Reactivos</i> .....	67
Recolección y preparación de la materia prima .....	68
Obtención de los aceites.....	69
Preparación de la muestra.....	69
Índice de refracción.....	70
Índice de acidez.....	70
Índice de yodo.....	71
Ensayo de rancidez.....	72
Índice de peróxido.....	72
Densidad relativa .....	73
Índice de saponificación .....	73
Materia insaponificable.....	75
Determinación de la pérdida por calentamiento .....	76
Análisis por cromatografía de gases de ésteres metílicos de ácidos fállicos .....	77
Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier .....	78
Aplicaciones.....	78

<b>Capítulo IV: Resultados y discusión.....</b>	<b>80</b>
<b>Obtención de semillas .....</b>	<b>80</b>
<b>Obtención de aceite .....</b>	<b>81</b>
<b>Índice de refracción.....</b>	<b>84</b>
<b>Índice de acidez.....</b>	<b>85</b>
<b>Índice de rancidez .....</b>	<b>86</b>
<b>Índice de yodo.....</b>	<b>87</b>
<b>Índice de peróxido.....</b>	<b>87</b>
<b>Densidad relativa .....</b>	<b>89</b>
<b>Determinación de la pérdida por calentamiento .....</b>	<b>90</b>
<b>Análisis por cromatografía de gases de ésteres .....</b>	<b>91</b>
<b>Índice de saponificación .....</b>	<b>97</b>
<b>Materia insaponificable.....</b>	<b>98</b>
<b>Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier.....</b>	<b>99</b>
<b>Aplicaciones de la muestra de aceite de maracuyá .....</b>	<b>101</b>
<b>Aplicación de la muestra de aceite de guayaba .....</b>	<b>101</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>102</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>102</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>104</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Origen de algunos tipos de maracuyá</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> Tipos de maracuyá y sus características .....	33
<b>Tabla 3</b> Composición fisicoquímica de Passiflora .....	36
<b>Tabla 4</b> Especies y características de Phyllanthus .....	41
<b>Tabla 5</b> Características físico-químicas de la grosella .....	44
<b>Tabla 6</b> Tipos y características de guayaba.....	47
<b>Tabla 7</b> Características físico-químicas de la guayaba .....	48
<b>Tabla 8</b> Tipos y características de diferentes especies de zapotes.....	52
<b>Tabla 9</b> Características físico-químicas del zapote .....	53
<b>Tabla 10</b> Usos y aplicaciones de aceites vegetales .....	59
<b>Tabla 11</b> Cantidad de semillas obtenidas de cada fruta .....	80
<b>Tabla 12</b> <i>Mililitros de aceite obtenidos de las semillas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote</i> .....	81
<b>Tabla 13</b> <i>Aceite de semilla de grosella y zapote por Soxhlet</i> .....	83
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis estadístico del índice de refracción</i> .....	84
<b>Tabla 15</b> <i>Índices de acidez de los aceites de maracuyá y guayaba</i> .....	86
<b>Tabla 16</b> <i>Índice de yodo de los aceites de maracuyá y guayaba</i> .....	87
<b>Tabla 17</b> <i>Índice de peróxido de aceite de maracuyá y guayaba</i> .....	88
<b>Tabla 18</b> <i>Densidad relativa de los aceites de maracuyá y guayaba</i> .....	89
<b>Tabla 19</b> <i>Resultado de pérdida por calentamiento de los aceites de maracuyá y guayaba</i> .....	91
<b>Tabla 20</b> <i>Componentes identificados en el aceite de maracuyá</i> .....	93
<b>Tabla 21</b> <i>Componentes identificados en el aceite de guayaba</i> .....	95
<b>Tabla 22</b> <i>Composición relativa del aceite de maracuyá</i> .....	96
<b>Tabla 23</b> <i>Composición relativa del aceite de guayaba</i> .....	96

<b>Tabla 24</b> <i>Índice de saponificación de los aceites de maracuyá y guayaba</i> .....	98
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Generación de la biomasa</i> .....	31
<b>Figura 2</b> <i>Fruto de P. edulis</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Fruto Phyllanthus Acidus</i> .....	40
<b>Figura 4</b> <i>Fruta Psidium Guajava</i> .....	46
<b>Figura 5</b> <i>Fruto de quararibea cordata</i> .....	51
<b>Figura 6</b> <i>Estructuras de monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos</i> .....	56
<b>Figura 7</b> <i>Ejemplo de ácido graso saturado</i> .....	57
<b>Figura 8</b> <i>Diagrama de funcionamiento de un cromatógrafo de gases</i> .....	65
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de la obtención de la materia prima</i> .....	68
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de proceso de obtención de los aceites</i> .....	69
<b>Figura 11</b> <i>Equipo de cromatografía de gases PerkinElmer Clarus 680</i> .....	78
<b>Figura 12</b> <i>Semillas de (a) Maracuyá; (b) Grosella; (c) Guayaba; (d) Zapote</i> .....	81
<b>Figura 13</b> <i>Extracción en equipo Soxhlet</i> .....	82
<b>Figura 14</b> <i>Extracción de aceite de las semillas de zapote por el equipo Soxhlet</i> .....	83
<b>Figura 15</b> <i>Aceite de zapote en el rotavapor para recuperar éter de petróleo</i> .....	84
<b>Figura 16</b> <i>Determinación de índice de acidez de los aceites de: (a) Maracuyá; (b) Guayaba</i> .....	85
<b>Figura 17</b> <i>(a) Análisis del índice del peróxido del aceite de maracuyá y guayaba; (b) Blanco; (c) Factor F</i> .....	88
<b>Figura 18</b> <i>Picnómetros con la muestra de aceite: (a) Aceite de maracuyá; (b) Aceite de guayaba</i> .....	89
<b>Figura 19</b> <i>Determinación de la pérdida por calentamiento de los aceites de: (a) Maracuyá; (b) Guayaba</i> .....	90
<b>Figura 20</b> <i>Cromatograma del aceite de maracuyá</i> .....	92
<b>Figura 21</b> <i>Cromatograma del aceite de guayaba</i> .....	94

**Figura 22** *Espectro infrarrojo con transformada de Fourier del aceite de maracuyá* ..... 99

**Figura 23** *Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier del aceite de guayaba* ..... 100

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> <i>Índice de acidez</i> .....	70
<b>Ecuación 2</b> <i>Acidez o contenido de ácidos grasos libres</i> .....	70
<b>Ecuación 3</b> <i>Índice de yodo</i> .....	71
<b>Ecuación 4</b> <i>Índice de peróxido</i> .....	72
<b>Ecuación 5</b> <i>Densidad relativa</i> .....	73
<b>Ecuación 6</b> <i>Índice de saponificación</i> .....	74
<b>Ecuación 7</b> <i>Masa relativa de ácidos grasos o ésteres</i> .....	74
<b>Ecuación 8</b> <i>Masa molecular relativa de los triacilglicerol</i> es .....	74
<b>Ecuación 9</b> <i>Masa molecular relativa media de los triacilglicerol</i> es .....	74
<b>Ecuación 10</b> <i>Índice de saponificación</i> .....	75
<b>Ecuación 11</b> <i>Contenido de materia insaponificable</i> .....	76
<b>Ecuación 12</b> <i>Pérdida por calentamiento en porcentaje masa</i> .....	77

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ME.** Extracción mecánica

**CSE.** Extracción convencional con disolventes

**EAE.** Extracción asistida por enzimas

**EAU.** Extracción asistida por ultrasonido

**MAE.** Extracción asistida por microondas

**SPE.** Extracción de fluidos supercríticos

**FTIR.** Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier

**g.** Gramos

**cm.** Centímetros

**mm.** Milímetros

**mL.** Mililitros

**°C.** Grados centígrados

**N.** Concentración normal

**CO<sub>2</sub>.** Dióxido de carbono

**Kcal.** Kilo calorías

**mg.** Miligramos

**µg.** microgramo

**UI.** Unidad internacional

**GC.** Cromatografía de gases

**FAME.** Ésteres metílicos de ácidos fáticos

**ISO.** Organización Internacional de Normalización

**min.** Minuto

**s.** segundo

**kg.** Kilogramos

**Meq.** Miliequivalentes

## Resumen

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo la caracterización físico-química del aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote. Los aceites de las semillas de maracuyá y guayaba fueron obtenidos mediante prensado en frío, teniendo un rendimiento mayor el aceite de maracuyá (7.44%), sin embargo, los aceites de grosella y zapote fueron obtenidos mediante el equipo Soxhlet los cuales tuvieron un bajo rendimiento (0.033% y 0.031%). Se realizaron una serie de pruebas y análisis físico-químicos de los aceites de maracuyá y guayaba, evaluando el índice de refracción ( $1.4743 \pm 4.7140 \times 10^{-4}$  y  $1.4753 \pm 4.7140$ ), el índice de acidez ( $1.119 \pm 0.014$  y  $0.424 \pm 0.027$ ), índice de rancidez, índice de yodo ( $132 \text{ g.g}^{-1}$  y  $139.67 \text{ g.g}^{-1}$ ), el índice de peróxido ( $10.655 \pm 0.185$  y  $6.115 \pm 0.205$ ), índice de saponificación (192.6329 y 191.3239) y materia insaponificable ( $1.236 \pm 0.171\%$  y  $0.559 \pm 0.063\%$ ), que proporcionan información sobre la instauración, presencia de compuestos oxidativos y otros compuestos presentes en los aceites, ayudando a determinar la calidad de los mismos. Además, mediante la cromatografía de gases se pudo hacer una determinación más precisa de los componentes que conforman a los diferentes aceites, siendo en ambos aceites el ácido linoleico el componente en mayor porcentaje (71.26% y 79.43%). Un aspecto significativo del presente trabajo fue la aplicación potencial del aceite de maracuyá en la industria cosmética y el cuidado de la piel, estipulada gracias a los diferentes análisis realizados que entregan la información necesaria de los diferentes componentes.

*Palabras claves:* Análisis físico-químicos, cromatografía de gases, ácidos grasos.

### Abstrac

The objective of this titling work was the physical-chemical characterization of passion fruit, currant, guava and sapote seed oil. The oils of passion fruit and guava seeds were obtained by cold pressing, with a higher yield of passion fruit oil (7.44%), however, currant and sapote oils were obtained by the Soxhlet equipment which had a low yield (0.033% and 0.031%). A series of tests and physical-chemical analysis of passion fruit and guava oils were performed, evaluating the refractive index ( $1.4743 \pm 4.7140 \times 10^{-4}$  and  $1.4753 \pm 4.7140$ ), the acid number ( $1.119 \pm 0.014$  and  $0.424 \pm 0.027$ ), rancidity index, iodine index ( $132 \text{ g.g}^{-1}$  and  $139.67 \text{ g.g}^{-1}$ ), peroxide index ( $10.655 \pm 0.185$  and  $6.115 \pm 0.205$ ), Saponification index ( $192.6329$  and  $191.3239$ ) and unsaponifiable matter ( $1.236 \pm 0.171\%$  and  $0.559 \pm 0.063\%$ ), which provide information on the establishment, presence of oxidative compounds and other compounds present in oils, helping to determine their quality. In addition, by means of gas chromatography it was possible to make a more precise determination of the components that make up the different oils, being in both oils linoleic acid the component in greater percentage (71.26% and 79.43%). A significant aspect of the present work was the potential application of passion fruit oil in the cosmetic and skin care industry, stipulated thanks to the different analyzes carried out that provide the necessary information of the different components.

*Key words:* Physicochemical analysis, gas chromatography, fatty acids.

## Capítulo I

### Generalidades

#### Introducción

El creciente uso de recursos fósiles y la actual preocupación ambiental han llevado al mundo a buscar nuevas alternativas, pues las reservas limitadas de recursos fósiles en la Tierra, que están en peligro de agotarse debido a la sobreexplotación, han generado preocupación a nivel mundial, ya que el deterioro del medio ambiente es un problema cada vez más importante. En la actualidad, la quema de recursos fósiles es la principal fuente mundial de emisiones de  $CO_2$ , lo que ha llevado a realizar esfuerzos para preservar y evitar un mayor deterioro del medio ambiente, haciendo una búsqueda innovadora de fuentes renovables a nivel global, descubriendo y explorando diversas alternativas, especialmente en el campo de los recursos renovables, debido a que se han desarrollado y perfeccionado varias tecnologías viables en áreas como la energía solar, eólica y biomasa (Misra & Murthy, 2010).

Los hidrocarburos han sido aplicados en varias industrias importantes en todo el mundo durante varios años. Los aceites minerales utilizados en aplicaciones como lubricantes, aditivos, etc., no son biodegradables y causan contaminación en el suelo y el agua (Gnanasekaran & Chavidi, 2017).

Aunque la mayoría de las tecnologías de energía renovable son más respetuosas con el medio ambiente que las opciones energéticas convencionales, su adopción es lenta debido a diversos factores, como restricciones económicas, falta de suministro y falta de conocimientos técnicos por parte de los usuarios. Además, el uso de estas tecnologías todavía se limita principalmente a operaciones estacionarias debido a limitaciones tecnológicas y falta de viabilidad económica (Misra & Murthy, 2010).

Los aceites vegetales producidos a partir de diversas semillas vegetales se pueden clasificar según las cantidades relativas de ácidos grasos presentes en ellos. Los compuestos de ácidos grasos

presentes en los triglicéridos desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades físicas de los bioésteres. Incluso en pequeñas cantidades, otros compuestos contribuyen a la estabilidad, el color y el aroma de los aceites vegetales (Gnanasekaran & Chavidi, 2017).

Los aceites derivados de resinas y semillas de plantas son considerados una de las materias primas más prometedoras. Estos aceites vegetales son renovables y tienen un bajo contenido de azufre de forma natural (Misra & Murthy, 2010).

### **Planteamiento del problema**

Durante muchos años, los hidrocarburos han sido la principal fuente de energía utilizada en diversas aplicaciones industriales en todo el mundo, como el sector eléctrico, el transporte, los hogares, y hasta en productos cosméticos, sin embargo, muchos de los productos de petróleo son posibles carcinogénicos humanos por lo que su uso en cosméticos está restringido, a pesar de eso se encuentran en varias marcas de maquillaje como en rímel, polvos, entre otros productos (Naveed, 2014). Además, los aceites minerales utilizados en estas aplicaciones no son biodegradables y causan contaminación en el suelo y el agua (Gnanasekaran & Chavidi, 2017).

Los productos cosméticos que usamos a diario contienen ciertas sustancias químicas provenientes del petróleo que suelen ser tóxicas. Normalmente, no consideramos que los cosméticos como maquillaje y los champús puedan ser fuentes de exposición a toxinas, que aumenten el riesgo de cáncer y otros problemas graves de salud. En general, el uso ocasional de un producto que contiene químicos tóxicos no puede ocasionar manifestaciones graves ni representar un riesgo para la salud, el problema proviene cuando existe una exposición prolongada a estos productos, los cuales contienen dosis baja de sustancias tóxicas, muchas de estas sustancias se pueden ir acumulando en nuestro cuerpo con el tiempo y de esa manera aumenta el riesgo de contraer enfermedades graves. Se estima que una mujer en promedio utiliza diariamente 12 productos para el cuidado personal que contienen más de 160

ingredientes, mientras que el hombre utiliza 6 productos con alrededor de 85 ingredientes únicos (Naveed, 2014).

El inminente uso de los derivados de petróleo hace que la sostenibilidad de los mismos sea cada vez más complicada, teniendo en cuenta que las reservas de petróleo se van agotando. Para compensar y reemplazar la demanda causada por recursos no renovables, se investiga propiedades físico-químicas de los aceites de semillas de frutas endémicas del Ecuador para explorar la viabilidad de utilizar dichos aceites como materia prima en procesos industriales y biorrefinería, con el objetivo de obtener una amplia gama de productos de valor agregado a partir de residuos agroindustriales.

La agricultura es una de las principales actividades económicas en Ecuador que provoca diversos tipos de desechos generados por las agroindustrias, las cuales no tratan de manera adecuada dichos residuos, lo que resulta en consecuencias ambientales negativas. Con frecuencia, una gran cantidad de estos residuos se queman de manera descontrolada o se disponen de forma inapropiada en vertederos al aire libre, en terrenos secos o en áreas vacías. Estas prácticas contribuyen a bloquear los cauces de los ríos y causan daños visuales en el paisaje debido a la dispersión de los residuos por la acción del viento (Riera, Maldonado, & Palma, 2018). A pesar de estos problemas, los residuos generados por las agroindustrias son valiosos debido a sus características químicas y biológicas, y podrían tener diversas aplicaciones.

### **Justificación e importancia**

Aproximadamente el 90% del consumo anual de petróleo se destina a la generación de energía para el transporte, así como para la producción de calor y electricidad. El 10% restante se utiliza en la industria petroquímica y química como materia prima en la fabricación de una amplia gama de productos, como productos químicos básicos, disolventes, lubricantes, plásticos, caucho y fibras sintéticas, detergentes y otros (Carlsson, 2009). Las reservas de petróleo se están agotando, al no ser un

recurso renovable, convirtiéndose en un problema económico y ambiental, debido al crecimiento de la población que requiere más energía y productos de consumo provenientes de los fósiles, los cambios climáticos provocados por el efecto invernadero que a su vez son causados por la quema de recursos, dan paso a la búsqueda de nuevas alternativas para compensar y reemplazar el uso de recursos no renovables (Toledano A, 2012).

Una de las soluciones puede ser los aceites derivados de semillas, debido a que sus composiciones contienen una variedad de ácidos grasos con diferentes longitudes de cadena (entre 8 y 24 carbonos) y diferentes configuraciones de dobles enlaces, sistemas conjugados o grupos funcionales. Estos aceites vegetales son valiosos recursos renovables para la producción de productos químicos a base de aceite utilizados en la industria, ya que son estructuralmente similares a los hidrocarburos de cadena larga obtenidos del petróleo. Los aceites vegetales encuentran numerosas aplicaciones en diversos mercados, como surfactantes, jabones, detergentes, lubricantes, solventes, pinturas, productos químicos y cosméticos. Además, en la producción de biodiésel se ha incrementado el uso de aceites vegetales. Aunque la cantidad total de aceites vegetales producidos anualmente representa solo una fracción del petróleo utilizado para la energía y una parte menor utilizada como materia prima, reemplazar el petróleo en aplicaciones energéticas requerirá alternativas adicionales. Sin embargo, los aceites vegetales pueden desempeñar un papel significativo como materias primas industriales, aprovechando la capacidad de las plantas para sintetizar estructuras moleculares altamente complejas que son útiles en la industria (Carlsson, 2009).

### **Alcance**

La generación de residuos agroindustriales constituye focos de potenciales contaminación y riesgo para la salud, teniendo en cuenta que en el Ecuador diariamente se genera 14.000 toneladas de lo cual el 56.2% corresponden a residuos orgánicos (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020), por lo que en este estudio se pretende analizar la caracterización físico-química del aceite obtenido de semillas

Maracuyá, Grosella, Guayaba y Zapote para evaluar su potencial para procesos en la industria y la biorrefinería.

La viabilidad de los aceites obtenidos se analizará para posibles aplicaciones como ingredientes en productos alimentarios, cosméticos, farmacéuticos, entre otros, estudiando la composición de ácidos grasos y otros componentes presentes mediante técnicas analíticas adecuadas que aseguren la calidad de los resultados obtenidos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Caracterizar físico-químicamente el aceite de semillas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote, un potencial residuo agroindustrial como plataforma base para procesos industriales y biorrefinería.

### ***Objetivos específicos***

- Obtener aceite clarificado de las semillas de Maracuyá, Grosella, Guayaba, Zapote mediante prensado en frío.
- Determinar las características físico-químicas de los aceites de las semillas de Maracuyá, Grosella, Guayaba y Zapote, utilizando las Normas Técnicas INEN.
- Determinar el perfil lipídico de los aceites de las semillas de Maracuyá, Grosella, Guayaba y Zapote mediante el uso de la técnica de cromatografías de gases.

## **Hipótesis**

Producción de aceites clarificado de las semillas de Maracuyá, Grosella, Guayaba y Zapote mediante presado frío podrían ser viable como base para procesos industriales y biorrefinería considerando las características físico-químicas.

**Variables*****Variable dependiente***

Índice de yodo

Densidad relativa

Acidez

***Variable independiente***

Aceite de semilla de guayaba

Aceite de semilla de Maracuyá

Aceite de semilla de Zapote

Aceite de semilla de Grosella

## Capítulo II

### Fundamentación teórica

#### Agroindustria en el Ecuador

Durante muchos años, el sector agroindustrial ha desempeñado un papel fundamental en la economía del país, siendo un generador de empleo y un determinante para un notable crecimiento tanto en el producto interno bruto, como en la ocupación de la población económica activa. El crecimiento de este sector, que ha registrado desde la década de los setenta, se explica por el aumento de la demanda, en especial en la industria alimentaria, aumento de la población y cambios en los hábitos de consumo. Sin embargo, a pesar de su potencial crecimiento, el sector agroindustrial no ha logrado aprovecharlo completamente y presenta importantes deficiencias, como la escasa adopción de nuevas tecnologías, el limitado desarrollo de productos, envases y maquinaria, una falta de integración y organización adecuada en toda la cadena productiva, un progreso comercial aún lento y una calidad heterogénea, que debido a estas limitaciones han afectado su competitividad (Baquero & Lucio , 2010).

La agroindustria tiene el potencial de impulsar el desarrollo económico, social y ambiental a nivel global, siempre y cuando se logre un equilibrio entre la actividad realizada y la protección al medio ambiente. La agroindustria es definida como una actividad económica que combina la producción agrícola con procesos industriales para obtener alimentos o materias primas semielaborados destinadas al mercado. Existen dos categorías principales para clasificar la agroindustria, la primera incluye las industrias alimentarias y no alimentarias, mientras que la segunda abarca las industrias proveedoras y consumidoras de materia prima (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

El sector agroindustrial en el Ecuador representa la principal fuente de exportaciones no petroleras, contribuyendo aproximadamente al 8% del Producto Interno Bruto (PIB) y emplea el 29% de la población trabajadora. Los principales pilares de la agroindustria ecuatoriana son la producción del

banano, camarón y flores, a pesar de su importancia económica, estas actividades no son exentas de impactos ambientales que deben ser resueltos para lograr una sustentabilidad (Cadena , Aldás, Aguilar, Inga, & Cando, 2021).

### **Residuos agroindustriales**

La incorrecta gestión de los residuos generados por la producción agroindustrial constituye un problema constante en este sector y puede llegar a generar impactos negativos en el medio ambiente, la diversidad biológica y los factores socioeconómicos, además de causar pérdidas económicas. Por lo tanto, es reconocido que la correcta eliminación de estos residuos representa un desafío y el aprovechamiento de estos residuos agroindustriales permitiría abordar diversas problemáticas ambientales. Además, contribuye a reducir la dependencia de recursos naturales renovables y no renovables como materias primas en la fabricación de ciertos productos, al tiempo que genera empleo y recursos económicos (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

Ecuador es un país en desarrollo que cuenta con un sector agroindustrial sólido, el cual general empleo tanto para trabajadores calificados como no calificados, teniendo el potencial de convertirse en un motor clave para el desarrollo de una economía no dependiente del petróleo. Sin embargo, en Ecuador hay aproximadamente 216,157 toneladas al año de residuos forestales y 17,603,374 toneladas al año de residuos agrícolas. Donde el 61% de residuos forestales pertenecen a provincias como Cotopaxi, Imbabura y Los Ríos, y el 72% de los residuos agrícolas se centran en las provincias de Guayas, los Ríos y Esmeraldas (Orejuela, Landázuri, & Goodell, 2021).

Los procesos de producción generan residuos o subproductos que en su mayoría no son útiles como materia prima para la cadena de producción posterior, en esto también cae el sector agroindustrial, ya que produce residuos de forma sólida o líquida que dan como resultado del procesamiento del consumo de productos primarios o de su transformación industrial, sin embargo,

existe la posibilidad de que pueden ser aprovechados transformándolos para obtener diferentes productos con valor económico, comercial o social. La composición química y biológica de los residuos agroindustriales depende de la conversión del proceso y de la materia prima utilizada, no obstante, en general son materiales lignocelulósicos, lo que significa que contienen altos porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina, además, residuos de las frutas contienen compuestos fenólicos, especialmente pigmentos antociánicos con actividad antioxidante, ingredientes bioactivos y un alto contenido de pectinas (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

La presencia de residuos generados por la agroindustria tiene tanto impactos positivos como negativos en el medio ambiente. Cada proceso productivo en la agroindustria produce residuos con características particulares, que si no son gestionados correctamente puede ocasionar alteraciones perjudiciales en el medio ambiente. Sin embargo, si los residuos agroindustriales son aprovechados de manera eficiente, pueden prevenir la contaminación en diversos ecosistemas y ayudar a restaurar las condiciones ambientales que han sido afectadas por actividad humana, y así mejoraría la calidad del medio ambiente (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

La contaminación se refiere al cambio negativo en la calidad física, química, radiológica o biológica de un recurso natural, como el aire, la tierra o el agua, causado por actividades humanas que afecta su existencia, finalidad o uso potencial. La generación de residuos agroindustriales, ya sean sólidos, líquidos o gaseosos, pueden representar puntos de contaminación y riesgo para la salud si no se gestionan o se procesan de manera adecuada, pues algunos de estos residuos se suelen quemar o arrojar en vertederos provocando la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono, olores desagradables, proliferación de plagas y otros efectos negativos, por lo que, si no se reciclan o se eliminan adecuadamente, pueden tener impactos ambientales en el suelo, aire y agua, tanto en fuentes superficiales como en subterráneas (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

La ausencia de una gestión adecuada y control en la eliminación de los residuos y subproductos provenientes de la agroindustria perturba el medio ambiente y causa un desequilibrio que impacta la sostenibilidad ecológica y la calidad de vida de las personas en la zona. Sin embargo, estos residuos tienen un gran potencial para ser aprovechados de manera beneficiosa tanto para el medio ambiente como para la sociedad, ya que pueden ser reciclados, y utilizados para prevenir la contaminación de ecosistemas. La diversidad de los residuos agroindustriales se puede utilizar para la producción de compost; bioenergía, como biocombustibles que contribuye a la reducción del uso de combustibles fósiles y de esta manera ayudaría a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

### **Biomasa**

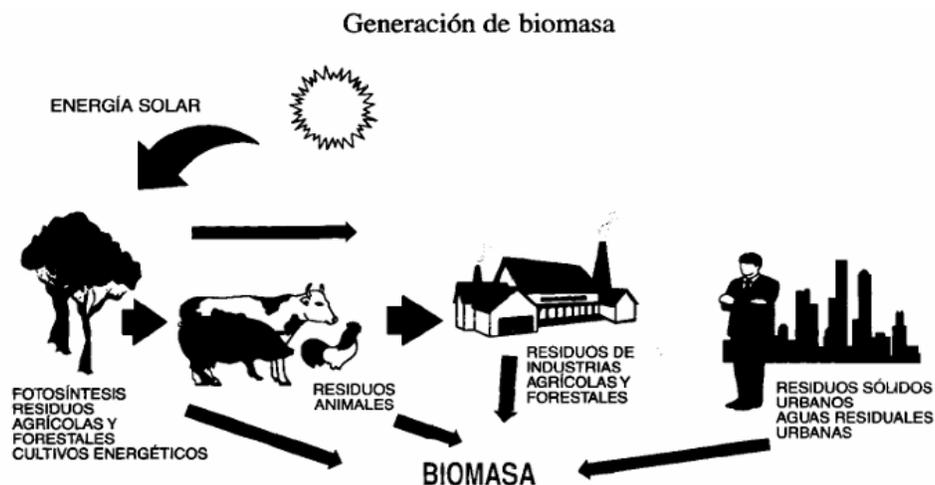
La biomasa se puede definir de varias maneras como: “un recurso derivado de materia orgánica que provee energía”, “material de origen biológico que excluye material derivado de fósiles” e incluso es definido como un “material biológico recientemente vivo y de desechos animales” (Dahiya, 2014).

La biomasa abarca todo el material orgánico que proviene de plantas debido a que se produce a través de la fotosíntesis de la vegetación, teniendo en cuenta que la biomasa es una importante fuente de energía (McKendry, 2002). El potencial que ocupa la biomasa es enorme, ya que este recurso es infinitamente renovable y es una fuente de energía sostenible sin afectar el suministro mundial de alimentos (Rosillo-Calle et al., 2007).

La energía proveniente de la biomasa es provocada por la luz solar, ya que llega a la vegetación y gracias al proceso de fotosíntesis, la luz solar se transforma en energía mediante varias reacciones químicas que son aprovechadas por las plantas (Abril & Navarro, 2012).

Figura 1

Generación de la biomasa



Nota. Adaptado de *Etanol a partir de biomasa lignocelulósica* por Abril, A. & Navarro, E. A. (2012), Aleta.

## Maracuyá

### Origen

La maracuyá o llamada también fruta de la pasión, cuyo nombre científico es “*Passiflora edulis*” pertenece a la familia Passifloraceae, tiene su origen en la América tropical y existen más de 500 especies en todo el mundo (Cassia & Neuza, Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*):physical and chemical characteristics., 2012).

**Figura 2***Fruto de P. edulis*

El descubrimiento de semillas de *Passiflora* de varios miles de años de antigüedad en los sitios arqueológicos en Virginia y América del Norte proporciona fuerte evidencia del uso prehistórico de los frutos. Las especies de *Passiflora* han sido apreciadas por los españoles en América del Sur, encontrando en ellas varias propiedades medicinales, y es fuertemente mencionada en el manuscrito de Francisco Hernández médico personal del rey Felipe de España, el cual alude el nombre azteca asignado “tzinacanatlapatli” utilizada por los aztecas para tratar enfermedades oculares (Lucarini, Durazzo, Raffo, Giovannini, & Kiefer, 2019).

**Tabla 1***Origen de algunos tipos de maracuyá*

<b>Especies</b>	<b>Zonas de origen</b>
Maracuyá amarillo	Región amazónica
Granadilla dulce	Bolivia – centro América
Maracuyá morado	Sur de Brasil, Paraguay y norte de argentina

<b>Especies</b>	<b>Zonas de origen</b>
Maracuyá banana	Áreas montañosas de América del sur (Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Perú)

*Nota.* Adaptado de *Review on the ecophysiology of important Andean fruits: Passiflora L.* Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, por Fischer, G., & Miranda, D., 2021.

### **Requerimientos climáticos y edafológicos**

La familia de la maracuyá son plantas tropicales, subtropicales y tolera algunos grados de heladas invernales sin sufrir daños, sin embargo, no soporta heladas severas. Requiere una temperatura optima de 20 °C a 30 °C para el crecimiento vegetativo y floración. Puede crecer bien hasta los 2000 metros de altitud con una precipitación anual de 1000 a 2500 mm. Las enredaderas prefieren un suelo casi neutro bien drenado, con alto contenido de materia orgánica. Las temperaturas extremas de calor y frío pueden dañar su crecimiento, mientras que las altas temperaturas hacen que crezcan exuberante, pero con poca fructificación (Thokchom & Mandal, 2017).

### **Tipos y sus características**

Existen dos formas reconocidas de maracuyá comestible: el morado (*Passiflora edulis* Sims) y la amarilla (*Passiflora f. flavicarpa* Deg.), cultivados mayormente en la India. En la Tabla 2 se puede observar los diferentes tipos de maracuyá y sus características (Thokchom & Mandal, 2017).

**Tabla 2**

*Tipos de maracuyá y sus características*

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
Maracuyá morado	Las vides son productivas en elevaciones más altas.

Tipos	Características
Maracuyá amarillo	<p>Los frutos tienen un diámetro de 4-5 cm, de color morado oscuro cuando están maduros, y cada uno pesa entre 35-45 g.</p> <p>El contenido de jugo varía entre el 31-35%.</p> <p>Las semillas son de color negro.</p> <p>Adecuada para elevaciones más bajas y menos productivas en elevaciones más altas debido a su sensibilidad a las bajas temperaturas.</p> <p>El fruto pesa 60 g, con forma redonda y manchas amarillas moteadas, se vuelve de color amarillo dorado cuando está maduro.</p> <p>Las semillas son de color marrón.</p>
Granadilla Gigante	<p>Tiene hojas muy grandes y produce flores muy llamativas.</p> <p>Los frutos de color verde-amarillento se asemejan a los melones, miden de 15 a 20 cm de largo y pesan alrededor de 600 g.</p> <p>El fruto contiene pulpa espesa con semillas grandes.</p>
Maracuyá híbrido Kaveri	<p>Es una variedad de alto rendimiento y cada fruto pesa de 85 a 110 g.</p> <p>Los frutos son de color morado.</p>

Tipos	Características
	Tiene tolerancia en campo de manchas en las hojas, pudrición del cuello, marchitez y nematodos.

*Nota.* Adaptado de *Production Preference and Importance of Passion Fruit (Passiflora Edulis): A Review. Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, (p. 27-30), por Thokchom, R., & Mandal, G. 2017.

### **Características botánicas y morfológicas de la maracuyá**

La planta conocida como “passiflora” pertenece al Reino Plantae, al orden Violales, clase Magnoliopsida y a la familia Passifloraceae. Este género es relativamente desconocido debido a su complejidad y variedad de especies en la naturaleza que se distribuye ampliamente en el continente americano y en Australia, Nueva Zelanda y el Extremo Oriente (Lucarini, Durazzo, Raffo, Giovannini, & Kiefer, 2019).

Las plantas de Passiflora son trepadoras leñosas o herbáceas perennes, con hojas de diferentes formas y colores. Tienen tallos cilíndricos o poligonales y pueden estar cubiertas de pelo. Las hojas son alternas y tienen un alto valor decorativo. Los pedúnculos rurales llevan generalmente una sola flor, aunque hay excepciones. Las brácteas están presentes en casi todas las especies, y varían en forma y tamaño. La flor tiene una morfología única, con un cáliz plano, en forma de taza, campanulado o cilíndrico, y una corola compuesta por cinco sépalos y cinco pétalos de diferentes tamaños y colores. Dentro del perianto, se forma una corona de filamentos que varían en longitud y color, y que están dispuestos en anillos concéntricos o fusionados para formar un tubo (Lucarini, Durazzo, Raffo, Giovannini, & Kiefer, 2019).

El sistema reproductivo de *Passiflora* está ubicado en la parte superior del androginóforo y sobresale por encima de la corola. Las flores son polinizadas por diferentes especies de insectos, y algunas especies tienen adaptaciones específicas para atraer a ciertos colonizadores, como murciélagos y colibríes. Las flores llegan a desarrollar frutos de apariencia en forma de bayas, con un interior de semillas cubiertas por un arilo gelatinoso (Lucarini, Durazzo, Raffo, Giovannini, & Kiefer, 2019).

### Características fisicoquímicas

Los componentes de la maracuyá incluyen fibra dietética, carbohidratos, lípidos, ácidos carboxílicos, polifenoles, compuestos volátiles, proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, entre otros como se puede observar en la Tabla 3. Se han identificado más de 110 tipos de constituyentes químicos en *Passiflora Edulis*, entre los cuales constan flavonoides, triterpenoides y carotenoides, además contienen compuestos volátiles, ésteres (59,24%), aldehídos (15,27%), cetonas (11,70%) (He, y otros, 2020).

**Tabla 3**

*Composición fisicoquímica de Passiflora*

Composición	Unidad	Maracuyá morado	Maracuyá amarillo
Agua	G	85.62	84.21
Energía	Kcal	51	60
Proteína	G	0.39	0.67
Lípidos totales	G	0.56	0.18
Carbohidratos	G	13.6	14.25
Fibra	G	0.2	0.2
Azúcares	G	13.4	14.25
Minerales			

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Maracuyá morado</b>	<b>Maracuyá amarillo</b>
Calcio (Ca)	Mg	4	4
Hierro (Fe)	Mg	0.24	0.36
Magnesio (Mg)	Mg	17	17
Fósforo (P)	Mg	13	25
Potasio (K)	Mg	278	278
Sodio (Na)	Mg	6	6
Zinc (Zn)	Mg	0.05	0.06
Cobre (Cu)	Mg	0.053	0.05
Selenio (Se)	µg	0.1	0.1
Vitaminas			
Vitamina C, ácido ascórbico	Mg	29.8	18.2
Tiamina	Mg	0.000	0.000
Riboflavina	Mg	0.131	0.101
Niacina	Mg	1.46	2.240
Vitamina B-6	Mg	0.05	0.060
Folate (DFE)	µg	7	8
Vitamina B-12	µg	0.00	0.00
Vitamina A, RAE	µg	36	47
Vitamina A, IU	IU	717	943
Vitamina E	Mg	0.01	0.01
Vitamina D (D2+D3)	µg	0.0	0.0
Vitamina D	IU	0	0

Composición	Unidad	Maracuyá morado	Maracuyá amarillo
Vitamina K	µg	0.4	0.4
Lípidos			
Ácidos grasos, saturado total	G	0.004	0.015
Ácidos grasos, monoinsaturados totales	G	0.006	0.022
Ácido graso poliinsaturado total	G	0.029	0.1066

*Nota.* Adaptado de *Passiflora edulis: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology*. *Front. Pharmacol*, por He et al., 2020.

### Propiedades medicinales y beneficios para la salud

La maracuyá es reconocido por su capacidad antioxidante natural que puede eliminar los radicales libres y ayudar al cuerpo a mantener un nivel adecuado de antioxidantes. Además, la maracuyá también ha demostrado tener un efecto analgésico y antiinflamatorio, hepatoprotectores para proteger el hígado contra el daño causado por sustancias tóxicas, protección contra lesión hepática inducida por el etanol y la enfermedad del hígado graso no alcohólico, tiene efecto en reducir la inflamación y mejorar la función pulmonar, actividad antimicrobiana contra hongos y bacterias, propiedades antihipertensivas, propiedades hipolipídicas al reducir los niveles de colesterol y triglicéridos, previene la acumulación de peso y mejora los niveles de lípidos en animales con diabetes y obesidad (He, y otros, 2020).

También muestra actividad antidiabética al disminuir los niveles de glucosa en la sangre y optimiza la sensibilidad de la insulina, posee propiedades sedantes, tiene efectos antitumorales debido a la presencia de compuestos polifenólicos y polisacáridos. Sin embargo, la eficacia clínica en ensayos con humanos aun es limitado ya que se necesitan más ensayos clínicos controlados, aunque los estudios realizados sugieren que podrían tener grandes beneficios en pacientes con diabetes, hipertensión y asma (He, y otros, 2020).

Asimismo, una de las propiedades de la maracuyá que se obtiene en su aceite vegetal es la protección contra el deterioro oxidativo de los lípidos, pues estos antioxidantes no solo cumplen con esta función, sino que también brindan beneficios como prevenir enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiacas y es antienvjecimiento (Cassia & Neuza, Yellow passion fruit seed oil (Passiflora edulis f. flavicarpa):physical and chemical characteristics., 2012).

### ***Aplicaciones***

La maracuyá amarilla se comercializa principalmente en su forma natural y se utiliza en la industria alimentaria. Sin embargo, durante el proceso de transformación de la maracuyá a productos genera grandes cantidades de semillas como subproductos agrícolas, por lo que la extracción de aceite agrega un valor a los residuos, teniendo en cuenta que la composición de ácidos grasos y el nivel de insaturación influye en las posibles aplicaciones en la industria alimentaria, química, farmacéutica y cosmética (Cassia & Neuza, Yellow passion fruit seed oil (Passiflora edulis f. flavicarpa):physical and chemical characteristics., 2012).

Las cáscaras de la maracuyá se utilizan en la producción de pectina, el cual es un alimento funcional altamente utilizado para la reducción del colesterol y mejorar la salud gastrointestinal. El aprovechamiento de los subproductos generados por esta fruta contribuye en nuevas oportunidades en la industria de la pectina (He, y otros, 2020).

## Grosella

### Origen

La grosella, conocida también como grosella espinosa malaya, grosella espinosa de Otaheite o grosella espinosa estrella, tiene como nombre científico “*Phyllanthus Acidus*” pertenece a la familia Phyllanthaceae, la cual consta con más de 1270 especies, que se subdividen en 11 subgéneros. Fue descubierta por primera vez en 1737 por Linnaeus. Muchas especies del género Phyllanthae crecen en Malasia y otros países, y son utilizadas como medicina tradicional (Ping Tan, Nyak, Lim, & Nafiahb, 2020).

### Figura 3

*Fruto Phyllanthus Acidus*



*Nota.* Adaptado de *In silico docking analysis of selective bioactive compounds of Phyllanthus acidus aqueous fruit extract against MAPK1* por Padmini E., & Kavitha M., 2021.

Se cree que *Phyllanthus Acidus* tuvo su origen en Madagascar, sin embargo, actualmente se encuentra ampliamente distribuido en islas del Caribe como Puerto Rico, las Bahamas y trinidad,

también se encuentra en India, Indonesia, Laos, Madagascar, Myanmar, Florida en América del Norte, y con especies nativas en Brasil y Colombia (Goldson & Bailey, 2020).

### ***Requerimientos climáticos y edafológicos***

Phyllanthus Acidus es una planta que puede crecer en una amplia variedad de suelos, sin embargo, prefiere suelos húmedos y bien drenados con un pH ligeramente ácido y alcalino. Se adapta a estar en semisombra o directamente al sol, teniendo en cuenta que debe estar en constante riego. En cuestión de 4 años se puede obtener frutos (Housing.com, 2023).

### ***Tipos y características***

Existen varios tipos de Phyllanthus, pues es una familia abundante que ha sido utilizada ancestralmente con diferentes propósitos, las especies más conocidas de la familia de la grosella se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4**

#### *Especies y características de Phyllanthus*

<b>Especie</b>	<b>Característica</b>
Phyllanthus amarus	Forma de hierba con un tamaño de 5-10 mm de largo. El tallo es verdoso, liso, redondeado, graso y leñoso en la base. Frutos son verdosos. Altura de la planta es de 75 cm de alto.
Phyllanthus urinaria	La hoja tiene un tamaño de 3-15 mm de ancho, con una forma oblongo.

Especie	Característica
	<p>El tallo es verdoso, liso, pentagonal, glabro y leñoso en la base.</p> <p>Frutos rojizos y tépalos verde-rojizos.</p> <p>Altura de la planta de 60 cm de alto.</p>
Phyllanthus odontadenius	<p>La hoja tiene un tamaño de 5-7 mm de ancho, con una forma oblongo.</p> <p>El tallo es verdoso, liso, pentagonal, glabro y leñoso en la base.</p> <p>Frutos verdosos y tépalos verde-blanquecinos.</p> <p>Altura de la planta de 1.0 m de alto.</p>
Phyllanthus niruroides	<p>La hoja tiene un tamaño de 1,5-3 mm de ancho, con una forma oblongo.</p> <p>El tallo es verdoso, liso, pentagonal, glabro y leñoso en la base.</p> <p>Frutos verdosos y tépalos verdes.</p> <p>Altura de la planta de 75 cm de alto.</p>
Phyllanthus muellerianus	<p>La hoja tiene un tamaño de 1,5-4 mm de ancho, con una forma ovalado-elíptico.</p> <p>El tallo es marrón, liso, redondeado y leñoso en la base.</p> <p>Frutos rojizos y tépalos verdosos.</p> <p>Altura de la planta de 12 m de alto.</p>

*Nota.* Adaptado de *Identification of the Genus Phyllanthus (Family Phyllanthaceae) in Southern Nigeria Using Comparative Systematic Morphological and Anatomical Studies of the Vegetative Organs. Journal of Plant Sciences*, (p. 137-149) por Awomukwu, D., Nyananyo, B., Uka, C., & Uwabunkeonye, C. (2015).

### ***Características botánicas y morfológicas***

Phyllanthus Acidus se clasifica como un arbusto ornamental y puede alcanzar alturas de hasta 10m. tiene una corteza rugosa y gris, y produce flores pequeñas y densas de color rosa. En el Caribe la floración es en enero y mayo, mientras que en la región de Java en Indonesia es durante todo el año. Existen tres tipos de flores (masculinas, femeninas y hermafroditas) que maduran en 90 a 100 días en frutos duros, ácidos, achatados y drupáceos. Los frutos están agrupados densamente y tienen un diámetro aproximado de 2 cm (Goldson & Bailey, 2020).

Las hojas de la grosella tienen forma pinnada y mide entre 20 y 40 cm de largo. Sus folios son alternos, ovalados o lanceolados ovados y con un peciolo corto de hasta 7,5 cm. Es de color verde y liso en la parte superior, verde azulado con un recubrimiento en la parte inferior, y la hoja pinnada contiene numerosos foliolos con dos pequeñas estipulas puntiagudas en base de cada hoja. El fruto es estacional de un color verde-amarillento a blanco-cremoso, crujiente, jugoso, colgando directamente de la longitud sin hojas de las ramas principales y el tronco superior (Ping Tan, Nyak, Lim, & Nafiahb, 2020).

### ***Características físico-químicas***

La grosella tiene un alto contenido de humedad y son una fuente de diversos nutrientes. Los azúcares, fenoles y ácidos están presentes en el fruto. Además, contiene minerales como hierro, calcio, magnesio, potasio y zinc como se puede observar en la Tabla 5 (Goldson & Bailey, 2020).

**Tabla 5***Características físico-químicas de la grosella*

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Humedad	%	86.7-91.7
Hidratos de carbono	%	4.8-6.4
Proteína	%	0.25-0.7
Grasa	%	0.52
Fibra	%	0.51
Azúcar reductor	%	0.04
Azúcar no reductor	%	4.46
Fenol	%	0.6
Ácido	%	0.45
Potasio (K)	mg	223.44
Calcio (Ca)	mg	163.22
Sodio (Na)	mg	17.5
Hierro (Fe)	mg	2.43
Zinc (Zn)	mg	1.63
Manganeso (Mn)	mg	1.31
Cobre (Cu)	mg	0.2
Carotenoides	mg	2.43
Ácido ascórbico	mg	36.7

*Nota.* Adaptado de *Nutritional and Medicinal Properties of Phyllanthus Acidus L. (Jimbilin)*. *International Journal of Fruit Science*, (p. 1706-1710) por Goldson, A., & Bailey, D., 2020.

### ***Propiedades medicinales y beneficios***

Varios estudios han demostrado que la grosella exhibe actividad hepatoprotectora significativa, además ancestralmente ha sido utilizada para tratar afecciones inflamatorias como erupciones cutáneas, psoriasis, catarro bronquial y asma. Tiene una actividad notable para inhibir la enzima Alpha-glucosidasa que está relacionada con el metabolismo de la glucosa, actividad hipoglucémica, actividad antioxidante con la capacidad de eliminar de radicales DPPH, radicales superóxidos, hidroxilo y peroxidación lípida, actividad antimicrobiana y actividad citotóxica. Además, existe información limitada sobre la efectividad contra la enfermedad de Alzheimer y otros trastornos neurodegenerativos (Ping Tan, Nyak, Lim, & Nafiahb, 2020).

### ***Aplicaciones***

La grosella tiene una amplia gama de aplicaciones en la medicina, en las que incluye inflamación, reumatismo, bronquitis, asma, trastornos respiratorios, enfermedades hepáticas, diabetes e hipertensión, entre otras enfermedades. Además, se utiliza en la producción de tintes, taninos, combustibles y madera. Por lo tanto, sus aplicaciones además de la industria alimentaria están en la industria farmacéutica, maderera, entre otras (Goldson & Bailey, 2020).

### **Guayaba**

#### ***Origen***

La guayaba con el nombre científico “*Psidium Guajava*” es una de las frutas más populares en todo el mundo, tiene origen en América y se han encontrado semillas junto con otras plantas cultivadas, en tumbas precolombinas de la cultura Chilca, en Perú, que datan del 5700 al 3000 a.C. La guayaba se ha extendido ampliamente por todas las regiones subtropicales y tropicales del planeta. La producción mundial de *Psidium Guajava* es de aproximadamente 1.2 millones de toneladas, siendo Pakistán y la India responsables del 50%, el responsable del 25% es de México y el resto se lo atribuye a países como

Sudáfrica, Kenia, Cuba, Brasil, República Dominicana, Colombia, Ecuador, Egipto, Jamaica, Puerto Rico, Haití, Estados Unidos y Filipinas (Menacho & Saavedra, 2020).

#### **Figura 4**

*Fruta Psidium Guajava*



*Nota.* Adaptado de Phytochemical Screening, Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Essential Oils and Ethanol Extract of *Psidium guajava* Leaf por Emmanuel, A., Kubmarawa, D., Sara, GY y Wahu, A., 2019.

#### ***Requerimientos climáticos y edafológicos***

La *P. guajava* se encuentra en áreas como bordes de caminos, pastizales y huertos, abarcando desde el nivel del mar hasta una altitud de 1600 m, y se distribuye desde México y las Antillas hasta Argentina. Mientras que otra especie como *Psidium nutans* se encuentra en pastizales húmedos o habitad ribereños, en elevaciones que van desde los 150 hasta los 750 m, en Argentina, Paraguay Bolivia, Brasil y Venezuela. (Arévalo, y otros, 2021)

### ***Tipos y características***

Los tipos y características de *Psidium Guajava* mejor conocida como guayaba se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Tipos y características de guayaba*

<b>Especie</b>	<b>Característica</b>
Guayaba amarilla	Presenta un color amarillo pálido en la parte interna de la fruta, es de sabor dulce, tamaño medio y olor característico.
Guayaba roja	Sus frutas color amarillento, contiene una pulpa color rosa pálido, es dulce, no es ácida.

*Nota.* Adaptado de *Comparación fisicoquímica y la estabilidad oxidativa del aceite extraído a partir de semillas de guayaba (Psidium Guajava) y semillas de chirimoya (Annona Cherimola) por extracción en frío y caliente* por Menacho, J., & Saavedra, G., 2020.

### ***Características botánicas y morfológicas***

La guayaba es un árbol perteneciente al género *Psidium*, el cual pertenece a la familia Myrtaceae. Las especies de este género son árboles o arbustos que contienen hojas en forma opuesta o subalterna con puntos glandulares translúcidos y nervios laterales que tienen a ascender. Además, las flores se agrupan en inflorescencias cimosas, conteniendo hasta siete flores, el cáliz de las flores suele variar en su estructura y los pétalos tienen forma orbicular u obovada de color blanco. Los frutos de la guayaba son generalmente carnosos y de forma globosa, tienen un olor dulce y fuerte, pueden llegar a pesar de 25 a 500g, contienen numerosas semillas que están incrustadas en la pulpa, estas semillas

tienen una forma característica en reniforme y de color amarillento, de variables tamaños (Rodríguez & Infante, 2016).

La pulpa de los frutos puede ser de color blanca, crema, rosa pálido, rosa, rosa oscuro, naranja-rosado o anaranjado, con diferentes grados de jugosidad, acidez y dulzura. Algunas frutas pertenecientes al género *Psidium* suelen ser suaves, lo cual es poco común (Rodríguez & Infante, 2016).

### ***Características físico-químicas***

Durante el proceso de maduración y desarrollo del fruto de la guayaba, se producen cambios físicos y químicos, donde se observa un aumento de los niveles de glucosa y en el peso de los frutos. La guayaba se considera una excelente fruta debido a su composición nutricional ya que contiene vitamina C, B1, B2, potasio, magnesio, hierro, fósforo y calcio (Menacho & Saavedra, 2020).

**Tabla 7**

### *Características físico-químicas de la guayaba*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Agua	77%
Proteínas	0.95%
Grasa	0.45%
Fibras	8.15%
Carbohidratos	2.85%
Azúcares	8.85%
Vitamina A	200 UI
Vitamina C	300UI
Vitamina B3	40 UI
Taninos	0.95%

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Coeficiente de digestibilidad	90%
Calcio	18 mg
Hierro	0.9 mg
Ácido ascórbico	160 mg
Cenizas	0.95%

*Nota.* Adaptado de *Comparación fisicoquímica y la estabilidad oxidativa del aceite extraído a partir de semillas de guayaba (Psidium Guajava) y semillas de chirimoya (Annona Cherimola) por extracción en frío y caliente* por Menacho, J., & Saavedra, G., 2020

### ***Propiedades medicinales y beneficios***

La guayaba es una fruta rica en fibra dietética, tanto en su forma de fruta como en sus hojas, además las semillas son conocidas por sus propiedades laxantes y su capacidad para limpiar el intestino. Es beneficiosa para problemas relacionados con la cavidad oral, tiene compuestos antioxidantes que le confiere propiedades antimicrobianas y ayuda a prevenir la formación de placas dentales, previene el sangrado en las encías y el mal aliento debido a su alto contenido de vitamina C y folato. Las hojas y frutas de guayaba tienen la capacidad de reducir los niveles de azúcar en la sangre, siendo un posible tratamiento para la diabetes tipo II. Asimismo, son eficaces para tratar resfriados y tos, reduce la congestión pulmonar y la producción de mucosidad, tiene propiedades expectorantes. Su contenido de licopeno y carotenoides la convierten en un agente efectivo en la prevención y la lucha contra el cáncer de mama y de próstata, es beneficiosa para tratar la hipertensión, la hiperlipidemia y enfermedades cardiacas, posee propiedades gastrointestinales, siendo útil en el tratamiento de la diarrea y trastornos gastrointestinales (Kafle, Mohapatra, Reddy, & Chapagain, 2018).

### ***Aplicaciones***

La guayaba tiene varias aplicaciones en la industria farmacéutica por sus propiedades medicinales, además, se utiliza para preparar gránulos de gelatina para industrias alimentarias y medicinales. Es utilizada como complemento alimenticio en la acuicultura (Díaz, Verardo, Gómez, Fernández, & Segura, 2017).

### **Zapote**

#### ***Origen***

El zapote (*quararibea cordata*) es una especie perteneciente a la familia Bombacaceae, que es originaria y se encuentra de forma natural en la selva amazónica y específicamente en la parte occidental de la amazonia brasileña. Durante los últimos 4 mil años ha sido cultivada por indios Ticuna, considerándolo uno de los recursos genéticos nativos de la región amazónica. El zapote también es conocido con el nombre científico de *Matisia cordata* y en países como Colombia y Perú se lo conoce con nombres populares como sapotillo, zapote chupa, zapote chupachupa, en países como Brasil se lo conoce con el nombre de sapota-do-soliões, sapota, sapotina, en Venezuela se lo conoce como mame colorado, mamey colorado, en costa rica se lo conoce como balso serrano, manguito, zapote amarillo y zapote colombiano (Monteiro, 2017).

**Figura 5***Fruto de quararibea cordata*

*Nota.* Adaptado de *First complete quali-quantitative carotenoids characterization of Aiphanes aculeata, Quararibea cordata and Garcinia intermedia fruits* por Giuffrida, D., Toribio, E. M., & Murillo, E. G., 2022.

***Requerimientos climáticos y edafológicos***

Quararibea cordata más conocida como zapote, se encuentra en estado silvestre en bosques de temperaturas cálidas y tropicales de tierra firme, que requieren de una buena fertilidad. La temperatura óptima para su crecimiento es de 20 °C a 30 °C, además requiere una alta humedad ambiental (Monteiro, 2017).

***Tipos y características***

El zapote es una especie que tiene varios tipos, de los cuales los más nombrados se presentan en la Tabla 8, la cual especifica el tipo y sus características.

**Tabla 8***Tipos y características de diferentes especies de zapotes*

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>
Zapote sudamericano	Es común en América del Sur, su fruto es fibroso y dulce de un color anaranjado.
Mamey amarillo	Su fruto ha sido utilizado como antiparasitario, originario de Centroamérica, tiene pulpa amarilla.
Zapote blanco	Árbol perennifolio de 6 a 10 metros de altura, sus hojas son de color verde brillante, los frutos son redondeados de color amarillento o verdes con una pulpa amarillenta dulce.
Zapote negro	Es nativa de Mesoamérica, el árbol perennifolio puede alcanzar hasta 10 metros de altura, consta de hojas en forma elíptica, y su fruto de 5 a 10 cm de diámetro en forma de una baya de color verde amarillento con pulpa marrón.

*Nota.* Adaptado de *Naturalista*. Retrieved from *Naturalista* por Paz, L., & Dominguez, N., 2021.

### ***Características botánicas y morfológicas***

El zapote es una especie que puede llegar a alcanzar una altura de 30 metros cuando se cultiva y 40 metros cuando se encuentra en los bosques, tienen flores de color amarillo en forma de coliflor, corto pedicelo y hermafroditas dispuestas en fascículos de tres a nueve. El fruto es globoso u ovoide, con un pedúnculo fuerte, polvoriento y color marrón verdoso, tiene un cáliz en forma de pezón persistente y contiene hasta cinco semillas en forma de cuña. La pulpa de fruto maduro es de color

naranja oscuro, jugosa fibrosa y aromática. En el habitat natural los frutos y las semillas son dispersados por vertebrados. La floración de *M. cordata* dura de tres a cuatro meses al año (Monteiro, 2017).

### ***Características físico-químicas***

En la Tabla 9 se presentan las características físico-químicas que contiene la fruta de zapote con el nombre científico de *Quararibea cordata*

**Tabla 9**

#### *Características físico-químicas del zapote*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Azúcares totales	7.06%
Azúcares reductores	2,88%
Sacarosa	4,18%
pH	6,83
Acidez total	0,11%
Ácido málico	0.0013 mg/g
Ácido crítico	0.009 mg/g
Solidos solubles	12.20%
Humedad	82.5%
Carbohidratos	15.3 g
Lípidos	0.4 g
Proteína	1.0 g
Calcio	50 mg/100 g
Fósforo	14-20 mg/100 mg
Potasio	360-371 mg/100 mg

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Magnesio	15-16 mg/100 mg
Sodio	3-4 mg/100 mg
Cloro	44-46 mg/100 mg
Azufre	8-10 mg/100 mg
Manganeso	0.12-0.25 mg/100 mg
Zinc	0.15-0.24 mg/100 mg
Hierro	0.30-0.59 mg/100 mg
Cobre	0.11-0.19 mg/100 mg
Níquel	0.02-0.03 mg/100 mg
Fibra dietética	11.94%
Fibra soluble	7.16%
Fibra insoluble	4.77%

*Nota. Adaptado de Sapota-do-solimões (Quararibea cordata): Caracterização físico-química, estabilidade, compostos bioativos e voláteis por Monteiro, S., 2017, Santa Maria: Manancial*

### **Aplicaciones**

El zapote se usa en la preparación de jugos, refrescos, ensaladas, dulces, compotas y como saborizante de bebidas, además su pulpa tiene un potencial industrial al ser estudiado para la producción de jalea, helado y yogur (Monteiro, 2017).

### **Aceites vegetales**

Los aceites vegetales se derivan de plantas, semillas y frutas. Estos aceites se utilizan en la cocina, la producción de alimentos y los cosméticos, tienen propiedades nutricionales y culinarias únicas, los cuales se usan para una variedad de propósitos industriales y comerciales. Los aceites

vegetales son una gran fuente de ácidos grasos esenciales, vitaminas y antioxidantes, teniendo en cuenta que algunos de los aceites vegetales más comunes son el aceite de oliva, el aceite de girasol, el aceite de soja, el aceite de coco y el aceite de palma (Sherwin, 1976).

Los aceites vegetales son refinados con mucho cuidado para garantizar la alta calidad del producto final y de los productos formulados con ellos. El proceso de refinamiento se basa en la calidad de las semillas oleaginosas utilizadas en el proceso. Desde hace muchos siglos, el uso de aceites vegetales ha sido una práctica frecuente para diversas aplicaciones, como fuente de energía, iluminación, medicina, cosméticos y para aplicar en armas y utensilios. Los aceites más antiguos de Oriente Medio, como el sésamo y el oliva, eran altamente valorados por su larga durabilidad. La invención de la desmotadora de algodón a finales de 1700 llevó al comercio de exportación de algodón en los Estados Unidos y al desarrollo del aceite de semilla de algodón como el primer aceite nuevo de la Era Industrial a mediados de 1800. Con el avance de la tecnología, se desarrollaron nuevos métodos de refinación y se introdujeron otros aceites, como el aceite de soja y el aceite de palma. Cada uno de estos aceites tiene propiedades específicas para diferentes aplicaciones, como cocinar, freír, hornear, aderezos para ensaladas, lubricantes alimentarios, portadores de sabor y agentes de control de polvo. (Gupta, 2017)

### ***Composición del aceite vegetal***

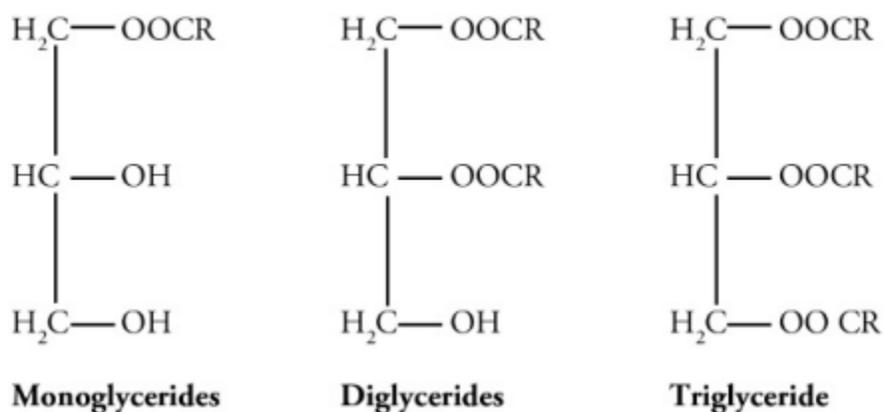
En la naturaleza, hay alrededor de 108 elementos diferentes, y estos elementos forman la base de todo lo que existe en el mundo. Los componentes principales de los aceites y las grasas son los átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), que se combinan para formar diferentes moléculas, teniendo en cuenta que el aceite es una mezcla que contiene principalmente triglicéridos, que son moléculas de tres ácidos grasos unidos a una columna vertebral de glicerol. La mayoría de los aceites vegetales contienen entre un 96% y un 98% de triglicéridos, y también pueden contener otros compuestos solubles en grasa en menor cantidad. Los ácidos grasos son los componentes principales de

los triglicéridos y son responsables de muchas de las propiedades físicas y químicas de los aceites y las grasas. (Gupta, 2017).

La formación de monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos depende de cuántos grupos hidroxilo son reemplazados por los ácidos grasos. Cuando un grupo hidroxilo es reemplazado por un ácido graso, se produce una molécula de agua. La figura 6 muestra el esquema de las estructuras de monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos. (Gupta, 2017)

**Figura 6**

*Estructuras de monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos*



*Nota.* Adaptado de *Practical Guide to Vegetable Oil Processing* por Gupta, M., 2017.

La composición de los ácidos grasos presentes en los aceites vegetales puede variar según diversos factores como la especie de la planta utilizada, las condiciones climáticas durante el cultivo, el momento de la cosecha y las condiciones durante el procesamiento. Los aceites también pueden ser adulterados o mezclados con ingredientes más baratos y fácilmente disponibles, lo que puede comprometer su calidad y autenticidad. Para garantizar la pureza y calidad de los aceites vegetales, es esencial emplear técnicas avanzadas que permitan detectar la presencia de ingredientes falsos (Dong Sun , Bong Soo, Sun Young, & Kun, 1998).

## Clasificación de los aceites vegetales

Los aceites vegetales se dividen en tres tipos principales según su composición de ácidos grasos: saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

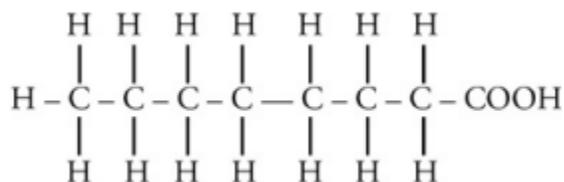
### ***Aceites vegetales grasos saturados***

Los aceites vegetales saturados están compuestos de ácidos grasos saturados, que son aquellos que no tienen enlaces dobles en su estructura química y están completamente saturados con átomos de hidrógeno. Estos aceites suelen ser sólidos a temperatura ambiente y se encuentran en alimentos de origen animal como la mantequilla, la manteca de cerdo y la grasa de res, de igual forma algunos aceites vegetales como el aceite de coco y el aceite de palma frecuentemente adoptan forma sólida. Se aconseja limitar la ingesta de grasas saturadas en la dieta debido a su relación con enfermedades cardiovasculares y otros problemas de salud. (Zambiasi, Przybylski, Zambiasi, & Barbosa, 2007).

Un átomo de carbono se considera "saturado" cuando tiene los cuatro lugares de reacción del átomo de carbono llenos con otros elementos. La estructura de un ácido graso, que incluye un grupo carboxilo (–COOH) en un extremo, puede tener enlaces sencillos entre los átomos de carbono, lo que se considera un ácido graso "saturado" como se puede observar en la figura 7 (Gupta, 2017).

### **Figura 7**

*Ejemplo de ácido graso saturado*



*Nota.* Adaptado de *Practical Guide to Vegetable Oil Processing* por Gupta, M., 2017.

Los ácidos grasos saturados son resistentes a la oxidación en presencia de aire u oxígeno, pero pueden descomponerse a altas temperaturas y producir polímeros tóxicos y toxinas como la acroleína. (Gupta, 2017).

### ***Aceites vegetales grasos monoinsaturados***

Los ácidos grasos monoinsaturados son un tipo de ácido graso que contiene un solo enlace doble en su estructura química, lo que significa que hay dos átomos de carbono en la cadena de ácidos grasos que no están saturados con hidrógeno. Estos ácidos grasos se encuentran en alimentos como el aceite de oliva, el aguacate, los frutos secos y algunas carnes. Se ha demostrado que tienen efectos positivos para la salud, incluyendo la disminución del colesterol LDL (conocido como “colesterol malo”) y la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Además, los ácidos grasos monoinsaturados son relativamente estables y tienen una mayor resistencia a la oxidación que los ácidos grasos poliinsaturados. (Yaqoob, 2002).

### ***Aceites vegetales grasos poliinsaturados***

Los ácidos grasos poliinsaturados son grasas que contienen dos o más enlaces dobles en su cadena de carbono, considerando que este tipo de enlaces pueden estar separados por uno o varios átomos de carbono. Son esenciales para la salud humana y deben ser obtenidos a través de la dieta, ya que el cuerpo no puede producirlos por sí mismo. Algunos ejemplos de ácidos grasos poliinsaturados son el ácido linoleico y el ácido alfa-linolénico, que son precursores de los ácidos grasos omega-6 y omega-3, respectivamente ( Sanders, 2000).

### **Usos y aplicaciones de los aceites vegetales**

Los aceites vegetales tienen varias aplicaciones industriales y son utilizados para motores fuera de borda de dos tiempos, en motosierras y marcos de sierra, lubricantes utilizados en plantas de tratamiento de aguas residuales, mecanismos de compuerta de esclusa y plantas de presa de agua,

lubricantes para el sistema centralizado de camiones, lubricantes para la banda de rodadura de ruedas de ferrocarril, lubricantes utilizados en la industria alimentaria, compuestos para la separación de moldes, aceites para motos de nieve y equipos de mantenimiento de pistas de esquí, procesos de metalurgia y conformado de metales, lubricantes para cables, motores de combustión interna y sistemas hidráulicos en general, aceites hidráulicos para maquinaria en la construcción de edificios, puentes, trabajos en profundidad y subterráneos, bosques y equipos agrícolas, entre otras aplicaciones y usos (Shashidhara & Jayaram, 2010).

Además, existen los usos y aplicaciones industriales que tienen algunos aceites vegetales en específico como se puede observar en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Usos y aplicaciones de aceites vegetales*

<b>Aceite</b>	<b>Usos y aplicaciones</b>
Aceite de ricino	Lubricantes para engranajes. Aceites hidráulicos, fluidos de transmisión de tractores, fluidos para trabajar
Aceite de canola	metales, lubricantes de grado alimenticio, aceites penetrantes, lubricantes de barras de cadena.
Aceite de coco	Motores de gas
Aceite de palma	Industria siderúrgica, grasa, lubricante rodante
Aceite de oliva	Lubricantes automotrices, industria alimenticia
Aceite de colza	Lubricantes para compresor de aire, equipos agrícolas, grasas biodegradables.
Aceite de cártamo	Pinturas de colores claros, combustible diésel, resinas, esmaltes
Aceite de linaza	Revestimiento, pinturas, lacas, barnices, manchas.
Aceite de jojoba	Industria cosmética, lubricante

Aceite	Usos y aplicaciones
Aceite de soja	Combustible biodiesel, fundición de metales, tintas de impresión, pinturas, recubrimientos, jabones, champús, detergentes, pesticidas, plastificantes, aceite hidráulico
Aceite de girasol	Sustituto del combustible diésel, industria alimentaria.

*Nota.* Adaptado de *Los aceites vegetales como fluido de corte potencial: una evolución* por Shashidhara, S., 2010.

### **Técnicas de extracción de los aceites vegetales**

El proceso de extracción para la separación de las semillas oleaginosas mediante diversas técnicas químicas, bioquímicas y mecánicas para garantizar altos rendimientos y así obtener un producto con una alta calidad. El método de extracción depende del tipo de material que contenga aceite como granos, semillas o pulpa siendo una etapa fundamental en el procesamiento del mismo. En diferentes industrias como la farmacéutica o alimentaria utilizan grandes cantidades de disolventes químicos para extraer compuestos bioactivos de interés, sin embargo este tipo de técnicas son dañinos para el medio ambiente, por lo que en los últimos años se han sugerido técnicas no convencionales más eficientes y sostenibles, teniendo en cuenta que independientemente del método a utilizar la molienda es una etapa crucial en la preparación de los materiales para la extracción de aceites, ya que un control adecuado puede resultar en altos rendimientos y un impacto positivo en las etapas posteriores del proceso (Nde & Foncha, 2020).

#### ***Extracción mecánica (ME)***

La extracción mecánica es un método tradicional utilizado para la extracción de aceite de semillas, el cual consiste colocar las semillas entre barreras que reducen su volumen y ejercen presión para la extracción del aceite, evaluando en función de su valor ácido, contenido de fósforo, contenido de

agua y valor de yodo. El método de extracción mecánica tiene varias ventajas como la producción de un buen aceite de calidad y la posibilidad de emplear la torta residual para procesos bioindustriales (Nde & Foncha, 2020).

Aunque la extracción mecánica es eficiente suele tener un rendimiento de aceite bajo, teniendo en cuenta que la prensa de tornillo y la prensa hidráulica son las más utilizadas en este método. La prensa de tornillo ofrece mejores rendimientos, ya que la configuración del tornillo y los filtros utilizados en los extractores mecánicos pueden llegar a tener un impacto significativo, por ello se han realizado investigaciones para mejorar el rendimiento mediante ajustes en la configuración del equipo y optimización de parámetros como la velocidad del tornillo, presión de compresión, duración de fuerza aplicada y preparamiento de las semillas (Nde & Foncha, 2020).

#### ***Extracción convencional con disolventes (CSE)***

La extracción convencional con disolventes (CSE) se basa en la capacidad del disolvente para disolver y extraer aceites de semillas, siendo los pasos principales de este proceso la limpieza y acondicionamiento de las semillas, extracción del aceite y la separación de la mezcla resultante, obteniendo la calidad del aceite y la harina dependiendo del tipo de disolvente, temperatura de reacción y tratamiento previo aplicado a las semillas. Aunque el método de extracción con disolventes es rentable y fácil de usar, requiere un proceso adicional de refinamiento para obtener aceite de calidad, y la tiene desventajas como el alto consumo energético, altas inversiones y la utilización de disolventes peligrosos para la salud como el hexano. Por otro lado, algunos estudios han demostrado que el etanol puede ser más eficaz en la extracción de aceite de ciertas semillas en comparación con otros disolventes convencionales. Unos de los parámetros que juegan un papel importante en el proceso es la temperatura ya que aumenta la difusividad y la solubilidad del aceite, acelerando el proceso de extracción (Nde & Foncha, 2020).

### ***Extracción asistida por enzimas (EAE)***

Las paredes celulares de las plantas están compuestas por diferentes polímeros, como lignocelulósicos, que forman una barrera para la extracción de sus componentes. Se utilizan enzimas para digerir estos materiales y romper los poros, facilitando la difusión del aceite durante la extracción. Algunas de las enzimas más efectivas provienen del hongo *Trichoderma*. La elección de la enzima utilizada depende de la estructura de la semilla, la composición enzimática, el tipo de enzima y las condiciones experimentales. Las celulasas, hemicelulasas y pectinasas son enzimas comúnmente utilizadas para hidrolizar y degradar la pared celular, mejorando así la liberación del contenido intracelular (Nde & Foncha, 2020).

### ***Extracción asistida por ultrasonido (EAU)***

Es un tipo de onda sonora con frecuencias que van de 20 a 100 MHz, el cual tiene a ventaja de tener tiempos más cortos de extracción, alta eficiencia de extracción de aceite y bajas demandas de energía. Debido a estas favorables características varios investigadores prefieren el método de EAU para así ahorrar tiempo y tener un producto de calidad, teniendo en cuenta que en un estudio realizado se demostró que un aumento en la potencia ultrasónica conduce a un aumento en el rendimiento del aceite, sin embargo, disminuye significativamente si existe un exceso de potencia (Nde & Foncha, 2020).

### ***Extracción asistida por microondas (MAE)***

Es un método atractivo y novedoso, puesto que el material proteico se desnaturaliza durante el tratamiento con microondas lo que lleva a una extracción de aceite mejorada, debido a el rápido calentamiento y destrucción de la estructura celular biológica asegura una extracción efectiva en poco tiempo requiriendo pequeñas cantidades de solventes para producir un aceite de alta calidad. Además, es un método que reduce el impacto ambiental y los costos financieros. El mecanismo de MAE se atribuye a la conducción iónica y a la rotación dipolar resultante del efecto del microondas sobre las moléculas del material sometidos al procesamiento, teniendo en cuenta que esta influenciado por la

solubilidad de los compuestos de interés en el solvente, el coeficiente de partición, la difusividad de masa y las propiedades dialécticas de la materia prima y del solvente (Nde & Foncha, 2020).

### ***Extracción de fluidos supercríticos (SFE)***

El método de extracción de fluidos supercríticos o método de extracción de carbono supercrítico consta en separar los componentes de la matriz con el uso de fluidos supercríticos, y disolventes de gases comprimidos como etano, propano, etileno, dióxido de dinitrógeno y dióxido de carbono, siendo este último el más utilizado debido a que tiene una temperatura crítica relativamente baja, no es tóxico, no es inflamable, tiene baja viscosidad, alta difusividad, buen poder solvente, no deja residuos orgánicos, bajo costo y es fácil de adquirir, además, puede reciclarse, de esta manera reduce el consumo de energía y aumenta la sostenibilidad en general. En SFE se puede utilizar cosolventes como el metanol, etanol, isopropanol y acetona (Nde & Foncha, 2020).

### **Caracterización de los aceites vegetales de las semillas**

#### ***Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FITR)***

La espectroscopia infrarroja es el estudio de la interacción de la materia con la luz de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ . El objetivo de los espectros infrarrojos es decir qué moléculas y en qué concentración se encuentran en una muestra (Smith, 2011). La espectroscopia FITR tiene importantes aplicaciones las cuales son: escaneo rápido controlando la precisión de las concentraciones de reactivos y productos en reacciones, alta sensibilidad en especial en las muestras en polvo como productos farmacéuticos o proteínas, mediciones en alta resolución permitiendo un conocimiento más detallado de vibraciones moleculares y energía ayudando a medir los componentes de la atmósfera, y finalmente, el procesamiento de datos (Griffiths, 1983).

### ***Análisis termogravimétrico (TGA)***

El análisis termogravimétrico (TGA) es una técnica cuantitativa que mide la respuesta de un material a cambios de temperatura con el objetivo de establecer una relación entre las propiedades físicas de la muestra y la temperatura (Menczel & Prime, 2009). Sin embargo, el análisis termogravimétrico no es capaz de detectar muestras cuya masa es variante, transiciones de fase o polimórficas. El analizador está conformado por una microbalanza de alta precisión conectada a un plato de muestra en el interior de un horno, además consta de un controlador de temperatura (Carrillo, et al., 2019).

### ***Espectroscopia ultravioleta-visible (uv-vis)***

La espectroscopia UV-VIS es una de las técnicas analíticas más antiguas y utilizadas, la cual tiene como objetivo la medición de las interacciones de la materia con las radiaciones UV-VIS electromagnéticas en función de la longitud de onda mediante el cálculo de la cantidad de luz absorbida por el analito, donde se interrelaciona las radiaciones electromagnéticas en la región UV-Vis provocando la creación de un espectro para el análisis de la muestra, el cual es una gráfica de longitud de onda ( $\lambda$ ) o frecuencia ( $\nu$ ) frente a la intensidad de absorción. Hay que tener en cuenta que la cantidad de luz absorbida es directamente proporcional a la cantidad de analito presente en la solución de la muestra, por lo tanto, a medida que la concentración del analito aumenta la absorción de la luz aumenta de igual manera, mientras que la transmisión de luz disminuye. Esta técnica analítica tiene varias aplicaciones en análisis de sustancias orgánicas, inorgánicas, compuestos bioquímicos y farmacéuticos (Akash & Rehman, 2019).

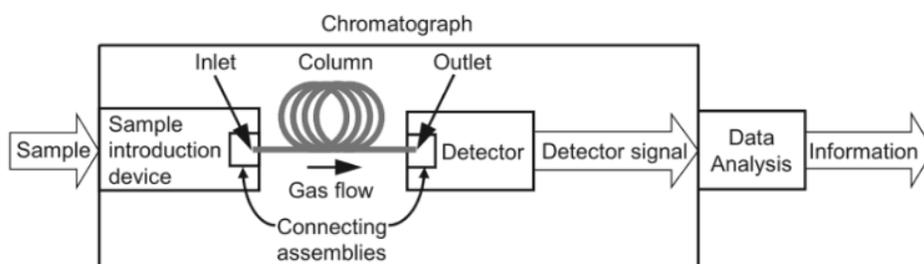
### ***Cromatografía de gases***

La cromatografía de gases (GC) como se muestra en la Figura 8, es una técnica para separar componentes de mezclas con el objetivo de obtener información sobre su composición molecular. Un cromatograma es la representación gráfica de la salida del detector del cromatógrafo de gases junto con la información sobre las alturas y áreas de los picos resueltos, además proporciona información sobre la identidad molecular, etc. Las condiciones en el cromatógrafo de gases pueden ser estáticas, como en el

GC isobárico, isotérmico que no cambia con el tiempo, o pueden ser dinámicas si la temperatura y presión cambian con el tiempo. Además las condiciones pueden ser uniformes o no uniformes, en las que provocan un aumento de la velocidad del gas desde la entrada hasta la salida, lo cual es la descompresión del gas a lo largo de la columna (Poole, 2021).

### Figura 8

*Diagrama de funcionamiento de un cromatógrafo de gases*



Nota. Adaptado de *Gas chromatography* por Poole, C., 2021.

## Capítulo III

### Metodología

#### Equipos, materias y reactivos

##### *Equipos*

Planchas de calentamiento

Soxhlet

Estufa

Desecador

Balanza analítica

Refractómetro

Cromatógrafo de gases PerkinElmer Clarus 680

Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier

##### *Materia prima*

Semillas de maracuyá

Semillas de guayaba

Semillas de zapote

Semillas de grosella

##### *Materiales*

Vasos de precipitación

Espátula de metal

Matraz Erlenmeyer

Tubos de ensayo

Agitador magnético

Balones aforados

Dedales

Pipetas

Viales

***Reactivos***

Etanol

Éter de petróleo

Ácido acético glacial

Cloroformo

Solución de almidón

Tiosulfato de sodio

Yoduro de potasio

Agua

Acetona

Fenolftaleína

Hidróxido de sodio

Hidróxido de sodio

Hidróxido de potasio

Hexano

Solución de ésteres metílicos de ácidos fállicos (Fame)

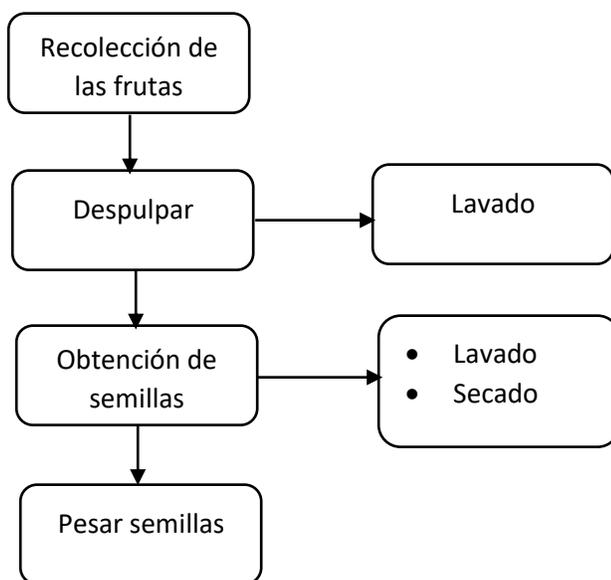
Metanol

### Recolección y preparación de la materia prima

Las frutas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote fueron recolectadas en diferentes mercados de la ciudad de Quito, provincia Pichincha. Al tener en disposición las frutas se procede a la obtención de las semillas, iniciando con el proceso de despulpar, para continuar con el lavado y secado. Una vez obtenido las semillas se pesan para determinar los rendimientos de extracción de aceite de las semillas de la maracuyá, guayaba, grosella y zapote por prensado en frío.

### Figura 9

*Diagrama de la obtención de la materia prima*

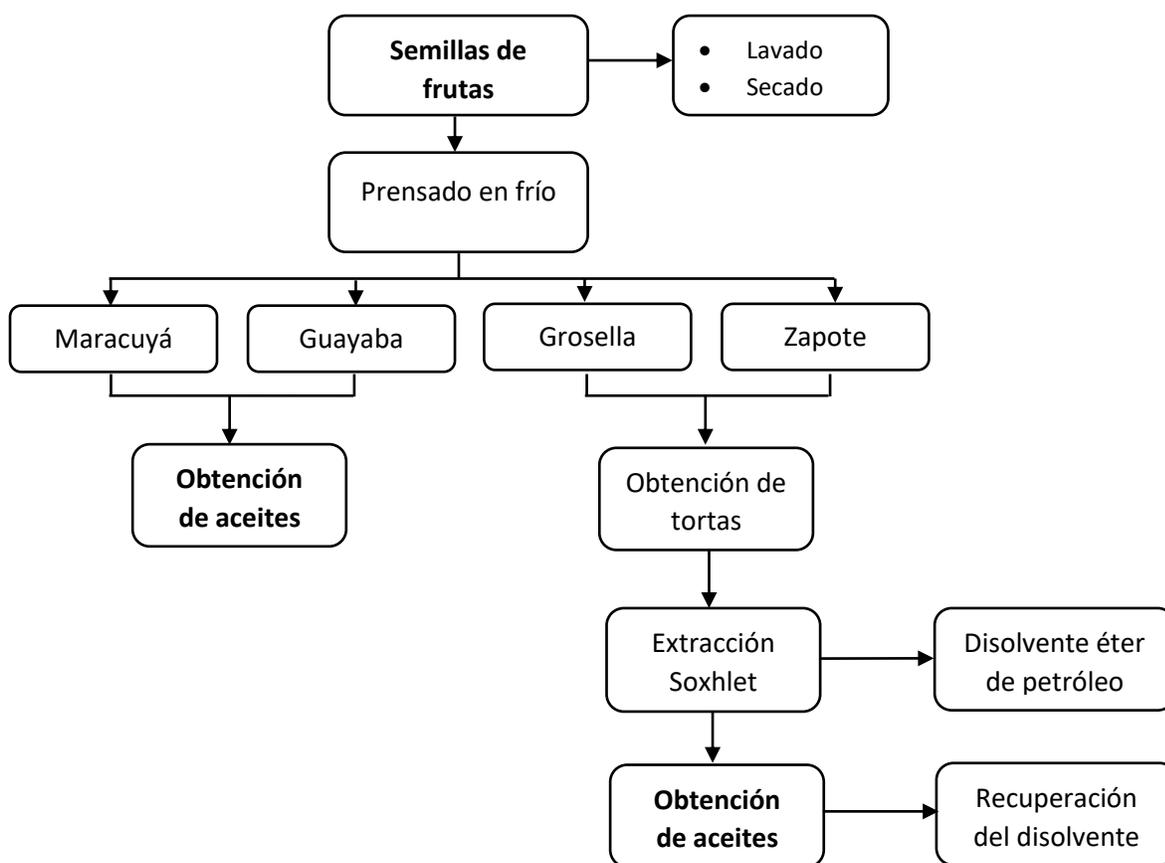


## Obtención de los aceites

Para la obtención de los aceites de las semillas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote se emplea el método de prensado en frío y extracción Soxhlet utilizando como disolvente éter de petróleo.

**Figura 10**

*Diagrama de proceso de obtención de los aceites*



## Preparación de la muestra

La preparación de la muestra de aceite se basa en la norma ISO 661, para la determinación de humedad y materia volátil, impurezas insolubles, masa por unidad de volumen y/o cualquier otra determinación que requiera el uso de muestras sin filtrar. Se coloca la muestra de laboratorio en el

horno de secado a 50 °C, luego se agita vigorosamente en el recipiente. Tener en cuenta que no hay que dejar la muestra en el horno por más tiempo del necesario.

### Índice de refracción

El índice de refracción se refiere a la proporción entre la velocidad de la luz de una longitud de onda definida en el vacío y su velocidad del medio específico. Para la determinación del índice de refracción se hace uso de un refractómetro siguiendo las indicaciones de la norma ISO 6320.

### Índice de acidez

El índice de acidez se determinará mediante la norma ISO 660, la cual refiere a la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el aceite, donde por medio una reacción química mide la cantidad de hidróxido de potasio necesario para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en una muestra. Se pesa 10 g de la muestra de aceite en un matraz de 250 ml, para continuar agregando de 50 ml a 100 ml de solventes neutralizados, seguir añadiendo el indicador y titular con agitación constante usando una solución de hidróxido de sodio o potasio. El índice de acidez  $w_{AV}$ , es expresado en fracción de masa:

$$w_{AV} = \frac{56.1 \times cV}{m} \quad (1)$$

Donde

$c$ : concentración exacta, en moles por litro del estándar de hidróxido utilizado

$V$ : volumen en mililitros del estándar de hidróxido utilizada

$m$ : masa en gramos de la muestra

La acidez o contenido de ácidos grasos libres  $w_{FFA}$ , expresada como fracción másica es igual:

$$w_{FFA} = \frac{VcM \times 100}{1000 \times m} \quad (2)$$

Donde

$c$ : concentración exacta, en moles por litro del estándar de hidróxido utilizado

$V$ : volumen en mililitros del estándar de hidróxido utilizada

$m$ : masa en gramos de la muestra

$M$ : masa molar, en gramos por mol, del ácido elegido

### Índice de yodo

La determinación del índice de yodo en base a la norma ISO 3961, la cual consta de  $w_1$  masa de halógeno, expresada como yodo, absorbida por la porción de prueba siguiendo el procedimiento especificado, dividida por la masa de la porción de prueba. Colocar 500 ml de muestra en el matraz cónico, y agregar el volumen de solvente indicador y agregar 25 ml de la solución de monoclóruo de yodo en ácido acético, agitar y colocar en la oscuridad. Tener en cuenta que hay que preparar el blanco con solvente y reactivo dejando en la oscuridad por 1 hora.

$$w_1 = \frac{12.69 \times c(V_1 - V_2)}{m} \quad (3)$$

Donde:

$c$ : concentración, en moles por litro, de la solución de tiosulfato de sodio

$V_1$ : volumen, en mililitros, de solución de tiosulfato de sodio utilizado para la prueba en blanco.

$V_2$ : volumen, en mililitros, de solución de tiosulfato de sodio utilizado para determinación.

$m$ : masa en gramos de la porción de prueba

### Ensayo de rancidez

El ensayo de rancidez según la norma INEN 45 tiene como objetivo detectar el deterioro que pueden ocurrir en los aceites por efecto de transformaciones químicas o enzimáticas de carácter oxidativo. El procedimiento consta de colocar en un tubo de ensayo 10 ml de ácido clorhídrico y de la muestra de aceite, para tapar y agitar durante 30 segundos. Al finalizar la agitación se coloca 10ml de floroglucinol al 0.1% y agitar durante 30 segundos, dejar reposar por 10 minutos y observar el color de la capa ácida, teniendo en cuenta que si presenta un color rojizo indica el deterioro por rancidez.

### Índice de peróxido

El índice de peróxido es calculado mediante la norma ISO 3960, este una medida de la cantidad de oxígeno ligado químicamente a un aceite como peróxidos. Enjuagar el matraz Erlenmeyer con la solución de ácido acético glacial/isooctano antes de usarlo y colocar en el matraz limpio 10 g de muestra de aceite, continuar añadiendo 50 ml de la solución de ácido acético glacial/isooctano agitando suavemente, agregar 0,5 ml de solución saturada de yoduro de potasio, cerrar y agitar el matraz. Al transcurrir 60s abrir el matraz y agregar 100 ml de agua destilada, titular con la solución estándar de tiosulfato de sodio 0,01 N y agregar 0,5 ml de almidón. Es conocido en la industria como PV en miliequivalentes de oxígeno activo por gramo:

$$PV = \frac{(V - V_0) \times c_{thio} \times F \times 1000}{m} \quad (4)$$

Donde:

$V$ : volumen de la solución de tiosulfato de sodio

$V_0$ : volumen de la solución estándar de tiosulfato de sodio (blanco)

$c_{thio}$ : concentración de la solución de tiosulfato de sodio (mol/L)

$F$ : factor de la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N

$m$ : masa en gramos de la porción de prueba

### Densidad relativa

La densidad relativa es calculada mediante a norma INEN 35, la cual menciona que es la relación entre la masa de un volumen dado de sustancia a 25 °C y la masa de un volumen idéntico de agua a 25 °C. Llenar con agua destilada el picnómetro limpio y seco, sumergirlo en baño de agua a 25 °C durante 30 min, colocar el termómetro evitando la inclusión de burbujas de aire y secar el exterior del picnómetro con papel y pesarlo en la balanza analítica para registrar  $m_1$ . Se continúa con el mismo procedimiento, pero con la muestra de aceite y se registra  $m_2$ .

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \quad (5)$$

Donde:

$\rho$ : densidad relativa a 25/25 °C

$m_0$ : masa en gramos del picnómetro vacío

$m_1$ : masa en gramos del picnómetro lleno de agua

$m_2$ : masa en gramos lleno de la muestra

### Índice de saponificación

Se determina el valor de saponificación mediante el uso de la norma ISO 3657, el cual es una medida de la cantidad de hidróxido de potasio necesario para saponificar los ácidos grasos presentes en un aceite o grasa. Pesar 2 g de la muestra en un matraz cónico, agregar 25 ml de la solución etanólica de hidróxido de potasio con una pipeta, calentar y agitar de vez en cuando el matraz por 60 min ó 2 h, continuar agregando 0,5 de la solución indicadora y titular con la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico. El valor de saponificación se viene dado por la fórmula:

$$I_S = \frac{(V_0 - V_1) \times c \times 5.1}{m} \quad (6)$$

Donde

$V_0$ : volumen, en mililitros, de la solución volumétrica del estándar de ácido clorhídrico

$V_1$ : volumen en mililitros de la solución estándar de ácido clorhídrico utilizada

$m$ : masa en gramos de la muestra

$c$ : concentración exacta de la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico

De igual manera el valor de saponificación se puede obtener a partir de datos de composición de los ácidos grasos obtenidos por el análisis por cromatografía de gases de ésteres metílicos de ácidos alifáticos (FAME) para ello se presentan las siguientes ecuaciones:

$$M_{F(i)} = M_{CH_2}(C_{F(i)} - 1) - (M_{H_2} \cdot n_i) + M_{HCOOH} + (M_{CH_2} \cdot k) \quad (7)$$

Donde:

$k = 0$  para ácidos

$k = 0$  para ésteres metílicos

$k = 0$  para ésteres etílicos

$k = 0$  para ésteres propílicos

$k = 0$  para ésteres butílicos

$$M_{T(i)} = M_{F1(i)} + M_{F2(i)} + M_{F3(i)} + (M_{C_3H_5} + 3 \cdot M_{CO_2} + 3 \cdot M_H) - (3 \cdot M_{HCOOH} + M_{CH_2} \cdot k) \quad (8)$$

$$\bar{M} = \sum_i x_{F(i)} \cdot M_{F(i)} \quad \text{ó} \quad (9)$$

$$\bar{M} = \sum_i x_{T(i)} \cdot M_{T(i)}$$

Y finalmente el índice de saponificación

$$I_{SC} = \frac{3 \cdot 56,1 \cdot 1000}{\bar{M}} \quad (10)$$

Donde:

$i$ : ácido graso, éster o triacilglicerol

$C_{F(i)}$ : número de carbonos del  $i$ th ácido graso o éster

$k$ : constante entera para derivado de ácido graso

$M_{T(i)}$ : masa molecular relativa del  $i$ th triacilglicerol

$M_{F(i)}$ : masa molecular relativa del  $i$ th ácido graso o éster

$M_{CH_2}$ : masa molecular relativa de  $CH_2$

$M_{HCOOH}$ : masa molecular relativa de  $HCOOH$

$x_{F(i)}$ : fracción molar porcentual de  $i$ th ácido graso o éster

$x_{T(i)}$ : fracción molar porcentual de  $i$ th triacilglicerol

$\bar{M}$ : masa molecular relativa media de todos los ácidos grasos en la muestra de ensayo

$I_{SC}$ : valor de saponificación calculado

### **Materia insaponificable**

La materia insaponificable se determina mediante la norma ISO 3596, la cual se extrae de la solución jabonosa con 100 ml de éter dietílico después de la determinación del índice de saponificación se transfiere a un embudo de decantación de 500 ml, donde se tapa y agita energéticamente durante 1 min liberando periódicamente la presión, a continuación se deja reposar hasta observar la separación completa de dos fases, finalmente se extrae la solución acuosa de jabón etanólico dos veces más, cada

vez de la misma manera con 100 ml de éter dietílico, se recoge los tres extractos etéreos en un embudo de decantación que contenga 40 ml de agua, continuar lavando con agua hasta que los lavados pierdan el color rosado al agregar una gota de la solución de fenolftaleína, añadir 5 ml de acetona y evaporar el disolvente en una corriente de aire sujetando el matraz, finalmente secar el residuo en la estufa a 103 °C por 15 min. El contenido de materia insaponificable es expresado en porcentaje

$$\frac{100(m_1 - m_2 - m_3)}{m_0} \% \quad (11)$$

Donde:

$m_0$ : masa en gramos de la porción de prueba

$m_1$ : masa en gramos del residuo

$m_2$ : masa en gramos del residuo obtenido con el blanco

$m_3$ : masa en gramos de ácidos grasos libres igual a  $0,28 Vc$

V: volumen en mililitros de la solución volumétrica etanólica estándar de hidróxido de potasio utilizada para la titulación

c: es la concentración exacta en moles por litro de la solución etanólica volumétrica estándar de hidróxido de potasio

### **Determinación de la pérdida por calentamiento**

La determinación de la pérdida por calentamiento es el resultado del procedimiento de la norma INEN 39, el cual consta de pesar 5 g de muestra y colocarlos sobre el cristizador durante 60 minutos en la estufa calentada a 103 °C, seguidamente, enfriarlos hasta 25 °C en el desecador y pesarlos. Rehacer el procedimiento pero disminuyendo el periodo de calentamiento a 30 min, hasta que la diferencia entre los resultados de dos operaciones de pesajes sucesivas no exceda de 0,002 g.

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

$P$ : pérdida por calentamiento en porcentaje masa

$m$ : masa del cristizador en gramos

$m_1$ : masa del cristizador con la muestra

$m_2$ : masa del cristizador con la muestra después del calentamiento en gramos

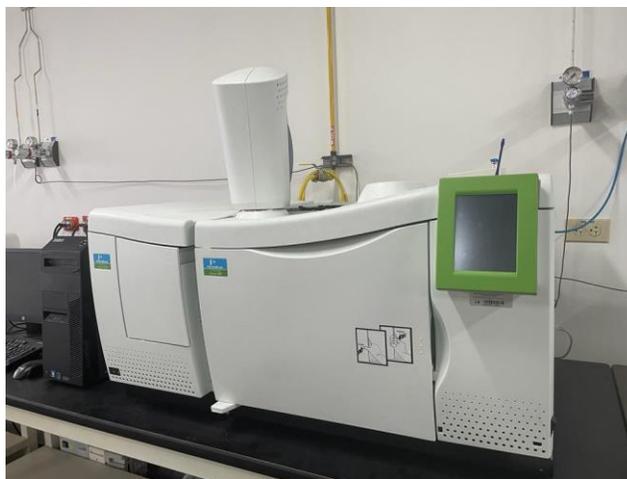
### **Análisis por cromatografía de gases de ésteres metílicos de ácidos fafílicos**

La técnica de cromatografía de gases (GC) se emplea para saber la composición de ésteres presentes en los aceites de maracuyá y de guayaba. Para esta técnica se debe colocar en el vial de 5mL, una solución de 2 mL de hexano junto con 0.5 mL de la muestra. A continuación, se agita suavemente durante 15 segundos, se toman 100  $\mu\text{L}$  de la solución de ésteres metílicos de ácidos fafílicos, para colocar junto con una solución de acetona en un vial de 2 mL del equipo de cromatógrafo de gases sellando con la tapa de aluminio. Una vez preparado los viales se procede a ingresar al equipo y se coloca las condiciones a las que se tiene que operar, donde primero se calibra y se condiciona a 26°C, con un Split de 100:1. Finalmente, se modifican los datos en el software de control del GC-MS TurboMass en la computadora.

Mediante la normalización de áreas se determina la composición de los ésteres. Este método relaciona el área de cada componente conocido en la base de datos del equipo por el área total del cromatograma, dando como resultado la composición relativa de cada éster presente en la muestra.

**Figura 11**

*Equipo de cromatografía de gases PerkinElmer Clarus 680*



### **Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier**

La espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) permite saber los grupos funcionales que están presentes en las muestras mediante una señal resultante conocida como un interferograma. La preparación de la muestra consiste en colocar una gota de los aceites en una película delgada entre dos placas de cloruro de sodio o bromuro de potasio, ya que son transparentes a la luz IR. La fuente de energía emitida en el IR pasa por una abertura que controla la cantidad que va a incidir en la muestra, para llegar al detector, el cual está específicamente diseñado para medir la señal de un interferograma. La señal finalmente se digitaliza en un computador donde tiene lugar un espectro final que relaciona la intensidad con la frecuencia (Dutta, 2017).

### **Aplicaciones**

Actualmente la industria cosmética y alimentaria están poniendo mucho énfasis en la importancia de la salud de la piel, por lo que están desarrollando productos novedosos conocidos como nutricosméticos y cosmeceúticos, con el objetivo de mejorar la salud de la piel y el cabello, llegando en

una presentación ingerible tales como bebidas, pastillas y suplementos en polvo, o a su vez en productos de aplicación tópica. Los principales ingredientes de este tipo de productos son compuestos bioactivos, como antioxidantes, inhibidores o activadores de receptores moleculares, etc. Los cuales son extraídos de hierbas, plantas y alimentos. El interés de utilizar compuestos bioactivos radica en que los compuestos sintéticos como retinoides o hidroquinona pueden provocar sequedad, sensación de quemazón, o incluso han llegado a ser asociados con la carcinogénesis (Fonseca, Lugo, Luna, & Mojica, 2020).

La piel humana es el órgano más grande del cuerpo, esta actúa como barrera protectora, debido a esto la salud de la piel es muy importante considerar, teniendo en cuenta que el estado de la piel puede cambiar por diferentes factores. El envejecimiento de la piel puede ser intrínseco o extrínseco, en el primer caso se deben a factores de estrés oxidativo en células dérmicas que se manifiestan como arrugas, mientras que el segundo caso se debe a factores ambientales, tales como la radiación ultravioleta (RUV), humo de tabaco y partículas en suspensión (PM), el cual se manifiesta como piel seca, áspera y pigmentada (Fonseca, Lugo, Luna, & Mojica, 2020).

Las frutas son el tipo de alimento que contiene una amplia gama de compuestos que ayudan a prevenir varias enfermedades, teniendo en cuenta que los compuestos bioactivos más comunes son los compuestos fenólicos que son un potencial antienvjecimiento y fotoprotector de la piel, vitamina C utilizada para la producción enzimática de colágeno, flavonoides que actúan como fotoprotectores, antocianinas que poseen propiedades antiinflamatorias y tocoferoles, carotenoides, glucosinolatos, entre otras, además presentan una actividad antioxidante protegiendo a las células (Fonseca, Lugo, Luna, & Mojica, 2020). Además, las semillas de la maracuyá presentan piceatannol, el cual es un compuesto fenólico con actividad antioxidante capaz de reducir y prevenir el daño por RUV en la piel (Fonseca, Lugo, Luna, & Mojica, 2020).

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### Obtención de semillas

La cantidad de semillas obtenidas de las frutas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote después del lavado y secado correspondiente se presenta a continuación.

**Tabla 11**

*Cantidad de semillas obtenidas de cada fruta*

<b>Fruta</b>	<b>Kg de fruta</b>	<b>Kg de semilla</b>
Maracuyá	1	0.038
Grosella	1	0.0185
Guayaba	1	0.023
Zapote	1	0.053

Como se puede observar en la Tabla 11 por cada 1 kilogramo de semilla de maracuyá, grosella, guayaba y zapote se obtuvieron 0.038, 0.0185, 0.023 y 0.053 kilogramos de semillas respectivamente. Por lo tanto, se ocupó 157.89 kilogramos de maracuyá para obtener 6 kilogramos de semillas, 190 kilogramos de grosella para la obtención de 3.5 kilogramos de semillas, 352.17 kilogramos de guayaba para la obtención de 8.1 kilogramos de semilla, 46.49 kilogramos de zapote para la obtención de 2.464 kilogramos de semilla.

**Figura 12**

*Semillas de (a) Maracuyá; (b) Grosella; (c) Guayaba; (d) Zapote*



### Obtención de aceite

En la Tabla 12 se puede observar la cantidad en mililitros obtenidos de aceite de cada semilla mediante el método de prensado en frío.

**Tabla 12**

*Mililitros de aceite obtenidos de las semillas de maracuyá, grosella, guayaba y zapote*

<b>Fruta</b>	<b>Kg de semillas procesados</b>	<b>Volumen (ml) de aceite</b>	<b>Forma de recuperación</b>	<b>Recuperación (%)</b>
Maracuyá	3.6	268	Aceite	7.444
Grosella	3.5	0	Torta	0
Guayaba	6.9	98	Aceite	1.420

Fruta	Kg de semillas procesados	Volumen (ml) de aceite	Forma de recuperación	Recuperación (%)
Zapote	2.464	0	Torta	0

Como se evidencia en la Tabla 12 se obtuvo mediante el método de prensado en frío 268 ml de aceite de maracuyá y 98 ml de aceite de guayaba, teniendo un rendimiento del 74.4% y 14.20% respectivamente. Los aceites de semilla de grosella y zapote debido a que por el método de prensado en frío solamente se obtuvo torta se empleó el método de lixiviación mediante el equipo Soxhlet con 500 ml del disolvente éter de petróleo para cada semilla, utilizando 152.529 gramos de semilla triturada de grosella y 127.813 gramos de semilla triturada de zapote, seguidamente se utilizó el rotavapor para recuperar el disolvente, se extrajo 5 ml y 4 ml de aceite respectivamente, como se representa en la Tabla 13.

### Figura 13

*Extracción en equipo Soxhlet*



**Tabla 13***Aceite de semilla de grosella y zapote por Soxhlet*

Fruta	Semilla triturada (g)	Disolvente éter de petróleo (ml)	Aceite (ml)	Rendimiento (%)
Grosella	152.529	500	5	0.033
Zapote	127.813	500	4	0.031

Los aceites de la semilla de grosella y de zapote que fueron extraídos mediante el equipo Soxhlet presentan un rendimiento muy bajo de 0.033% y 0.031% respectivamente, por lo que no es factible realizar los diferentes análisis físico-químicos de dichos aceites, debido a que lo producido no sería suficiente para alcanzar a realizar las pruebas, además que se necesitaría una gran cantidad del disolvente éter de petróleo.

**Figura 14***Extracción de aceite de las semillas de zapote por el equipo Soxhlet*

**Figura 15**

*Aceite de zapote en el rotavapor para recuperar éter de petróleo*



### Índice de refracción

El índice de refracción es importante calcular en los aceites ya que representa la medida de cuanto se desvía la luz al pasar a través de una sustancia en comparación con su velocidad en el vacío, se puede observar los resultados del índice de los aceites de guayaba y maracuyá en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Análisis estadístico del índice de refracción*

Muestra	Media aritmética	Desviación estándar
Aceite de Maracuyá	1.4743	$\pm 4.7140 \times 10^{-4}$
Aceite de Guayaba	1.4753	$\pm 4.7140 \times 10^{-4}$

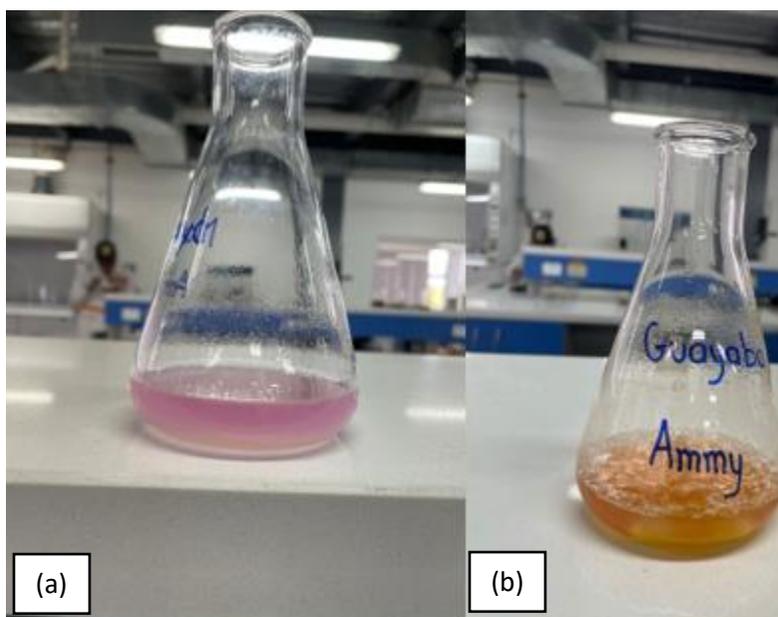
En la Tabla 14 se muestra los resultados de las tres repeticiones de los índices de refracción de los aceites de maracuyá y guayaba, además se presenta la media aritmética y la desviación estándar para cada uno de los aceites. El índice de refracción para los aceites de maracuyá y guayaba es de 1.4743 y 1.4759 respectivamente, según Rodrigues, Santos, & Melo (2021) el índice de refracción para el aceite de maracuyá es de  $1.471 \pm 0.04$ , mientras que Kapoor, Gandhi, Tyagi, Kaur, & Mahajan (2020), reporta un valor de  $1.4651 \pm 0.01$  como el índice de refracción del aceite de guayaba. Además, los valores de desviación estándar de los aceites de maracuyá y guayaba son de  $4.7140 \times 10^{-4}$  y  $4.7140 \times 10^{-4}$  respectivamente.

### Índice de acidez

El índice de acidez presente en los aceites de maracuyá y guayaba fue obtenido mediante la ecuación (1), los cuales se presentan a continuación.

### Figura 16

*Determinación de índice de acidez de los aceites de: (a) Maracuyá; (b) Guayaba*



**Tabla 15***Índices de acidez de los aceites de maracuyá y guayaba*

<b>Muestra</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>
Aceite de maracuyá	1.119	±0.014
Aceite de guayaba	0.424	±0.027

En la Tabla 15 se puede observar el índice de acidez de los aceites de maracuyá y guayaba de 1.119 mg KOH/g y 0.424 mg KOH/g respectivamente. Teniendo en cuenta que según Tahsin (2023) el índice de acidez del aceite de maracuyá es de  $1.177 \pm 0.016$  mg KOH/g, mientras que el índice de acidez para el aceite de guayaba reportado por Kapoor, Gandhi, Tyagi, Kaur, & Mahajan (2020) es de  $0.40 \pm 0.02$  mg KOH/g. Además, la desviación estándar para el aceite de maracuyá es de 0.014 y para el aceite de guayaba es de 0.027. La comisión del Codex Alimentarius determina como parámetro de calidad el valor máximo para el índice de acidez de 4 mg KOH/g, debido a que este índice es importante para determinar el estado de conservación del aceite (Curasma & Inga, 2021). Ambos aceites presentan valores por debajo al de los estándares que han definido la Comisión del Codex Alimentarius.

### **Índice de rancidez**

El índice de rancidez se reporta positivo si en la capa ácida presenta un color rojo, sin embargo, si dicha capa presenta colores amarillentos, anaranjado o ligeramente rosados el índice deberá reportarse como negativo. En el caso del aceite de maracuyá la capa acita fue de color amarillento, por lo cual es negativo, mientras que en el aceite de guayaba se observó que la capa ácida fue de color anaranjado, por lo cual es negativo.

### Índice de yodo

El índice de yodo es diferente para cada aceite y entre mayor sea su valor representa que la calidad es mejor, en la Tabla 16 se representa los resultados obtenidos de los índices de yodo de los aceites de maracuyá y guayaba.

**Tabla 16**

*Índice de yodo de los aceites de maracuyá y guayaba*

<b>Muestra</b>	<b>Índice de yodo</b>
Aceite de maracuyá	132
Aceite de guayaba	139.67

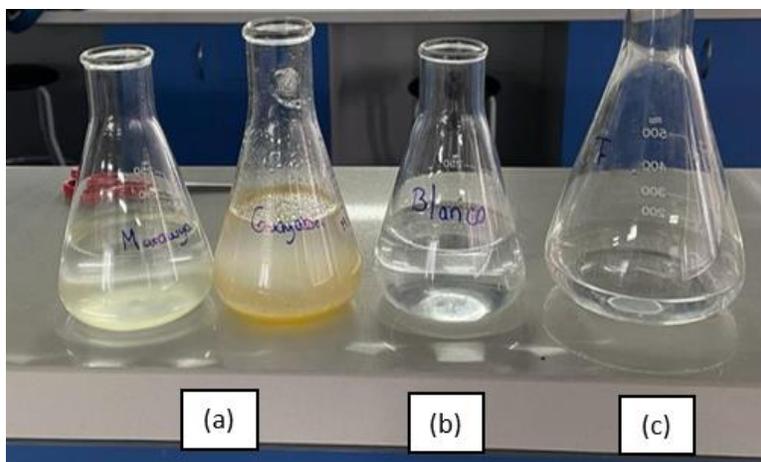
Como se puede observar en la Tabla 16 el índice de yodo del aceite de maracuyá es  $132 \text{ g.g}^{-1}$  y del aceite de guayaba  $139.67 \text{ g.g}^{-1}$ , por lo cual el aceite de guayaba es de mejor calidad que el aceite de maracuyá debido a que su índice de yodo es más alto. Pantoja, Hurtado, & Martínez, (2017) reportan un índice de yodo de  $108 \text{ g. } 100 \text{ g}^{-1}$  para el aceite de maracuyá, mientras que el índice de yodo para el aceite de guayaba es de  $127.56 \text{ g.g}^{-1}$  según Menacho & Saavedra (2020).

### Índice de peróxido

El índice de peróxido de los aceites de maracuyá y de guayaba es reportado a continuación.

**Figura 17**

(a) Análisis del índice del peróxido del aceite de maracuyá y guayaba; (b) Blanco; (c) Factor F

**Tabla 17**

Índice de peróxido de aceite de maracuyá y guayaba

Muestra	Media aritmética	Desviación estándar
Aceite de maracuyá	10.655	±0.185
Aceite de guayaba	6.115	±0.205

Como se puede observar en la Tabla 17 el índice de peróxido del aceite de maracuyá es 10.645 MeqO<sub>2</sub>/kg y el índice de peróxido del aceite de guayaba es de 6.115 MeqO<sub>2</sub>/kg, un valor menor, lo que significa que el aceite de maracuyá ha experimentado un proceso de oxidación más significativo que el aceite de guayaba. Sin embargo, según Tahsin (2023), el valor del índice de peróxido para el aceite de maracuyá es de 9.267±0.252, mientras que índice de peróxido del aceite de guayaba reportado por Narváez, Inampues, Hurtado, Parada, & Vinckenc (2020) es de 5.6±0.1 meq/kg. Es importante tener en cuenta que el índice de peróxido es una de las pruebas para verificar la calidad del aceite y según los parámetros de calidad del índice de peróxidos para aceites prensados en frío y vírgenes presentados por

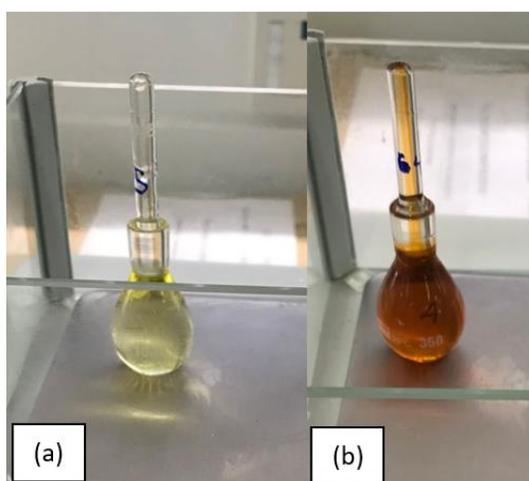
la Comisión del Codex Alimentarius (2008) el límite máximo es de 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite, por lo cual ambos aceites se encuentran por debajo del parámetro establecido.

### Densidad relativa

La densidad relativa de los aceites de maracuyá y de guayaba se obtuvo a una temperatura de 25 °C como lo especifica la norma, los respectivos valores se presentan a continuación.

### Figura 18

*Picnómetros con la muestra de aceite: (a) Aceite de maracuyá; (b) Aceite de guayaba*



**Tabla 18**

*Densidad relativa de los aceites de maracuyá y guayaba*

Muestra	Media aritmética	Desviación estándar
Aceite de maracuyá	0.907	$\pm 5.5 \times 10^{-3}$
Aceite de guayaba	0.928	$\pm 3 \times 10^{-3}$

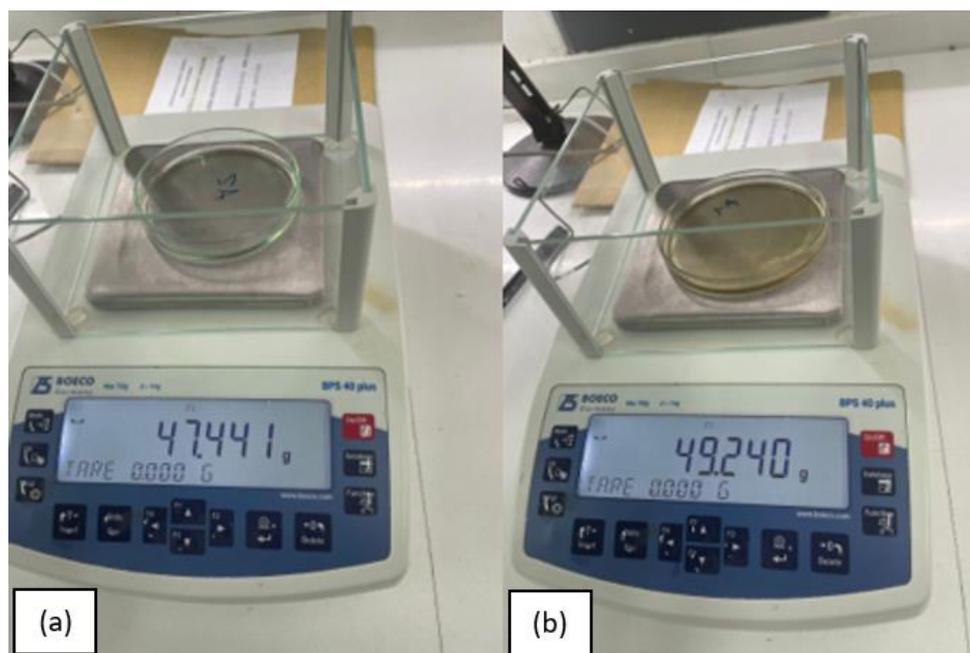
Como se puede observar en la Tabla 18 los resultados de la densidad relativa del aceite de maracuyá y del aceite de guayaba es 0.907 y 0.928 respectivamente siendo menor a la densidad del agua. Según Narváez, Inampues, Hurtado, Parada, & Vinckenc (2020) la densidad relativa del aceite de guayaba es de  $0.92 \pm 0.01$  g/mL, mientras que la densidad relativa para el aceite de maracuyá reportada por Rodrigues, Santos, & Melo (2021) fue de  $0.90 \pm 0.02$ .

### Determinación de la pérdida por calentamiento

Los resultados de la pérdida por calentamiento de los aceites de maracuyá y guayaba se presentan a continuación expresado en porcentaje.

### Figura 19

*Determinación de la pérdida por calentamiento de los aceites de: (a) Maracuyá; (b) Guayaba*



**Tabla 19**

*Resultado de pérdida por calentamiento de los aceites de maracuyá y guayaba*

<b>Muestra</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>
Aceite de maracuyá	0.210	±0.01
Aceite de guayaba	0.177	±0.023

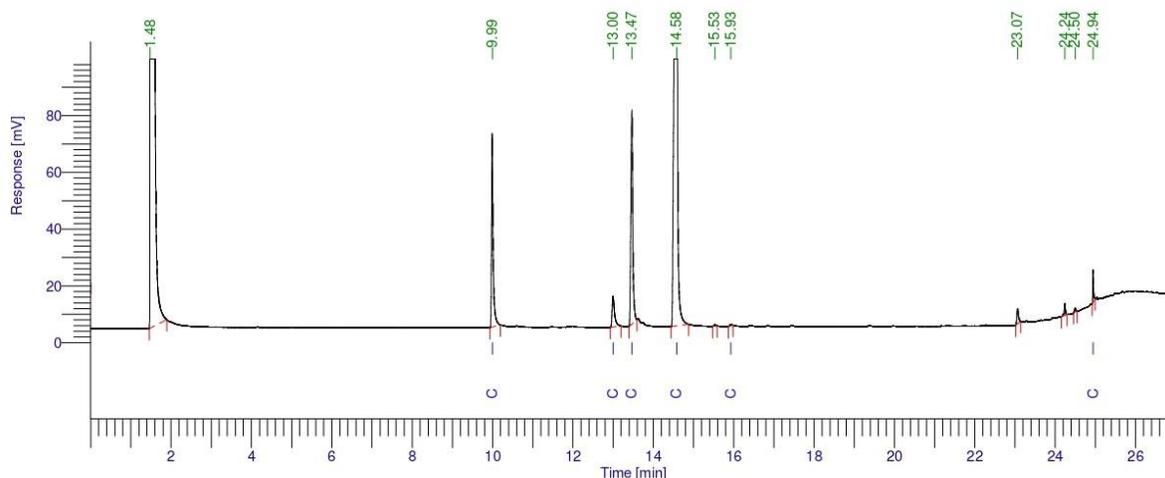
Como se puede observar en la Tabla 19 el aceite de maracuyá presenta una pérdida por calentamiento de 0.210%, mientras que el aceite de guayaba tuvo un valor más alto de pérdida por calentamiento de 0.177%. La pérdida por calentamiento nos proporciona información sobre la estabilidad térmica del aceite y la cantidad de componentes volátiles que pueden liberarse por el aumento de la temperatura.

#### **Análisis por cromatografía de gases de ésteres**

Mediante la técnica de cromatografía de gases se determinó el contenido de ácidos grasos y ésteres en los aceites de maracuyá y guayaba, permitiendo obtener de manera cualitativa y cuantitativa los componentes según el tiempo de retención.

**Figura 20**

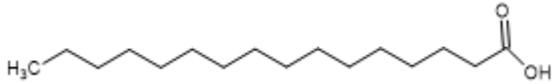
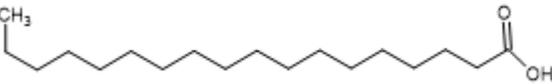
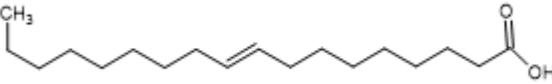
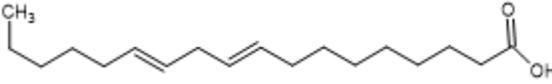
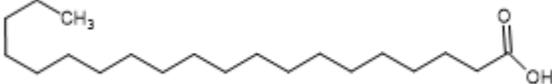
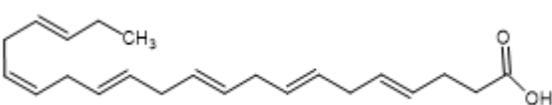
*Cromatograma del aceite de maracuyá*



En la Figura 20 se puede observar el cromatograma del aceite de maracuyá, identificando 6 picos distintivos diferentes, de los cuales se puede llegar a notar picos más altos, los cuales pertenecen al ácido palmítico con el código C16-0, ácido oleico con el código C18-1-CIS-9 y el ácido linoleico con el código C18-2-CIS-9-12. En la Tabla 22, se muestran detalladamente los ácidos grasos que se observa en el cromatograma del aceite de maracuyá, estos son identificados mediante sus diferentes tiempos de retención y el correspondiente ácido graso derivado de los ésteres metílicos. Según Pantoja, Hurtado, & Martinez, (2017), el ácido linoleico, ácido oleico, ácido palmítico, ácido estearico, ácido linolenico y ácido palmitoleico fueron los ácidos grasos que obtuvieron mediante cromatografía de gases del aceite de maracuyá, siendo el más abundante el ácido linoleico, seguido por el ácido oleico y palmítico.

Tabla 20

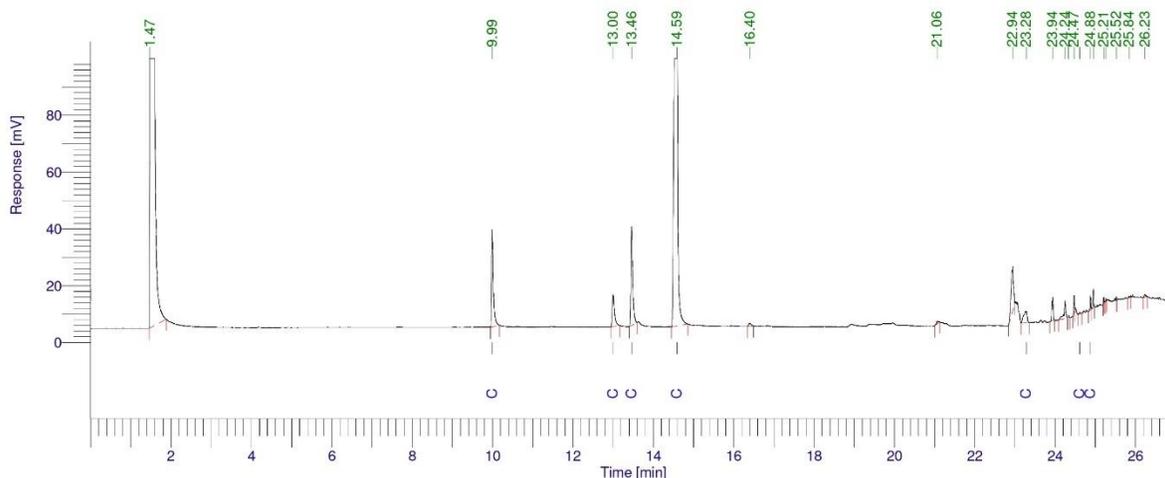
Componentes identificados en el aceite de maracuyá

Pico	Tiempo de retención	Componente identificado	Ácido graso
1	9.99		Ácido palmítico C16-0
2	13		Ácido esteárico C18-0
3	13.47		Ácido oleico C18-1-CIS-9
4	14.58		Ácido linoleico C18-2-CIS-9-12
5	15.93		Ácido araquídico C20-0
6	24.94		Ácido cis- 4,7,10,13,16,19- docosahexaenoico C22-6-CIS-4-7-10-13

A continuación, se presenta los resultados de la información sobre la composición química del aceite de guayaba, identificando de manera precisa los diferentes componentes contenidos en la muestra.

**Figura 21**

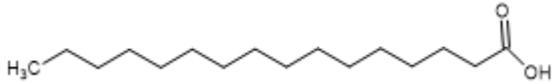
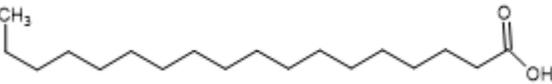
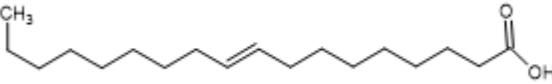
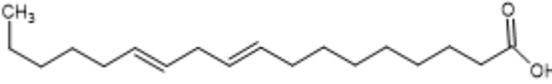
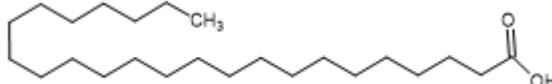
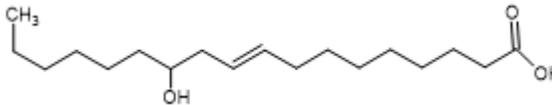
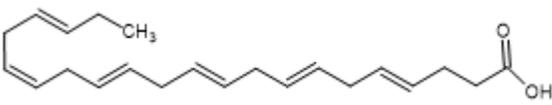
*Cromatograma del aceite de guayaba*



En la Figura 21, se observa el resultado del cromatógrafo de gases para la muestra del aceite de guayaba, en dicho cromatógrafo se encuentran 7 picos distintivos que representa un ácido graso diferente, de los cuales existe un pico mayoritario, el cual es el ácido linoleico con el código C18-2-CIS-9-12. En la Tabla 23, se denota a detalle los diferentes ácidos grasos que están en la composición de la muestra de aceite de guayaba, con relación a su tiempo de retención para poder identificarlos. Los ácidos grasos encontrados en el aceite de guayaba coinciden con los reportados por Cerón, Hurtado, & Ayala (2016), cuyo resultado del análisis de ácidos grasos del aceite de guayaba consta de ácido lineico, ácido palmico, ácido oleico y ácido estearico, siendo el de mayor cantidad el ácido linoleico, sin embargo, fueron registrados menos ácidos grasos de los que este estudio encontró.

Tabla 21

Componentes identificados en el aceite de guayaba

Pico	Tiempo de retención	Componente identificado	Ácido graso
1	9.99		Ácido palmítico C16-0
2	13		Ácido esteárico C18-0
3	13.46		Ácido oleico C18-1-CIS-9
4	14.59		Ácido linoleico C18-2-CIS-9-12
5	23.28		Ácido lignocérico C24-0
6	24.61		Ácido ricinoleico C18-1-CIS-9-OH-12
7	24.88		Ácido cis- 4,7,10,13,16,19- docosahexaenoico C22-6-CIS-4-7-10-13

En los cromatogramas de los aceites de maracuyá y guayaba registrados en las Figuras 20 y 21 respectivamente, se puede observar que existen ácidos grasos que comparten las dos muestras de aceite como el ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, ácido linoleico y ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico, sin embargo, cada uno tiene un tiempo de retención mínimamente diferente, casi insignificante.

Mediante el método de normalización de áreas se determinó la composición relativa de cada uno los ácidos grasos presentes en los aceites de maracuyá y guayaba, mediante la suma total de las áreas de los picos obtenidos gracias al cromatograma.

**Tabla 22***Composición relativa del aceite de maracuyá*

Número de pico	Tiempo de retención	Área	% área
1	9.99	190401.53	10.85
2	13	46314.64	2.64
3	13.47	250708.31	14.28
4	14.58	1251059.48	71.26
5	15.93	1941.95	0.11
6	24.94	15155.36	0.86
<b>Total</b>		1755581.27	100.00

Se puede notar en la Tabla 24 que existe únicamente un compuesto mayoritario para el aceite de maracuyá con el 71.26% el cual es ácido linoleico, seguido por el ácido oleico con 14.28% y por el ácido palmítico con 10.85%, en menores cantidades se encuentran el ácido esteárico (2.64%), ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (0.86%) y finalmente el ácido araquídico (0.11%). Estos resultados concuerdan con los reportados por Pantoja, Hurtado, & Martínez (2017), siendo el de mayor cantidad el ácido linoleico, seguido por el ácido oleico y el ácido palmítico, sin embargo difieren en las proporciones en porcentaje.

**Tabla 23***Composición relativa del aceite de guayaba*

Número de pico	Tiempo de retención	Área	% área
1	9.99	100726.66	7.20

Número de pico	Tiempo de retención	Área	% área
2	13	44356.78	3.17
3	13.46	110228.70	7.88
4	14.59	1111640.17	79.43
5	23.28	24892.56	1.78
6	24.61	1504.04	0.11
7	24.88	6252.88	0.45
Total		1399601.79	100.00

Se puede notar en la Tabla 25 que únicamente existe un compuesto mayoritario para el aceite de guayaba con el 79.43% el cual es ácido linoleico, seguido por el ácido oleico con 7.88% y por el ácido palmítico con 7.20%, en menores cantidades se encuentran el ácido esteárico (3.17%), ácido lignocérico (1.78%), ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (0.45%) y finalmente el ácido ricinoleico (0.11%). Estos resultados difieren con los reportados por Pantoja, Hurtado, & Martínez (2017), puesto a que mencionan que el compuesto mayoritario es el ácido linoleico, seguido por el ácido palmítico y finalmente el ácido oleico. Este tipo de variabilidad se debe a las diferentes condiciones en las que pueden ser recolectada y tratada la materia prima, además, se debe a factores genéticos, ambientales y biosíntesis de la fruta.

### Índice de saponificación

A continuación, se presenta los valores del índice de saponificación para los aceites de maracuyá y guayaba, en miligramos de hidróxido de potasio para saponificar un gramo de aceite.

**Tabla 24**

*Índice de saponificación de los aceites de maracuyá y guayaba*

<b>Muestra</b>	<b>Índice de saponificación</b>
Aceite de maracuyá	192.6329
Aceite de guayaba	191.3239

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 24, donde el aceite de maracuyá presenta un índice de saponificación de 192.632 mg KOH/g, mientras que el aceite de guayaba tuvo un índice de saponificación de 191.323 mg KOH/g. Los índices de saponificación más bajos suelen ser destinados para productos de cuidado de piel, mientras que los más altos suelen servir para cosméticos. Según Rodrigues, Santos, & Melo (2021) el índice de saponificación que reportaron para el aceite de maracuyá es de  $179.06 \pm 0.19$  mg KOH/g, mientras que el índice de saponificación para el aceite de guayaba reportado por Narváez, Inampues, Hurtado, Parada, & Vinckenc (2020) es de  $188 \pm 8$  mg KOH/g.

### **Materia insaponificable**

A continuación, se presenta los resultados de la materia insaponificable para los aceites de maracuyá y guayaba, expresado en porcentaje.

**Tabla 25**

*Materia insaponificable de los aceites de maracuyá y guayaba*

<b>Muestra</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>
Aceite de maracuyá	1.236	$\pm 0.171$
Aceite de guayaba	0.559	$\pm 0.063$

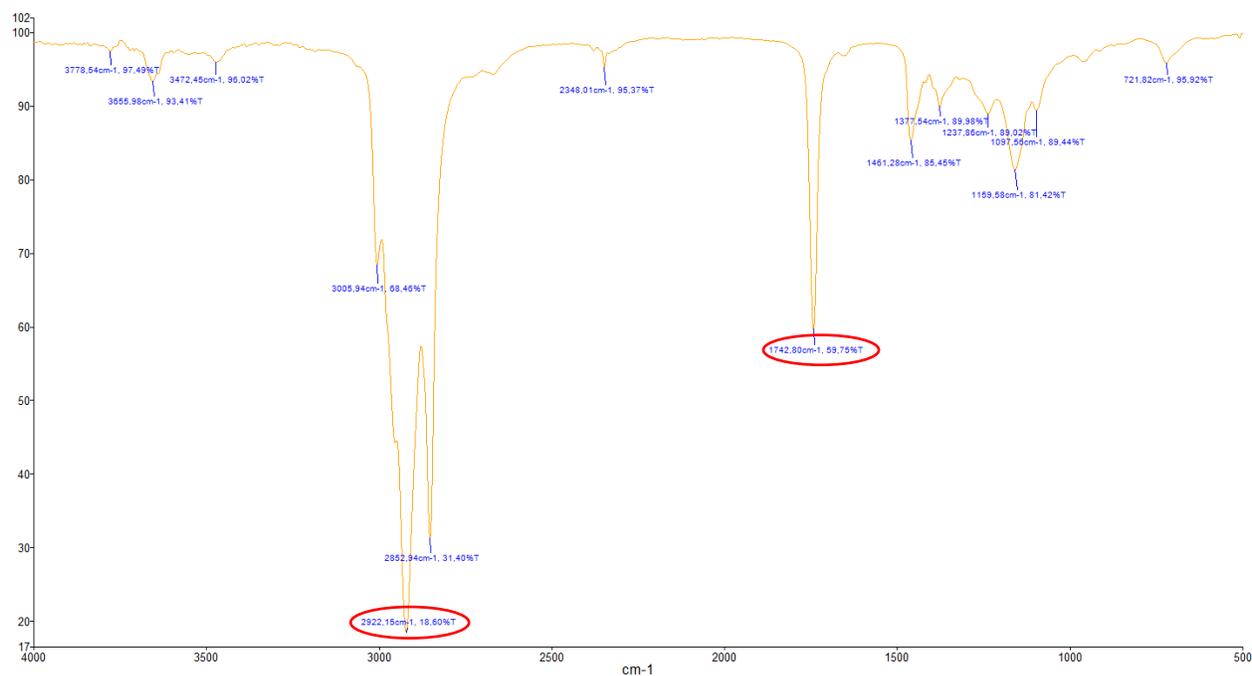
Como se puede observar en la Tabla 25, el aceite de maracuyá presenta un valor de materia insaponificable de 1.236%, mientras que el aceite de guayaba tuvo como resultado 0.559% de materia insaponificable, el cual proporciona información sobre la presencia de esteroides, tocoferoles, carotenoides, los cuales pueden presentar beneficios potenciales para la piel y el cabello, presentando propiedades emolientes, antioxidantes y nutritivas. La materia insaponificable del aceite de maracuyá reportado por Cassia & Neuza, (2012) es de  $1.51 \pm 0.08$ , mientras que  $0.5 \pm 3.5$  es el índice de saponificación para el aceite de guayaba reportado por (Villa & Benalcázar, 2015).

### Espectroscopia infrarroja transformada de Fourier

A continuación, se muestran espectros infrarrojos de los aceites de las semillas de maracuyá y guayaba, lo cuales nos demuestran las moléculas que poseen dichos aceites encontrados por la interacción de la materia con la luz.

### Figura 22

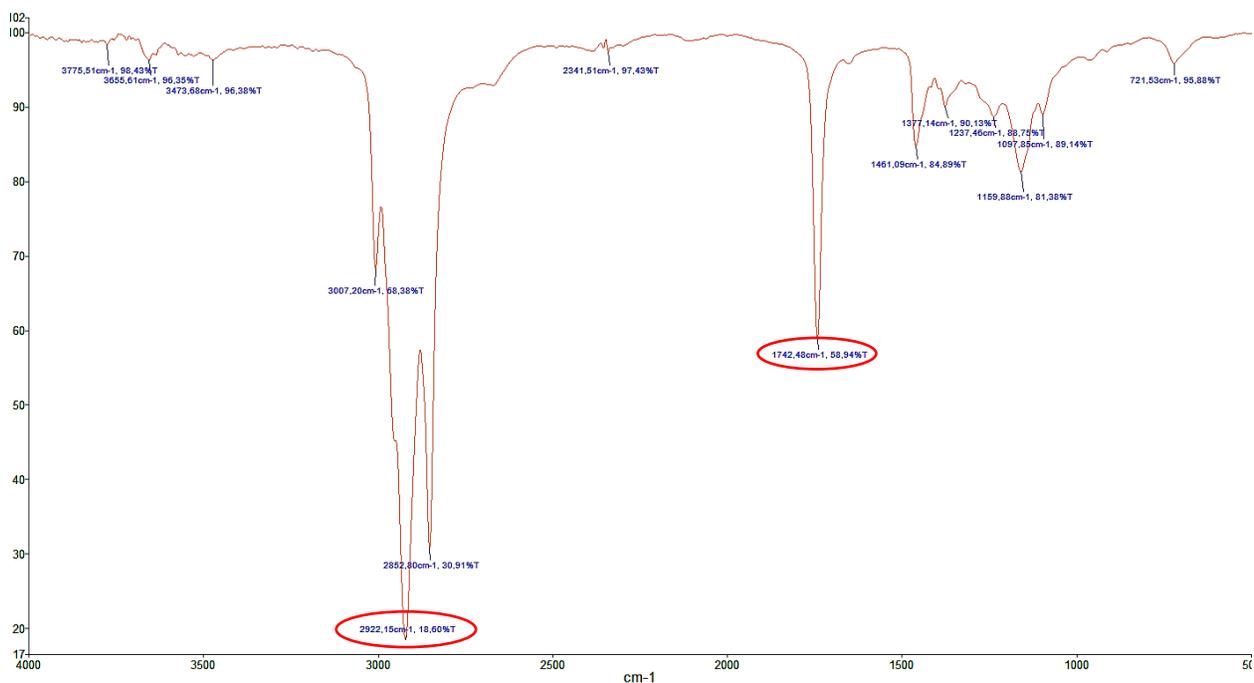
*Espectro infrarrojo con transformada de Fourier del aceite de maracuyá*



En la Figura 22 se puede observar el espectro FTIR del aceite de maracuyá, donde se puede observar un pico bastante pronunciado en la banda de 2922.15  $\text{cm}^{-1}$ , donde se encuentra el grupo carbonilo, carboxilo, oxi y amino, además se puede observar otro pico en la banda de 1742.80  $\text{cm}^{-1}$  donde se puede encontrar la presencia de éster de ácido, cetonas y amidas, de igual manera contiene picos menos pronunciados en bandas de 721.81-1451.28  $\text{cm}^{-1}$  donde se puede encontrar grupos fenólicos, alcoholes, éteres y ésteres (Larkin, 2011). Según, Scotti, Velásquez, Ojeda, Pacheco, & Noguera Machado, (2020) en el espectro infrarrojo FTIR del aceite de semillas de maracuyá se puede presenciar en las bandas de 3009,40  $\text{cm}^{-1}$  y 2854,28  $\text{cm}^{-1}$  los grupos funcionales de ácidos carboxílicos, aminas, amidas primarias y amidas secundarias, además en la banda 1743,82  $\text{cm}^{-1}$  menciona que es característico del grupo carbonilo.

### Figura 23

*Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier del aceite de guayaba*



En la Figura 23, se puede observar el espectro FTIR del aceite de guayaba, donde existen dos picos más sobresalientes, el primero se encuentra en la banda de  $2922.15\text{ cm}^{-1}$ , el grupo carbonilo, carboxilo, oxi y amino, además se puede observar otro pico en la banda de  $1742.48\text{ cm}^{-1}$  donde se puede encontrar la presencia de éster de ácido, cetonas y amidas (Larkin, 2011).

### **Aplicaciones de la muestra de aceite de maracuyá**

Debido a que el rendimiento de la extracción del aceite de maracuyá fue el más alto con respecto a las otras frutas, en el presente trabajo se enfocó en darle una aplicación en función de los componentes presentes en el aceite. El aceite de maracuyá tiene entre su composición grupos fenólicos y compuestos como el ácido linoleico, ácido oleico y ácido palmítico, los cuales según diversos estudios ayudan a reforzar la barrera cutánea, retiene el agua en la epidermis, reduce tensión superficial como tensoactivo, llegando a tener aplicación en la industria alimentaria y cosmética para combatir los signos de la edad enfocándose en tener una piel más sana.

### **Aplicación de la muestra de aceite de guayaba**

El aceite de guayaba presenta en su composición como componente mayoritario el ácido linoleico (79.43%), el cual, además de tener aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética, tiene implementaciones como materia prima para la síntesis de nuevos polímeros mediante un proceso de polimerización dando lugar a látex (Moreno, Miranda, Goikoetxea, & Barandiarán, 2014).

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

La obtención de aceite en prensado en frío solo fue posible de las semillas de maracuyá y guayaba, a través de este proceso se logró obtener un rendimiento de 7.44% y 1.420% respectivamente, por lo que se procedió a realizar sus respectivos análisis físicos químicos, como el índice de acidez que indicó un buen estado y sin indicativos de degradación. Además, el análisis de rancidez cualitativo reflejó que ambos aceites tanto el aceite de maracuyá como el de guayaba no presentan signos de rancidez, de igual manera, el índice de peróxido reflejó valores que se encuentran por debajo de los 15 miliequivalentes de oxígeno activo/ kg de aceite.

El índice de yodo, índice de saponificación y el análisis por cromatografía presenta una información valiosa sobre una detallada visión de la composición de ácidos grasos presentes en las distintas muestras, siendo al ácido linoleico el componente mayoritario en ambos tipos de aceite, lo que respalda la viabilidad para su uso en aplicaciones cosméticas y culinarias teniendo beneficios para la salud humana. Asimismo, gracias a los espectrómetros infrarrojos del aceite de maracuyá y del aceite de guayaba se confirmaron la presencia de varios grupos funcionales importantes para combatir signos de edad o en el caso del ácido linoleico llegando a tener implementaciones en la fabricación de polímeros como el látex.

La fruta piñuela, presentó varios desafíos para su obtención, debido a que la escasez de esta fruta y su naturaleza no estacional dificultan su acceso y disponibilidad, por lo cual no se encontró y no pudo ser posible la extracción de aceite de dicha fruta.

El Ecuador es un país agroindustrial y los residuos que genera esta industria pueden ser utilizados como materia prima para generar otros productos de interés, como es el caso de varias

semillas de frutas ecuatorianas, se pueden utilizar para la fabricación de aceites con múltiples propósitos.

## Recomendaciones

- Una vez recolectada las frutas tratarlas en el menor tiempo posible, ya que si se deja pasar bastante tiempo se puede llegar a dañar y de esa manera se pierde la materia prima para la extracción de los aceites.
- Tomar en cuenta que para cada prueba analítica se deben lavar correctamente con jabón neutro, agua destilada y etanol los materiales a utilizar, debido a que si hay presencia de impurezas las pruebas analíticas pueden salir erróneas.
- Tener en cuenta y estar atento a la temperatura en las pruebas donde se utiliza el calentamiento para la determinación de alguna propiedad fisicoquímica de los aceites de maracuyá y guayaba, puesto que pueden afectar rotundamente los valores a determinar.
- Durante la extracción en Soxhlet de los aceites no obtenidos por prensado en frío realizarlo en un ambiente ventilado debido a que el solvente a utilizar es éter de petróleo y es un reactivo inflamable, tóxico, nocivo e irritante.
- Una vez preparada la muestra para ejecutar el análisis de cromatografía de gases se debe tomar que no se pasa al vial los fondos de la preparación, solo se pasa la suspensión. Además la aguja del cromatógrafo debe estar totalmente limpia, por lo cual se deberá limpiar con hexano.

### Bibliografía

- Sanders, T. (2000). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), pp. 176-178. doi:<https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.176s>
- Akash, M., & Rehman, K. (2019). Ultraviolet-Visible (UV-VIS) Spectroscopy. *Essentials of Pharmaceutical Analysis*, pp. 29-56. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7_3)
- Arévalo, E., Casas, A., Landrum, L., Shock, M., Alvarado, H., Ruiz, E., & Clement, C. (2021). The Taming of *Psidium guajava*: Natural and Cultural History of a Neotropical Fruit. *Plant Systematics and Evolution*, 12. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.714763>
- Awomukwu, D., Nyananyo, B., Uka, C., & Uwabunkeonye, C. (2015). Identification of the Genus *Phyllanthus* (Family Phyllanthaceae) in Southern Nigeria Using Comparative Systematic Morphological and Anatomical Studies of the Vegetative Organs. *Journal of Plant Sciences*, pp. 137-149. doi: 10.11648/j.jps.20150303.15
- Baquero, M., & Lucio, A. (2010, Junio 3). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. *La granja*, 11(1), pp. 44-46. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047395007>
- Berger, P., Maurer, R., & Celli, G. (2017). *Experimental Design: With Application in Management, Engineering, and the Sciences*. (Segunda ed.). Springer.
- Cadena, F., Aldás, M., Aguilar, A. D., Inga, A., & Cando, D. (2021). Technical possibilities for recycling plastic from agribusiness. *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, pp. 1-16. doi:<https://doi.org/10.1177/14777606211019420>
- Carlsson, A. (2009). Plant oils as feedstock alternatives to petroleum – A short survey of potential oil crop platforms. *ELSEVIER*, 91(6), pp. 665-670. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biochi.2009.03.021>

- Carrillo, A., Ackermann, S., Leclerc, P., Latifi, M., Samih, S., Patience, G., & Chaouki, J. (2019). Experimental methods in chemical engineering: Thermogravimetric analysis—TGA. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98(1), pp. 34-43.  
doi:<https://doi.org/10.1002/cjce.23673>
- Cassia, R., & Neuza, J. (2012). Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): physical and chemical characteristics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, pp. 127-134.  
doi:<https://doi.org/10.1590/s1516-89132012000100016>
- Cassia, R., & Neuza, J. (2012). Yellow Passion Fruit Seed Oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and Chemical Characteristics. *Brazilian Archives of Biology an Technology*, 55(1), 127-134.  
doi:[10.1590/s1516-89132012000100016](https://doi.org/10.1590/s1516-89132012000100016)
- Cerón, L., Hurtado, A., & Ayala, A. (2016). Efecto de la Presión y la Temperatura de Extracción con CO<sub>2</sub> Supercrítico Sobre el Rendimiento y Composición de Aceite de Semillas de Guayaba (*Psidium guajava*). *Información tecnológica*, 27(6), 249-258. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600025>
- Curasma, E., & Inga, M. (2021). Physical and Chemical Properties of oils of three varieties seeds of passion fruit: *Passiflora alata* Curtis, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *Passiflora quadrangularis*. *Revista de ciencia e tecnologia*. Retrieved from <https://scholar.archive.org/work/jidq3otne5f6fjtts6hc6n2sxm/access/wayback/https://revista.ufr.br/rct/article/download/5965/3397>
- Díaz, E., Verardo, V., Gómez, A., Fernández, A., & Segura, A. (2017). Health Effects of *Psidium guajava* L. Leaves: An Overview of the Last Decade. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(4).  
doi:<https://doi.org/10.3390/ijms18040897>

- Dong Sun , L., Bong Soo, N., Sun Young, B., & Kun, K. (1998). Characterization of fatty acids composition in vegetable. *Analytica Chimica Acta*, 358, pp. 163-175. doi:[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(97\)00574-6](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(97)00574-6).
- Dutta, A. (2017). Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Métodos espectroscópicos para la caracterización de nanomateriales*, pp. 73-93. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46140-5.00004-2>
- Emmanuel, A., Kubmarawa, D., Sara, G., & Wahu, A. (2019). Phytochemical Screening, Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Essential Oils and Ethanol Extract of Psidium guajava Leaf. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, 7(4), 1-8.  
doi:<https://doi.org/10.9734/ajopacs%2F2019%2Fv7i430102>
- Fischer, G., & Miranda, D. (2021). Review on the ecophysiology of important Andean fruits: Passiflora L. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 74(2). doi:<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91828>
- Fonseca, D., Lugo, E., Luna, D., & Mojica, L. (2020). Food-derived bioactive compounds with anti-aging potential for nutricosmetic and cosmeceutical products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp. 3740-3755. doi:<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1805407>
- Giuffrida, D., Molinar, E., & Murillo, E. (2022). First complete quali-quantitative carotenoids characterization of Aiphanes aculeata, Quararibea cordata and Garcinia intermedia fruits. *Applied Food Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100045>
- Gnanasekaran, D., & Chavidi, V. (2017, Septiembre 10). Vegetable Oil: An Eco-friendly Liquid. *Vegetable Oil based Bio-lubricants and Transformer Fluids* , pp. 101-124. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-10-4870-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4870-8_6)

Goldson, A., & Bailey, D. (2020). Nutritional and Medicinal Properties of *Phyllanthus Acidus* L. (Jimbilin).

*International Journal of Fruit Science*, 20, pp. 1706-1710.

doi:<https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1830013>

Griffiths, P. (1983). Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier. *Ciencia*, 222, pp. 297-302.

doi:10.1126/ciencia.6623077

Gupta, M. (2017). *Practical Guide to Vegetable Oil Processing* (Segunda ed.). Lynnwood: Elsevier.

He, X., Luan, F., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, Z., Fang, J., . . . Li, Y. (2020). *Passiflora edulis*: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology. *Front. Pharmacol*, 11.

doi:<https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00617>

Housing.com. (2023, Febrero 13). *Housing.com*. Retrieved from <https://housing.com/news/phyllanthus-acidus/#:~:text=Phyllanthus%20acidus%20tolerates%20a%20wide,filled%20with%20soil%2Dbased%20compost>.

Kafle, A., Mohapatra, S., Reddy, I., & Chapagain, M. (2018). A review on medicinal properties of *Psidium*.

*Journal of Medicinal Plants Studies*, 6, pp. 44-47. Retrieved from

<https://www.plantsjournal.com/archives/2018/vol6issue4/PartA/6-4-11-994.pdf>

Kapoor, S., Gandhi, N., Tyagi, S., Kaur, A., & Mahajan, B. (2020). Extraction and characterization of guava seed oil: A novel industrial byproduct. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 132.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109882>

Larkin, P. (2011). *IR and Raman Spectroscopy Principles and Spectral Interpretation*. Amsterdam: Elsevier.

- Lucarini, M., Durazzo, A., Raffo, A., Giovannini, A., & Kiefer, J. (2019). Passion Fruit (*Passiflora spp.*) Seed Oil. *Fruit Oils: Chemistry and Functionality*, pp. 577-603. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_29)
- Menacho, J., & Saavedra, G. (2020). *Comparación fisicoquímica y la estabilidad oxidativa del aceite extraído a partir de semillas de guayaba (Psidium Guajava) y semillas de chirimoya (Annona Cherimola) por extracción en frío y caliente*. Nuevo Chimbote. doi:<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3593/51124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Menczel, J. D., & Prime, B. R. (2009). *Thermal Analysis of Polymers: Fundamentals and Applications*. Wiley.
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2020, Julio 30). *Gobierno de la República del Ecuador*. Retrieved from <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-la-gestion-adecuada-de-residuos-organicos-en-las-ciudades/>
- Misra, R., & Murthy, M. (2010, Mayo 12). Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), pp. 3005-3013. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.06.010>
- Monteiro, S. (2017). *Sapota-do-solimões (Quararibea cordata): Caracterização físico-química, estabilidade, compostos bioativos e voláteis*. Santa Maria: Manancial. Retrieved from <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/11752/Monteiro%2c%20Sabrina%20Sauthier.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Narváez, C., Inampues, M., Hurtado, A., Parada, F., & Vinckenc, J. (2020). The phenolic compounds, tocopherols, and phytosterols in the edible oil of guava (*Psidium guava*) seeds obtained by

supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 89.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103467>

Naveed, N. (2014). The Perils of Cosmetics. *Journal of pharmaceutical sciences and research*, 6(10), pp.

338-341. Retrieved from

[https://www.researchgate.net/publication/287325979\\_The\\_Perils\\_of\\_Cosmetics?enrichId=rgreq-e0ad43c8fa15d7f972c8c4884ed5626f-](https://www.researchgate.net/publication/287325979_The_Perils_of_Cosmetics?enrichId=rgreq-e0ad43c8fa15d7f972c8c4884ed5626f-)

[XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NzMyNTk3OTtBUzoxMDg5MzY5NDIzMjQ5NDEwQDE2MzY3MzczMTg3NjM%3D&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/287325979_The_Perils_of_Cosmetics?enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NzMyNTk3OTtBUzoxMDg5MzY5NDIzMjQ5NDEwQDE2MzY3MzczMTg3NjM%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf)

Nde, D. B., & Foncha, A. C. (2020). Optimization Methods for the Extraction of VegetableOils: A Review.

*Processes*, 8(2), pp. 209-230. doi:<https://doi.org/10.3390/pr8020209>

Orejuela, L., Landázuri, A., & Goodell, B. (2021). Second generation biorefining in Ecuador: Circular

bioeconomy, zero waste technology, environment and sustainable development: The nexus.

*Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), pp. 83-107.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.004>

Padmini, E., & Kavitha, M. (2021). In silico docking analysis of selective bioactive compounds of

*Phyllanthus acidus* aqueous fruit extract against MAPK1. *Biomedicine*, 41(2), 349-357.

doi:<https://doi.org/10.51248/.v41i2.1038>

Pantoja, A., Hurtado, A., & Martinez, H. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (

*Passiflora edulis* Sims. ) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub>

supercrítico. *Acta Agronómica*, 66(2), 178-185. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>

Paz, L., & Dominguez, N. (2021, Junio 26). *Naturalista*. Retrieved from Naturalista:

<https://www.naturalista.mx/taxa/209908-Diospyros-digyna>

- Ping Tan, S., Nyak, E., Lim, Q., & Nafiahb, M. (2020, Mayo 10). *Phyllanthus acidus* (L.) Skeels: A review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 253. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112610>
- Poole, C. (2021). *Gas Chromatography* (Segunda ed.). Elsevier.
- Riera, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES GENERADOS EN ECUADOR. *Ingeniería Industrial*(3), pp. 227-246.  
doi:<https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>
- Rodrigues, S., Santos, E., & Melo, A. (2021). Physical and Chemical Properties of oils of three varieties seeds of passion fruit: *Passiflora alata* Curtis, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *Passiflora quadrangularis*. *RCT Revista d ciencia e tecnologia*.
- Rodríguez , N., & Infante, J. (2016). Guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars: An Important Source of Nutrients for Human Health. *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, pp. 287-315.  
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00013-1>
- Scotti, E., Velásquez, I., Ojeda, L., Pacheco, F., & Noguera Machado, N. (2020). Caracterización e incorporación de un extracto de semillas de parchita (*Passiflora edulis*) en un hidrogel. *Revista Ingeniería UC*, 27(3). doi:<https://doi.org/10.54139/revinguc.v27i3.147>
- Shashidhara, Y., & Jayaram, S. (2010). Vegetable oils as a potential cutting fluid—An evolution. *Tribology International*, 43(5), pp. 1073-1081. doi:<https://doi.org/10.1016/j.triboint.2009.12.065>
- Sherwin, E. R. (1976, Junio 1). Antioxidants for vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc*(53), pp. 430-436.  
doi:<https://doi.org/10.1007/BF02605739>
- Smith, B. C. (2011). *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (Segunda ed.). CRC Press.

- Tahsin, T. (2023). NUTRITIONAL, PHYSICOCHEMICAL AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF PASSIFLORA EDULIS AND FATTY ACID ANALYSIS OF ITS EXTRACTED SEED OIL. Bangladesh. Retrieved from <http://dspace.cvasu.ac.bd/bitstream/123456789/1950/1/Passion%20fruit%20seed%20oil.pdf>
- Thokchom, R., & Mandal, G. (2017). Production Preference and Importance of Passion Fruit (*Passiflora Edulis*): A Review. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 4(1), pp. 27-30. Retrieved from <http://www.krishisanskriti.org/Publication.html>
- Toledano A. (2012). Lingnin extraction, purification and depolymerization study. País Vasco: Escuela Politecnica San Sebastian.
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018, Marzo 13). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), pp. 59-72. doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Villa, V., & Benalcázar, J. (2015). Evaluación de la extracción etanólica y con hexano de las semillas de guayaba y su acción inhibitoria. Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/34528/1/401-1338%20-%20Evaluac%20de%20la%20extracci%C3%B3n%20etanolica.pdf>
- Yaqoob, P. (2002). Monounsaturated fatty acids and immune function. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, pp. 9-13. doi:<https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601477>
- Zambiasi, R. C., Przybylski, R., Zambiasi, M. W., & Barbosa, C. (2007). FATTY ACID COMPOSITION OF VEGETABLE OILS AND FATS. *B.CEPPA*, 25(1), pp. 111-120. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/cep.v25i1.8399>

## Anexos