



**Caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borojó,  
tuna, lúcuma: un potencial residuo agroindustrial como base para procesos industriales  
y biorrefinería**

Villacís Collaguazo, Kira Jael

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

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

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier

25 de agosto del 2023

Latacunga – Ecuador



## Reporte de verificación de contenido



UIC\_VILLACIS KIRA.pdf

### Scan details

Scan time:  
August 25th, 2023 at 23:7 UTC

Total pages:  
75

Total words:  
18541



### Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	0.3% 83
Minor Changes	0.1% 25
Paraphrased	2.8% 523
Omitted Words	19.9% 3658

### AI Content Detection

Text coverage
AI text
Human text

### Plagiarism Results: (31)

IAIA-GIR-NON-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

0.9%

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.126...>

ivan

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FIJRA FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS...



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 integración curricular: “Caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borojón, tuna, lúcuma: un potencial residuo agroindustrial como base para procesos industriales y biorrefinería” fue realizado por la señorita Villacís Collaguazo, Kira Jael, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de agosto de 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, **Villacís Collaguazo, Kira Jael** con cédula de ciudadanía N°**1751039023** , declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular:

**“Caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma: un potencial residuo agroindustrial como 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 la Fuerza Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 25 de agosto de 2023

*Kira Villacís*

Villacís Collaguazo, Kira Jael

C.C.:1751039023



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Autorización de publicación

Yo, **Villacís Collaguazo, Kira Jael** con cédula de ciudadanía N°**1751039023**, autorizo que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma: un potencial residuo agroindustrial como base para procesos industriales y biorrefinería”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de agosto de 2023

*Kira Villacís*

---

Villacís Collaguazo, Kira Jael

C.C.:1751039023

### **Dedicatoria**

Quiero expresar mi gratitud y cariño hacia mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida. Mi tío Víctor y su esposa Narcisa merecen un reconocimiento especial por su apoyo incondicional y sabios consejos. A pesar de mis dudas y momentos de inseguridad, siempre confiaron en mí y estuvieron a mi lado cuando más los necesitaba. Mi madre, a pesar de la distancia, ha sido un constante apoyo y siempre ha estado orgullosa de mis logros. Además, no puedo olvidar a mi querida abuelita, quien fue mi refugio y consuelo en momentos difíciles. Los amo profundamente a todos.

Además, quiero enfatizar que este trabajo es un homenaje a la importancia de mi familia en mi vida. Sin su apoyo, amor y aliento, no habría llegado tan lejos ni alcanzado mis metas. Mi tío Víctor, su esposa Narcisa, mi madre y mi abuelita son pilares esenciales que me han sostenido en los momentos difíciles y han celebrado conmigo mis triunfos. Su presencia y afecto son invaluable, y les estoy eternamente agradecido por ser mi fuente de inspiración y fuerza. Los amo profundamente y les dedico este trabajo como muestra de mi gratitud y amor eterno.

Kira.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi familia, un apoyo fundamental a lo largo de este viaje. Mi tío Víctor y su esposa Narcisa, mis primos y primas, mi amada hermana Mellisa, mi querida abuelita y muchos otros, han estado a mi lado en este largo trayecto. Su presencia constante y apoyo incondicional son invaluable para mí. Quiero que sepan que siempre podrán contar conmigo de manera eterna.

En segundo lugar, quiero hacer una mención especial a mis amigas AKK, quienes se han convertido en una fuente de alegría en medio de las tormentas. Su amistad ha sido un regalo invaluable en mi vida y las quiero con todo mi corazón. Su apoyo y compañía han sido un faro de luz en los momentos más oscuros, y estoy agradecida por tenerlas a mi lado.

Por último, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi amor, quien ha sido mi roca, mi apoyo constante y mi compañero fiel en mis peores momentos. Tu creencia en mí me ha dado fuerzas para seguir adelante, y quiero que sepas que también creo en ti con la misma intensidad. Tu amor y apoyo son un regalo precioso que valoro enormemente, y estoy agradecida por tenerte a mi lado.

Kira.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>16</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>19</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo I: Introducción.....</b>	<b>21</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>21</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>22</b>
<b>Justificación e Importancia .....</b>	<b>22</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>23</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>24</b>



<b>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>VARIABLES DEPENDIENTES.....</b>	<b>24</b>
<b>VARIABLES INDEPENDIENTE.....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo II: Marco teórico.....</b>	<b>25</b>
<b>Desechos agroindustriales.....</b>	<b>25</b>
<b>Biorrefinería.....</b>	<b>25</b>
<b>Frutas endémicas de Ecuador.....</b>	<b>26</b>
<b>Pitahaya.....</b>	<b>26</b>
<b>Aspectos generales.....</b>	<b>26</b>
<b>Tipos y denominaciones.....</b>	<b>27</b>
<b>Pitahaya amarilla.....</b>	<b>27</b>
<b>Pitahaya roja.....</b>	<b>29</b>
<b>Clasificación taxonómica.....</b>	<b>29</b>
<b>Composición físico-química.....</b>	<b>30</b>
<b>Características generales.....</b>	<b>32</b>
<b>Beneficios y aplicaciones.....</b>	<b>32</b>
<b>Guanábana.....</b>	<b>33</b>
<b>Aspectos generales.....</b>	<b>33</b>
<b>Tipos y denominaciones.....</b>	<b>33</b>
<b>Clasificación taxonómica.....</b>	<b>34</b>
<b>Composición nutricional.....</b>	<b>35</b>

Características generales.....	36
Beneficios y aplicaciones .....	37
<b>Borojé.....</b>	<b>37</b>
Aspectos generales .....	37
Tipos y denominaciones .....	38
Clasificación taxonómica .....	39
Composición físico-química .....	40
Características generales.....	41
Beneficios y aplicaciones .....	41
<b>Tuna.....</b>	<b>41</b>
Aspectos generales .....	41
Tipos y denominaciones .....	42
Clasificación taxonómica .....	43
Valor nutricional.....	44
Características generales.....	45
Beneficios y aplicaciones .....	45
<b>Lúcuma .....</b>	<b>46</b>
Aspectos generales .....	46
Tipos y denominaciones .....	47
Clasificación taxonómica .....	48
Valor nutricional.....	48

Características generales.....	50
Beneficios y aplicaciones .....	50
Aceite vegetal .....	50
Clasificación del aceite vegetal .....	51
Semillas oleaginosas .....	52
Métodos de obtención de aceites de semillas .....	52
Características fisicoquímicas del aceite de semillas.....	53
Aplicaciones del aceite de semilla.....	55
Técnicas de caracterización .....	55
Técnica de cromatografía de gases.....	55
Técnica GC-MS.....	56
Técnica GC-FID .....	57
Espectroscopia infrarroja (IR).....	57
Análisis estadístico .....	57
Capítulo III: Metodología.....	58
Materia prima .....	58
Tratamiento previo de la muestra .....	58
Acondicionamiento de las muestras .....	58
Extracción de aceites de semilla.....	59
Técnicas analíticas.....	60
Perfil lipídico .....	60

Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).....	61
<b>Procedimientos de caracterización físico-química .....</b>	<b>61</b>
Densidad relativa .....	61
Humedad .....	62
Índice de refracción .....	63
Índice de Acidez.....	64
Índice de peróxido .....	65
Índice de yodo.....	66
Índice de saponificación .....	67
Materia insaponificable .....	68
Ensayo de rancidez .....	69
<b>Capítulo IV: Resultados y discusión.....</b>	<b>70</b>
<b>Tratamiento de materia prima.....</b>	<b>70</b>
Rendimiento de cada aceite.....	70
<b>Perfil lipídico.....</b>	<b>73</b>
Pitahaya.....	74
Guanábana .....	75
<b>Espectroscopia Infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) .....</b>	<b>77</b>
Pitahaya.....	77
Guanábana .....	78
<b>Densidad relativa.....</b>	<b>79</b>

<b>Humedad.....</b>	<b>80</b>
<b>Índice de refracción.....</b>	<b>81</b>
<b>Índice de acidez.....</b>	<b>82</b>
<b>Índice de peróxido.....</b>	<b>83</b>
<b>Índice de yodo .....</b>	<b>84</b>
<b>Índice de saponificación.....</b>	<b>86</b>
<b>Materia insaponificable.....</b>	<b>87</b>
<b>Ensayo de rancidez.....</b>	<b>87</b>
<b>Aplicación de los aceites.....</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>90</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>90</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>92</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Taxonomía de la pitahaya amarilla</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Descripción de la composición física y química de la pitahaya</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>Taxonomía de la guanábana</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> <i>Composición nutricional de la guanábana</i> .....	35
<b>Tabla 5</b> <i>Taxonomía del borojó</i> .....	39
<b>Tabla 6</b> <i>Composición físico-química del borojó</i> .....	40
<b>Tabla 7</b> <i>Taxonomía de la tuna</i> .....	43
<b>Tabla 8</b> <i>Composición nutricional de la tuna</i> .....	44
<b>Tabla 9</b> <i>Taxonomía de la lúcuma</i> .....	48
<b>Tabla 10</b> <i>Composición nutricional de la lúcuma</i> .....	49
<b>Tabla 11</b> <i>Rendimiento de cada aceite de semilla obtenido</i> .....	72
<b>Tabla 12</b> <i>Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de pitahaya</i> .....	74
<b>Tabla 13</b> <i>Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de guanábana</i> .....	76
<b>Tabla 14</b> <i>Densidad relativa de diferentes aceites de semilla</i> .....	79
<b>Tabla 15</b> <i>Humedad de diferentes aceites de semilla</i> .....	80
<b>Tabla 16</b> <i>Índice de refracción de aceites de semilla</i> .....	81
<b>Tabla 17</b> <i>Índice de acidez de aceites de semilla</i> .....	82
<b>Tabla 18</b> <i>Índice de peróxido de aceites de semilla</i> .....	84
<b>Tabla 19</b> <i>Índice de yodo de aceites de semilla</i> .....	85
<b>Tabla 20</b> <i>Índice de saponificación de aceites de semilla</i> .....	86
<b>Tabla 21</b> <i>Material insaponificable de aceites de semilla</i> .....	87

<b>Tabla 22</b> <i>Ensayo de rancidez de aceites de semilla</i> .....	88
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Pitahayas amarillas</i> .....	28
<b>Figura 2</b> <i>Semillas de pitahaya</i> .....	28
<b>Figura 3</b> <i>Guanábana</i> .....	34
<b>Figura 4</b> <i>Semillas de guanábana</i> .....	34
<b>Figura 5</b> <i>Borojó</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Semillas de borojó</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Tunas blancas</i> .....	42
<b>Figura 8</b> <i>Semillas de tuna</i> .....	43
<b>Figura 9</b> <i>Lúcuma</i> .....	47
<b>Figura 10</b> <i>Semillas de lúcuma</i> .....	47
<b>Figura 11</b> <i>Equipo de prensado en frío</i> .....	53
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de bloque de GC</i> .....	56
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama del proceso de obtención del aceite de semilla</i> . .....	59
<b>Figura 14</b> <i>Equipo de cromatografía de gases GC-FID</i> .....	60
<b>Figura 15</b> <i>Equipo de humedad</i> .....	63
<b>Figura 16</b> <i>Refractómetro de mesa</i> .....	64
<b>Figura 17</b> <i>Aceites de semilla por prensado en frío</i> .....	71
<b>Figura 18</b> <i>Aceite de semilla por solvente</i> .....	71
<b>Figura 19</b> <i>Cromatograma del aceite de semilla de pitahaya</i> .....	74
<b>Figura 20</b> <i>Cromatograma del aceite de semilla de guanábana</i> .....	75
<b>Figura 21</b> <i>FTIR del aceite de semilla de pitahaya</i> .....	77



<b>Figura 22</b> <i>FTIR del aceite de semilla de guanábana</i> .....	78
---	----

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> <i>Densidad relativa</i> .....	62
<b>Ecuación 2</b> <i>Pérdida de masa</i> .....	63
<b>Ecuación 3</b> <i>Índice de acidez</i> .....	65
<b>Ecuación 4</b> <i>Ácidos grasos libres</i> .....	65
<b>Ecuación 5</b> <i>Factor de corrección F</i> .....	65
<b>Ecuación 6</b> <i>Índice de peróxido</i> .....	66
<b>Ecuación 7</b> <i>Índice de yodo</i> .....	66
<b>Ecuación 8</b> <i>Índice de saponificación</i> .....	67
<b>Ecuación 9</b> <i>Índice de saponificación por GC</i> .....	67
<b>Ecuación 10</b> <i>Masa relativa de triacilgliceroles</i> .....	67
<b>Ecuación 11</b> <i>Masa promedio de triacilgliceroles</i> .....	68
<b>Ecuación 12</b> <i>Material insaponificable</i> .....	68
<b>Ecuación 13</b> <i>Material insaponificable por GC</i> .....	69

## Resumen

El trabajo tiene como fin proporcionar datos para futuras investigaciones mediante la caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma extraído por prensado en frío (PF), las cuales se realizaron siguiendo normas INEN e ISO dependiendo del caso de análisis y disponibilidad de reactivos. El método de extracción permitió obtener únicamente aceite de pitahaya y de guanábana, con rendimientos del 10% y 6.75% respectivamente, a partir de la materia prima procesada. Para la pitahaya se encontró que la densidad relativa es 1.09, humedad de 0.19%, índice de refracción en 1.3905, índice de acidez es 2.4 mg de KOH/g aceite, índice de peróxido 5.9 meq O<sub>2</sub> / kg, índice de yodo es 132.92 cg I<sub>2</sub> /g, índice de saponificación es 192 mg KOH/g, material insaponificable es 1.5. Para la guanábana la densidad relativa es 0.910, humedad de 0.19%, índice de refracción es 1.4690, índice de acidez es 0.62 mg de KOH/g aceite, índice de peróxido es 2.2 meq O<sub>2</sub> / kg, índice de yodo es 88.47 cg I<sub>2</sub> /g, índice de saponificación es 193 mg KOH/g, material insaponificable es 1.6. Además, el perfil lipídico del aceite de semilla de pitahaya y guanábana, muestra ácidos grasos insaturados, en mayor presencia el ácido linoleico y el ácido oleico, así mismo el análisis por espectroscopía infrarroja revela la presencia de compuestos antioxidantes. Se identificó para ambos aceites varias aplicaciones en las industrias alimenticia, cosmética, salud, farmacéutica y de biorrefinería con potencial económico y de desarrollo a partir de las caracterizaciones y técnicas analíticas realizadas.

*Palabras clave:* aceite de semillas, prensado en frío, caracterización físico-química, perfil lipídico, espectroscopía infrarroja.

### Abstract

The purpose of this work is to provide data for future research through the physicochemical characterization of pitahaya, soursop, borojó, prickly pear and lucuma seed oil extracted by cold pressing (FP), which were carried out according to INEN and ISO standards, depending on the case of analysis and availability of reagents. The extraction method allowed obtaining only pitahaya and soursop oil, with yields of 10% and 6.75%, respectively, from the processed raw material. For pitahaya it was found that the relative density is 1.09, humidity of 0.19%, refractive index is 1.3905, acidity index is 2.4 mg KOH/g oil, peroxide index 5.9 meq O<sub>2</sub> / kg, iodine index is 132.92 cg I<sub>2</sub> /g, saponification index is 192 mg KOH/g, unsaponifiable material is 1.5. For soursop the relative density is 0.910, moisture of 0.19%, refractive index is 1.4690, acid index is 0.62 mg KOH/g oil, peroxide value is 2.2 meq O<sub>2</sub> / kg, iodine value is 88.47 cg I<sub>2</sub> /g, saponification index is 193 mg KOH/g, unsaponifiable material is 1.6. In addition, the lipid profile of pitahaya and soursop seed oil shows unsaturated fatty acids, with a greater presence of linoleic acid and oleic acid, as well as the analysis by infrared spectroscopy reveals the presence of antioxidant compounds. Several applications were identified for both oils in the food, cosmetic, health, pharmaceutical and biorefinery industries with economic and development potential based on the characterizations and analytical techniques performed.

*Key words:* seed oil, cold pressed, physicochemical characterization, lipid profile, infrared spectroscopy.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En los últimos años, el estudio de aceites vegetales ha aumentado considerablemente debido a que no solamente se los utiliza como fuente alimentaria, sino con otros fines, tratando de aprovechar en todo sentido al aceite de semillas de acuerdo a la composición y propiedades que posea cada aceite, teniendo presente que el rendimiento varía de acuerdo a la semilla utilizada (Gunstone, 2011).

De acuerdo a: “Extracción de compuestos fenólicos de cáscara, pulpa y semilla de guanábana (*Annona muricata*) aplicadas en un recubrimiento para conservar banano mínimamente procesado” (Saltos Mendoza y Véliz Quimís, 2019) en este trabajo plantean aplicaciones de los componentes de la guanábana por sus propiedades físico-químicas beneficiosas de las que destaca el aceite de semilla para su uso en recubrimiento comestibles como alternativa a los tradicionales envolturas plásticas, siendo una alternativa amigable con el ambiente y replanteando la industria de los empaques.

Acorde a: “Acrylated Biopolymers Derived via Epoxidation and Subsequent Acrylation of Vegetable Oils” (Ho et al., 2022). Existe un alto interés en las modificaciones químicas de los aceites vegetales principalmente para su aplicación en bioplastificantes y biopolímeros, con fin de sustituir a las fuentes tradicionales no renovables, además de contar con beneficios por su biodegradabilidad, baja toxicidad y su fuente prima económica, el cual puede ser considerado residuo agroindustrial.

Actualmente, Ecuador se encuentra en fase de desarrollo en cuanto a actividades sostenibles, el determinar las propiedades físico-químicas del aceite de semillas impactará positivamente en la agroindustria, biotecnología y económicamente al país. Caracterizar el aceite por densidad, humedad, índice de refracción, material insaponificable, índice de yodo y

contenido de ácidos grasos establecerá un punto de partida de los desechos agroindustriales poco convencionales.

### **Planteamiento del problema**

A menudo las semillas de frutas como la pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma son consideradas desechos agroindustriales, pero estos pueden contener propiedades importantes, además de ser materia prima para obtener productos valiosos como aceites con aplicaciones industriales y en biorrefinería.

La aplicación de los aceites es determinada por la caracterización físico-química, en este caso existe reducida información para las semillas de frutas en Ecuador y dado que el rendimiento del mismo se ve afectado por las condiciones de crecimiento y maduración es importante realizar un análisis exhaustivo del aceite extraído.

La necesidad de investigar la característica físico-química de aceite de semilla es con el propósito de identificar el potencial como materia prima en procesos industriales y biorrefinería, teniendo un impacto positivo en la economía y gestión de residuos, además de contribuir al desarrollo sostenible y respetuoso con el ambiente en la industria agroindustrial y química.

### **Justificación e Importancia**

En Ecuador, aproximadamente 2200 millones de kilogramos al año son desechos que provienen de la agroindustria, los cuales no se les da ningún otro procesamiento para darles un valor agregado a pesar de las características potenciales de este material (Rieta et al., 2018). Con este panorama, realizar una caracterización físico-química del aceite de semillas de frutas que comúnmente se consumen y se desechan en el país, nos permite aprovechar los residuos, en este caso las semillas de frutas, encontrándole una utilidad con fines alimentarios, salud, farmacéutica, entre otros y en un futuro puede ser una fuente de ingresos para las familias agriculturas y comunidades locales.

La importancia de caracterizar el aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma se da por la mínima información existente, a partir de las propiedades que posea cada una es posible encontrar aplicaciones tanto con fines de investigación como económicos.

Esta investigación aporta a realizar actividades amigables con el medio ambiente en el ámbito industrial a partir de obtener propiedades y características del aceite de semilla de pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma, que sirvan de partida para futuras investigaciones de aplicación de cada aceite, buscando un desarrollo sostenible con beneficios sociales y económicos.

### **Alcance**

Realizar la caracterización físico-química del aceite de semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma para lograr determinar las aplicaciones de cada una en las diferentes industrias, principalmente aquellos relacionados con la biorrefinería.

Proporcionar bases de información para facilitar la investigación de futuros intereses relacionados con el aceite de semilla de pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma, de acuerdo con los rendimientos obtenidos y resultados de las técnicas analíticas realizadas.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Determinar las características físico-químicas del aceite de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante la extracción por prensado al frío, para realizar diferentes técnicas analíticas que permitan identificar posibles aplicaciones industriales.

#### ***Objetivos Específicos***

Obtener el aceite clarificado de cada semilla: pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante el prensado en frío.

Analizar las características físico-químicas de los aceites de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, utilizando las Normas Técnicas INEN correspondientes.

Determinar el perfil lipídico de los aceites de las semillas de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma, mediante el uso de la técnica de cromatografía de gases.

### **Hipótesis**

¿Las características físico-químicas del aceite de semilla de pitahaya, guanábana, borjón, tuna, lúcuma permitirán obtener propiedades que facilite identificar las aplicaciones industriales y de biorrefinería a estos potenciales residuos agroindustriales de manera sostenible y aprovechable?

### **Variables de Investigación**

#### ***Variables Dependientes***

- Composición físico-química
- Propiedades funcionales del aceite: viscosidad, densidad
- Contenido de compuestos bioactivos en el aceite: antioxidantes o ácidos grasos esenciales.
- Estabilidad del aceite frente a factores externos: la oxidación o el almacenamiento.

#### ***Variables Independiente***

- Semillas utilizadas
- Prensado en frío
- Temperatura y tiempo de extracción



## Capítulo II

### Marco teórico

#### Desechos agroindustriales

Según las Naciones Unidas (2008), la agroindustria es aquella que elabora, transforma y distribuye insumos, productos agrícolas, de pesca y de actividad forestal, incluyendo el agro, procesamiento de materias primas y productos intermedios que proviene de la agricultura de origen animal o vegetal.

En Ecuador, el sector agrícola, según SIPA (2023), participa con el 6,56% (4 mil millones de dólares) al PIB del país. Este sector participa activamente en la economía del país, lo cual aumentará debido al crecimiento poblacional tanto nacional como global, por tanto, la demanda se verá incrementará debido a este factor, con ello también los desechos generados por esta industria. Se estima que anualmente se generará 2200 millones de kilogramos correspondientes de desechos agroindustriales formados en el consumo directo o por el procesamiento de un producto primario sin darle una utilidad posterior (Rieta et al., 2018).

Los residuos agroindustriales son materia de interés para ser aprovechados debido a la composición, disponibilidad y facilidad de procesamiento, por ello es utilizado como fuente prima en la elaboración de productos con valor agregado (Rieta et al., 2018). Estos materiales son potenciales fuentes de investigaciones debido a la amplia aplicación que se les puede encontrar, siendo sostenible e innovador para el desarrollo del país.

#### Biorrefinería

La biorrefinería es una gran industria que utiliza biomasa, la transforma mediante diferentes procesos y equipos para obtener productos con valor agregado, energía o combustibles (Redondo Gómez et al., 2020).

Los residuos agroindustriales no tratados pueden generar contaminación con afectaciones importantes como el aumento de temperatura o generación de gases perjudiciales para la salud. Una solución a esta problemática es la aplicación de una economía circular que incluye la biorrefinería como principal solución al utilizar como materia prima los considerados desechos que pueden provenir de diferentes industrias, principalmente de la agrícola (Yaashikaa et al., 2022).

### **Frutas endémicas de Ecuador**

Ecuador es reconocido mundialmente por la diversidad que posee en flora y fauna, concretamente se sabe que se producen una infinidad de frutas mayoritariamente de consumo nacional y unas pocas se exportan, lo cual se debe a la poca investigación de las propiedades, beneficios y el valor nutricional en el sector frutícola (Chaves López et al., 2015).

En este trabajo se investigarán cinco frutas disponibles en el país que poseen poca información, en especial se analizará acerca de los residuos que se obtienen del consumo de las mismas, presentando sus características y posibles aplicaciones.

### **Pitahaya**

#### ***Aspectos generales***

La pitahaya se produce generalmente en América del sur y posee gran cantidad de nutrientes, se clasifica en dos géneros: *Hylocereus* y *Selenicereus*,

Contiene polifenoles, vitaminas, aminoácidos y alto contenido de ácidos grasos insaturados que principalmente son linoleico y linolénico que podrían aplicarse en cosmética y composiciones terapéuticas (Cruz Morillo-Coronado et al., 2021).

La pitahaya se utiliza principalmente como fuente de alimento por su sabor y aporte nutricional, las semillas contienen probióticos debido al contenido de oligosacáridos, se consume esta fruta completamente con ellas (Martínez García, 2021).

En Ecuador, la pitahaya es cultivada en varias provincias en las que se encuentra Loja, Pichincha, Imbabura, Morona Santiago, Orellana y Sucumbíos debido a la potencial exportación (Vargas et al., 2020). Además de la importante demanda que representa en varias ciudades nacionales, por lo cual el cultivo de pitahaya cada vez se extiende alrededor de todo el país.

Con base a datos recolectados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, se exportó aproximadamente 23.319 toneladas entre enero y diciembre del 2022, lo que representó un valor de 99.364 miles de dólares (SIPA,2022). No se reportan registros de importación, por lo cual se puede inferir una fuente potencial de ingresos a partir del estudio de las propiedades de la pitahaya.

### ***Tipos y denominaciones***

La pitahaya, también conocida como pitaya o fruta del dragón, es una fruta exótica (Vijayakumar y Raja, 2022). En el país se cultivan principalmente pitahayas amarillas, pero también se distribuyen pitahayas rojas, las cuales se describen a continuación:

**Pitahaya amarilla.** El nombre científico de la pitahaya amarilla es *Selenicereus* sp. perteneciente a la familia Cactaceae, nativa de América, adaptable a muchas condiciones climáticas, tiene sabor dulce, forma ovalada, color amarillo intenso y suaves semillas comestibles (Llumipanta Muñoz, 2022).

**Figura 1**

*Pitahayas amarillas*

**Figura 2**

*Semillas de pitahaya*



*Nota.* Semillas de pitahaya previamente lavadas y secadas

La pitahaya o pitaya amarilla es la más común y económicamente accesible de los dos tipos existentes en el país, además de contener una proporción más alta de semillas.

En el país hay dos tipos de pitahaya amarilla, la “Nacional” cultivada en varias ciudades y la “Palora” cultivada en el cantón del mismo nombre, que se diferencian principalmente por el peso, largo y grosor que posee cada ecotipo antes mencionado (Vargas et al., 2020).

**Pitahaya roja.** El nombre científico de la pitahaya roja es *Hylocereus undatus* perteneciente a la familia Cactaceae, conocida como la fruta del dragón por su forma alargada y ovalados con escamas rosadas por fuera, por dentro tiene pulpa de color rojo, rosado o blanco con pequeñas semillas. Tiene nutrientes como calcio, fósforo, varias proteínas y vitaminas, con usos en la medicina tradicional (Martínez García, 2021).

### ***Clasificación taxonómica***

Según Vargas (2020), la pitahaya amarilla se clasifica taxonómicamente de acuerdo al reino, clase, orden, familia, género principalmente como se muestra en la Tabla 1:

**Tabla 1**

#### *Taxonomía de la pitahaya amarilla*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Super división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Suborden	Caryophyllanae Takht.
Orden	Caryophyllales Juss. ex Bercht& J. Presl
Familia	Cactaceae Juss.
Género	Selenicereus (A. Berger) Britton & Rose
Especie	Selenicereus sp. (K. Schum. ex Vaupel) Moran

*Nota.* Recuperado de Medina et al., 2013. Manual Técnico. Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus* sp.

### ***Composición físico-química***

En la Tabla 2, se presenta varios parámetros de caracterización físico-química de la pitahaya, importantes para determinar las propiedades y posibles usos de la misma. Se presentan los datos aproximados por cada unidad de pitahaya, así como el valor nutricional que tiene esta fruta.

**Tabla 2**

*Descripción de la composición física y química de la pitahaya*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Humedad	%	84.8
Carbohidratos	%	13.38
Fibra cruda	%	0.77

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Proteína	%	0.67
Extracto etéreo	%	0.43
Cenizas	%	0.4
Peso de fruta	g	394.66
Firmeza de la pulpa	Newton	6.20
Rendimiento de pulpa	%	66.60
Rendimiento de cáscara	%	33.40
Sólidos solubles	%	2.74
Acidez titulable	% ácido cítrico	0.14
pH	Adimensional	4.86
Azúcares totales	%	11
Azúcares reductores	%	9.75
Ácido ascórbico	mg/100 g	4
Vitamina B1 (Tiamina)	mg/g	0.28 – 0.43
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg/g	0.043 – 0.045
Vitamina B3 (Niacina)	mg/g	0.2

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Fenoles totales (mg ácido gálico)	mgEAG/g	7.8
Calorías	Cal/100 g	38.76
Calcio	mg/100 g	10
Fósforo	mg/g	16
Hierro	mg/g	0.3

*Nota.* Recuperado de Vargas et al., 2020. Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, pág. 39.

### ***Características generales***

La pitahaya se cosecha en varias temporadas durante todo el año a nivel nacional: entre marzo y febrero en su mayoría con un 60%, en los demás meses se cosecha el resto en varios meses específicos de acuerdo a las condiciones ambientales y manejo agronómico especial para esta fruta (Vargas et al., 2020).

### ***Beneficios y aplicaciones***

Uno de los beneficios destacables de la pitahaya es la capacidad antioxidante por el contenido de ácidos grasos que poseen sus semillas, en la que destaca el ácido linoleico, también tiene propiedades laxantes y fibra que mejora la digestión y disminuye el colesterol de la sangre (Sotomayor Correa et al., 2019).

La presencia de ácido linoleico es vital en la dieta alimenticia y se debe a que es un ácido graso insaturado que no puede ser sintetizado por el cuerpo humano, además que este compuesto tiene aplicaciones medicinales, cardioprotectores, antidiabéticas y antimicrobianas (Rui et al., 2009).



Se usa para elaborar productos procesados como helados, mermeladas, cocteles, energizantes, entre otros, pero generalmente se consume la fruta fresca por los múltiples beneficios a la salud que conlleva su consumo (Sotomayor Correa et al., 2019). La pitahaya tiene propiedades diuréticas, ayuda a regular el nivel de azúcar en la sangre, ayuda a reducir los problemas cardiovasculares, alivia síntomas gripales, entre varios otros beneficios (Vargas et al., 2020).

## **Guanábana**

### ***Aspectos generales***

La guanábana es propia de regiones tropicales de América del Sur, actualmente se expandió a otros lugares por el interés comercial y alta producción, este cultivo florece y fructifica de manera continua si se maneja correctamente (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991)

En Ecuador los principales cultivos de guanábana se encuentran en la Península de Santa Elena y Guayas, también se produce en Manabí y Santo Domingo, los cuales aproximadamente se distribuye en 250 ha de plantaciones de guanábana (Guzmán Nevares, 2022). La guanábana es una fruta no tradicional exportada a diferentes zonas de Europa, generalmente no se utiliza pesticidas, los frutos son enfundados para evitar plagas. A pesar de ser un cultivo con rendimiento bajo en un principio, cuando madura y con cuidado adecuado da buenos resultados (Gonzalez Loor, 2018).

### ***Tipos y denominaciones***

El nombre científico de la guanábana es *Annona muricata* L, se da en zonas tropicales de todo el mundo, pero es originario del Sur y centro América (Meza y Bautista, 2004).

**Figura 3***Guanábana*

*Nota.* Tomado de *Guanábana*. HERBAL SAFETY, por Gonzalez Stuart , 2023.

**Figura 4***Semillas de guanábana*

*Nota.* Semillas de guanábana desechadas en la producción de jugo de guanábana.

Los tipos de guanábana se clasifican por su sabor que puede ser: agrio, dulce, semiácido y semidulce. Todos los cultivados en Ecuador son seleccionados de acuerdo con su forma, madurez y contenido de pulpa que generalmente es jugosa (Rochina Cambo, 2022).

***Clasificación taxonómica***

El cultivo de guanábana (*Annona muricata*) presenta la taxonomía de acuerdo al reino, clase, orden, familia, género principalmente descrito en la Tabla 3:

**Tabla 3***Taxonomía de la guanábana*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Magnoliales
Familia	Annonaceae
Subfamilia	Annonoideae
Tribu	Annoneae
Género	Annona
Especie	A. Muricata L.

*Nota.* Recuperado de Soplin Trigoso, 2015. Propagación Botánica De Annona Muricata L.

“Guanábana” Bajo Cuatro Sustratos En Iquitos – Perú. Universidad Nacional De La Amazonia Peruana.

***Composición nutricional***

La composición nutricional de la guanábana se presenta en la Tabla 4, con respecto a la pulpa de aproximadamente por 100 gramos de esta especie. Contiene varios minerales y una pequeña porción de nutrientes importantes.

**Tabla 4***Composición nutricional de la guanábana*

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	%	53,1-61,3
Agua	g	82,8

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Carbohidratos	g	14,63
Grasas	g	0,97
Proteínas	g	1,0
Fibra	g	0,79
Cenizas	g	0,6
Calcio	mg	10,3
Fósforo	mg	27,7
Hierro	mg	0,64
Tiamina	mg	0,11
Riboflavina	mg	0,05
Niacina	mg	1,28
Ácido ascórbico	Mg	29,6

*Nota.* Recuperado de Propagación Botánica De *Annona Muricata* L. “Guanábana” Bajo Cuatro Sustratos En Iquitos – Perú. Universidad Nacional De La Amazonia Peruana, por Soplín Trigoso, 2015.

La guanábana contiene gran cantidad de compuestos bioactivos naturales, con propiedades antioxidantes por su alto contenido fenólico que cumple la función de combatir células cancerígenas, pero también tiene propiedades antibacterianas y altos contenidos de vitaminas y minerales (Valle Velasco, 2023).

### ***Características generales***

La guanábana tiene mayormente una pulpa blanquecina comestible, una cáscara gruesa y las semillas que generalmente son abundantes pero desechadas. La semilla de la guanábana es de color marrón con forma ovoide, con envolturas seminales gruesas resistentes

y duras, mientras la almendra es de color blanquecino y ligeramente aceitoso (Meza y Bautista, 2004).

Las semillas de la guanábana son consideradas residuos del procesamiento de la pulpa, de la cual se puede obtener hasta 200 semillas por cada fruta. Existen pocos estudios y aplicaciones a las semillas de esta fruta, pero a partir de los antecedentes de la pulpa pueden tener aplicaciones similares (Saltos Mendoza y Véliz Quimis, 2019).

### ***Beneficios y aplicaciones***

Tiene propiedades medicinales en tratamientos alternativos para combatir el cáncer y beneficios como antiparasitario, vasodilatador, antiespasmódico y antidiabético de todas las partes que conforma la fruta (Soplin Trigos, 2015). La pulpa de guanábana se puede utilizar para realizar productos como helados, postres, jugos, mermeladas, licores, etc. Además, esta se comercializa congelada nacional e internacionalmente porque es altamente demandado (Guzmán Nevares, 2022).

Las semillas de guanábana contienen compuestos fenólicos, son sustancias químicas con propiedades antioxidantes, por ende, beneficiosas para la salud humana, pero también puede utilizarse en aplicaciones como en recubrimientos de diversos alimentos (Saltos Mendoza y Véliz Quimis, 2019). Además, Lara Vega (2018), menciona la propiedad antimicrobiana tanto de las hojas de guanábana como de las semillas utilizadas en formulaciones farmacéuticas,

## **Borojó**

### ***Aspectos generales***

El borojó es un alimento altamente nutritivo y energético, con gran contenido de fósforo y complejo B, propio de zonas tropicales húmedas, resistente a cambios en su hábitat.

Es propio de regiones tropicales y subtropicales, pero endémico de Sudamérica, el fruto es verde en un principio, pero a medida que va madurando toma un color rojo marrón con un sabor y olor intenso (Blacio Sinche y Ocampo Balladares, 2022).

El borjón producido en Ecuador tiene un aroma floral, sabor dulce y ácido, su pulpa es alrededor del 88% del peso total que contiene gran cantidad de antioxidantes, aminoácidos que aportan energía y por sus propiedades debería ser incluido en dietas alimenticias (Valle Velasco, 2023).

### ***Tipos y denominaciones***

No hay variedades de borjón estipuladas, se puede clasificar en dos tipos principales por la forma del fruto, la piriforme y la globosa, una es más redonda que otra, pero en propiedades no diferencian en las pocas caracterizaciones realizadas (Córdova V., 1985).

### **Figura 5**

#### *Borjón*



*Nota.* Tomado de El borjón es todo un fruto que te cuida por dentro y por fuera, por Globaliza2, 2023.

**Figura 6***Semillas de borjón*

*Nota.* Semillas de borjón previamente lavadas y secadas

***Clasificación taxonómica***

El cultivo del borjón presenta la taxonomía de acuerdo al reino, clase, orden, familia, género y especie principalmente descrita en la Tabla 5.

**Tabla 5***Taxonomía del borjón*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rubiineae
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Género	Borojoa
Especie	Borojoa patinoi

*Nota.* Recuperado de Blacio Sinche & Ocampo Balladares, 2022. Extracción de Aceite de Semilla de Borojo (Borojoa Patinoi) con Acción de Actividad Inhibitoria en Staphylococcus. Universidad de Guayaquil.

### **Composición físico-química**

El borojón cuenta con múltiples propiedades nutricionales que se pueden observar en la Tabla 6. Generalmente, el borojón presenta nutrientes como hierro, calcio, fósforo y vitamina C, sin embargo, existen pocos análisis de esta fruta (Alcívar Santana y Bazurto Bermejo, 2022).

**Tabla 6**

*Composición físico-química del borojón*

<b>Componentes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Contenido</b>
Humedad	%	87.27
Carbohidratos	%	9.27
Azúcares totales	%	6.29
Proteína	%	1.31
Hierro	µg/g	1.00
Sólidos solubles	adimensional	11.17
pH	adimensional	3.45
Acidez titulable	% ácido málico	2.15

*Nota.* Recuperado de la Obtención de una bebida energizante a base de borojón (Borojoa patinoi) y guanábana (Annona muricata) por Valle Velasco, 2023, Universidad Técnica de Cotopaxi.



### ***Características generales***

La pulpa de borjón ocupa la mayor parte de la fruta en comparación de la cáscara y semillas, pesando alrededor de entre 300 y 1200 gramos al madurar, el fruto contiene un promedio de 330 semillas.

El borjón contiene alto contenido de polifenoles, por lo cual tiene un potencial uso en la industria alimenticia, pues su consumo reduce el daño cardiovascular, formación de cáncer y envejecimiento prematura por la fuente natural de antioxidantes que brinda (Blacio Sinche y Ocampo Balladares, 2022).

### ***Beneficios y aplicaciones***

El borjón se utiliza comúnmente en bebidas, pero también es utilizada para la elaboración de helados, mermeladas, vinos, café, energizantes, etc. Debido a las múltiples propiedades nutricionales que posee (Alcívar Santana y Bazurto Bermejo, 2022). Y a su vez de usos medicinales en el tratamiento de enfermedades estomacales, estreñimiento, afecciones en diferentes órganos debido a que tiene carbohidratos, calcio y fósforo importantes en la dieta alimenticia (Córdova V., 1985)

El consumo de borjón tiene beneficios contra enfermedades bronquiales, equilibrando el azúcar de la sangre, combate la desnutrición, controla la hipertensión arterial y eleva la potencia sexual de los beneficios que se conoce (Alcívar Santana y Bazurto Bermejo, 2022).

## **Tuna**

### ***Aspectos generales***

En Ecuador, la tuna se produce en los suelos semidesérticos de Imbabura de manera silvestre, pero desde hace algunos años se empezó con su cultivo e industrialización, con asociaciones que producen hasta 300 cajas semanales debido a la creciente demanda de mercado (Amores Torres, 2021).

El cultivo de tuna tiene diversas ventajas de las que se destacan su alta producción, el contenido en valor nutricional de la fruta, resistente a la sequía y su adaptabilidad a diferentes tipos de condiciones (Amores Torres, 2021). Por ello se cultiva en diferentes zonas del país y se utiliza como alimento fresco o fuente en elaboración de diferentes productos.

### ***Tipos y denominaciones***

Existen diferentes tipos de tunas en Ecuador, de las principales están la tuna blanca y la tuna roja cultivadas tradicionalmente (Amores Torres, 2021), también la tuna amarilla con espinos y sin espinos con sabor dulce, buen aspecto, pero pocos comunes (Pérez Cadena, 2016).

### **Figura 7**

*Tunas blancas*



**Figura 8***Semillas de tuna*

*Nota.* Semillas de tuna previamente lavadas y secadas.

***Clasificación taxonómica***

El cultivo de tuna presenta la taxonomía de acuerdo al reino, clase, orden, familia, género y especie descrita en la Tabla 7.

**Tabla 7***Taxonomía de la tuna*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Género	Opuntia
Especie	ficus-índica

*Nota.* Recuperado de: “El cultivo de Tuna” Opuntia ficus indica. (p.7), por Amaya Robles, 2009, Gerencia Regional Agraria La Libertad.

### **Valor nutricional**

La tuna tiene gran valor nutricional que se describe en la Tabla 8, a partir del contenido de una tuna aproximadamente de 100 gramos.

**Tabla 8**

*Composición nutricional de la tuna*

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Proteínas	g	0.7
Lípidos	g	0.51
Carbohidratos	g	9.57
Fibra	g	3.60
Calcio	mg	56
Magnesio	mg	85
Fósforo	mg	24
Potasio	mg	220
Vitamina A	ui	51
Vitamina E	g	0.01
Grasas saturadas	g	0.0067
Sodio	mg	5
Zinc	mg	0.12

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Vitamina C	mg	14
Tiamina	mg	0.014
Riboflavina	mg	0.06
Niacina	mg	0.46
Vitamina B6	mg	0.06
Monoinsaturados	g	0.075
Poliinsaturados	g	0.210

*Nota.* Recuperado de la Elaboración de Productos a Base de Tuna (*Opuntia Ficusindica*) como aporte comercial y Nutricional a la Comunidad de La Parroquia Eloy Alfaro Del Cantón Latacunga. (p.19), por Pérez Cadena, 2016, UNIANDES.

Se considera una buena producción de tuna si contiene una acidez que fluctúa entre 25 y 28 grados, pero en general el valor nutritivo de la tuna es superior a otras frutas, por ello posee amplios beneficios a la salud (Pacheco Guerrero, 2016).

### ***Características generales***

La tuna cambia visualmente de color en la maduración de la misma, generalmente va de verde claro a naranja rojizo. Este fruto contiene alto contenido de agua que se da en zonas áridas y semiáridas (Amaya Robles, 2009). La composición porcentual de la fruta tiene aproximadamente 42% de pulpa, la parte exterior de la tuna conocido como pericarpio del 28%, mientras que las semillas ocupan un 30% de la fruta (Pacheco Guerrero, 2016).

### ***Beneficios y aplicaciones***

La tuna contiene un contenido de calcio, potasio, fósforo y otros minerales importantes en la alimentación, entre la cáscara, la pulpa y semillas para elaborar aceites comestibles,

pectinas, colorantes, vinos, licores, maple, queso, mermeladas, jaleas, barras de cereales, pastas, jugos, licores entre otros (Pérez Cadena, 2016).

En sectores de Cotopaxi la tuna blanca es preferida debido a la poca cantidad de espinos que tiene el Nopal, se usa generalmente en ensaladas y es altamente comercializado (Pacheco Guerrero, 2016). La tuna es una fruta, se utiliza como fuente medicinal alternativa para prevenir problemas diabéticos, de colesterol e hipoglucémico y también propiedades antiinflamatorias (Amores Torres, 2021). El uso de la tuna por sus propiedades pocos estudiados, importante mencionar, son como aditivo en adhesivos, en pinturas, en combustibles, como anticorrosivo, como pigmento, en cosméticos, etc. (Amaya Robles, 2009).

## **Lúcuma**

### ***Aspectos generales***

Lúcuma es una fruta originaria de Perú, con propiedades nutricionales importantes para el organismo que se comercializa como harina o como pulpa para diferentes países (Montenegro Gamboa, 2015). Esta especie se cultiva en climas tropicales y subtropicales, es sensible en heladas, pero resistente al déficit hídrico (Ministerio de Agricultura, 2017). Por eso se ha introducido en diferentes lugares, principalmente secos.

Existe evidencias históricas del aprovechamiento de la lúcuma en la dieta alimenticia de las comunidades ancestrales en los valles interandinos del Perú, Ecuador y Chile, por ello se sabe que esta fruta se consume hace varios años (Del Castillo Málaga, 2006). El fruto lúcuma es una especie con alto potencial económico, a pesar de tener una lenta germinación de semillas al igual que el crecimiento y madurez, tiene diversos usos en alimentación, medicina y usos en maderería, pero además se utiliza en reforestación y recuperación de ríos (Bolaños Silva, 2007).

En Ecuador, la lúcuma se da principalmente en Loja, donde crece silvestremente, sin embargo, no hay producción en ninguna parte del país de esta especie, se encuentra con escasez. Además, se puede encontrar en Cuenca, Baños, Quito y sus alrededores (Montenegro Gamboa, 2015).

### ***Tipos y denominaciones***

Como menciona Indecopi (2015), existen una tipificación común de lúcuma: la primera se denomina lúcuma de seda por su textura suave al madurar, y la segunda es la lúcuma de palo, que son de textura brusca. No presentan mayores diferencias, pues ambos tipos pueden darse en el mismo árbol, pero la pulpa puede ser harinosa, de pulpa suave o dura.

### **Figura 9**

*Lúcuma*



### **Figura 10**

*Semillas de lúcuma*



*Nota.* Semillas de lúcuma, cáscaras y almendras

### **Clasificación taxonómica**

La especie lúcuma estudiada presenta la taxonomía de acuerdo al reino, clase, orden, familia, género y especie principalmente descrita en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Taxonomía de la lúcuma*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Ebanales
Suborden	Ericanae
Familia	Sapotaceae
Género	Pouteria
Especie	Pouteria lucuma

*Nota.* Recuperado de Estudios en fisiología de semilla de Pouteria lucuma (R & P) Sapotaceae "Mediacaro", (p.2), por Bolaños Silva, 2007, Pontifica Universidad Javeriana.

### **Valor nutricional**

La lúcuma tiene gran valor nutricional que se describe en la Tabla 10, a partir del contenido de aproximadamente por 100 gramos de esta especie.



**Tabla 10***Composición nutricional de la lúcuma*

<b>Compuesto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Contenido</b>
Agua	g	72.30
Valor energético	cal	99
Proteínas	g	1.5
Fibra	g	1.30
Carbohidratos	g	25
Lípidos	g	0.5
Cenizas	g	0.7
Calcio	mg	16
Fósforo	mg	26
Hierro	mg	0.4
Caroteno	mg	2.3
Tiamina	mg	0.01
Niacina	mg	1.96
Ácido ascórbico	mg	2.20
Riboflavina	mg	0.14

*Nota.* Recuperado del Estudio técnico de la producción de harina de Lúcuma en la sierra de Piura. (p.4), por Del Castillo Málaga, 2006, Repositorio institucional PIRHUA.

La lúcuma por su valor nutricional presentado en la Tabla 9, es recomendado el consumo para personas con estado anémico y para la piel, principalmente por el contenido de hierro y betacaroteno (Mendoza Tabango, 2013).

### ***Características generales***

La lúcuma tiene una composición entre el 75% de pulpa, un 12% de cáscara, un hollejo del 3% y un 10% de semilla (Mendoza Tabango, 2013). La pulpa es de color amarillo intenso, con textura harinosa, aroma y sabor dulce, alto contenido de fibra, proteínas, caroteno, niacina y hierro importante en las dietas alimenticias, con beneficios en el organismo por el contenido de agua presente en cada fruta (Montenegro Gamboa, 2015).

El azúcar presente en la lúcuma son glucosa, fructosa, sacarosa e inositol generalmente, pero al estar en proceso de maduración solo hay presencia de sacarosa. En 100 gramos de pulpa hay 8 g de glucosa, 5 g de fructosa, 2 g de sacarosa y 0.1 g de inositol aproximadamente (Del Castillo Málaga, 2006).

### ***Beneficios y aplicaciones***

La lúcuma se consume fresco, se puede procesar para producir harina y con la pulpa fabricar helados, además se elabora mermeladas, pastas, yogurt, pasteles, pudines, licor y conservas (Del Castillo Málaga, 2006). Esta especie debido a tener propiedades nutricionales es considerada para el fortalecimiento del sistema inmunológico, así como antioxidante natural por la presencia de betacaroteno para disminuir los ataques cardiacos, disminuir el colesterol y los triglicéridos (Montenegro Gamboa, 2015).

Al tallo de la lúcuma se suele usar como madera útil en construcción y en la fabricación de artículos. Su semilla es un alimento silvestre importante, además las mismas suelen ser usadas por comunidades como remedio anticonvulsivo al ser maceradas con agua fría (Bolaños Silva, 2007).

### ***Aceite vegetal***

Los aceites vegetales son una mezcla de compuestos complejos extraídos de una fuente vegetal importante para la economía, ya que tiene diferentes aplicaciones aparte del

consumo directo, se utiliza en la producción de biocombustibles, materia prima de cosméticos y para productos farmacéuticos (da Cruz et al., 2020).

Es un triglicérido que se conforma de tres ácidos grasos que mediante un enlace éster se unen al glicerol, el aceite vegetal presenta estructuras químicas con sitios reactivos de epoxi, insaturación y grupos éster importantes para la aplicación de estos (Paraskar et al., 2021). Los aceites vegetales aportan energéticamente, además de contener ácidos grasos necesarios para el cuerpo humano, incapaz de autoproducirlo como omega-3 y omega 6, por eso es importante agregarlos a la dieta alimenticia (Chen et al., 2019).

El aceite vegetal es considerado una de las mejores alternativas de materia prima para obtener petroquímicos, que al ser renovable disminuye los impactos ambientales como emisiones y el utilizar recursos escasos (Paraskar et al., 2021). Estos productos químicos obtenidos presentarán la ventaja de no ser contaminantes y ser más versátiles en su aplicación debido a que provienen de recursos sustentables.

Mundialmente, existe una demanda de 125 millones de toneladas año, por el crecimiento industrial de los oleoquímicos y el de la población en general se ha dado la búsqueda de alternativas de materia prima de aceites y grasas vegetales con buen contenido nutricional (Anwar et al., 2008).

### ***Clasificación del aceite vegetal***

Los aceites vegetales se obtienen principalmente de plantas, frutos o semillas, lo cuales son propensos a tener degradación térmica oxidativa debido a la presencia de dobles enlaces con metileno (Yadav et al., 2021). Se pueden clasificar como comestibles y no comestibles dependiendo del perfil de ácidos grasos presentes en cada aceite y tener aplicaciones industriales importantes debido a que son renovables y no generan impactos negativos en el ambiente (De Leon Izeppi et al., 2020).

Adicionalmente, el aceite vegetal se puede tipificar por la procedencia de estos, pueden ser de frutos o ser obtenidos por semillas oleaginosas, estos se pueden extraer por presión, fusión o con solventes y pueden ser sólidas o líquidas a temperatura ambiente (Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz, 2017).

### **Semillas oleaginosas**

Las semillas oleaginosas son alimentos energéticos con alto contenido de aceite, fibra, vitaminas, minerales y ácidos grasos saturados e insaturados con importancia industrial en el sector alimenticio, farmacéutico, textil (Thapa et al., 2019). La aplicación del aceite se establece en función a las propiedades que posean, se encuentran relacionadas con la composición de ácidos grasos del aceite obtenido (da Cruz et al., 2020).

### ***Métodos de obtención de aceites de semillas***

El aceite de semillas puede extraerse por prensado mecánico o por extracción con disolventes, a pesar de que el primer método es más rápido, es menos eficiente, pues no extrae los lípidos completamente y el otro método es complejo, pero eficiente (da Cruz et al., 2020).

El prensado en frío es altamente utilizado para aceites de alta calidad, ya que se utilizaba especialmente para realizar caracterización de aceites y posibilita el realizar un tratamiento previo a las semillas dependiente el tipo usando el equipo de la Figura 11 (Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz, 2017). Además, es un proceso mecánico libre de químicos, utilizado cuando es necesario para tratar y procesar altos volúmenes con buena productividad (Gutiérrez Suquillo y otros, 2017).

**Figura 11**

*Equipo de prensado en frío*



*Nota.* Tomado de Estudio del estado del arte para la extracción de aceite vegetal a partir de semilla de granada (p.4), por J. Bacilio, 2019, Pontificia Universidad Católica del Perú.

La técnica con soxhlet es altamente utilizado para muestras sólidas, con principales ventajas por la exposición directa de la muestra con el solvente y por la utilización de calor dado una recuperación del aceite alto comparado con otros métodos de extracción (Fuentes Soriano, 2019).

El método de extracción de aceites determina la calidad y cantidad de aceite obtenido, se debe acondicionar para mejorar el rendimiento del procedimiento para optimizar la extracción y reducir costos de producción (Nde y Foncha, 2020).

***Características fisicoquímicas del aceite de semillas***

Los parámetros fisicoquímicos más importantes de los aceites vegetales son: densidad, humedad, índice de yodo, pérdida por calentamiento, índice de saponificación, material insaponificable, índice de rancidez, índice de refracción, índice de peróxidos, el contenido de ácidos grasos.

Para verificar la calidad y el grado de enranciamiento en aceites de semillas se realiza pruebas físicas como el índice de refracción y pruebas químicas como el índice de peróxidos

principalmente. El índice de refracción es un parámetro óptico que relaciona la velocidad de luz en el vacío con la velocidad de luz en el aceite, varía con la temperatura y la longitud de onda (Godswill et al., 2018). En las grasas y aceites el grado de insaturación se establece por la propiedad química del índice de yodo por el método de Wijs, que indica la presencia de dobles enlaces activos con halógenos, cloro y yodo. Mientras mayor sea el índice de yodo, existe mayor grado de insaturación (Peamaroon et al., 2021)

El índice de acidez permite determinar la calidad, el grado de pureza y refinación de aceites vegetales durante el procesamiento y almacenamiento, convirtiéndola en una prueba importante, además permite identificar presencia de ácidos grasos libres (Cho et al., 2013). Mientras que el índice de peróxido permite determinar la conservación del aceite, cuando se destruyen las vitaminas y ácidos grasos presentes en el aceite por la oxidación, se debe esperar tener bajos valores de este parámetro (Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz, 2017).

En la determinación de la calidad de aceites, el índice de saponificación se define como la cantidad de álcali requerida para saponificar una muestra, expresada en mg KOH/g aceite y se relaciona al establecer el peso molecular promedio de los triacilglicérols (Ivanova et al., 2022). El material insaponificable tiene una serie de componentes considerado una huella dactilar del aceite es usado para identificar impurezas en el componente o mezcla de otros aceites y se expresa en porcentaje de masa (Gutfinger y Letan, 1974).

En la caracterización de aceites de semillas es importante identificar la cantidad de ácidos grasos saturados e insaturados, importantes en la nutrición y aplicaciones tecnológicas (Villalobos-Gutierrez et al., 2012). El perfil lipídico proporciona información del beneficio en la salud humana, además de características de aplicaciones en diferentes industrias. El contenido de FAMES (fatty acid methyl ester) se identifica al comparar los tiempos de retención con los estándares, los cuales se pueden cuantificar al comparar con bases de datos y se reportan

como porcentajes relativos del área total del pico para determinar la composición de ácidos grasos (Anwar et al., 2008).

La presencia de compuestos antioxidantes protege a las células del daño al eliminar radicales libres que causa daño en nuestro sistema, entre estos compuestos pueden encontrarse los carotenoides, tocoferoles, ascorbatos y fenoles (Saltos Mendoza y Véliz Quimís, 2019)

### ***Aplicaciones del aceite de semilla***

El aceite de semilla generalmente se utiliza como comestibles, pero también sirven de materia prima para la producción de jabón, chocolate, margarina, además en formulaciones de biodiesel, en biolubricantes entre otras (Nde y Foncha, 2020). Además, poseen propiedades como biodegradabilidad y bajo costo, importantes y buscados actualmente por las problemáticas ambientales existentes (Ho et al., 2022).

En la industria de los polímeros son altamente solicitados por la cantidad de ácidos grasos que contienen, precursores en la producción de poliamidas especiales (PA), ácido sebácico (DC10) y en general en la obtención de monómeros renovables (De Leon Izeppi et al., 2020). En general, los aceites vegetales pueden sufrir modificaciones químicas y ser utilizados en la producción de bioplastificantes y biopolímeros por sus propiedades, en la que se destaca la presencia de sitios de insaturación (Ho et al., 2022).

### **Técnicas de caracterización**

#### ***Técnica de cromatografía de gases***

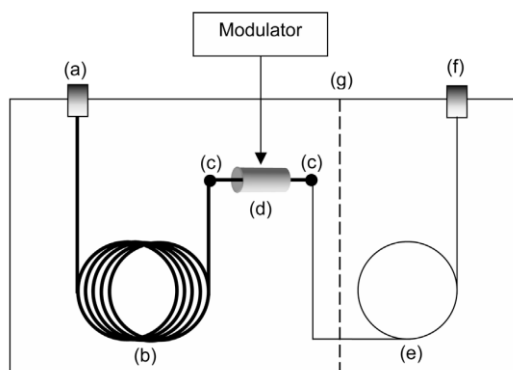
La cromatografía de gases es una técnica de separación en una columna, para identificar los componentes químicos presentes en una muestra analizada reportada en cromatogramas para análisis cualitativos o cuantitativos (Skoog et al., 2015). La inyección de la muestra en la columna, pueden ser de tipo split o splitless, donde el segundo tiene mejor

sensibilidad en el análisis y las columnas son de tipo tubulares, abiertas o empaquetada (Gómez Aguas, 2017).

El principio fundamental de la técnica GC, es el inyectar una muestra volatilizada en la cabeza de la columna, donde existe una elución por diferentes gases como hidrógeno, nitrógeno, helio, dependiendo del tipo de detector utilizado (Antón Sandoval, 2017). El cromatógrafo se compone de una columna primaria, conectores de columna dependiendo de la configuración, con una interfaz y una columna secundaria, como se indica en la Figura 12 (Górecki et al., 2004).

### Figura 12

*Diagrama de bloque de GC*



*Nota.* Tomado de The evolution of comprehensive two-dimensional gas chromatography (GC×GC), por Górecki et al., 2004. Journal of separation science.

### **Técnica GC-MS**

Al acoplar un cromatógrafo de gases con un espectrómetro de masas se puede identificar todos los componentes que conforman el aceite de semillas, así como su porcentaje a partir de una pequeña cantidad de muestra, se detectan y se reportan en forma de picos cromatográficos (Alvarez Chacón, 2018).



Un espectrómetro de masas mide la relación masa-carga y es usado como detector para el GC, donde se escanea repetidamente las masas mientras se hace un análisis cromatográfico por ello es usado para identificar componentes presentes en diferentes sistemas (Skoog et al., 2015).

### ***Técnica GC-FID***

La cromatografía de gases con detección por ionización de llama permite realizar una cuantificación de ácidos grasos presentes relacionando los tiempos de retención con las áreas de los picos de los FAMES usados como estándar en este caso (Villalobos-Gutierrez et al., 2012). El detector FID se utiliza por su sensibilidad, especialmente cuando se requiere el análisis de compuestos con presencia de compuestos que tengan enlaces de carbono e hidrógeno, tiene desventajas por su alto ruido y deterioro de la muestra por la llama (Gómez Aguas, 2017).

### ***Espectroscopia infrarroja (IR)***

La espectroscopia infrarroja se usa para identificar compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sea de manera estructural o cualitativa, debido a que varios grupos funcionales tienen frecuencias vibraciones específicas en la región infrarroja arrojadas en un espectro (Nerea Cabo, 1997).

### **Análisis estadístico**

Un análisis estadístico de datos se representa con medias de tendencia central y la dispersión para determinar cuánto se desvían los datos de la media, para caracterizar un conjunto de datos que tienen cierta tolerancia de error dependiendo del método analizado (Livingston M.D., 2004). Se debe realizar cálculos de valores medios, desviación típica y dependiendo el caso de estudio, aplicar análisis de varianza ANOVA para comparar las medias de las diferentes características de aceites obtenidos (Rui et al., 2009).

## **Capítulo III**

### **Metodología**

#### **Materia prima**

En la metodología de este estudio, las semillas se recolectan de diversas ubicaciones. La pitahaya proviene del mercado Mayorista de San Roque en Quito, mientras que la tuna se adquiere en el mercado Mayorista de Latacunga. La lúcuma se encuentra en el Mercado Mayorista de Ambato, y el borjón en el mercado de la Ofelia en Quito. Finalmente, las semillas de guanábana se obtienen directamente de los residuos del despulpado en un mercado del sur de la capital de un puesto de jugos.

#### ***Tratamiento previo de la muestra***

Para separar las semillas de las diferentes frutas se siguen distintos procesos. A la pitahaya se le parte en dos, con una cuchara sacar la pulpa junto con las semillas, pasar por una malla para separar la pulpa de las semillas y lavar con agua repetidas veces hasta tener las semillas limpias, el tiempo aproximado para la extracción de semilla por kilogramo es 7,5 horas. De igual manera para el borjón, necesita de más lavados por el espesor de la pulpa, empleando una hora por cada kilogramo de fruta.

La tuna es manipulada con periódico para evitar los espinos, se pela y se licua para separar la semilla en un tamiz casero, lavar repetidas veces con agua, empleando una hora por cada kilogramo de fruta. En cambio, la lúcuma se parte por la mitad y manualmente se saca las semillas, luego desprender la capa exterior y dejar la almendra. Las semillas de guanábana se recolectan directo como residuo, lavar con abundante agua hasta retirar los arilos presentes.

#### ***Acondicionamiento de las muestras***

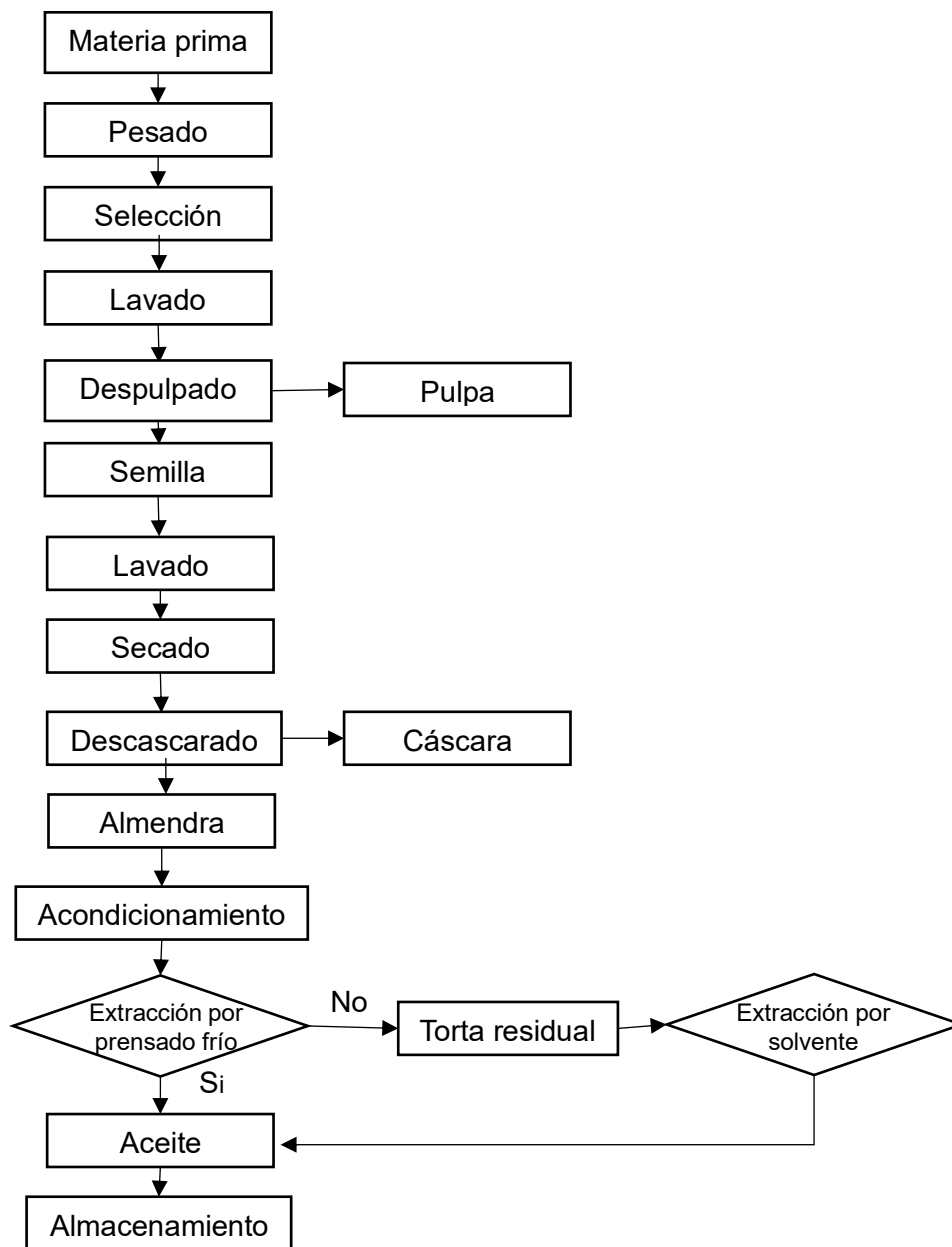
Las semillas de pitahaya, tuna, lúcuma, guanábana y borjón, esparcir en periódico y se dejan al sol por 8 horas, pesar antes y después del secado.

## Extracción de aceites de semilla

La extracción del aceite se realiza por el método de prensado en frío para cada semilla estudiada, siguiendo el procedimiento detallado de la Figura 13, para cada semilla estudiada.

**Figura 13**

*Diagrama del proceso de obtención del aceite de semilla*



*Nota.* Tratamiento de materia prima para la pitahaya, guanábana, tuna, borjój y lúcuma.

Las semillas que no pueden tratarse por prensado en frío se utiliza el método de extracción por solvente, mediante la técnica de soxhlet, empleando como materia prima la torta residual con disolvente éter de petróleo.

## Técnicas analíticas

### *Perfil lipídico*

El análisis de ácidos grasos se realiza en un cromatógrafo de gases PerkinElmer Claurus 680 acoplado a un detector FID como se muestra en la Figura 14. Primero se calibra el equipo, se acondiciona a 240 °C y con un Split de 100:1, se corre con los ésteres metílicos Supercol 37 Component FAME Mix como estándar para las curvas de calibración de los 37 componentes e identificar los ácidos grasos reportados por el software en cada muestra de aceite analizado.

### Figura 14

*Equipo de cromatografía de gases GC-FID*



*Nota.* Acondicionamiento y puesta en marcha del GC-FID a las especificaciones deseadas.

A continuación, se mezcla 0.125 mL de la muestra de aceite con 2 mL de hexano como solvente en un vial y agitar, colocar 0.25 mL de KOH-MeOH, tapar y agitar vigorosamente.

Dejar reposar por aproximadamente 15 minutos para separar las fases al esterificar la muestra.

Trasvasar 100  $\mu\text{L}$  de la solución y mezclar con 1000  $\mu\text{L}$  de solvente a un vial específico del GC-FID. Finalmente, colocar la muestra en el cromatógrafo, especificar el software propio del equipo y presionar iniciar.

Los resultados se presentan de acuerdo los picos del área bajo la curva arrojada por el software que compara con las curvas de calibración y presenta las masas relativas de los compuestos identificados, en este caso ácidos grasos.

### ***Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR).***

El análisis de FTIR, refleja un espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier en el equipo PerkinElmer Frontier, al colocar unas gotas de aceite en el área plana de cristal, a temperatura ambiente, en un barrido combinado a una velocidad de 0.2 en un rango de ondas de 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$ . Los resultados presentan espectros de transmitancia (%) en función del número de onda ( $\text{cm}^{-1}$ ) para cada muestra de aceite analizada.

### **Procedimientos de caracterización físico-química**

Los aceites vegetales necesitan caracterización físico-química para identificar las aplicaciones adecuadas, sobre todo cuando no encuentran estudiados a fondo, como es el caso de la mayoría de las semillas a analizar.

### ***Densidad relativa***

Mediante la norma NTE INEN 35 2012, se realiza el cálculo de la densidad relativa que relaciona los volúmenes de los aceites a 25 °C con el volumen del agua a 25 °C. El procedimiento consta de dos partes:

La primera parte es la calibración de picnómetro y el peso con agua realizada como se muestra en la norma, con los siguientes pasos:

1. Lavar con solución sulfocrómica por varias horas el picnómetro de 10 mL.
2. Lavar cinco veces con agua corriente y dos con agua destilada.

3. Lavar con alcohol etílico, luego con éter etílico y dejar secar.
4. Llenar el picnómetro con agua destilada y taparlo evitando burbujas, para sumergirlo en baño maría a 25 °C durante 30 minutos.
5. Retirar el picnómetro, secar el exceso de agua con toallas adsorbentes y enfriar a temperatura ambiente por 30 minutos para pesar ( $m_1$ ).
6. Enjuagar picnómetro y secar completamente para pesar ( $m_0$ ).

La segunda parte es la determinación con el aceite de semilla en la cual se llena completamente el picnómetro con la muestra llevada a 25 °C por baño maría y tapar evitando burbujas durante 30 minutos, para finalmente pesar ( $m_2$ ).

Se calcula la densidad relativa de la muestra con la ecuación ( 1 ) para cada repetición realizada, con los datos obtenidos en el procedimiento descrito.

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad ( 1 )$$

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

### **Humedad**

Como menciona la norma ISO 662:2016, para determinar el contenido de humedad, pesar 10 g de muestra de aceite, llevar al horno a 103 °C por una hora. Al finalizar colocar en el desecador a enfriar la muestra y proceder a pesar. ( $m_1$ ) Repetimos el procedimiento de calentamiento, enfriamiento y pesado por periodos de 30 minutos por cada repetición hasta que dos pesajes sucesivos no excedan los 2 mg o 4 mg. ( $m_2$ )

Es importante inicialmente pesar el recipiente donde se va a realizar la prueba de humedad, ( $m_0$ ) el cual debe ser calentado, enfriado y pesado para evitar errores de humedad para los cálculos posteriores.

Se calcula la humedad de la muestra con la ecuación ( 2 ) para cada repetición realizado.

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \quad ( 2 )$$

Se realiza mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido, reportando los resultados como se indica en la norma mencionada.

Adicionalmente, utilizar un detector de humedad METTLER TOLEDO HB43-S de la Figura 15, al colocar con una gota de aceite de semilla por aproximadamente 3 minutos reporta el porcentaje de humedad de la muestra que sirve para con el calculado con la ecuación ( 2 ).

### Figura 15

Equipo de humedad



*Nota.* Medición de humedad de aceites

### **Índice de refracción**

Utilizando la Norma ISO 6320:2017 se determina el índice de refracción para muestras de aceites y gases, mediante el uso un refractómetro para muestras líquidas.

Siguiendo las instrucciones del fabricante, primero se limpia y calibra con agua destilada el equipo para ingresar una gota de muestra de aceite y observar el haz de luz formado al ajustar las perrillas del equipo. Anotar el porcentaje y valor del índice de refracción.

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

### **Figura 16**

*Refractómetro de mesa*



*Nota.* Medición del índice de refracción de aceites

### ***Índice de Acidez***

Como se menciona en la norma ISO 660:2020 (E), para determinar el índice de acidez se calienta a ebullición 50 mL de etanol con 0,5 mL de indicador, posteriormente se neutraliza a 70 °C con NaOH al 0,1 mol/L ( $c$ ) y se mezcla con 10 g de la muestra de aceite ( $m$ ). Finalmente, se lleva a ebullición y se titula con NaOH 0.1 M agitando vigorosamente, anotando el volumen utilizado ( $V$ ).

Se calcula el índice de acidez de la muestra con la ecuación ( 3 ) para cada repetición realizada.



$$W_{AV} = \frac{56.1 * c * V}{m} \quad (3)$$

Adicionalmente, se puede determinar la acidez o el contenido de ácidos grasos libres (FFA) para las muestras de aceite de semilla estudiadas, con la ecuación (4).

$$W_{FFA} = 0.5 * W_{AV} \quad (4)$$

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

### **Índice de peróxido**

Como se menciona en la norma NTE INEN 277 e INEN ISO 3960, para determinar el índice de peróxido, realizar en dos partes:

La primera parte es para determinar un factor F, al pesar 0.27 g de  $KIO_3$  ( $m_{KIO_3}$ ) en un matraz de 250 mL ( $V_2$ ) y aforar. En otro matraz de 250 mL colocar 10 mL ( $V_1$ ) de la solución con 60 mL de agua hervida, 5 mL de HCl 4M, también colocar 0.5 mL de una solución saturada de yoduro de potasio y finalmente titular la solución con tiosulfato sódico 0.01 N ( $c_{tio}$ ) anotando la cantidad de volumen utilizado ( $V_3$ ).

Se calcula el factor F con la ecuación (5) a partir de la primera parte del procedimiento descrito, donde  $w_{KIO_3}$  es la pureza del yodato de potasio y  $M_{KIO_3}$  el peso molecular.

$$F = \frac{m_{KIO_3} * V_1 * 6 * 1000 * w_{KIO_3}}{M_{KIO_3} * V_2 * V_3 * c_{tio} * 100} \quad (5)$$

La segunda parte es la determinación del índice de peróxido para las muestras de aceite, al pesar 5 g ( $m$ ) y disolver con 50 mL de ácido acético glacial/formol agitando para posteriormente añadir 0.5 mL de una solución saturada de yoduro de potasio, cerrar y mezclar

con agitador magnético. Abrir y añadir 100 mL de agua destilada, para empezar a valorar con una solución patrón de tiosulfato sódico. Agregar 0.5 mL de una solución de almidón y continuar titulando, anotando el volumen de solución patrón utilizada ( $V$ ).

Se calcula el índice de peróxido de la muestra con la ecuación ( 6 ) en unidades de mili equivalente de oxígeno activo por kilogramo de aceite para cada repetición realizada.

$$PV = \frac{V * c_{tio} * F * 1000}{m} \quad ( 6 )$$

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

### **Índice de yodo**

Mediante la norma NTE INEN 37, determinar el índice de yodo al pesar 20 g ( $m$ ) de aceite de semilla en un matraz de 500 mL y añadir 20 mL de  $CCl_4$ , posteriormente aforar con 25 mL de solución de Wijs, tapar y agitar el contenido.

Mantener durante una hora, guardar el matraz a oscuras, después agregar 20 mL de KI junto con 100 mL de agua destilada y titular con una solución de tiosulfato de sodio 0.1 N ( $N$ ) hasta pase de color de amarillo a incoloro. Colocar 1 mL de indicador de almidón para observar la presencia de yodo por el color azul que se forma, terminar de titular hasta desaparecer la coloración agitando con fuerza el matraz.

Se calcula el índice de yodo en cg/g de la muestra con la ecuación ( 7 ) para cada repetición realizada.

$$i = \frac{12.69(V - V_i) * N}{m} \quad ( 7 )$$

Donde ( $V$ ) indica la media aritmética de los volúmenes de solución de tiosulfato utilizado la titulación de los ensayos en mL, mientras que ( $V_i$ ) es el volumen de solución de tiosulfato de

sodio empleado en la titulación de la muestra en mL. Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

### **Índice de saponificación**

Empleando la norma ISO 3657:2020, pesar 2 gramos de muestra de aceite, ( $m$ ) en un matraz de 250 mL se determina el índice de saponificación mediante una saponificación de una cantidad conocida de aceite con una solución de KOH en exceso, posteriormente realizar una titulación con HCl a los 0,1 M ( $c$ ) con indicador de fenolftaleína.

Se calcula el índice de saponificación de la muestra con la ecuación ( 8 ) para cada repetición realizada.

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) * c * 56.1}{m} \quad ( 8 )$$

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido y reportar los resultados como se indica en la norma mencionada.

Además, la norma menciona que el índice de saponificación se obtiene por la cantidad de ácidos grasos identificados por cromatografía de gases, con la ecuación ( 9 ). El valor de  $I_{SC}$  se reporta como un entero.

$$I_{SC} = \frac{1 * 56.1 * 1000}{\bar{M}} \quad ( 9 )$$

En donde  $\bar{M}$  es la masa molecular relativa media de los triacilgliceroles, calculado a partir de la ecuación ( 10 ), para el cálculo de la masa relativa de los triacilgliceroles.

$$M_{T(i)} = M_{F_1(i)} + M_{F_2(i)} + M_{F_3(i)} * 176.1248 - 3 * (46.0255 + 14.0267 * k) \quad ( 10 )$$

Donde  $k$  tiene un valor de 0, 1, 2, 3, 4 para ácidos, éster metílico, éster etílico, éster propílico, éster butílico respectivamente.

Para finalmente calcular  $\bar{M}$  con la ecuación.

$$\bar{M} = \sum_i x_{T(i)} * M_{T(i)} \quad ( 11 )$$

Donde  $x_{T(i)}$  representa la fracción de masa de cada elemento de la muestra de aceite analizada.

### ***Materia insaponificable***

Siguiendo la norma ISO 3596:2000 (E), pesar 5 gramos de muestra de aceite en un matraz de 250 mL. Seguir el procedimiento para saponificar la muestra de ensayo agregando 50 mL de NaOH al matraz y conectar a un condensador de reflujo por una hora, posteriormente agregar 100 mL.

Para extraer la materia insaponificable colocar en un embudo de decantación de 500 mL y lavar varias veces con un total de 100 mL de éter dietílico, tapar y agitar por un minuto liberando la presión constantemente y finalmente dejar reposar. Extraer la solución acuosa de jabón etanoico con éter dietílico en un embudo de decantación.

Se calcula la materia insaponificable de la muestra con la ecuación ( 12 ) para cada repetición realizada.

$$\frac{100 * (m_1 - m_2 - m_3)}{m_0} \% \quad ( 12 )$$

Realizar mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido, reportando los resultados como se indica en la norma mencionada con una media aritmética.

También es posible obtener este parámetro con la norma ISO 3657:2020, a partir de un índice de yodo esperado y el calculado por cromatografía de gases descrito en la misma norma, con el despeje de la ecuación ( 13 ).

$$I_s = I_{SC} \frac{(100 - w_U)}{100} \quad (13)$$

Donde  $w_U$  representa el material insaponificable de la muestra de aceite analizado, expresado como porcentaje en masa.

### ***Ensayo de rancidez***

Como indica la norma NTE INEN 45, para determinar la rancidez de aceites o grasas se utiliza 10 mL de ácido clorhídrico concentrado con 10 mL de la muestra de aceite en un tubo de ensayo, tapado y agitarlo vigorosamente, para luego agregar 10 mL de una solución 0.1% de floroglucinol y volver a agitar la solución. Se reposa por 10 minutos y se observa una capa ácida, si es roja, indica el deterioro por rancidez del aceite o, en cambio, si es amarilla, anaranjado o ligeramente rosado, no existe deterioro.

Se realiza mínimos dos repeticiones por cada aceite de semilla obtenido, reportando los resultados como positivo o negativo de acuerdo al color de la capa ácida observada.

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

En este capítulo se reportarán los resultados obtenidos para los diferentes aceites de semillas obtenidos, de acuerdo a las normas especificadas.

#### **Tratamiento de materia prima**

La pitahaya, guanábana, borjón, tuna y lúcuma fueron recolectadas en diferentes zonas del país de acuerdo a la disponibilidad económica y de temporada. Para la pitahaya se procesaron alrededor de 50 unidades, de la tuna 80 unidades, de la lúcuma 40 unidades y del borjón 15 unidades.

Para la pitahaya se obtuvo 1 kilogramo de semilla a partir de 38 kilogramos de fruta, mientras que para la guanábana se necesitó de aproximadamente 10 kilogramos de fruta. En el caso del borjón, tuna, lúcuma, se obtuvieron 0.07 kilogramos de semilla a partir de 22, 4 y 3 kilogramos de fruta, respectivamente. Las frutas fueron almacenadas a temperatura ambiente y procesadas casi en maduración para facilitar la extracción de semillas. Posteriormente, se detallará la cantidad recolectada y aceite de semilla obtenido de cada uno, para lo cual fue necesario pesar en cada paso del procedimiento de obtención de la materia prima.

Mediante prensado en frío (PF) se obtuvo con éxito aceite de semilla de pitahaya y guanábana, en cambio, de lúcuma, borjón y tuna no se pudo obtener por este método, así que se optó por realizar una extracción por solvente (ES) para la torta residual de lúcuma y tuna que fueron previamente molidas y tamizadas, como se mencionó anteriormente.

#### ***Rendimiento de cada aceite***

En el tratamiento de las frutas mencionadas, se pesó en cada paso de la Figura 13 para obtener el rendimiento de aceite de semilla obtenido. Este se presenta en la Tabla 11, a partir del cual se realizará la caracterización correspondiente de cada aceite.

Mediante prensado en frío fue factible la extracción de aceite de semilla de pitahaya y de guanábana como se observa en la Figura 17, para las otras semillas no se obtuvo nada de aceite. Además, en la Tabla 11, se reporta la cantidad de aceite por cada kilogramo de semilla procesado en prensado en frío y para la extracción por solvente se lo describe por cada 700 gramos utilizados.

### Figura 17

*Aceites de semilla por prensado en frío*



*Nota.* Muestras envasadas de aceite de guanábana y pitahaya

### Figura 18

*Aceite de semilla por solvente*



*Nota.* Muestras envasadas de aceite de guanábana y pitahaya

Se optó por realizar una extracción por soxhlet con éter de petróleo como solvente, a partir de la harina residual obtenida en el proceso de prensado en frío, previamente molido y tamizado para posterior evaporación en un rotavapor del solvente y se almacenó en viales el

aceite obtenido. Para el caso de la lúcuma y de la tuna, se obtiene el aceite mostrado en Figura 18.

Para las semillas tuna se usó 79.861 gramos de la torta obtenida en prensado en frío, de lo cual se redujo a 66.117 gramos al extraer el aceite existente para obtener 3.343 gramos de aceite de esta semilla. En cambio, para la lúcuma se usó 72.494 gramos de la torta obtenida en prensado en frío, de lo cual se redujo a 63.494 gramos para obtener 2.773 gramos de aceite.

A partir de la extracción de las diferentes semillas se calculó el rendimiento, para los extraídos por prensado en frío se determinó, la cantidad de aceite con respecto a los gramos de semilla procesada. Para los extraídos por solvente se realizó con respecto a la diferencia de masa sobre la cantidad de aceite obtenido.

**Tabla 11**

*Rendimiento de cada aceite de semilla obtenido*

<b>Frutas</b>	<b>Total fruta [kg]</b>	<b>Semillas [kg]</b>	<b>Método de extracción</b>	<b>Aceite [mL]</b>	<b>Rendimiento [%V/W]</b>
Pitahaya	38	1	PF	100	10
Guanábana	10	1	PF	67.5	6.75
Borojó	22	0.07	-	-	-
Tuna	4	0.07	ES	4.5	4.19
Lúcuma	3	0.07	ES	4.5	3.83

*Nota.* Datos del método de extracción PF (prensado en frío) y ES (extracción por solvente) que componen las frutas estudiadas con sus respectivos rendimientos.

Para las semillas de pitahaya y semillas de guanábana se utilizó una prensa hidráulica, obteniendo un rendimiento del 10% y 6.75% respectivamente. Nonalaya Camarena y



Marcañaupa de la Cruz (2017), determinaron el rendimiento de prensado en frío de semillas de guanábana, un valor de 11.8% por lote de semillas, reportan que en general el contenido de aceite en semilla de guanábana está entre el 10-30%, lo cual representa un alto contenido. Mientras que Lim et al. (2010), indica que, independientemente de tipo de semillas de pitahaya, presentan alto contenido de aceite entre 18.33-28.37%, indicando mayor rendimiento que este estudio. En este caso existió un bajo rendimiento comparado con otros estudios, puede deberse a las condiciones geográficas de las frutas, el tipo de tratamiento de las semillas o el almacenamiento de las mismas.

Se observa en la Tabla 11, existe bajo rendimiento para los aceites de tuna y lúcuma debido al método de extracción adicional utilizado, donde la cantidad de aceite obtenido no es representativo para realizar análisis físico-químicos. Como menciona Rui et al. (2009), se puede utilizar otros métodos de extracción efectivos y al mismo tiempo aumentar el rendimiento al aplicar procesos como las hidrólisis enzimáticas de las semillas antes de extraer el aceite que contienen. Realizar procesos previos de calentamiento o acondicionamiento de las semillas antes de la extracción, pueden ayudar a mejorar la cantidad de aceite obtenido.

Debido a la poca cantidad de aceite obtenido para las semillas de lúcuma, borjón y tuna, no es posible realizar las pruebas de caracterización físico-químicas completas. En cambio, para el aceite de semilla de pitahaya y guanábana existe la cantidad necesaria para realizarlo, por ello se describe a continuación los resultados obtenidos, empezando por la composición estructural de cada muestra.

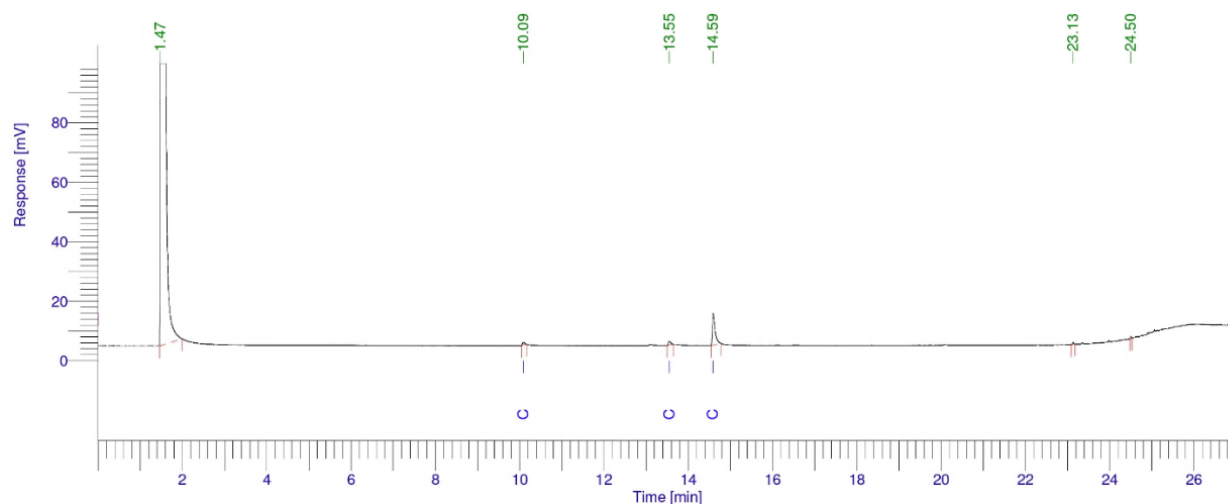
### **Perfil lipídico**

Mediante cromatografía de gases se analiza la presencia de los ácidos grasos con FAMES. En el equipo de GC-FID PerkinElmer Claurus 680, se acondicionó a una temperatura inicial de la columna de 240 °C durante 27 min para cada muestra analizada, descritas a continuación.

## Pitahaya

**Figura 19**

*Cromatograma del aceite de semilla de pitahaya*



*Nota.* Señal detectada por el GC-FID en función del tiempo de retención.

Los picos detectados en la Figura 19, identifican a los ácidos grasos descritos en la Tabla 12, presentados en orden de aparición, además se proporciona la composición relativa FAMES presente en el aceite analizado.

**Tabla 12**

*Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de pitahaya*

Pico	Tiempo de retención [min]	Componente identificado	Abreviación	Composición relativa [%]
1	10.09	Ácido palmítico	C16:0	5.77
2	13.55	Ácido oleico	C18:1-CIS-9	8.46
3	14.59	Ácido linoleico	C18:2-CIS-9-12	85.77
Total				100

*Nota.* Resultado del contenido de ácidos grasos por GC-FID.

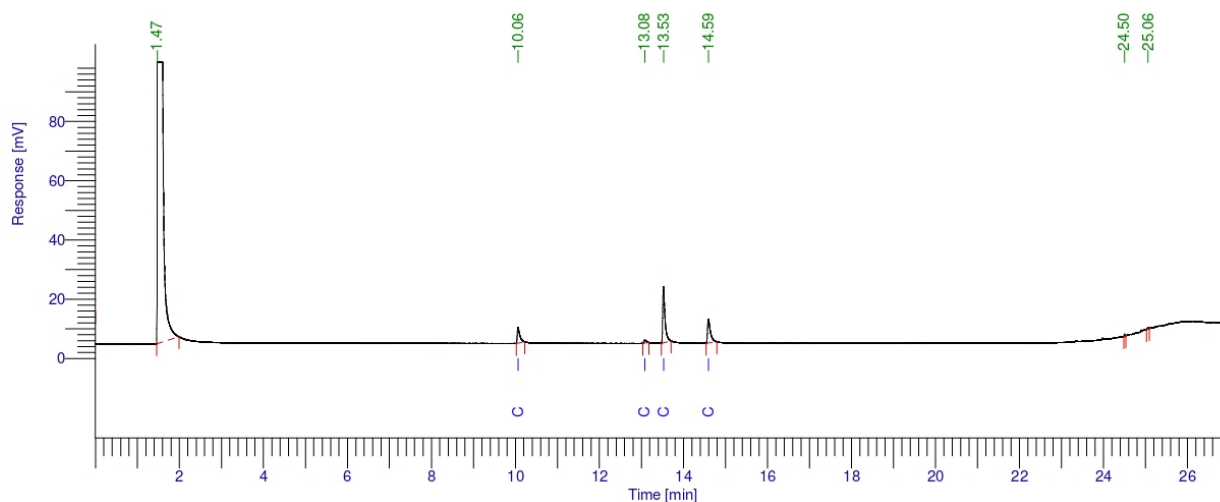
Como menciona Lim et al. (2010), el aceite de pitahaya tiene una mayor presencia de ácido linoleico y oleico. Así mismo, Rui et al. (2009), argumenta el alto contenido de estos ácidos, independientemente del método de extracción, son los más abundantes, para este estudio el C18:2-CIS-9-12 tiene un pico y composición relativa superior, coincidiendo con la bibliografía reportada. En general existe alto contenido de ácidos grasos insaturados, por la presencia de enlaces dobles en la estructura molecular, se clasifica como un compuesto poliinsaturado con potenciales aplicaciones principalmente en la salud humana como reguladores metabólicos (Lim et al., 2010).

Según Liu et al. (2023), la composición lipídica del aceite de pitahaya influye en la actividad fisiológica, el metabolismo, el retraso del envejecimiento por la actividad antioxidantes, tipificándolo como un excelente lípido funcional.

### **Guanábana**

#### **Figura 20**

##### *Cromatograma del aceite de semilla de guanábana*



*Nota.* Señal detectada por el GC-FID en función del tiempo de retención.

Los picos detectados en la Figura 20 identifican a los ácidos grasos descritos en la tabla 13 presentados en orden de aparición, además se proporciona la composición relativa FAMES presente en el aceite.

**Tabla 13**

*Contenido de ácidos grasos del aceite de semilla de guanábana*

<b>Pico</b>	<b>Tiempo de retención [min]</b>	<b>Componente identificado</b>	<b>Abreviación</b>	<b>Composición relativa [%]</b>
1	10.06	Ácido palmítico	C16:0	16.37
2	13.08	Ácido esteárico	C18:0	3.06
3	13.53	Ácido oleico	C18:1-CIS-9	52.39
4	14.59	Ácido linoleico	C18:2-CIS-9-12	28.18
Total				100

*Nota.* Resultado del contenido de ácidos grasos por GC-FID.

Cerón C. et al. (2012) determinó la composición de aceite de semilla de guanábana extraído por soxhlet en: 29.60% de ácido palmítico, 5.89% de ácido esteárico, 33.47% de ácido oleico, 27.77% de ácido linoleico, 3.28% de ácido linolénico. Mientras, de Lima Souza et al. (2021), encontraron por extracción mecánica 20.5% de ácido palmítico, 4.9% de ácido esteárico, 43.7% de ácido oleico, 29.5% de ácido linoleico.

Solis-Fuentes et al. (2010) reportaron mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, oleico, linoleico y algo de palmitoleico, mientras que en saturados se encontraron ácidos palmítico y esteárico. En comparación con el análisis del aceite extraído por prensado en frío, la composición relativa varía con rango de comparación aceptable; sin embargo, la presencia de ácidos decrece en el mismo orden, a excepción del ácido linolénico, que este estudio no fue

localizado, al igual que el palmitoleico que varían por el tipo de extracción realizada, en general este aceite presenta mayor contenido de insaturados.

### Espectroscopia Infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

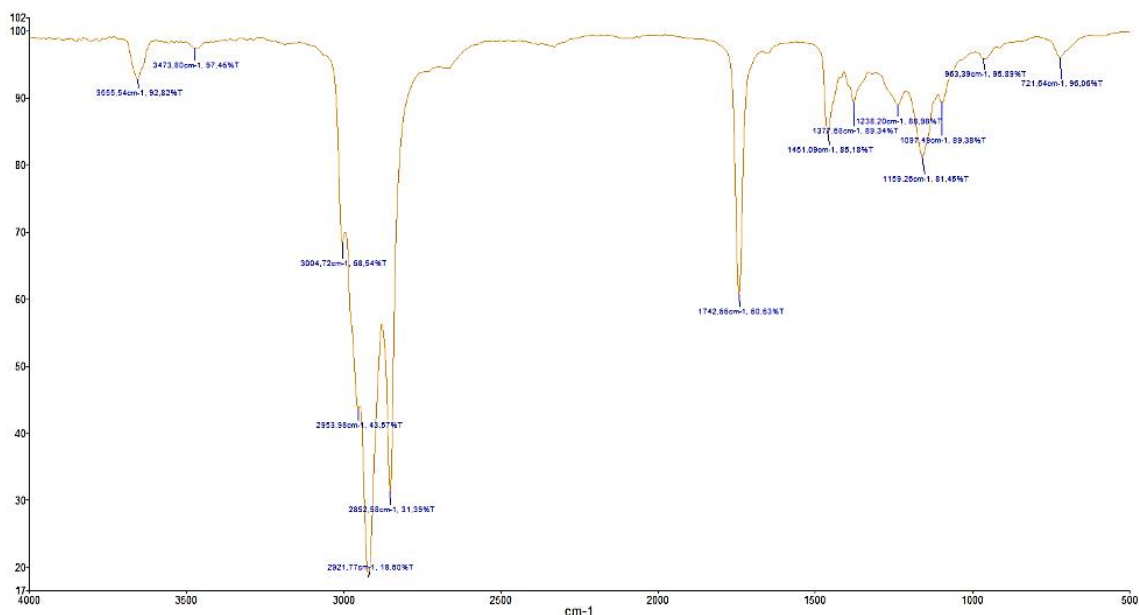
A los espectros obtenidos de cada muestra de aceite se les aplicó una corrección de línea base, una posterior normalización y finalmente una corrección ATR. A continuación, se detalla cada espectro obtenido con su respectivo análisis de composición.

#### *Pitahaya*

El resultado del FTIR del aceite de semilla de pitahaya se muestra en el espectro de la Figura 21 y sus respectivos grupos funcionales identificados por las bandas de absorción bibliográficamente.

#### Figura 21

##### *FTIR del aceite de semilla de pitahaya*



El espectro muestra picos pronunciados en las bandas de absorción entre, 2852,58-2953,98  $\text{cm}^{-1}$  indicando la presencia de grupos alifáticos (Larkin, 2011). Además, existe un pico ancho entre, 3655,54-3473,80  $\text{cm}^{-1}$ , indica grupos hidroxilo (O-H) y fenoles. En el pico 1742,66

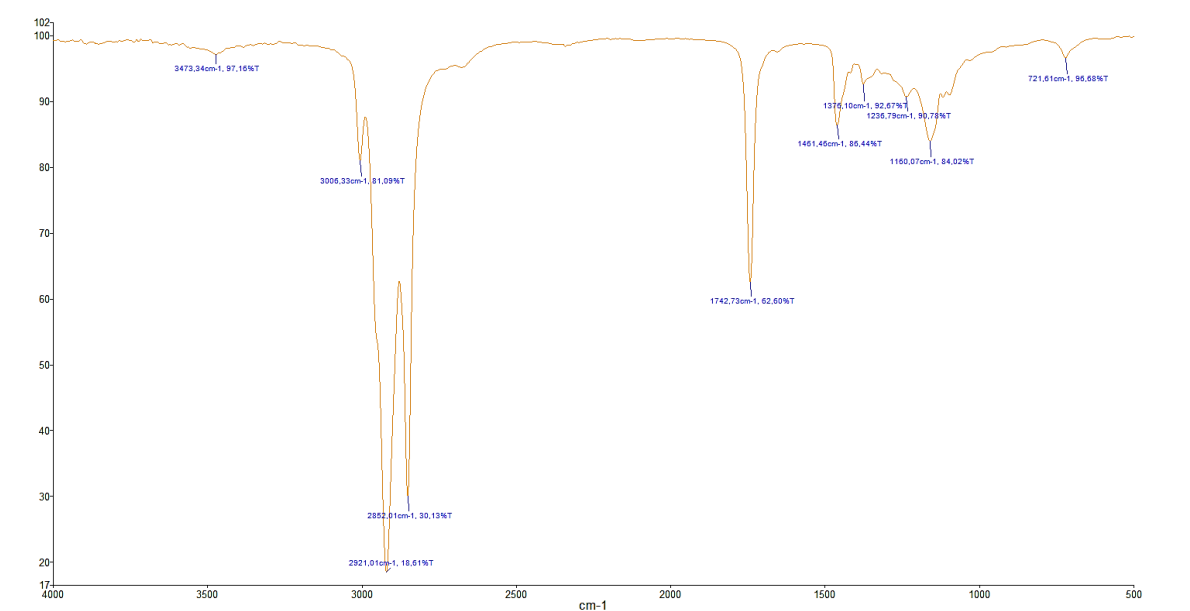
$\text{cm}^{-1}$  a la vibración de estiramiento de grupos carboxilo (C=O). Para las bandas de 1461,04-721,64  $\text{cm}^{-1}$  es para compuestos alifáticos de cadena larga (Larkin, 2011).

### **Guanábana**

El resultado del FTIR del aceite de semilla de guanábana se muestra en la Figura 22 con el espectro y sus respectivos grupos funcionales identificados por las bandas de absorbancia bibliográficamente.

### **Figura 22**

#### *FTIR del aceite de semilla de guanábana*



El espectro muestra una disminución de absorbancia en las bandas de los picos entre 2852.01-2921.01  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a grupos funcionales de enlaces C-H, indica la presencia de grupos alifáticos (Larkin, 2011). Además, existe un pico ancho en, 3473.34  $\text{cm}^{-1}$ , muestra la presencia de vibraciones de enlaces O-H de los grupos funcionales alcoholes y fenoles. El pico 1742.73  $\text{cm}^{-1}$  corresponde al tramo de C=O característico en los ésteres. Para las bandas entre 1461.46-721.61  $\text{cm}^{-1}$  es para compuestos de éster alifáticos de cadena larga (Larkin, 2011).

Según Al-Radadi (2022), la caracterización por IR en el aceite de semilla muestra diferentes tipos de antioxidantes, principalmente, grupos hidroxilo, sustancias fenólicas y alcohólicas. Como se muestra en la Figura 22 existe amplios compuestos antioxidantes adicionalmente de grupo de doble enlaces.

### Densidad relativa

De acuerdo con los rendimientos obtenidos presentados en la Tabla 14, se realizó la determinación de la densidad relativa para el aceite semilla de pitahaya y de guanábana utilizando el método del picnómetro.

Se realizó mínimo dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla, para obtener los datos necesarios y aplicados a la ecuación ( 1 ), se presenta los valores calculados en la Tabla 14 a continuación especificada por cada fruta.

**Tabla 14**

*Densidad relativa de diferentes aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Densidad relativa</b>
Pitahaya	1.060±0.0005
Guanábana	0.910±0.0005

*Nota.* Los resultados son la media  $\pm$  desviación estándar de dos determinaciones.

Como se reporta en la norma NTE INEN 35 1971, los resultados se deben reportar al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas por el procedimiento experimental descrito en la norma, con una desviación del 0.0005 por duplicado.

Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz (2017), mencionan la densidad relativa del aceite de semilla de guanábana a 20° C es 0.921, mientras de Lima Souza et al. (2021) reporta un valor a las mismas condiciones de 0.919, este valor se ve perturbado por la rancidez o un tratamiento adicional al aceite vegetal e indica presencia de ácidos grasos.

Como se observa en la Tabla 14, la densidad del aceite de semilla de la pitahaya es mayor que la de la guanábana, por lo mencionado el aceite de pitahaya presenta una cantidad mayor de ácidos grasos a comparación del aceite de guanábana.

El valor elevado de la densidad de la pitahaya puede verse perturbado por la presencia de impurezas en el método de extracción, debido a la aparición de restos que posiblemente no se filtraron correctamente en la obtención del aceite.

### Humedad

La pérdida por calentamiento se realizó para las muestras de aceite de pitahaya y de guanábana mediante el método con horno de secado (A) comparado con los valores obtenidos en el equipo automático de humedad METTLER TOLEDO HB43-S (B) especificado para margarinas y cuyos resultados son presentados en la Tabla 15.

Se realizó mínimo dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla, aplicados a la ecuación ( 2 ) se obtuvo los valores presentados a continuación especificados por cada fruta.

**Tabla 15**

*Humedad de diferentes aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>A [%w/w]</b>	<b>B [%]</b>
Pitahaya	0.0494±0.00985	0.19±0.00
Guanábana	0.0494±0.00985	0.20±0.00

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones. A= método con horno de secado, B= Equipo automático de humedad.

Como se menciona la norma ISO 662:2016, los resultados se deben reportar al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas, presentados en la Tabla 15. Además, la desviación estándar de la reproductividad es 0.00985, el coeficiente de variación es 19.939 para los datos obtenidos por el método de horno de secado.



Udoh et al. (2017), indican un mayor rendimiento en aceite de semilla de guanábana a una humedad superior del 0.13%, en este estudio se obtuvo un valor de 0.2%, indicando mayor humedad de la recomendada, se puede mejorar al tratar las semillas con agua previo a la extracción.

Vijayakumar y Raja (2022), mencionan que el porcentaje de humedad en el aceite de semilla de pitahaya está en un rango del 0.1-1% y en general ese rango aplica para diferentes semillas oleaginosas. En este caso la pérdida de masa para la pitahaya fue de 0.19% esto se ve afectado por el almacenamiento de los aceites, la temperatura y el tipo de acondicionamiento de las semillas procesadas, se considera aceptable por los datos presentados e indican que estos aceites tienen una buena estabilidad y aparente calidad.

### Índice de refracción

El índice de refracción fue determinado usando el refractómetro. Se realizó mínimo dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla. Se obtuvo los valores presentados en la Tabla 16 a continuación especificada por cada fruta.

**Tabla 16**

*Índice de refracción de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Índice de refracción</b>
Pitahaya	1.3905±0.00
Guanábana	1.4690±0.00

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones.

Se reporta como en la norma ISO 662:2016 al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas, presentados en la Tabla 16. En este caso, por el uso de un equipo moderno, las repeticiones no variaron en ningún caso.

Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz (2017), reportaron el valor del índice de refracción para el aceite de semilla de la guanábana a 20° C en 1,47. Mientras que Solis-Fuentes et al. (2010) presentó un índice de 1.46, al igual que Lima Souza et al. (2021), lo cuales son semejantes al obtenido en este estudio a pesar de las diferentes zonas geográficas del aceite de semillas analizado.

Godswill et al. (2018) reporta que el índice de refracción aumenta cuando existe un incremento de ácidos grasos insaturados y con la oxidación del aceite. En este caso los aceites tienen un elevado índice de refracción, indicando la presencia de diferentes ácidos grasos insaturados en ambos casos.

### Índice de acidez

Utilizando el método de etanol caliente con indicador descrito por la norma ISO 660:2020, se realizó dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla y se obtuvo los valores presentados en la Tabla 17 especificada por cada fruta, el índice de acidez y el contenido de ácido grasos libres (FFA).

**Tabla 17**

*Índice de acidez de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Índice de acidez [mg KOH / g]</b>	<b>FFA [%]</b>
Pitahaya	2.4±0.139	1.2±0.139
Guanábana	0.62±0.056	0.31±0.056

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones. FFA = contenido de ácido grasos libres.

Como se indica en la norma ISO 660:2020, los resultados se deben reportar al realizar una media aritmética de las repeticiones, mostrados en la Tabla 17. Además, en el índice de acidez la desviación estándar de la reproductividad es 0.139, el coeficiente de variación es

5,866 para los datos obtenidos para el aceite de pitahaya, mientras que para la guanábana la desviación estándar es 0.056, el coeficiente de variación es 9.179.

Awan et al. (1980) indica que el valor de acidez para el aceite de semilla de guanábana es 0.93, mientras que de Lima Souza et al. (2021) reporta un valor de 0.67, comparable al obtenido en este estudio, teniendo en cuenta que en el primer valor utilizaron el método de extracción soxhlet, y en el segundo fue por extracción en prensado en frío.

Como se menciona en la investigación de Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz (2017), el índice de acidez puede tener valores entre rangos de 0.6 a 4 mg de KOH / g de aceite y presentar un valor elevado de acidez indica gran presencia de ácidos libres, debido a un alto grado de hidrólisis experimentado. Para considerar clasificar el aceite como comestible, debe tener valores del índice de acidez en un valor menor a 3 mg de KOH / g y porcentaje de FFA menor a 1.5 (Adepoju, 2021).

En el caso del aceite de semilla de pitahaya, el valor de acidez es significativamente mayor, lo que no sería un buen indicador en cuanto a las propiedades del aceite y calidad, en cambio, el aceite de semilla de guanábana conservó mejor las propiedades, pero en general se encuentran dentro de los rangos aceptados aplicaciones tanto alimenticias como industriales.

### **Índice de peróxido**

El índice de peróxido se determinó por yodometría visual, se realizó mínimo dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla y se obtuvo los valores presentados en la Tabla 18, especificada por cada fruta.

**Tabla 18***Índice de peróxido de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Índice de peróxido [meq / kg]</b>
Pitahaya	5.9±0.01
Guanábana	2.2±0.02

*Nota.* Los resultados son la media  $\pm$  desviación estándar de dos determinaciones.

Como se reporta en la norma NTE INEN 277 e ISO 3960:2017 (E) los resultados se deben reportar al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas por el procedimiento experimental descrito, el valor se expresa con un decimal.

Como menciona Nonalaya Camarena y Marcañaupa de la Cruz (2017), el índice de peróxido en usos alimenticios es menor de 5 meq O<sub>2</sub>/ kg de aceite, además reportan un índice para el aceite de semilla de guanábana en 3.87 meq O<sub>2</sub>/ kg, comparable con el obtenido indicando, además, buen estado de conservación. Mientras, la pitahaya se encuentra casi en el borde del mismo, debería usarse con otros fines industriales o buscar aplicaciones en biocombustibles o biopolímeros.

Godswill et al. (2018), reporta que el índice de peróxido varía con la concentración de oxidación. En este caso, un valor mayor lo tienen el aceite de semillas de pitahaya, indicando una mínima presencia de oxidación, debido a la exposición al medio o algún otro factor a determinar en las siguientes pruebas de caracterización.

### **Índice de yodo**

El índice de yodo se obtuvo aplicando el método de Wijs, se realizó mínimo dos repeticiones para cada muestra de aceite de semilla, se obtuvo los valores presentados en la Tabla 19 a continuación especificada por cada fruta.

**Tabla 19***Índice de yodo de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Índice de yodo [cg I<sub>2</sub> /g]</b>
Pitahaya	132.92±0.00
Guanábana	88.47±0.00

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones.

Como se reporta en la norma NTE INEN 37, los resultados se deben expresar al realizar una media aritmética de las repeticiones por el procedimiento experimental descrito, aproximando a unidades enteras. Por la no disponibilidad de reactivos se realizó en un laboratorio externo, el cual reporto los resultados presentados en el ANEXO B y reportados en la Tabla 19.

El índice de absorción de yodo se reporta en centigramos de yodo por cada gramo de aceite analizado. Como menciona Villalobos-Gutierrez et al. (2012), en el caso de la pitahaya de pulpa blanca el valor obtenido cercano a 132.93 cg I<sub>2</sub> /g se encuentra dentro de rangos comparables por otras investigaciones, indicando que el aceite no se seca con facilidad. Para la guanábana Awan et al. (1980) indica que el índice de yodo es 111.07 cg I<sub>2</sub> /g, mientras Solis-Fuentes et al. (2010) obtuvo valores de 87 cg I<sub>2</sub> /g estableciendo un rango de comparación, en el caso de este estudio se aproxima al rango a pesar del uso de diferentes métodos de extracción en cada reporte.

El índice de yodo está relacionado con los enlaces de insaturación, la presencia de estos sitios en aceites vegetales indica la apertura de la modificación química para transformarlos en monómeros poliméricos a través de procesos sencillos como la epoxidación y acrilación (Ho et al., 2022). Para este caso, el aceite de pitahaya con un índice de

132.92 cg I<sub>2</sub>/g es el candidato apropiado para realizar modificaciones y ser materia prima de productos con valor agregado más elaborado de los dos presentados.

### Índice de saponificación

A partir del análisis de cromatografía de gases con FAMEs se calculó el índice de saponificación, a partir de las ecuaciones ( 9 ), ( 10 ) y ( 11 ) se presentan los resultados en la Tabla 20 a continuación, especificada por cada fruta.

**Tabla 20**

*Índice de saponificación de aceites de semilla*

Aceite de semilla	Índice de saponificación [mg KOH / g]
Pitahaya	192±0.018
Guanábana	193±0.019

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones.

Como se reporta en la norma ISO 3657:2020, los resultados se deben reportar al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas por el procedimiento experimental descrito en la norma. El índice de saponificación se reporta en miligramos de hidróxido de potasio por cada gramo de aceite analizado como un número entero.

Villalobos-Gutierrez et al. (2012) obtienen para la pitahaya de pulpa blanca un valor con rangos comparables cercanos a 235.70 tanto para la misma especie como con otras como el aceite de girasol, manzana, entre otros, indicando la presencia de ácidos grasos de bajo peso molecular en alta cantidad. En nuestro caso, el índice de saponificación es 192 mg KOH / g, afectado por la sensibilidad del análisis no convencional y la presencia de impurezas.

Solis-Fuentes et al. (2010), determinó el índice saponificación en 168 para la guanábana, mientras Awan et al. (1980) reportan valores entre 193 a 204 mg KOH / g, al igual, de Lima Souza et al. (2021), desviado de otros aceites vegetales, justificado por la longitud de

cadena de ácidos grasos, Para este caso el índice a partir del análisis de FAMES fue de 193 mg KOH / g, cumpliendo entre los rangos de las investigaciones reportadas.

### **Materia insaponificable**

A partir de la determinación del índice de saponificación, se determina la materia insaponificable mediante la ecuación ( 13 ), se calculó los valores presentados en la Tabla 21 especificada por cada fruta.

**Tabla 21**

*Material insaponificable de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Materia insaponificable [%]</b>
Pitahaya	1.509±0.001
Guanábana	1.655±0.001

*Nota.* Los resultados son la media ± desviación estándar de dos determinaciones.

Como se reporta en la norma ISO 3657:2020, los resultados se reportan al realizar una media aritmética de las repeticiones realizadas por el procedimiento experimental descrito en la norma.

La materia insaponificable se obtuvo a partir del material que no se saponificó, permitió tener una caracterización más amplia de los aceites, generalmente para aceites vegetales tienen valores entre 0.3% a 2% (HERRERA LÓPEZ, 2007). En este caso se obtuvieron valores dentro del rango de comparación, indicando la presencia de compuestos no reactivos del aceite de semilla pero que necesitan caracterizaciones adicionales para determinar cuáles son y como influyen en los aceites analizados.

### **Ensayo de rancidez**

Mediante el ensayo con reacción de Kreis se determinó la rancidez de las muestras de aceite siguiendo la NTE INEN 45, los resultados experimentales se reportan como positivos o

negativos como se muestra en la Tabla 22, dependiendo el color de la capa ácida formada, en donde un color rojo indica un deterioro por rancidez.

**Tabla 22**

*Ensayo de rancidez de aceites de semilla*

<b>Aceite de semilla</b>	<b>Rancidez</b>
Pitahaya	Negativo
Guanábana	Negativo

*Nota.* Los resultados son la media  $\pm$  desviación estándar de dos determinaciones.

En ambos casos, los aceites de semillas analizados son negativos a la presencia de rancidez. Como menciona Zumalacárregui-de Cárdenas y Ferrer-Serrano (2022), un bajo valor del índice de peróxido indica que no existe rancidez en las muestras analizadas, el límite es de 5 mmol equivalente  $O_2$ /kg de aceite. Anteriormente, para el aceite de semilla de pitahaya y del aceite de semilla de guanábana se tenía un valor de peróxido entre 5 y 2 mili equivalentes de oxígeno activo / kg de aceite respectivamente, lo que indica una baja presencia de oxidación en las muestras, que concuerda con el resultado de esta prueba cualitativa, permitió identificar la calidad o frescura del aceite de semillas de pitahaya y guanábana.

### **Aplicación de los aceites**

Como de Lima Souza et al. (2021), menciona la importancia del índice de saponificación junto con el índice de acidez para determinar el equilibrio hidrofílico-lipofílico de los aceites y establecer su aplicación como bases emulsionadas en ingredientes farmacéuticos. Estos deben presentar rangos de índices de saponificación de 185 a 200 193 mg KOH / g, que para los dos aceites estudiados se cumple correctamente.

A partir de la caracterización físico-química y de los análisis analíticos realizados, una propiedad importante presente en el aceite de semillas son los compuestos fenólicos, utilizados



como recubrimientos comestibles en frutas o legumbres (Saltos Mendoza y Véliz Quimis, 2019). En este caso, por medio del análisis de FTIR se confirma la presencia de estos compuestos en ambos aceites caracterizados, siendo una potencial aplicación, amigable con el ambiente.

Lim et al. (2010) indica el alto contenido de lípidos en el aceite de semilla de pitahaya, se lo puede usar como aceite esencial y potencial materia prima en la industria oleoquímica. De igual manera, Villalobos-Gutierrez et al. (2012) indica el potencial del aceite en industrias como cosmética, farmacéuticas y alimentaria. Por tanto, este aceite es una fuente alternativa de productos petroquímicos tradicionales.

Por los datos obtenidos se evidencia la presencia de antioxidantes en el aceite de semilla de pitahaya y guanábana, además alto contenido de ácidos grasos insaturados, tienen amplias posibilidades de aplicaciones, ya sea por consumo directo o en la fabricación de productos finales. Una aplicación innovadora es en el uso como nanomateriales para ser usado en medicina por la eficacia antiinflamatoria, anti alzhéimer, antidiabética y antioxidante (Al-Radadi, 2022).

Según de Lima Souza et al. (2021), en su investigación reportan para el aceite de semilla de guanábana estudios de uso en excipientes emolientes y antioxidantes farmacéuticos por sus propiedades físico-químicas, presentan una buena calidad, conservación y presencia de ácidos grasos como oleico y linoleico, sustituyendo compuestos sintéticos en la formulación de estos componentes.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Se obtuvo aceite de semilla clarificado por extracción en prensado frío únicamente de pitahaya y guanábana con rendimientos del 10% y 6.75% respectivamente, resultando un alto rendimiento, podría ser mejorado por diferentes acondicionamientos tanto físicos como químicos, dado que estas semillas son consideradas residuos, existe la materia prima con facilidad. A pesar de que no se logró extraer aceite de las otras semillas, se hizo una extracción por solvente de la harina residual, logrando tener aceite, pero la cantidad no fue representativa para hacer la caracterización propuesta.

La caracterización físico-química de los aceites de semilla presentó, para la pitahaya una densidad relativa en 1.09, humedad de 0.19%, índice de refracción en 1.3905, índice de acidez es 2.4 mg de KOH/g aceite, índice de peróxido 5.9 meq O<sub>2</sub> / kg, índice de yodo es 132.92 cg I<sub>2</sub>/g, índice de saponificación es 192 mg KOH/g, material insaponificable es 1.5. Para la guanábana la densidad relativa es 0.910, humedad de 0.19%, índice de refracción es 1.4690, índice de acidez es 0.62 mg de KOH/g aceite, índice de peróxido es 2.2 meq O<sub>2</sub> / kg, índice de yodo es 88.47 cg I<sub>2</sub> /g, índice de saponificación es 193 mg KOH/g, material insaponificable es 1.6. Estas características son importantes indicadores de calidad y aplicación de los aceites, las cuales se ven afectados por impurezas, el tipo de extracción y almacenamiento de las muestras.

El índice de acidez con el índice de peróxido ayuda a determinar el estado del aceite, en este caso los aceites analizados por prensado en frío se encuentran dentro de los parámetros (para la pitahaya 2.4 mg KOH/ y 5.9 meq / kg y para la guanábana 0.64 mg KOH/ y 2.2 meq / kg) indicando buen estado de conservación debido a las propiedades que contiene cada uno y

al método de extracción usado. Así mismo, estos índices indican su viabilidad en la aplicación como comestible, en ambos casos entrar en los rangos aceptados.

El perfil lipídico del aceite de semilla de pitahaya y guanábana, tienen la presencia de ácidos grasos insaturados, en mayor cantidad se encuentran el ácido linoleico y el ácido oleico los cuales son importantes en dietas alimenticias, en aplicaciones de la industria cosmética y cuidado de la salud. Además, con el análisis por FTIR se determinó que ambos aceites presentan compuestos antioxidantes, lo cuales son usados en formulaciones de productos y recomendados para el consumo directo, pero se debe investigar que compuestos específicos se encuentran.

La caracterización de aceites de semillas para buscar aplicaciones disminuye la generación de residuos de la agroindustria frutícola, proponiendo productos con valor económico y reduciendo la deposición de residuos al medio ambiente, además de contribuir con fuentes con posibilidades de sustituir a los petroquímicos tradicionales con igual demanda y beneficio, pero con menor impacto ambiental.

## Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios adicionales de caracterización y de extracción del aceite no presentados en este trabajo, para determinar si el consumo se puede realizar sin algún proceso adicional de refinación y así aumentar el beneficio tanto nutricional como económico de las semillas que son desechadas en grandes cantidades.

Para las semillas que no fue factible extraer por prensado en frío ,se recomienda aplicar condiciones previas como temperatura, reducción del diámetro de las mismas, agrega alguna enzima que no altere las propiedades o hacer pruebas de las condiciones necesarias para lograr sacar aceite.

Plantear aplicaciones dentro de la biorrefinería a partir de las características determinadas en el proceso de caracterización físico-química como biopolímeros, biocombustibles, empaques biodegradables, entre otros.

Las tortas o harinas residuales obtenidas en la extracción por prensado en frío se recomienda estudiarlos y caracterizarlas, pueden contener propiedades nutricionales o posibles aplicaciones como biopolímeros.

## Bibliografía

- Adepoju, T. (2021). Synthesis of biodiesel from *Annona muricata* – *Calophyllum inophyllum* oil blends using calcined waste wood ash as a heterogeneous base catalyst. *MethodsX*, 8, 101188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101188>
- Alcívar Santana , J. L., & Bazurto Bermejo, Y. A. (2022). Evaluación Fisicoquímica, Bromatológica, Microbiológica Y Sensorial De Una Bebida Energizante A Partir De Alga *Chlorella* Y Pulpa De Borojó (*Alibertia Patinoi*). [*Tesis de integración curricular título de ingeniero agroindustrial*]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí.
- Al-Radadi, N. S. (2022). Biogenic proficient synthesis of (Au-NPs) via aqueous extract of Red Dragon Pulp and seed oil: Characterization, antioxidant, cytotoxic properties, anti-diabetic anti-inflammatory, anti-Alzheimer and their anti-proliferative potential against cancer cell . *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2836-2855. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.001>
- Alvarez Chacón, J. A. (2018). Obtención de una base lubricante para uso automotor aplicando los principios de química verde. [*Trabajo de titulación de ingeniero en petroquímica*]. Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.
- Amaya Robles, J. E. (2009). “El cultivo de Tuna” *Opuntia ficus indica*. *Gerencia Regional Agraria La Libertad*, 18. <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>
- Amores Torres, C. J. (2021). Análisis de la sustentabilidad de los productores de tuna (*Opuntia ficus-indica*) de la parroquia la Victoria Cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi. [*Maestría en Sanidad Vegetal*]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Antón Sandoval, M. A. (2017). TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE AMINOÁCIDOS EN ALIMENTOS PARA ANIMALES MAYORES. [Tesis en Químico Farmacéutico]. Repositorio WIENER.  
<https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/1983/TITULO%20-%20Maycol%20Arturo%20Ant%c3%b3n%20Sandoval.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Anwar, F., Naseer, R., Bhangar, M. I., Ashraf, S., Naz Talpur, F., & Adekunle Aladedunye, F. (2008). Physico-Chemical Characteristics of Citrus Seeds and Seed Oils from Pakistan. *American Oil Chemists' Society (AOCS)*, 85(4), 321-330. <https://doi.org/>  
<https://doi.org/10.1007/s11746-008-1204-3>
- Awan, J., Kar, A., & Udoudoh, P. (1980). Preliminary studies on the seeds of *Annona muricata* Linn. *Plant Food Hum Nutr*, 30, 163–168.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01099054>
- Bacilio, J. (2019). Estudio del estado del arte para la extracción de aceite vegetal a partir de semilla de granada. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Blacio Sinche, I. X., & Ocampo Balladares, G. C. (Irving Xavier Y Grace Cristina de 2022). "Extracción De Aceite De Semilla De Borojo (*Borojoa Patinoi*) Con Acción De Actividad Inhibitoria En *Staphylococcus*. [Tesis para el título de ingeniería química]. Universidad de Guayaquil.
- Blacio Sinche, I. X., & Ocampo Balladares, G. C. (2022). Extracción De Aceite De Semilla De Borojo (*Borojoa Patinoi*) Con Acción De Actividad Inhibitoria En *Staphylococcus Aureus* y *Escherichia Coli*. [Trabajo de titulación]. Universidad de Guayaquil.
- Bolaños Silva, M. L. (2007). Estudios en fisiología de semilla de *Pouteria lucuma* (R & P) Sapotaceae "Mediacaro". [Tesis para el título de Bióloga]. Pontificia Universidad Javeriana .

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55857/POUTERIA.pdf?sequence=1>

Cerón C., A. F., Osorio M., O., & Hurtado B., A. (2012). Present fatty acid identification in oil extracted of seeds of soursop (*Annona muricata*). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(1), 81-87. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/370>

Chaves López, C., Mazzarrino, G., Rodríguez, A., Pérez Álvarez, J. A., Fernández López, J., & Viuda Martos, M. (2015). Assessment of antioxidant and antibacterial potential of borojo fruit (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas) from the rainforests of South America. *Industrial Crops and Products*, 63, 79-86.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.047>.

Chen, T., Qi, X., Lu, D., & Chen, B. (2019). Gas chromatography-ion mobility spectrometric classification of vegetable oils based on digital image processing. *Food Measure*, 13, 1973–1979. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11694-019-00116-5>

Cho, Y.-J., Kim, T.-E., & Gil, B. (2013). Correlation between refractive index of vegetable oils measured with surface plasmon resonance and acid values determined with the AOCS official method. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 517-521.

[https://doi.org/Correlation between refractive index of vegetable oils measured with surface plasmon resonance and acid values determined with the AOCS official method](https://doi.org/Correlation%20between%20refractive%20index%20of%20vegetable%20oils%20measured%20with%20surface%20plasmon%20resonance%20and%20acid%20values%20determined%20with%20the%20AOCS%20official%20method)

Córdova V., J. A. (1985). El cultivo del Borojo. *El cacaotero colombiano*, págs. 35-50.

[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/708/81079\\_67165.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/708/81079_67165.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cruz Morillo-Coronado, A., Manjarres Hernández, E. H., & Forero-Mancipe, L. (2021). Phenotypic Diversity of Morphological Characteristics of Pitahaya (*Selenicereus*

Megalanthus Haw.) Germplasm in Colombia. *Plants*, 10 (11), 2255.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants10112255>

da Cruz, V. H., Priori, R. L., Santos, P. D., Ferreira, C. S., Piccioli, A. d., da Silveira, R., . . .

Santos, O. O. (2020). Evaluation of different conventional lipid extraction techniques' efficiency in obtaining oil from oleaginous seeds. *Chemical Papers*, 75, 515–522.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11696-020-01324-w>

De Leon Izeppi, G. A., Dubois, J.-L., Balle, A., & Soutelo-Maria, A. (2020). Economic risk assessment using Monte Carlo simulation for the production of azelaic acid and pelargonic acid from vegetable oils. *Industrial Crops and Products*, 150(112411).

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112411>

de Lima Souza, J. R., Villanova, J. C., de Souza, T. D., Maximino, R. C., & Menini, L. (2021).

Vegetable fixed oils obtained from soursop agro-industrial waste: Extraction, characterization and preliminary evaluation of the functionality as pharmaceutical ingredients. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101379.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101379>

Del Castillo Málaga, R. A. (2006). Estudio técnico de la producción de harina de Lúcumá en la sierra de Piura. *[Tesis para el título de Ingeniero Industrial y de sistemas]*. Repositorio institucional PIRHUA.

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1486/ING\\_443.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1486/ING_443.pdf?sequence=1)

Fuentes Soriano, P. (2019). DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES PARA LA DIFERENCIACIÓN DE NUECES (JUGLANS REGIA) SEGÚN SU ORIGEN. *[Master Interuniversitario en Agroalimentación]*. Universidad de Cádiz.



[https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM\\_Fuentes\\_Pablo\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Globaliza2. (2023). *El borojo es todo un fruto que te cuida por dentro y por fuera*. Global

Consumo: <http://www.globalconsumo.com/es/frutas/37-borojo.html>

Godswill, A. C., Amagwula, I. O., Victory, I. S., & Gonzaga, A. I. (2018). Effects of repeated deep frying on refractive index and peroxide value of selected vegetable oils. *International Journal of Advanced Academic Research*, 4(4), 107-119.

<http://hdl.handle.net/20.500.12306/1285>

Gómez Aguas, S. I. (2017). Análisis del contenido de grasa y perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla de siete especies de palmas de la Estación Científica Yasuní-PUCE por cromatografía de gases con detector de ionización de llama. [ *Trabajo de titulación de Licenciado en Ciencias Químicas*]. Repositorio PUCE.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14471/Disertaci%c3%b3n%20Steven%20G%c3%b3mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzalez Loor, T. A. (2018). Plan de Negocios para la exportación de Guanábana al granel a la ciudad de Cali-Colombia. [ *Tesis de grado*]. Manta: Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabi.

Gonzalez Stuart, A. (2023). *Herbal Safety*. Guanábana: <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/guanabana.html>

Górecki, T., Harynuk, J., & Panić, O. (2004). The evolution of comprehensive two-dimensional gas chromatography (GC6GC). *Journal of separation science*, 27(5-6), 359-379.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jssc.200301650>

Gunstone, F. D. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses* (Segunda ed.). Wiley.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ink2tdo8\\_P4C&oi=fnd&pg=PR11&dq=vegetable+oils&ots=2\\_Nhq9aN\\_Q&sig=-mX-wHojfB5aE0C7sTM9z4Wy7dA#v=onepage&q=vegetable%20oils&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ink2tdo8_P4C&oi=fnd&pg=PR11&dq=vegetable+oils&ots=2_Nhq9aN_Q&sig=-mX-wHojfB5aE0C7sTM9z4Wy7dA#v=onepage&q=vegetable%20oils&f=false)

Gutfinger, T., & Letan, A. (1974). Studies of Unsaponifiables in Several Vegetable Oils. *Lipids*, 9(9), 658-663. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02532171>

Gutiérrez Suquillo, N. R., Saá Arévalo, I. A., & Vinuesa Lozada, A. F. (2017). Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continua de aceite de la semilla Sacha Inchi con un proceso de prensado en frío. *Enfoque UTE*, 8(2), 15-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n2.153>

Guzmán Nevares, M. A. (2022). Identificación de tipos de injertos utilizados en el cultivo de Guanábana (*Annona muricata* L.), en el Ecuador. *FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA*. Ecuador. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13258/E-UTB-FACIAG-AGROP-000007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERRERA LÓPEZ, E. A. (2007). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA INSAPONIFICABLE DEL ACEITE DE CRISÁLIDA DE *Bombyx mori* L. HÍBRIDO PÍLAMO I. [*Trabajo de grado*]. Repositorio UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ecafa04b-badb-465d-84b0-277fc640287e/content>

Ho, Y. H., Parthiban, A., Thian, M. C., Ban, Z. H., & Siwayanan, P. (2022). Acrylated Biopolymers Derived via Epoxidation and Subsequent Acrylation of Vegetable Oils.

*International Journal of Polymer Science*, 2022, 12.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/6210128>

Indecopi. (2015). Lúcumá. *BIOPAT PERÚ*, 1(8), 12.

<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/202940/08.->

Boletín\_N8\_LUCUMA.pdf/680d0eb2-a793-4e5f-a96a-

9e433e52852d#:~:text=En%20nuestro%20pa%C3%ADs%20se%20distinguen,son%20llamados%20L%C3%ACuma%20de%20Palo.

Ivanova, M., Hanganu, A., Dumitriu, R., Tociu, M., Ivanov, G., Stavarache, C., & Chira, N.

(2022). Saponification Value of Fats and Oils as Determined from 1H-NMR Data: The Case of Dairy Fats. *Foods* 2022, 11(10), 1466.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11101466>

Lara Vega, T. M. (2018). Efecto antimicrobiano del extracto de hoja y semilla de guanábana

(*annona muricata*) en diferentes concentraciones sobre *streptococcus mutans*. Estudio comparativo in vitro. [Tesis de investigación]. Quito: UCE.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14866>

Larkin, P. J. (2011). *Infrared and Raman Spectroscopy: Principles and Spectral Interpretation*.

USA: Elsevier. 978-0-12-386984-5

Lim, H. K., Tan, C. P., Karim, R., Ariffin, A. A., & Bakar, J. (2010). Chemical composition and

DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. *Food Chemistry*, 119(4), 1326-1331.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.002>

Liu, Y., Li, L., Xia, Q., & Lin, L. (2023). Analysis of Physicochemical Properties, Lipid

Composition, and Oxidative Stability of Cashew Nut Kernel Oil. *Foods*, 12(4), 693.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12040693>

Livingston M.D., E. H. (2004). The mean and standard deviation: what does it all mean? *Journal of Surgical Research*, 119(2), 117-123.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jss.2004.02.008>

Llumipanta Muñoz, E. J. (2022). Efecto del 1-metilciclopropeno en pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) Morán, en estado comercial, con tres tiempos de exposición. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26846>

Martínez García, P. M. (2021). Elaboración de una guía para el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus*. *Universidad de El Salvador*. Salvador.

Medina, J., Rebolledo, A., Joao Atilio, J., Kondo, T., & Toro, J. (2013). Manual Técnico.

Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus* sp. (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia. (Produmedios, Ed.) Bogota, Moran, Colombia.

[https://www.researchgate.net/publication/247152993\\_2\\_Generalidades\\_del\\_cultivo](https://www.researchgate.net/publication/247152993_2_Generalidades_del_cultivo)

Mendoza Tabango, M. F. (2013). Estudio investigativo y análisis de la luma y su aplicación en la gastronomía. [*Tesis para título de administrador gastronómico*]. Repositorio UTE.

<https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/12996>

Meza, N., & Bautista, D. (2004). Efecto de remojo y escarificación sobre la germinación de semillas y emergencia de plántulas en guanábana. *Agronomía TROPICA*, 54(3), 331-342.

[https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2004000300006&lng=es&tlng=es](https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000300006&lng=es&tlng=es).

Ministerio de Agricultura. (2017). *Centro de Información de Recursos Naturales*. Retrieved 25 de Julio de 2022, from Fundación para la Innovación Agraria:

<https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/31773/fool-044.pdf?sequence=1>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. *Dirección general de investigación y extensión agrícola*.  
<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658.pdf>
- Montenegro Gamboa, J. A. (2015). Investigación de la lúcuma de Loja, y su aplicación gastronómica. *[Tesis de título de administrador gastronómico]*. Universidad Tecnológica Equinoccial. [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16095/1/62801\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16095/1/62801_1.pdf)
- Naciones Unidas. (2008). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIUU): Revisión 4*. New York: Statistical Papers Series M, No. 4, Rev. 4.
- Nde, D. B., & Foncha, A. C. (2020). Optimization Methods for the Extraction of Vegetable Oils: A Review. *Processes*, 8(2), 209. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr8020209>
- Nerea Cabo, M. D. (1997). Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats. *Science of Food and Agriculture*, 75, 1-11. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199709\)75:1<1::AID-JSFA842>3.0.CO;2-R](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199709)75:1<1::AID-JSFA842>3.0.CO;2-R)
- Nonalaya Camarena, K. M., & Marcañaupa de la Cruz, J. L. (2017). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de semilla de chirimoya (*Annona cherimola*) y guanábana (*Annona muricata*). *[Tesis de título en ingeniero de industrias alimentarias]*. Perú: Universidad Nacional del centro del Perú.
- Pacheco Guerrero, J. P. (2016). La tuna en la gastronomía ecuatoriana (pastelería). *[Trabajo de Titulación en Tecnología en Alimentos y Bebidas]*. UDLA.  
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6004/1/UDLA-EC-TTAB-2016-07.pdf>

- Paraskar, P. M., Prabhudesai, M. S., Hatkar, V. M., & Kulkarni, R. D. (2021). Vegetable oil based polyurethane coatings – A sustainable approach: A review. *Progress in Organic Coatings*, 156, 106267. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106267>
- Peamaroon, N., Jakmune, J., & Moonrungsee, N. (2021). A Simple Colorimetric Procedure for the Determination of Iodine Value of Vegetable Oils Using a Smartphone Camera. *Journal of Analysis and Testing*, 5, 379-386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41664-021-00168-x>
- Pérez Cadena, E. M. (2016). Elaboración De Productos A Base De Tuna (Opuntia Ficusindica) Como Aporte Comercial Y Nutricional A La Comunidad De La Parroquia Eloy Alfaro Del Cantón Latacunga. [*Proyecto de examen complejo en ingeniería en gestión de alimentos y bebidas*]. Ambato: Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIANDES".
- Redondo Gómez, C., Rodríguez Quesada, M., Vallejo Astúa, S., Murillo Zamora, J. P., Lopretti, M., & Vega-Baudrit, J. R. (2020). Biorefinery of biomass of agro-industrial banana waste to obtain high-value biopolymers. *Molecules*, 25(17), 3829. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25173829>
- Rieta, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227-247.
- Rochina Cambo, S. Y. (2022). Manejo agronómico del cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.), en el Ecuador. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13168/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000440.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rui, H., Zhang, L., Li, Z., & Pan, Y. (2009). Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 482-486.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.016>
- Saltos Mendoza, C. K., & Véliz Quimis, L. L. (2019). Extracción de compuestos fenólicos de cáscara, pulpa y semilla de guanábana ( *Annona muricata* ) aplicadas en un recubrimiento para conservar banano mínimamente procesado. [Tesis de grado]. Manta, Manabí, Ecuador: Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí".
- Saltos Mendoza, C. K., & Véliz Quimis, L. L. (2019). Extracción de compuestos fenólicos de cáscara, pulpa y semilla de guanábana (*Annona muricata*) aplicadas en un recubrimiento para conservar banano mínimamente procesado. [Tesis para la obtención del título de ingeniero agroindustrial]. Repositorio Uleam.  
<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1950/1/ULEAM-AGROIN-0039.pdf>
- SIPA. (6 de Junio de 2023). *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. Estadísticas:  
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-economicas>
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2015). *Fundamentos de química analítica* (Novena ed.). CENGAGE Learning. <https://doi.org/978-607-519-937-6>
- Solis-Fuentes, J. A., Amador-Hernandez, C., Hernandez-Medel, M. R., & Duran-de-Bazua, M. C. (2010). Physicochemical characterization and thermal behavior of guanabana (*Annona muricata*) seed almond oil; Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de almendra de guanabana (*Annona muricata*, L). *Grasas y Aceites (Seville)*, 61(1), 58-66. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/GYA.2010.V61.11>
- Soplin Trigoso, H. (2015). "PROPAGACIÓN BOTANICA DE *Annona muricata* L. "Guanabana" BAJO CUATRO SUSTRATOS EN IQUITOS - PERÚ". *Universidad Nacional De La Amazonia Peruana*. Perú. Retrieved 28 de Junio de 2022, from

[https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3370/Hilda\\_Tesis\\_Titulo\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3370/Hilda_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sotomayor Correa, A., Pitizaca, S., Sánchez, M., Burbano, A., Díaz, A., Nicolalde, J., . . .

Vargas, Y. (2019). Physical chemical evaluation of pitahaya fruit (*Selenicereus*). *Enfoque UTE*, 10(1), 89 - 96. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386>

Thapa, S., Baral, R., & Thapa, S. (2019). Status, Challenges and Solutions of Oil-Seed Production in India. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 8(1), 27-34.

<https://www.researchgate.net/publication/334326847>

Udoh, J. E., Olayanju, T. M., Dairo, O. U., & Alonge, A. F. (2017). Effect of moisture content on the mechanical and oil properties of soursop seeds. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 361-366. <https://doi.org/https://doi.org/10.3303/CET1758061>

Valle Velasco, M. S. (2023). "Obtención de una bebida energizante a base de borjón (Borojoa patinoi) y guanábana (*Annona muricata*)" [Tesis de Magíster en Agroindustria]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Valle Velasco, M. S. (2023). Obtención de una bebida energizante a base de borjón (Borojoa patinoi) y guanábana (*Annona muricata*). [Maestría en Agroindustria]. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., . . . Viera, W. (2020). Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, pág. 39.

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5551/1/INIAPMANUAL117-2020.pdf>

Vijayakumar, R., & Raja, S. (2022). *Secondary Metabolites: Trends and Reviews*. IntechOpen.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9cCFEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP10&dq=Vi>



jayakumar,+R.,+%26+Raja,+S.+(2022).+Secondary+Metabolites:+Trends+and+Reviews  
 .+IntechOpen&ots=iJYBJE2Gv6&sig=I9S-

PywCSGFtqqHEmx1acdfEM08#v=onepage&q=Vijayakumar%2C%20R.%2C%20%26%

2

Villalobos-Gutierrez, M. G., Schweiggert, R. M., Carle, R., & Esquivel, P. (2012). Chemical characterization of Central American pitaya (*Hylocereus*SP.) seeds and seed oil. *Cyta-journal of Food*, 10(1), 78-83.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19476337.2011.580063>

Yaashikaa, P., Senthil Kumar, P., & Varjani, S. (2022). Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. *Bioresource Technology*, 343, 126126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126126>

Yadav, A., Singh, Y., & Negi, P. (2021). A review on the characterization of bio based lubricants from vegetable oils and role of nanoparticles as additives. *Materials Today: Proceedings*, 46(20), 10513-10517. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.046>

Zumalacárregui-de Cárdenas, B., & Ferrer-Serrano, C. (2022). Physicochemical characterization of leaves, seeds and vegetable oil of *Moringa oleifera* ecotype Plain. *Revista Cubana de Química*, 34(2), 227-241.

[https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212022000200227&lng=es&tling=es](https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212022000200227&lng=es&tling=es)

**Anexos**