



**“Estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (*Annona muricata*) considerando distintos estados fisiológicos y métodos de extracción”.**

Alvarez Tuala, Alisson Lisbeth y Bosquez Sarango, Jennifer Lucila

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Dra. Sánchez Llaguno, Sungey Naynee. Ph.D.

14 de febrero del 2023





DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular: "**Estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (*Annona muricata*) considerando distintos estados fisiológicos y métodos de extracción**" fue realizado por las señoritas **Alvarez Tuala Alisson Lisbeth y Bosquez Sarango Jennifer Lucila**; 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.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero del 2023



.....  
**Sánchez Llaguno, Sungey Naynee Ph.D.**

C.C. 1205348673



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotras, **Alvarez Tuala Alisson Lisbeth** y **Bosquez Sarango Jennifer Lucila**, con cédulas de ciudadanía n° 2300264195 y 2350073843, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (*Annona muricata*) considerando distintos estados fisiológicos y métodos de extracción”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero del 2023

**Alvarez Tuala, Alisson Lisbeth**  
C.C. 2300264195

**Bosquez Sarango, Jennifer Lucila**  
C.C.2350073843



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotras **Alvarez Tuala Alisson Lisbeth** y **Bosquez Sarango Jennifer Lucila**, con cédulas de ciudadanía n° 2300264195 y 2350073843, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (*Annona muricata*) considerando distintos estados fisiológicos y métodos de extracción”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 14 de febrero del 2023

**Alvarez Tuala, Alisson Lisbeth**  
C.C. 2300264195

**Bosquez Sarango, Jennifer Lucila**  
C.C.2350073843

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar mi tesis primero que nada a Dios por ser la luz en mi camino y por las bendiciones que me ha otorgado.

Le dedico este trabajo a Cesar y Cecilia, mis amados padres, quienes son el pilar fundamental de todo mi trayecto, los que siempre han estado para apoyarme y quienes me brindaron su apoyo con mucho esfuerzo. A mi querida hermana Joselyn, quien siempre me ha compartido sus conocimientos y me ha impulsado a cumplir todas mis metas.

A mis abuelitos maternos Gladys y Nicolás, y a la estrella más brillante del cielo, mi abuelita María Mendoza, quienes estuvieron pendientes en todo mi proceso de formación personal y educativo, haciéndolo aún de una u otra manera.

***Alisson Lisbeth Alvarez Tuala.***

Dedico mi trabajo de investigación en primer lugar, a Dios y a la Virgencita del Cisne ya que han sido quienes me han dado la fuerza necesaria y me han iluminado en aquellos momentos de debilidad durante el trayecto de mi carrera para no rendirme y culminar con éxito este objetivo tan anhelado.

A mis ángeles Bolívar S., Emma S. y Julio B. (†), sé que me cuidan desde el cielo y guían mis pasos.

A mis padres Edwin Danilo Bosquez Salazar y Luz Bertila Sarango Cumbicus por ser mi pilar fundamental en este largo caminar, por su apoyo incondicional, sus consejos, su paciencia y por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, muchos de mis logros alcanzados han sido gracias a ustedes dentro de ellos se incluye este.

A mis papitos Juan S. y Zoila C. por todo su soporte y amor brindado, en especial a ella a quien le tengo el más profundo agradecimiento por sus cuidados y sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Kerly B. y Neymarsito B. por todos aquellos momentos de nuestra vida juntos y por inspirarme a lograr esta gran meta.

A mi novio Ney N. por su amor incondicional, comprensión y que sin duda ha sabido estar conmigo en cada etapa de mi vida, creíste en mí y me apoyaste para alcanzar mis metas, gracias mi amor. Este logro es tanto tuyo como mío.

A mis padrinos Mireya S.; Jhony V. y a todos los miembros de mi familia que me motivaron constantemente y me dieron la fuerza para seguir adelante y no rendirme. Los amo.

***Jennifer Lucila Bosquez Sarango.***

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres, Cesar y Cecilia quienes con mucho esfuerzo me han permitido cumplir todas mis metas, han rezado por mí en todo momento y son quienes siempre han deseado mi bienestar de la manera más sincera y amorosa. A Joselyn, mi compañera de vida y amiga sincera, siendo mi maestra en muchas ocasiones y mi modelo a seguir.

A mi compañera de tesis y amiga Jennifer Bosquez, a mi querido amigo Luis Lema, Andreina Núñez, a mis GAR y RAG, siendo un gran apoyo a lo largo de la carrera, además de ser mis compañeros de risas y bromas oportunas.

A mi amiga de toda la vida Antonella, quien ha sido como una hermana para mí y siempre me ha acompañado con su amistad incondicional en toda mi formación personal y académica.

A mi tutora de tesis, la Dra. Sungey Sánchez y al Dr. Juan Neira por su apoyo constante, paciencia y el aporte de sus conocimientos. Al Ing. Johan Plua por su colaboración y consejos en el proceso de elaboración de este trabajo.

A las personas que me facilitaron los materiales para este estudio, como el señor Orlando Pico y la Ing. Cristina Polit.

A mis familiares, todos mis amigos y mis maestros que formaron parte de mi camino y pusieron un granito de arena en mi formación, ocupando un pedacito de mi corazón, les agradezco desde lo más profundo de mi ser por participar en esta experiencia.

***Alisson Lisbeth Alvarez Tuala***

A mis docentes de la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por haberme impartido todos los conocimientos y enseñanzas necesarias para ser una excelente profesional.

Expreso un agradecimiento profundo a mi tutora, la Dra. Sungey Naynee Sánchez Llaguno, PhD. Quien nos brindó a mi compañera y a mí valiosos consejos durante todo el proceso de trabajo, gracias por su orientación y ayuda para que este proyecto de investigación sea un éxito.

Al Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD, quien siempre estuvo dispuesto a ayudarnos en la parte experimental de nuestro proyecto de investigación.

A la Ing. Katty Medina, por su gran ayuda y apoyo en la Fase de Laboratorio.

Al Ing. Jhoan Alfredo Plua Montiel por habernos brindado las especificaciones necesarias en cada uno de los programas estadísticos.

A la Ing. Cristina Polit y al Sr. Orlando Pico por facilitarnos la materia prima para esta investigación.

A mis amigos Joselyn Y., Alisson A., Luis L. y al grupo de chicos GAR con los que en este largo camino he compartido muchos momentos de alegría, risas, llantos, complicidad y desesperación durante todo este largo trayecto. Los quiero mucho y los extrañaré.

***Jennifer Lucila Bosquez Sarango.***

## Índice de contenidos

Caratula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Responsabilidad de autoría .....	3
Autorización de publicación .....	4
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	8
Índice de contenidos .....	10
Índice de tablas.....	17
Índice de figuras .....	20
Índice de gráficos.....	22
Resumen.....	23
Abstract.....	24
Capítulo I.....	25
Introducción.....	25
Objetivos.....	28
<i>Objetivo general</i> .....	28
<i>Objetivos específicos</i> .....	28
Hipótesis.....	29
<i>Hipótesis para el Factor A (Estados fisiológicos)</i> .....	29
<i>Hipótesis para el Factor B (Métodos de extracción)</i> .....	29
Capítulo II.....	30
Revisión literaria .....	30
Origen de la guanábana .....	30
Clasificación taxonómica.....	30
Descripción Botánica .....	30
<i>Raíz</i> .....	30

	11
<i>Tallo</i> .....	31
<i>Hojas</i> .....	31
<i>Flores</i> .....	31
<i>Frutos</i> .....	31
<i>Semillas</i> .....	31
Parámetros agroclimáticos.....	32
Usos e importancia.....	32
Valor nutricional.....	33
Composición química del aceite.....	33
Caracterización del aceite en semillas de guanábana.....	33
Métodos de extracción de aceites vegetales.....	35
<i>Extracción de aceite prensado en caliente</i> .....	35
<i>Extracción de aceite prensado en frío</i> .....	35
<i>Ventajas y desventajas</i> .....	35
<i>Método de extracción Soxhlet</i> .....	36
<i>Ventajas y desventajas</i> .....	36
Análisis Fisicoquímico de Aceites.....	37
<i>Pruebas físicas</i> .....	37
<i>Pruebas químicas</i> .....	38
Prueba toxicológica.....	39
Capítulo III.....	40
Materiales y métodos.....	40
Ubicación del área de investigación.....	40
<i>Ubicación Política</i> .....	40
<i>Ubicación Ecológica</i> .....	40
<i>Ubicación Geográfica</i> .....	41
Materiales.....	42

<i>Extracción de aceite</i> .....	42
Materiales de Laboratorio .....	43
<i>Rendimiento</i> .....	43
<i>Determinación de la solubilidad</i> .....	43
<i>Determinación de la coloración</i> .....	43
<i>Determinación del pH</i> .....	44
<i>Determinación de la densidad</i> .....	44
<i>Determinación de humedad</i> .....	44
<i>Determinación de cenizas</i> .....	45
<i>Determinación de impurezas por centrifugación</i> .....	45
<i>Índice de saponificación</i> .....	46
<i>Determinación de la acidez</i> .....	46
<i>Índice de peróxido</i> .....	46
<i>Determinación del cianuro del aceite</i> .....	47
Métodos.....	47
<i>Obtención de la materia prima</i> .....	47
<i>Extracción del aceite</i> .....	47
<i>Análisis fisicoquímico del aceite de guanábana</i> .....	48
<i>Balance de materiales agronómicos</i> .....	48
Diseño Experimental.....	49
<i>Factores a probar</i> .....	49
<i>Tratamientos a comparar</i> .....	49
<i>Tipo de diseño</i> .....	50
<i>Repeticiones</i> .....	50
<i>Características de las unidades experimentales</i> .....	50
Análisis Estadístico.....	50
<i>Esquema de análisis de varianza</i> .....	50

	13
<i>Coeficiente de Variación</i> .....	51
<i>Análisis funcional</i> .....	51
Variables a medir .....	51
<i>Rendimiento</i> .....	51
<i>Coloración</i> .....	51
Pruebas fisicoquímicas.....	52
<i>Determinación de la solubilidad</i> .....	52
<i>Determinación del pH</i> .....	52
<i>Determinación de la densidad</i> .....	52
<i>Determinación de la absorbancia</i> .....	53
<i>Determinación de la humedad</i> .....	53
<i>Determinación de cenizas</i> .....	54
<i>Determinación de la acidez</i> .....	54
<i>Índice de peróxido</i> .....	55
<i>Índice de saponificación</i> .....	56
Prueba toxicológica .....	57
<i>Determinación del Cianuro del aceite</i> .....	57
Pruebas microbiológicas.....	57
Capítulo IV.....	59
Resultados .....	59
Resultados cualitativos del aceite de semilla de guanábana.....	59
<i>Resultados cualitativos para la variable de solubilidad</i> .....	59
<i>Resultados cualitativos para la variable de coloración</i> .....	60
Resultados del rendimiento, características fisicoquímicas, toxicológicas y microbiológicas del aceite de semilla de guanábana .....	61
<i>Análisis de varianza para la variable de rendimiento</i> .....	61
<i>Análisis varianza para la variable de pH</i> .....	62

<i>Análisis de varianza para la variable de densidad</i> .....	63
<i>Análisis de varianza para la variable de absorbancia</i> .....	64
<i>Análisis de varianza para la variable de humedad</i> .....	65
<i>Análisis de varianza para la variable de ceniza</i> .....	66
<i>Análisis de varianza para la variable de centrifugación</i> .....	67
<i>Análisis de varianza para la variable de acidez</i> .....	68
<i>Análisis de varianza para la variable de Índice de peróxido</i> .....	69
<i>Análisis de varianza para la variable de Índice de saponificación</i> .....	70
<i>Análisis de varianza para la variable de contenido de cianuro</i> .....	71
Resultados del Estado fisiológico (Factor A) .....	72
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	72
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	73
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	76
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	78
Resultados del Método de extracción (Factor B) .....	79
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	79
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	81
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	84
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	86
Resultados de Interacción (A*B).....	88

<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B) .....</i>	88
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....</i>	90
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....</i>	96
<i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....</i>	99
Resultados de las pruebas microbiológicas .....	101
Resultados de gráficos de superficie .....	102
<i>Resultados de gráficos de superficie de respuesta del Rendimiento %.....</i>	102
<i>Resultados de gráficos de superficie de las características físicas del aceite de guanábana .....</i>	103
<i>Resultados de gráficos de superficie de las características químicas del aceite de guanábana.....</i>	109
<i>Resultados de gráficos de superficie de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana.....</i>	112
<i>Resultados de matriz de correlaciones de los componentes principales .....</i>	113
<i>Componentes en espacio rotado .....</i>	115
<i>Resultado de análisis de conglomerados .....</i>	116
<i>Rendimiento del aceite de semillas de guanábana en prensado en frío por los tres Estados fisiológicos.....</i>	117
<i>Balance de materiales agronómicos.....</i>	120
Capítulo V .....	121
Discusión.....	121
Factor A (Estado fisiológico) .....	121
Factor B (Método de extracción) .....	122
Interacción A*B (Estado fisiológico*Método de extracción) .....	124
Capítulo VI.....	128

Conclusiones y recomendaciones.....	128
Conclusiones.....	128
<i>Factor A (Estado fisiológico)</i> .....	128
<i>Factor B (Método de extracción)</i> .....	128
<i>Interacción A*B (Estado fisiológico*Método de extracción)</i> .....	129
Recomendaciones.....	130
Capítulo VII.....	131
Bibliografía .....	131

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Valor nutricional del aceite de guanábana</i> .....	33
<b>Tabla 2</b> <i>Ácidos grasos presentes en la semilla de guanábana (Annona muricata)</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Recursos necesarios para la extracción del aceite por prensado en frío</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Recursos necesarios para la extracción del aceite por prensado en caliente</i> .....	42
<b>Tabla 5</b> <i>Recursos necesarios para la extracción del aceite por Soxhelt</i> .....	42
<b>Tabla 6</b> <i>Recursos necesarios para la determinación del rendimiento del aceite</i> .....	43
<b>Tabla 7</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de la solubilidad</i> .....	43
<b>Tabla 8</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de la coloración</i> .....	43
<b>Tabla 9</b> <i>Recursos necesarios para la determinación del pH</i> .....	44
<b>Tabla 10</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de la densidad</i> .....	44
<b>Tabla 11</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de humedad</i> .....	44
<b>Tabla 12</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de cenizas</i> .....	45
<b>Tabla 13</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de impurezas por centrifugación</i> .....	45
<b>Tabla 14</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de absorbancia</i> .....	45
<b>Tabla 15</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de saponificación</i> .....	46
<b>Tabla 16</b> <i>Recursos necesarios para la determinación de la acidez</i> .....	46
<b>Tabla 17</b> <i>Recursos necesarios para la determinación del índice de peróxido</i> .....	46
<b>Tabla 18</b> <i>Recursos necesarios para la determinación del contenido de cianuro del aceite</i> .....	47
<b>Tabla 19</b> <i>Factores y niveles a probar en el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)</i> .....	49
<b>Tabla 20</b> <i>Tratamientos a comparar en el estudio de las características físico químicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)</i> .....	49
<b>Tabla 21</b> <i>Esquema de análisis de varianza del estudio de las características físico químicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)</i> .....	50
<b>Tabla 22</b> <i>Resultados cualitativos para la variable de solubilidad</i> .....	59
<b>Tabla 23</b> <i>Resultado cualitativos para la variable de coloración</i> .....	60
<b>Tabla 24</b> <i>Análisis de varianza para la variable de rendimiento</i> .....	61
<b>Tabla 25</b> <i>Análisis de varianza para la variable pH</i> .....	62
<b>Tabla 26</b> <i>Análisis de varianza para la variable de densidad</i> .....	63
<b>Tabla 27</b> <i>Análisis de varianza para la variable de absorbancia</i> .....	64

<b>Tabla 28</b> <i>Análisis de varianza para la variable de humedad</i> .....	65
<b>Tabla 29</b> <i>Análisis de varianza para la variable de ceniza</i> .....	66
<b>Tabla 30</b> <i>Análisis de varianza para la variable de centrifugación</i> .....	67
<b>Tabla 31</b> <i>Análisis de varianza para la variable de acidez</i> .....	68
<b>Tabla 32</b> <i>Análisis de varianza para la variable de índice de peróxido</i> .....	69
<b>Tabla 33</b> <i>Análisis de varianza para la variable de índice de saponificación</i> .....	70
<b>Tabla 34</b> <i>Análisis de varianza para la variable de contenido de cianuro</i> .....	71
<b>Tabla 35</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento % para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	72
<b>Tabla 36</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas del aceite de guanábana para el Factor A (Estado fisiológico)</i> .....	73
<b>Tabla 37</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	76
<b>Tabla 38</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del contenido de cianuro para el Estado fisiológico (Factor A)</i> .....	78
<b>Tabla 39</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento % para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	79
<b>Tabla 40</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	81
<b>Tabla 41</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	84
<b>Tabla 42</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del contenido de cianuro para el Método de extracción (Factor B)</i> .....	86
<b>Tabla 43</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) del rendimiento % para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B)</i> .....	88
<b>Tabla 44</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características físicas para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B)</i> .....	90
<b>Tabla 45</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las características químicas para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B)</i> .....	96
<b>Tabla 46</b> <i>Prueba de significancia de Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de los compuestos contaminantes para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B)</i> .....	99
<b>Tabla 47</b> <i>Resultados de las pruebas microbiológicas</i> .....	101
<b>Tabla 48</b> <i>Matriz de correlación de los componentes principales</i> .....	113

<b>Tabla 49</b> <i>Balance de materiales agronómicos</i> .....	120
--	-----

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación.....	41
<b>Figura 2</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Estado fisiológico (Factor A).....	72
<b>Figura 3</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A).....	74
<b>Figura 4</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A).....	76
<b>Figura 5</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Estado fisiológico (Factor A).....	78
<b>Figura 6</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Método de extracción (Factor B).....	80
<b>Figura 7</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B).....	82
<b>Figura 8</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B).....	85
<b>Figura 9</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Método de extracción (Factor B).....	87
<b>Figura 10</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....	89
<b>Figura 11</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....	92
<b>Figura 12</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....	97
<b>Figura 13</b> Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes para la interacción Estado fisiológico*Método de extracción (A*B).....	100
<b>Figura 14</b> Gráfico de sedimentación.....	114
<b>Figura 15</b> Componente en espacio rotado.....	115
<b>Figura 16</b> Dendograma para los factores en estudio.....	116
<b>Figura 17</b> Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado pintona por prensado en frío.....	117

<b>Figura 18</b> <i>Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado madura por prensado en frío.....</i>	118
<b>Figura 19</b> <i>Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado sobremadura por prensado en frío.....</i>	119

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable rendimiento %</i> .....	102
<b>Gráfico 2</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable pH</i> .....	103
<b>Gráfico 3</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable densidad</i> .....	104
<b>Gráfico 4</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable absorbancia</i> .....	105
<b>Gráfico 5</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable humedad</i> .....	106
<b>Gráfico 6</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable cenizas</i> .....	107
<b>Gráfico 7</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable impurezas</i> .....	108
<b>Gráfico 8</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable de acidez</i> .....	109
<b>Gráfico 9</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable índice de peróxido</i> .....	110
<b>Gráfico 10</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable índice de saponificación</i> .....	111
<b>Gráfico 11</b> <i>Gráfico de superficie de respuesta para la variable de compuestos contaminantes cianuro</i> .....	112

## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de guanábana (*Annona muricata*) en tres estados fisiológicos, utilizando tres métodos de extracción. La investigación se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", ubicado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, parroquia Luz de América. Se estableció un diseño experimental bifactorial: Estado fisiológico (pintona, madura y sobremadura) y Método de extracción (Prensado en frío, Prensado en caliente y Soxhlet), conducido en DBCA por 9 tratamientos con tres repeticiones, con un total de 27 unidades experimentales. Se hizo un estudio para evaluar la calidad del aceite de guanábana por medio de pruebas físicas, químicas, toxicológicas y microbiológicas. Para determinar si habían diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ( $p > 0.05$ ). Los resultados mostraron que el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento se dio en T4 con un 14,05%, de igual manera se presentaron los mejores resultados en este tratamiento con una densidad ( $0,902 \text{ gr/cm}^3$ ), ceniza (0,045%), humedad (0,17%), un pH (3,98) y por último, impurezas (0,01%) en las variables físicas, mientras que en acidez fue 0,06%, el índice de saponificación fue de 192,49 mg KOH/g y el índice de peróxido de 3,5 meqO<sup>2</sup>/kg. Por otro lado, presentó los valores más bajos en la presencia de compuestos contaminantes del aceite con un valor de 0,41 ppm. Por último, se obtuvo excelentes resultados en las pruebas microbiológicas sin la presencia de microorganismos que afecten la calidad del aceite. Por todo ello se establece que el método de Prensado en frío y estado fisiológico maduro son los mejores parámetros para mantener las características fisicoquímicas en la obtención de aceite comestible.

*Palabras claves:* aceite de guanábana, estado fisiológico, método de extracción, características fisicoquímicas, compuestos contaminantes.

### Abstract

The objective of this research was to study the physicochemical characteristics and contaminating compounds of soursop oil (*Annona muricata*) in three physiological states, using three extraction methods. The research was conducted at the Bromatology Laboratory of the Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", located in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Luz de América parish. A bifactorial experimental design was established: physiological state (pinto, ripe and overripe) and extraction method (cold pressed, hot pressed and Soxhlet), conducted in DBCA for 9 treatments with three replicates, with a total of 27 experimental units. A study was conducted to evaluate the quality of soursop oil by means of physical, chemical, toxicological and microbiological tests. To determine if there were significant differences between treatments, the Tukey test was applied with a significance level of ( $p > 0.05$ ). The results showed that the best treatment in terms of yield was T4 with 14.05%, with the best results in this treatment with a density (0.902 g/cm<sup>3</sup>), ash (0.045%), humidity (0.045%) and moisture (0.045%), 045%), moisture (0.17%), pH (3.98) and finally, impurities (0.01%) in the physical variables, while the acidity was 0.06%, the saponification index was 192.49 mg KOH/g and the peroxide index was 3.5 meqO<sub>2</sub>/kg. On the other hand, it presented the lowest values in the presence of oil contaminating compounds with a value of 0.41 ppm. Finally, excellent results were obtained in the microbiological tests without the presence of microorganisms that affect the quality of the oil. Therefore, it is established that the cold pressing method and the physiological state of maturity are the best parameters for maintaining the physicochemical characteristics for obtaining edible oil.

*Keywords:* soursop oil, physiological state, extraction method, physicochemical characteristics, polluting compounds.

## Capítulo I

### Introducción

La Guanábana (*Annona muricata*) se considera un frutal tropical que pertenece a la familia Annonaceae, el árbol frutal es originario de la América tropical donde se encuentra ampliamente distribuida, se presume que exactamente se originó en las llamadas “Indias Occidentales”, pero también es cultivada en otras regiones tropicales y subtropicales del mundo, tales como Ecuador, Brasil, Colombia, Venezuela, América central, Las Antillas y el Sur de México, incluso la India (INIAP, Guanábana, 2014).

Brasil es reconocido como el principal productor de este cultivo, seguido de Colombia y Ecuador. En estos países, se han tecnificado grandes extensiones de plantaciones que proveen al mercado de ciudades importantes como Brasilia, Sao Paulo, Bogotá, Cali, Quito, Guayaquil, y otras más (UAGRARIA, 2021).

En Ecuador, la fruta en cuestión es considerada como una de las más prometedoras debido a su precio atractivo en el mercado. Las principales zonas de producción están en la Península de Santa Elena y Guayas, donde las parcelas están completamente tecnificadas. Sin embargo también existen otros lugares donde se cultiva esta fruta, como la región Sur de Manabí y las zonas rurales de Santo Domingo de los Tsáchilas, en donde los agricultores están trabajando para cosechar una fruta totalmente orgánica (INIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias , 2014).

La superficie cultivada de guanábana en el Ecuador es de aproximadamente 250 ha entre cultivos aislados y tecnificados de acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, su producción es de 1 166 Toneladas al año (Blacio, 2009).

El cultivo de guanábana es un sistema productivo con gran potencial para incrementar el desarrollo agroindustrial ya que puede ser industrializada en productos como: pulpas, helados, bolos, jugos, jaleas, licores, concentrados, yogurt, etc. (VILLAFUERTE, 2011). Además, este procesamiento agroindustrial produce una gran cantidad de semillas, las cuales son utilizadas para la elaboración de subproductos agrícolas, como los insecticidas.

En relación a las semillas, se ha descubierto que estas contienen una cantidad generosa de aceite, por lo que su extracción se considera como un medio viable para aprovechar dichos recursos. Entre sus características más notorias, sus aceites están compuestos en promedio por el 35,68% de ácidos grasos saturados (ácido palmítico, esteárico y dodecanoico) y un 64,89% de insaturados (oleico, linoleico, palmitoleico y linolénico) (Dorado, Hurtado, & Martínez, 2016).

Las semillas representan solo el 20% a 25% del peso total de una guanábana madura, y son consideradas como desechos del procesamiento de la fruta, ya que no son comestibles y no tienen un uso valioso. Por lo tanto, su disposición final puede ocasionar una contaminación ambiental (Dorado, Hurtado, & Martínez, 2016).

Por consiguiente, una posible solución a este problema es extraer aceite de las semillas de guanábana, que contienen almendras con un alto contenido de ácido oleico, lo cual es beneficioso. Este aceite vegetal se puede obtener por Prensado en frío, Prensado en caliente y el Método Soxhlet. También se sabe que las semillas oleaginosas contienen ácidos grasos esenciales como el ácido oleico, el ácido linoleico, el ácido linolénico, etc. que son necesarios para la salud humana (NONALAYA & MARCAÑAUPA, 2017).

Los resultados de este estudio proporcionaran una referencia bibliográfica para futuras investigaciones y también beneficiará a las zonas rurales y pequeñas empresas agroindustriales, brindando alternativas industriales para el aprovechamiento de los residuos en la industria alimentaria.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Estudiar las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (*Annona muricata*) considerando distintos estados fisiológicos y métodos de extracción.

### ***Objetivos específicos***

- Analizar la incidencia de los estados fisiológicos de la guanábana para la obtención de aceite: Pintona, madura y sobremadura.
- Identificar el método de extracción más eficiente en la obtención de aceite de guanábana: Extracción de aceite prensado en frío, extracción de aceite prensado en caliente y método Soxhlet.
- Determinar las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite obtenido.
- Demostrar mediante un balance de materiales el rendimiento en la obtención de aceite de guanábana.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis para el Factor A (Estados fisiológicos)***

**Ho:** Los diferentes estados fisiológicos de la guanábana no influyen para la obtención del aceite.

**Ha:** Los diferentes estados fisiológicos de la guanábana influyen para la obtención del aceite.

### ***Hipótesis para el Factor B (Métodos de extracción)***

**Ho:** Los diferentes métodos de extracción no influyen en las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana.

**Ha:** Los diferentes métodos de extracción influyen en las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana.

## Capítulo II

### Revisión literaria

#### Origen de la guanábana

La guanábana es originaria de las zonas tropicales de América del Sur y solo había algunos árboles aislados en el pasado, pero la importancia de la fruta en los mercados agroindustriales locales e internacionales ha despertado el interés en la comercialización de este cultivo. Este cultivo está distribuido por toda América tropical, se encuentra en regiones cálidas de Ecuador, Brasil, Colombia, Venezuela, Centroamérica, Las Antillas y el Sur de México (INIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias , 2014).

#### Clasificación taxonómica

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Magnoliales
- **Familia:** Annonaceae
- **Subfamilia:** Annonoideae
- **Tribu:** Annoneae
- **Género:** Annona
- **Especie:** *A. muricata* L.

#### Descripción Botánica

##### ***Raíz***

Debido a su extenso sistema radicular, pueden soportar periodos de sequía relativamente largos, las raíces pueden tener más de un metro de profundidad. Al elegir un sitio

para establecer una plantación comercial, se recomienda buscar un suelo con esa profundidad mínima efectiva (Castro, 2018).

### ***Tallo***

Presenta tallos grises y rectos, se ramifica a baja altura.

### ***Hojas***

Las hojas son enteras, alternas y simples con un color verde brillante, presentan una forma alargada, desprenden un olor característico al estrujarlas (Castro, 2018).

### ***Flores***

Poseen tres sépalos, tiene de tres a seis pétalos y abundantes estambres, tiene varios pistilos y únicamente un óvulo (Castro, 2018).

### ***Frutos***

Son de forma irregular, a veces ovaladas o en forma de corazón, y tienen un característico color verde oscuro. La pulpa es blanca, cremosa, carnosa y jugosa, con una acidez baja y sabor agradable (NONALAYA & MARCAÑAUPA, 2017).

### ***Semillas***

Se encuentran diseminadas en la pulpa, presentan un color negro y brillante.

## Parámetros agroclimáticos

- **Zonas:** Subtropicales.
- **Altitud:** 300 a 750 msnm.
- **Temperatura:** 20,5 a 32,5°C en el día y de 13 a 20°C en la noche
- **Precipitación:** 1200 mm a 16500 mm al año.
- **Humedad relativa:** 60 al 90%
- **Suelo:** Tiene la capacidad de adaptarse con facilidad a una variedad de tipos de suelo con diferentes niveles de profundidad y textura, como suelos francos, suelos arcillosos francos, suelos limosos francos y suelos arenosos francos.
- **pH:** De neutros a ligeramente ácidos (5,5 a 7) (INIAP, Guanábana, 2014).

## Usos e importancia

La pulpa de guanábana se utiliza principalmente en la elaboración de helados, bolos, yogurt, jalea, cremas, sorbetes, jugos y en ensaladas de frutas para dar a los postres un aroma y sabor tradicional (Anguisaca, 2015).

Esta fruta es rica en vitaminas como la vitamina B, vitamina C y minerales (potasio, magnesio, cobre, hierro, calcio y zinc), que ayudan a robustecer el sistema inmunológico. Por todos estos componentes, es considerada una fruta con muchas propiedades medicinales y cosméticas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

Por otro lado, en medicina tradicional se recomienda consumir el fruto y las hojas para problemas digestivos como el estreñimiento incluida la diarrea, ayuda a aumentar las bacterias buenas en el intestino y a reducir la acidez estomacal. Inclusive tanto las hojas como el fruto

contienen compuestos naturales que pueden ser beneficiosos para tratar el cáncer de próstata, pero se necesita más investigación científica para confirmarlo (González, 2014).

## Valor nutricional

**Tabla 1**

*Valor nutricional del aceite de Guanábana*

COMPUESTO	CANTIDAD
Valor nutricional por cada 100g	
Calorías	53.1 – 61.3 J
Agua	82,800 mg
Carbohidratos	14,630 mg
Grasas	970 mg
Proteína	1,000 mg
Fibra	790 mg
Cenizas	600 mg
Calcio	10,3 mg
Fósforo	27,7 mg
Sodio	14 mg
Magnesio	21 mg
Hierro	0,64 mg
Zinc	0,1 mg
Tiamina	0,11 mg
Riboflavina	0,05 mg
Niacina	1,28 mg
Ácido ascórbico	29,6 mg
Vitamina B <sub>6</sub>	0,059 mg
Vitamina C	20,6 mg
Energía	66 cal

## Composición química del aceite

El aceite de guanábana contiene muchos ácidos grasos insaturados (ácidos oleico y linoleico), al rededor del 64% (Dorado, Hurtado, & Martínez, 2016).

## Caracterización del aceite en semillas de guanábana

Entre los ácidos grasos que se encuentran presentes en las semillas de guanábana tenemos al ácido palmítico, ácido esteárico, ácido linoleico, ácido oleico y ácido linolénico.

- **Ácido palmítico:** Es un ácido graso saturado de cadena larga compuesto por 16 átomos. Es un sólido cristalino, incoloro y con un ligero tinte amarillo. Es insoluble en agua, tiene un sabor prácticamente insípido y es un ácido débil. Es uno de los principales ácidos grasos que se encuentran en el aceite de palma (80%), principalmente en el 1er y 3er lugar de los triglicéridos (Valenzuela, 2008).
- **Ácido esteárico:** Es una grasa saturada que se encuentra en la mayoría de las grasas animales y vegetales, corresponde al ácido mono carboxílico con una cadena lineal de 18 átomos, que tiene un impacto negativo en la salud ya que afecta a los niveles de triglicéridos, el colesterol LDL y otros factores relacionado con la salud (Martínez & Zúñiga, 2018).
- **Ácido linoleico:** Es un ácido graso esencial, poliinsaturado y con dos dobles enlaces que no puede ser sintetizado por el organismo, por lo que debe ser adquirido a través de la dieta, por eso se lo conoce como la serie omega 6, se encuentra presente en la semilla de linaza y el aceite de oliva. El ácido araquidónico es un derivado de este ácido esencial el cual es fundamental para la formación y función del sistema nervioso y visual (Cerón, Osorio, & Hurtado, 2012).
- **Ácido oleico:** Es una grasa mono insaturada presente en aceites vegetales como el aceite de oliva y el aceite de aguacate. Tiene efectos beneficiosos sobre los vasos sanguíneos, ayuda a reducir enfermedades cardiovasculares y hepáticas (Martínez & Zúñiga, 2018).
- **Ácido linolénico:** Es un ácido graso con varios enlaces dobles entre los átomos de carbono, se encuentra principalmente en los llamados aceites secantes (aceite de linaza), en este aceite es el principal ácido graso (Jiménez, Masson, & Quitral, 2013).

**Tabla 2**

*Ácidos grasos presentes en la semilla de guanábana (Annona muricata)*

<b>Identificación Ácido Grasos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Ácido palmítico	26,60
Ácido esteárico	5,89
Ácido linoleico	33,47
Ácido oleico	27,77
Ácido linolénico	3,28

*Nota.* Recuperado de (Martínez & Zúñiga, 2018).

### **Métodos de extracción de aceites vegetales**

#### ***Extracción de aceite prensado en caliente***

Las semillas se calientan para formar membranas celulares más absorbentes al paso de las grasas, esta etapa mejora los rendimientos de extracción cuando las semillas tienen un adecuado rango de humedad (Brossard, Ferrari, Pighinellia, & Parka, 2010).

#### ***Extracción de aceite prensado en frío***

Se trata de un sistema mediante el cual se extrae el jugo de la aceituna por medio de presión, logrando de esta manera separar el aceite y el agua que lo componen, obteniendo dicho material a una temperatura menor de 27°C.

### ***Ventajas y desventajas***

#### **Ventajas:**

- Permite conservar todas y cada una de las propiedades que tiene la aceituna.
- El aceite es de mayor calidad.
- Asegura una mayor higiene y seguridad.

**Desventajas:**

- Se obtiene menos rendimiento (Masia, 2017).

***Método de extracción Soxhlet***

Este es un método de separación en matrices sólidas basado en la extracción absoluta con una fracción fresca de disolvente orgánico que recircula a través de un dedal de vidrio hasta la muestra; este método es intensivo en disolvente y consume mucho tiempo, requiere pasos adicionales de purificación y concentración.

Se basa en colocar el solvente en un matraz, la ebullición del solvente que se evapora en un condensador de reflujo, el condensado que cae en el contenedor tiene un cartucho de textura porosa que contiene la muestra en su interior, el aumento del nivel del solvente que cubre el cartucho hasta que haya un reflujo que regresa con el respectivo material extraído hacia el balón; esto sucede tantas veces como sea necesario para que se agote la muestra, y finalmente lo extraído se concentre en el matraz de solvente (Romero, Amaya, Miranda, & García, 2018).

***Ventajas y desventajas*****Ventajas:**

- La muestra está en contacto constante con porciones continuas de disolvente.
- La extracción se realiza con disolventes calientes, ya que esto favorece la solubilidad de los analitos.
- No necesita de filtración posterior a la extracción.
- Alta capacidad de recuperación e instrumentación simple.

**Desventajas:**

- Proceso lento e imposible de acelerar.
- Necesita de gran cantidad de disolvente (50-300 mL).

- Necesidad de una etapa de evaporación final.
- Tiempo requerido para la extracción es normalmente entre 6-24 horas (Romero, Amaya, Miranda, & García, 2018).

## **Análisis Físicoquímico de Aceites**

Los análisis físicoquímicos de los aceites tienen diversos parámetros descritos a continuación:

### ***Pruebas físicas***

- ***Solubilidad***

Prueba en la que se toma en cuenta la participación o carencia en la sustancia de algunos grupos funcionales y su posible interacción de los mismos con las moléculas de solvente

- ***pH***

Se define como el valor dado por un potenciómetro que puede reproducir el valor del pH de 0.02 unidades utilizando dos electrodos indicadores sensibles a la actividad de iones de hidrógeno como referencia apropiada y electrodo de vidrio (Cruz & Melendez, 2004).

- ***Densidad***

Se conceptualiza como la masa de una sustancia por unidad de volumen.

- ***Absorbancia***

Brinda indicaciones sobre el grado de calidad y el estado de conservación de un aceite.

- ***Humedad***

Esta variable es un indicador de estabilidad y calidad, la cual es muy importante a tomar en cuenta en el almacenamiento, manejo y transporte (Cruz & Melendez, 2004).

- **Cenizas**

Este procedimiento se realiza para determinar la proporción del material en prueba que es volatilizado y sometido a condiciones específicas. Este procedimiento no destruye el material que se está probando (Cruz & Melendez, 2004).

- **Determinación de Impurezas por centrifugación**

Ayuda a determinar la cantidad de sedimento presente en la muestra (Cruz & Melendez, 2004).

### **Pruebas químicas**

- **Acidez**

Es considerado la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio que se implementa para neutralizar los ácidos grasos libres de un gramo de muestra.

- **Índice de peróxido**

Se trata de la cantidad de peróxidos expresada en mili equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa que se encuentra en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro de potasio en las condiciones de trabajo descritas, se caracteriza principalmente debido a que mide el estado de oxidación inicial de un aceite (Espínola & Moya, s.f.).

- **Índice de Saponificación**

Se trata de la cantidad de miligramos hidróxido de potasio (KOH) requeridos para lograr saponificar un gramo de lípido determinado y ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que constituye la grasa. Además, sirve para establecer la clasificación de aceites y grasas puesto que está inversamente relacionado con la longitud de los ácidos grasos que conforman los glicéridos de la grasa (Revuelta, 2017).

## Prueba toxicológica

- **Cianuro**

Es la cantidad en ppm permitida en un aceite para determinar su toxicidad o no debido a su degradación enzimática (Cruz & Melendez, 2004).

## Capítulo III

### Materiales y métodos

#### Ubicación del área de investigación

##### *Ubicación Política*

- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo de los Colorados
- Parroquia: Luz de América
- Sector: Km 24 - Vía Quevedo

*Nota.* Estación Agro Meteorológica Puerto Ila, Km34 Vía Quevedo

##### *Ubicación Ecológica*

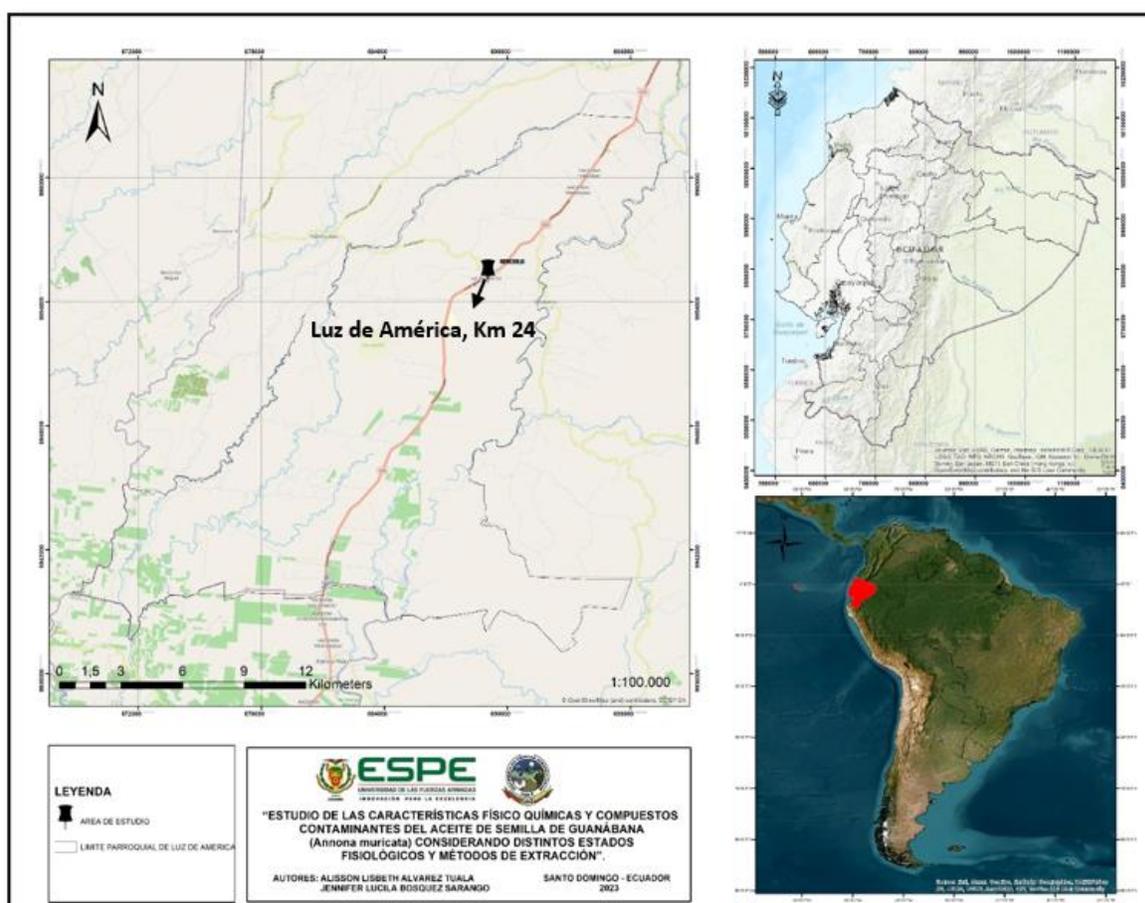
- Zona de vida: Bosque Húmedo Tropical
- Altitud: 224 msnm
- Temperatura media: 24°C
- Precipitación: 2860 mm
- Humedad relativa: 85%
- Heliofanía: 680 Horas luz/año
- Suelos: Franco – Arenoso

## Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología, en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Extensión Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo.

### Figura 1

Ubicación geográfica donde se desarrollará la investigación



Autoras: Alvarez, A; Bosquez, J. 2023

## Materiales

### *Extracción de aceite*

**Tabla 3**

*Recursos necesarios para la extracción del aceite por prensado en frío*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Prensa hidráulica	Frascos	Semillas secas
	Recipientes	De
	Cedazo	guanábana
	Lienzo	

**Tabla 4**

*Recursos necesarios para la extracción del aceite por prensado en caliente*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Prensa hidráulica	Frascos	Semillas secas de
Cocineta	Recipientes	guanábana
Baño María	Cedazo	
	Lienzo	
	Termómetro	

**Tabla 5**

*Recursos necesarios para la extracción del aceite por Soxhlet*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Extractor Soxhlet	Papel filtro	Éter Di etílico	Semillas secas y
Estufa	Pinza metálica		trituras de guanábana
Balanza analítica	Espátula		

## Materiales de Laboratorio

### *Rendimiento*

**Tabla 6**

*Recursos necesarios para la determinación del rendimiento del aceite*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitación	Balanza analítica	Aceite de
Probeta graduada		Guanábana

### *Determinación de la solubilidad*

**Tabla 7**

*Recursos necesarios para la determinación de la solubilidad*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Agitador	Tubos de ensayo	Éter etílico	Aceite de
	Gradilla	Agua destilada	Guanábana
	Pipeta	Cloroformo	
		Alcohol etílico	

### *Determinación de la coloración*

**Tabla 8**

*Recursos necesarios para la determinación de la coloración*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Agitador	Tubos de ensayo	Sudán III	Aceite de
	Gradilla		Guanábana
	Pipeta graduada		

**Determinación del pH****Tabla 9***Recursos necesarios para la determinación del pH*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Potenciómetro	Vaso de precipitación de 200 mL	Aceite de Guanábana

**Determinación de la densidad****Tabla 10***Recursos necesarios para la determinación de la densidad*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Cocineta	Picnómetros de 10 mL	Aceite de
Termómetro		Guanábana

**Determinación de humedad****Tabla 11***Recursos necesarios para la determinación de humedad*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Balanza analítica	Pinzas	Aceite de Guanábana
Estufa	Cajas Petri	

**Determinación de cenizas****Tabla 12***Recursos necesarios para la determinación de cenizas*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Estufa	Desecador	Agua destilada	Aceite de
Mufla	Crisoles		Guanábana

**Determinación de impurezas por centrifugación****Tabla 13***Recursos necesarios para la determinación de impurezas por centrifugación*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Centrifuga	Tubos de ensayo 10 mL	Aceite de guanábana

**Determinación de absorbancia****Tabla 14***Recursos necesarios para la determinación de absorbancia*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Muestra</b>
Espectrofotómetro	Cuarzos	Aceite de
Termo		guanábana
Espectronico		
Genesys 10		
Uv/vis		

**Índice de saponificación****Tabla 15***Recursos necesarios para la determinación de saponificación*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Equipo de titulación	Vasos de precipitación	Ácido Clorhídrico	Aceite de
Plancha térmica	de 200 mL	KOH (0,5N)	guanábana
magnética	Matraz Erlenmeyer	Fenolftaleína	
Agitador	de 250 mL		

**Determinación de la acidez****Tabla 16***Recursos necesarios para la determinación de la acidez*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Potenciómetro	Vasos de precipitación	Alcohol neutro	Aceite de
Equipo de titulación	de 200 mL	NaOH (0,1N)	guanábana
Plancha térmica magnética		Fenolftaleína	
Agitador			

**Índice de peróxido****Tabla 17***Recursos necesarios para la determinación del índice de peróxido*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Equipo de titulación	Vasos de precipitación	Ácido acético	Aceite de
Plancha térmica	de 200 mL	Cloroformo	guanábana
magnética	Matraz Erlenmeyer	Yoduro de potasio	
Agitador	de 250 mL	Tiosulfato Sódico	
		Solución de Almidón	
		(0,1N)	

## ***Determinación del cianuro del aceite***

**Tabla 18**

*Recursos necesarios para la determinación del contenido de cianuro del aceite*

<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Equipo de titulación	Matraz Erlenmeyer	Nitrato de Cadmio	Aceite de
Plancha térmica	de 250 mL	Nitrato de Plata	guanábana
magnética			
Agitador			

## **Métodos**

### ***Obtención de la materia prima***

Se recolectó las semillas de guanábana considerando tres estados fisiológicos (pintona, madura y sobremadura) para la obtención del aceite, se pesó 3 kg de cada uno de los estados y se las secó en la estufa a 65°C.

### ***Extracción del aceite***

Se empleó tres métodos para la extracción y obtención del aceite de las semillas de guanábana:

**Primer método:** Fue mediante prensado en frío, las semillas secas se introdujeron en una prensa hidráulica a través de un lienzo y se extrajo el aceite contenido en las semillas de guanábana.

**Segundo método:** Fue mediante prensado en caliente, se remojaron a las semillas en baño maría hasta que la temperatura alcance los 80°C, seguidamente se las introdujo a la prensa hidráulica mediante un lienzo y se extrajo el aceite contenido en las semillas de guanábana.

**Tercer método:** Fue mediante un extractor de grasas (Soxhlet) de seis puestos en el cual se colocó en papel filtro 20 g de muestra seca y triturada en cada uno de los dedales, para la extracción se utilizó el disolvente Éter etílico.

### ***Análisis fisicoquímico del aceite de guanábana***

Se determinó las propiedades del aceite obtenido según las Normas INEN, para el cual se evaluó acidez, solubilidad, coloración, Índice de saponificación, índice de peróxido, absorbancia, pH, densidad, humedad, cenizas y centrifugación, además, se realizó una prueba toxicológica en cada uno de los tratamientos con la finalidad de determinar el contenido de cianuro presente en el aceite obtenido.

### ***Balance de materiales agronómicos***

Se realizó un balance de materiales agronómicos por fases para la obtención del aceite de guanábana en cada uno de sus estados fisiológicos, tomando como referencia el flujo de diagrama de procesos.

## Diseño Experimental

### Factores a probar

**Tabla 19**

*Factores y niveles a probar en el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
Estado Fisiológico (A)	a1= Guanábana pintona
	a2= Guanábana madura
	a3= Guanábana sobremadura
Método de extracción (B)	b1= Prensado en frío
	b= Prensado en caliente
	b3= Método Soxhlet

### Tratamientos a comparar

**Tabla 20**

*Tratamientos a comparar en el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
T1	a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío
T2	a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente
T3	a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet
T4	a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío
T5	a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente
T6	a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet
T7	a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío
T8	a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente
T9	a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet

### **Tipo de diseño**

Se estableció un diseño experimental bifactorial (3 X 3), conducido en DBCA en el cual se consideró tres niveles en E (Estado Fisiológico) y tres niveles en M (Métodos de extracción).

### **Repeticiones**

Cada tratamiento se repitió tres veces, dando como resultado un total de 27 unidades experimentales.

### **Características de las unidades experimentales**

La unidad experimental consta de 700g de materia prima (semillas de guanábana), para cada repetición en cada uno de los tratamientos.

### **Análisis Estadístico**

#### **Esquema de análisis de varianza**

#### **Tabla 21**

*Esquema de análisis de varianza del estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de guanábana (Annona muricata)*

<b>Fuente de Variación</b>		<b>Grados de Libertad</b>
Estado Fisiológico (A)	E-1	2
Método de Extracción (B)	M-1	2
Estado Fisiológico * Método de Extracción	(E-1)(M-1)	4
Replicas	r-1	2
Error experimental	(n-1)-((t-1)+(r-1))	16
Total	(n-1)	26

### ***Coefficiente de Variación***

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100$$

**Dónde:**

**CV:** Coeficiente de variación

**CMe:** Cuadrado medio del error experimental

**X:** Media general del experimento

### ***Análisis funcional***

Para diferencias los resultados de las medias de los tratamientos se empleó la prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ), para identificar grupos independientes a fin de tomar decisiones.

### ***Variables a medir***

#### ***Rendimiento***

Se evaluó la cantidad de aceite obtenido en mL por cada kg de semillas.

#### ***Coloración***

Se colocó en una gradilla 2 tubos de ensayo por tratamiento, a cada uno se le añadió 2mL de aceite y de 4-5 gotas de solución alcohólica de Sudán III, se agitó a ambos tubos y se dejó reposar.

## **Pruebas fisicoquímicas**

### ***Determinación de la solubilidad***

Se tomó en consideración la normativa para determinar la solubilidad en lípidos, la cual se describe a continuación:

Se colocó en una gradilla cuatro tubos de ensayos a los cuales se añadió 0,5 mL de la muestra de aceite, luego a cada tubo se añadió 1 mL de diferentes disolventes orgánicos (alcohol etílico, cloroformo, éter etílico) y también se probó con agua destilada, finalmente se dejó reposar por un lapso de 5 minutos y se observó si el aceite se disolvió o no.

### ***Determinación del pH***

Para este análisis se utilizó el procedimiento descrito en la Norma INEN 389, como se detalla a continuación:

Primeramente, se comprobó la validez del potenciómetro con la solución buffer con pH 4 a 30 °C, posteriormente se colocó en un vaso de precipitación 10 mL de aceite y se introdujo el electrodo respectivo del potenciómetro hasta obtener la lectura final en cada una de las muestras.

### ***Determinación de la densidad***

Se empleó la metodología establecida por la Norma (INTE INEN 35:2012) que se detalla a continuación:

Se pesó los picnómetros de 10 mL vacíos y secos, luego se los llenó con agua destilada recién hervida y enfriada a 20 °C, posteriormente se los sumergió a baño maría a 25 °C por un lapso de 30 minutos ya pasado ese tiempo se pesaron nuevamente, este procedimiento se lo

realizó con cada una de las muestras de aceite de los tratamientos. Esta variable se calculó mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

**$d_{25}$**  = Densidad relativa a 25/25 °C

**$m$**  = masa del picnómetro vacío, en (g)

**$m_1$**  = masa del picnómetro con agua destilada, en (g)

**$m_2$**  = masa del picnómetro con la muestra, en (g)

### ***Determinación de la absorbancia***

Se utilizó un Espectrofotómetro o Termo Espectronico Genesys 10 Uv/vis.

### ***Determinación de la humedad***

Se tomó el peso de las cajas Petri para después de ello agregar 5g de muestras del tratamiento y repetición correspondiente, se la rotuló y seguido a ello se las colocaron en la estufa a una temperatura de 130 °C durante 3 horas. Se pesaron las cajas Petri para desarrollar la fórmula de determinación de humedad.

$$H = (m_o - m_s) \times \frac{100}{m_o}$$

Donde:

**$H$**  = humedad en porcentaje de masa

**$m_o$**  = masa de la muestra inicial, en gramos

**$m_s$**  = masa de muestra seca, en gramos

### **Determinación de cenizas**

En el desarrollo de esta variable se implementó la metodología de la Norma Técnica (NTE INEN 348, 1978), siguiendo los siguientes pasos:

Se tomó el peso de los crisoles donde después se agregó 3g de muestra para llevarlo al mechero y de esta manera se incineró la muestra. Una vez finalizado dicho proceso se colocaron los crisoles con las muestras en la mufla por un tiempo de 4 horas a 600°C, luego se lo ubicó en el desecador por 45 minutos, y se tomó el peso final para desarrollar la fórmula correspondiente.

$$\%C = 100 \frac{m3 - m1}{m2 - m1}$$

Donde:

**% C** = Porcentaje de cenizas

**m1** = masa de la capsula vacía (g)

**m2** = masa de la capsula con la muestra (g)

**m3** = masa de la capsula con las cenizas (g)

### **Determinación de la acidez**

Según la Norma Técnica INEN 38: 1973-08, se describe la siguiente metodología:

Se pesó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, 50 g de la muestra de aceite, luego se añadió 100 mL de Alcohol Neutro y tres gotas de fenolftaleína, seguidamente se tituló con Hidróxido de Sodio al 0,1 N hasta alcanzar el color rosa suave persistente durante aproximadamente unos 30 segundos. El índice de acidez puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{56,1 V * N}{m}$$

Donde:

**IA** = Índice de acidez de la muestra

**V** = Volumen de la solución de NaOH 0.1 N usados en la valoración

**N** = Normalidad de la solución de NaOH 0.1 N

**m** = Masa de la muestra analizada

### ***Índice de peróxido***

En el desarrollo de esta variable se implementó la metodología de la Norma Técnica (NTE INEN 277, 1978), siguiendo los siguientes pasos:

Se tomó un matraz Erlenmeyer de tapa esmerilada de 250 cm<sup>3</sup> donde se colocó 5 mL de la muestra de aceite, continuamente se agregó 30 cm<sup>3</sup> de la solución de Ácido acético y cloroformo para proceder a agitar el matraz. Luego se añadió 0,5 cm<sup>3</sup> de la solución saturada de yoduro de potasio, agitando nuevamente el contenido por 1 minuto, después de ello se adjuntó 30 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Con ayuda de la solución 0,1 N de Tiosulfato de sodio se tituló gradualmente y se agitó de manera constante su contenido hasta el punto que la coloración amarilla casi desaparezca, después se añadió 0,5 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora de almidón y de la misma forma se continuó la titulación con la solución 0,1 N de Tiosulfato de sodio hasta que la coloración azul que se tornó haya desaparecido de manera completa.

Además de ellos, se efectuó un blanco donde se desarrolló el mismo procedimiento, con diferencia que no se agregó los 5 mL de la muestra de aceite, todo esto con la finalidad de poder calcular el índice de peróxido implementando una determinada fórmula.

$$I = \frac{vN}{m} 1\,000$$

Donde:

**I** = Índice de peróxido en meq. de O<sub>2</sub> por kilogramo del producto

**v** = Volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra en cm<sup>3</sup> (corregido del blanco)

**N** = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

**m** = Masa de la muestra analizada en g

### ***Índice de saponificación***

Para esta prueba se empleó la Norma INEN 40, como se describe a continuación:

Se colocó en un matraz con tapón esmerilado 2 g de la muestra de aceite y se agregó 25 mL de solución alcohólica de hidróxido de potasio 0,5 N, luego se puso al matraz a baño maría durante 30 minutos agitando constantemente, después se dejó enfriar y posteriormente se tituló con solución 0,5 N de ácido clorhídrico, empleando dos gotas de fenolftaleína como indicador. Se realizó simultáneamente un blanco. Esta variable se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$I.S = \frac{(C1 - C2) \times 28,05}{P}$$

Donde:

**I.S** = Índice de saponificación del producto en mg/g

**C1** = Gasto del blanco en la valoración (HCL)

**C2** = Gasto en la valoración con muestra

**P** = Gramos de muestra

## Prueba toxicológica

### *Determinación del Cianuro del aceite*

Se tomó un matraz Erlenmeyer de tapa esmerilada de 250 cm<sup>3</sup> donde se colocó 2,5mL de la muestra de aceite, después se agregó 10 mL de Nitrato de Cadmio y se filtró por algunos minutos en un papel filtro. En la solución que se obtuvo se agregó 3 gotas de Yoduro de potasio al 10% para proceder a titular con Nitrato de plata llegando a una tonalidad amarillo escarlata, se tomó en cuenta el desgaste para aplicar su determinada fórmula.

$$NaCN = \frac{a}{V}$$

Donde:

**NaCN** = Cianuro de sodio en ppm.

**a** = Volumen de la solución de Nitrato de plata implementado.

**V** = Volumen de la muestra

## Pruebas microbiológicas

Se preparó una solución de peptona al 5% y se procedió a colocar 9 mL en cada uno de los tubos de ensayo hasta obtener una disolución de 10<sup>-3</sup> en el T4, que resultó ser el mejor tratamiento, se inoculó esta disolución en cada una de las láminas de Petri Film correspondiente a Mohos y levaduras, Aerobios, Salmonella, E. Coli, Enterobacterias y Coliformes. Posteriormente se llevó al Petri Film de mohos y levaduras a una temperatura ambiente por 72 horas, mientras que el restante de Petri Film se los llevo a una temperatura de 30°C por 48 horas, finalmente transcurrido el respectivo tiempo se hizo el conteo de colonias, llevando las láminas Petri Film al equipo contador de colonias, para poder aplicar la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{UFC}{ml}\right) = \frac{n * f}{v}$$

Donde:

***n*** = Número de colonias por placa.

***a*** = factor de dilución.

***V*** = Volumen inoculado en la placa.

## Capítulo IV

### Resultados

#### Resultados cualitativos del aceite de semilla de guanábana

#### *Resultados cualitativos para la variable de solubilidad*

**Tabla 22**

*Resultados cualitativos para la variable de solubilidad*

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Alcohol etílico</b>	<b>Cloroformo</b>	<b>Éter etílico</b>	<b>AGUA DESTILADA</b>
G. pintona + Prensado en frío	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. pintona + Prensado en caliente	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. pintona + Método Soxhlet	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. madura + Prensado en frío	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. madura + Prensado en caliente	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. madura + Método Soxhlet	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. sobremadura +	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. sobremadura +	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No
G. sobremadura +	1	No	Si	Si	No
	2	No	Si	Si	No
	3	No	Si	Si	No

Según los resultados obtenidos del análisis cualitativo para **solubilidad** en la **Tabla 22** señala que el aceite de semilla de guanábana es soluble en Cloroformo y Éter Etilico, mientras que resultó ser insoluble en Alcohol etílico y Agua destilada, ya que se visualizó la capa de aceite separada.

### **Resultados cualitativos para la variable de coloración**

**Tabla 23**

*Resultado cualitativos para la variable de coloración*

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Sudán III</b>
<b>T1</b>	G. pintona +	1	Teñido
	Prensado en frío	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T2</b>	G. pintona +	1	Teñido
	Prensado en caliente	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T3</b>	G. pintona +	1	Teñido
	Método Soxhlet	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T4</b>	G. madura +	1	Teñido
	Prensado en frío	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T5</b>	G. madura +	1	Teñido
	Prensado en caliente	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T6</b>	G. madura +	1	Teñido
	Método Soxhlet	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T7</b>	G. sobremadura +	1	Teñido
	Prensado en frío	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T8</b>	G. sobremadura +	1	Teñido
	Prensado en caliente	2	Teñido
		3	Teñido
<b>T9</b>	G. sobremadura +	1	Teñido
	Método Soxhlet	2	Teñido
		3	Teñido

Según los resultados obtenidos del análisis cualitativo para **coloración** en la **Tabla 23** señala que el aceite de semilla de guanábana frente al Reactivo de Sudán III se tiñó de color rojo anaranjado en cada uno de los tratamientos.

### Resultados del rendimiento, características fisicoquímicas, toxicológicas y microbiológicas del aceite de semilla de guanábana

#### *Análisis de varianza para la variable de rendimiento*

**Tabla 24**

*Análisis de varianza para la variable de rendimiento*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	44,089	2	22,0445	93548,43	0,0000
B: Método de extracción	123,343	2	61,6714	261709,64	0,0000
C: Réplicas	0,000362963	2	0,000181481	0,77	0,4794
AB	24,7195	4	6,17987	26224,99	0,0000
Error experimental	0,00377037	16	0,000235648		
TOTAL	192,155	26			

En la **Tabla 24** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A), Método de extracción (Factor B) y la interacción A\*B. Por otro lado, no se evidencia diferencia significativa en Réplicas, demostrando normalidad.

**Análisis de varianza para la variable de pH**

**Tabla 25**

*Análisis de varianza para la variable pH*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,997317	2	0,498658	7,34	0,0055
B: Método de extracción	0,316717	2	0,158358	2,33	0,1292
C: Replicas	0,136939	2	0,0684694	1,01	0,3869
AB	1,56658	4	0,391646	5,77	0,0045
Error experimental	1,08641	16	0,0679007		
TOTAL	4,10397	26			

En la **Tabla 25** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A) y la interacción A\*B. Por otro lado, no se evidencia diferencia significativa en el Método de extracción (Factor B) y Réplicas.

**Análisis de varianza para la variable de densidad**

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para la variable de densidad*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,00151497	2	0,000757484	6,77	0,0074
B: Método de extracción	0,00534223	2	0,00267112	23,88	0,0000
C: Replicas	0,0010552	2	0,000527598	4,72	0,0245
AB	0,00109263	4	0,000273158	2,44	0,0891
Error experimental	0,00178936	16	0,000111835		
TOTAL	0,0107944	26			

En la **Tabla 26** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A), Método de extracción (Factor B) y las Réplicas. Por otro lado, no se evidencia diferencia significativa en la interacción A\*B.

**Análisis de varianza para la variable de absorbancia**

**Tabla 27**

*Análisis de varianza para la variable de absorbancia*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,697257	2	0,348629	2,39	0,1235
B: Método de extracción	40,0236	2	20,0118	137,23	0,0000
C: Réplicas	0,505683	2	0,252841	1,73	0,2082
AB	1,87216	4	0,46804	3,21	0,0410
Error experimental	2,33329	16	0,145831		
TOTAL	45,432	26			

En la **Tabla 27** se observa diferencia significativa en el Método de extracción (Factor B) y la interacción A\*B. Mientras que en el Estado fisiológico (Factor A) y Réplicas no existió diferencia significativa.

**Análisis de varianza para la variable de humedad**

**Tabla 28**

*Análisis de varianza para la variable de humedad*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,0139075	2	0,00695374	10,66	0,0011
B: Método de extracción	0,0127044	2	0,00635222	9,74	0,0017
C: Réplicas	0,00240434	2	0,00120217	1,84	0,1905
AB	0,00661496	4	0,00165374	2,53	0,0809
Error experimental	0,0104389	16	0,000652429		
TOTAL	0,0460701	26			

En la **Tabla 28** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A) y Método de extracción (Factor B). Mientras que en las Réplicas e interacción A\*B no existió diferencias significativas.

**Análisis de varianza para la variable de ceniza**

**Tabla 29**

*Análisis de varianza para la variable de ceniza*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,0263167	2	0,0131583	1,63	0,2262
B: Método de extracción	0,00431667	2	0,00215833	0,27	0,7683
C: Réplicas	0,0288	2	0,0144	1,79	0,1992
AB	0,0608833	4	0,0152208	1,89	0,1615
Error experimental	0,1289	16	0,00805625		
TOTAL	0,249217	26			

En la **Tabla 29** se observa que no existió diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A), Método de extracción (Factor B), Réplicas e interacción A\*B.

### **Análisis de varianza para la variable de centrifugación**

**Tabla 30**

*Análisis de varianza para la variable de centrifugación*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,404867	2	0,202433	20,34	0,0000
B: Método de extracción	1,19727	2	0,598633	60,15	0,0000
C: Réplicas	0,0373556	2	0,0186778	1,88	0,1853
AB	0,777133	4	0,194283	19,52	0,0000
Error experimental	0,159244	16	0,00995278		
TOTAL	2,57587	26			

En la **Tabla 30** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A), Método de extracción (Factor B) y la interacción A\*B. Por otro lado, no se evidencia diferencia significativa en Réplicas, demostrando normalidad.

**Análisis de varianza para la variable de acidez**

**Tabla 31**

*Análisis de varianza para la variable de acidez*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GI</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,0240567	2	0,0120284	10,76	0,0011
B: Método de extracción	0,833029	2	0,416514	372,47	0,0000
C: Réplicas	0,0000640712	2	0,0000320356	0,03	0,9718
AB	0,211715	4	0,0529287	47,33	0,0000
Error experimental	0,0178919	16	0,00111824		
TOTAL	1,08676	26			

En la **Tabla 31** se observa diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A), Método de extracción (Factor B) e interacción A\*B, pero en Réplicas no se observa diferencia significativa.

**Análisis de varianza para la variable de índice de peróxido**

**Tabla 32**

*Análisis de varianza para la variable de índice de peróxido*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Estado fisiológico	0,518519	2	0,259259	0,90	0,4250
B: Método de extracción	29,6296	2	14,8148	51,61	0,0000
C: Réplicas	0,0740741	2	0,037037	0,13	0,8799
AB	9,92593	4	2,48148	8,65	0,0006
Error experimental	4,59259	16	0,287037		
TOTAL	44,7407	26			

En la **Tabla 32** se observa diferencia significativa en el Método de extracción (Factor B) e interacción A\*B, mientras que en el Estado fisiológico (Factor A) como en Réplicas no hay diferencia significativa.

**Análisis de varianza para la variable de índice de saponificación**

**Tabla 33**

*Análisis de varianza para la variable de índice de saponificación*

<i><b>FV</b></i>	<i><b>SC</b></i>	<i><b>GI</b></i>	<i><b>CM</b></i>	<i><b>Razón-F</b></i>	<i><b>Valor-P</b></i>
A: Estado fisiológico	733,038	2	366,519	1,52	0,2496
B: Método de extracción	2792,25	2	1396,12	5,77	0,0130
C: Réplicas	986,235	2	493,118	2,04	0,1626
AB	5758,57	4	1439,64	5,95	0,0039
Error experimental	3868,83	16	241,802		
TOTAL	14138,9	26			

En la **Tabla 33** se observa diferencia significativa en el Método de extracción (Factor B) e interacción A\*B. Por otro lado, no se evidencia diferencia significativa en el Estado fisiológico (Factor A) y en Réplicas.

**Análisis de varianza para la variable de contenido de cianuro**

**Tabla 34**

*Análisis de varianza para la variable de contenido de cianuro*

<i><b>FV</b></i>	<i><b>SC</b></i>	<i><b>GI</b></i>	<i><b>CM</b></i>	<i><b>Razón-F</b></i>	<i><b>Valor-P</b></i>
A: Estado fisiológico	0,00186667	2	0,000933333	1,38	0,2793
B: Método de extracción	0,389267	2	0,194633	288,35	<b>0,0000</b>
C: Réplicas	0,0008	2	0,0004	0,59	0,5646
AB	0,0101333	4	0,00253333	3,75	<b>0,0245</b>
Error experimental	0,0108	16	0,000675		
TOTAL	0,412867	26			

En la **Tabla 34** se observa diferencia significativa en el Método de extracción (Factor B) y en interacción A\*B. Tanto en el Estado fisiológico (Factor A) como en Réplicas no se observa diferencia significativa.

## Resultados del Estado fisiológico (Factor A)

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)*

**Tabla 35**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Estado fisiológico (Factor*

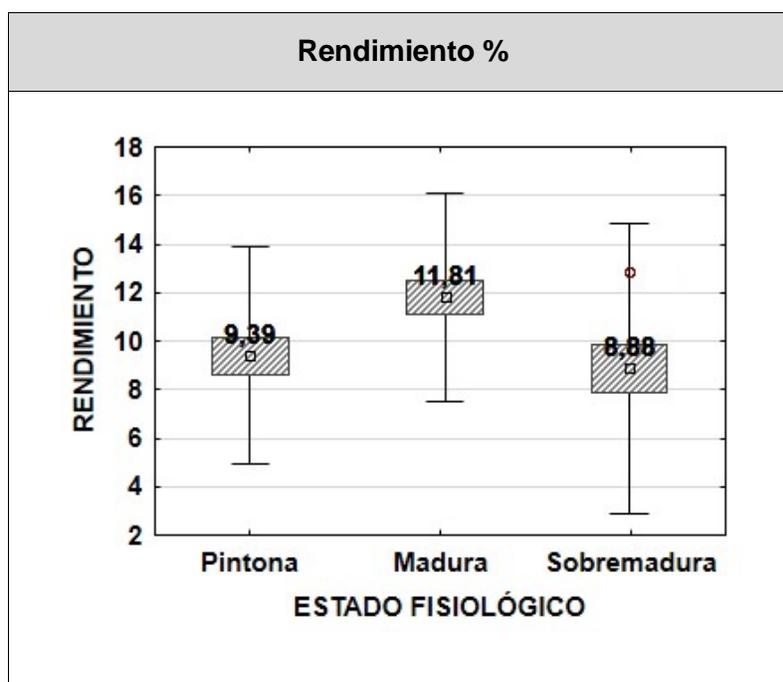
*A)*

Factor A	Rendimiento %
Estado Fisiológico	
a2: Madura	11,81 <sup>A</sup>
a1: Pintona	9,39 <sup>B</sup>
a3: Sobremadura	8,88 <sup>C</sup>

**Figura 2**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Estado fisiológico (Factor*

*A)*



De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), en la **Figura 2** se visualiza tres grupos independientes en cuanto al estado fisiológico de la siguiente manera: madura alcanzó mayor rendimiento (11,81%), mientras que pintona (9,39%) en un nivel medio y luego el estado sobremadura con un rendimiento (8,88%) que podríamos considerarlo un nivel bajo.

***Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)***

**Tabla 36**

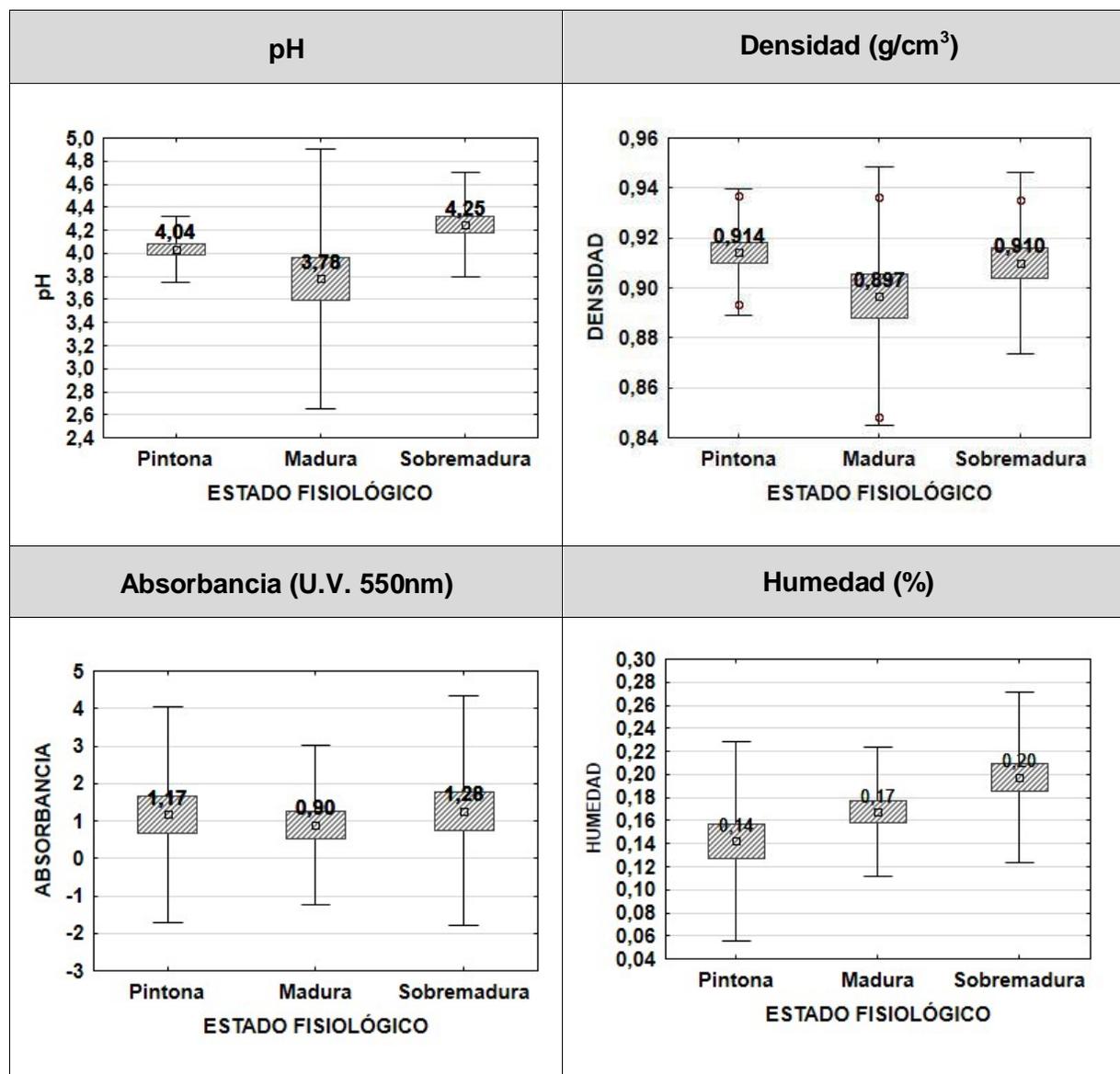
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Factor A (Estado fisiológico)*

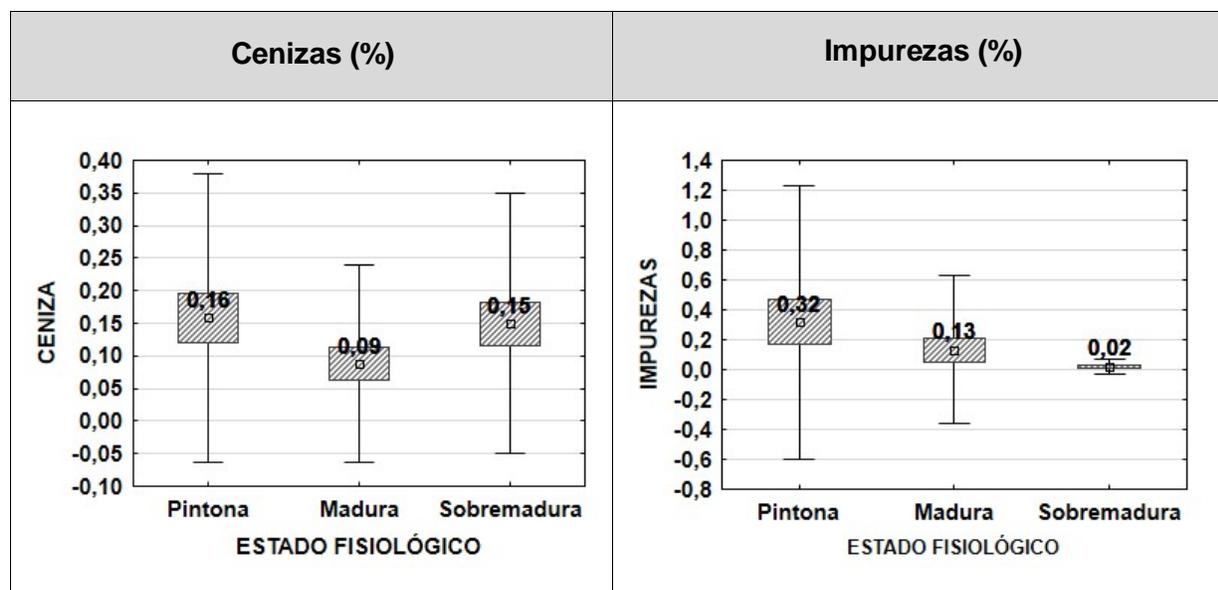
<b>Factor A</b>						
<b>Estado Fisiológico</b>	<b>pH</b>	<b>Densidad</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Humedad</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Impurezas</b>
a1: Pintona	4,04 <sup>AB</sup>	0,914 <sup>A</sup>	1,17 <sup>A</sup>	0,14 <sup>B</sup>	0,16 <sup>A</sup>	0,32 <sup>A</sup>
a2: Madura	3,78 <sup>B</sup>	0,897 <sup>B</sup>	0,90 <sup>A</sup>	0,17 <sup>AB</sup>	0,09 <sup>A</sup>	0,13 <sup>B</sup>
a3: Sobremadura	4,25 <sup>A</sup>	0,910 <sup>A</sup>	1,28 <sup>A</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,15 <sup>A</sup>	0,02 <sup>B</sup>

En la **Tabla 36** se observa los resultados obtenidos de las pruebas físicas del aceite de las semillas de guanábana, mostrando diferencias significativas respecto al estado fisiológico.

Figura 3

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)





La **Figura 3** muestra que el **pH** en el grupo A (a3: Sobremadura) presentó un pH alto (4,25); mientras que el grupo B (a2: Madura) mostró un pH bajo (3,78).

Para la **densidad** el estado fisiológico (a1: Pintona y a3: Sobremadura), resultó ser iguales estadísticamente con valores de 0,914 (g/cm<sup>3</sup>) y 0.910 (g/cm<sup>3</sup>) respectivamente, mientras que el estado fisiológico (a2: Madura), presentó diferencia significativa con una densidad de 0,897 (g/cm<sup>3</sup>).

En **absorbancia y cenizas** los resultados muestran que los estados fisiológicos (a1: Pintona, a2: Madura y a3: Sobremadura) fueron estadísticamente iguales con valores de (1,17 nm; 0,90 nm; 1,28 nm) y (0,16%; 0,09%; 0,15%) respectivamente.

El **porcentaje de humedad** se observó una mayor cantidad en el grupo A (a3: Sobremadura, 0,20%), y el menor contenido se mostró en el grupo B (a1: Pintona, 0,14%).

Para los resultados de **impurezas** por centrifugación el grupo A (a1: Pintona) presentó el mayor contenido de impurezas con un valor de 0,32%, mientras que el grupo B (a2: Madura y a3: Sobremadura) presentaron valores bajos de 0,13% y 0,02% respectivamente.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)**

**Tabla 37**

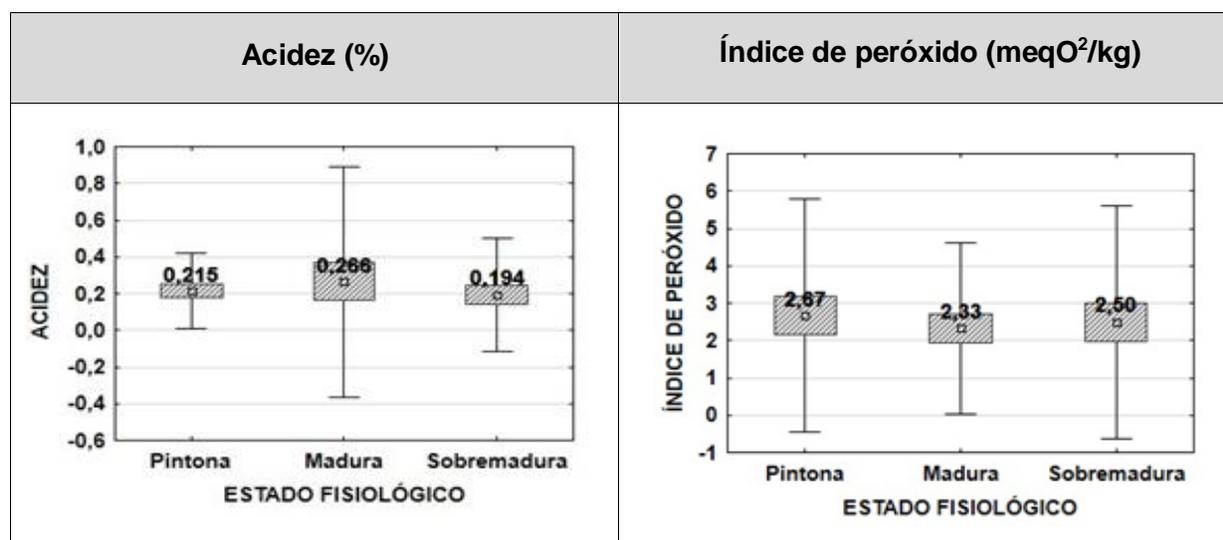
Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)

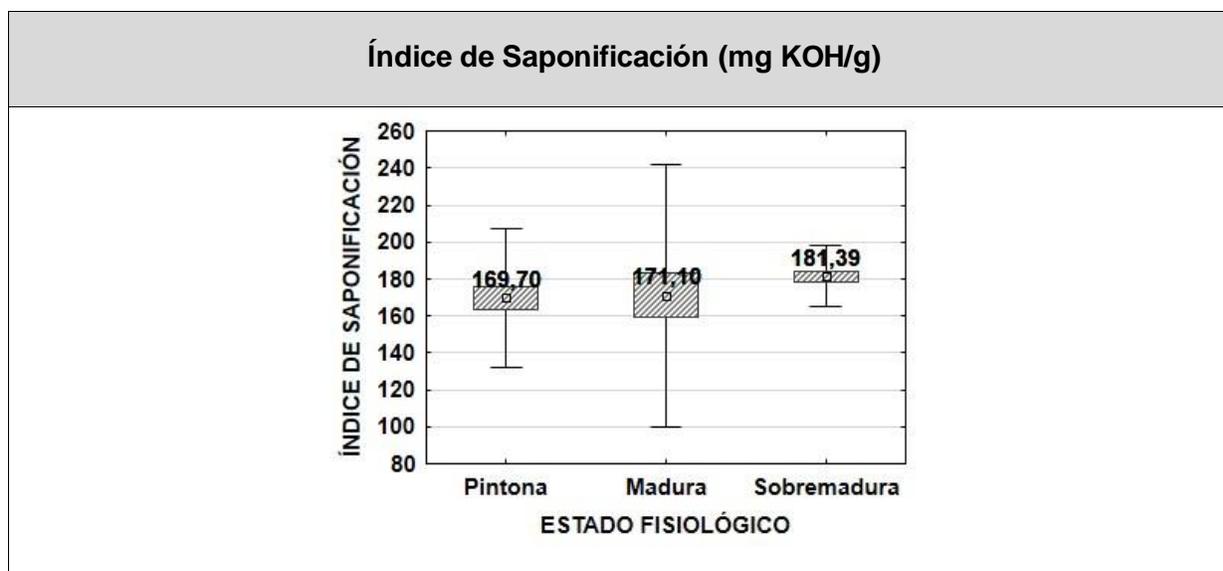
Factor A Estado Fisiológico	Acidez	Índice de peróxido	Índice de Saponificación
a1: Pintona	0,215 <sup>B</sup>	2,67 <sup>A</sup>	169,70 <sup>A</sup>
a2: Madura	0,266 <sup>A</sup>	2,33 <sup>A</sup>	171,10 <sup>A</sup>
a3: Sobremadura	0,194 <sup>B</sup>	2,50 <sup>A</sup>	181,39 <sup>A</sup>

En la **Tabla 37** se observa los resultados obtenidos de las pruebas químicas del aceite de guanábana, mostrando diferencias significativas respecto al estado fisiológico.

**Figura 4**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)





La **Figura 4** muestra que la **acidez** en el grupo A (a2: Madura) presentó un valor alto de 0,266%; mientras que para el grupo B (a1: Pintona y a3: Sobremadura) mostró los valores bajos con 0,215% y 0,194% respectivamente.

En cuanto al **Índice de peróxido** e **Índice de saponificación** en los métodos de extracción (a1: Pintona, a2: Madura y a3: Sobremadura) los resultados fueron estadísticamente iguales con valores de (2,67 meqO<sup>2</sup>/kg; 2,33 meqO<sup>2</sup>/kg; 2,50 meqO<sup>2</sup>/kg) y (169,7 mg KOH/g; 171,10 mg KOH/g; 181,39 mg KOH/g) respectivamente.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para el Estado fisiológico (Factor A)**

**Tabla 38**

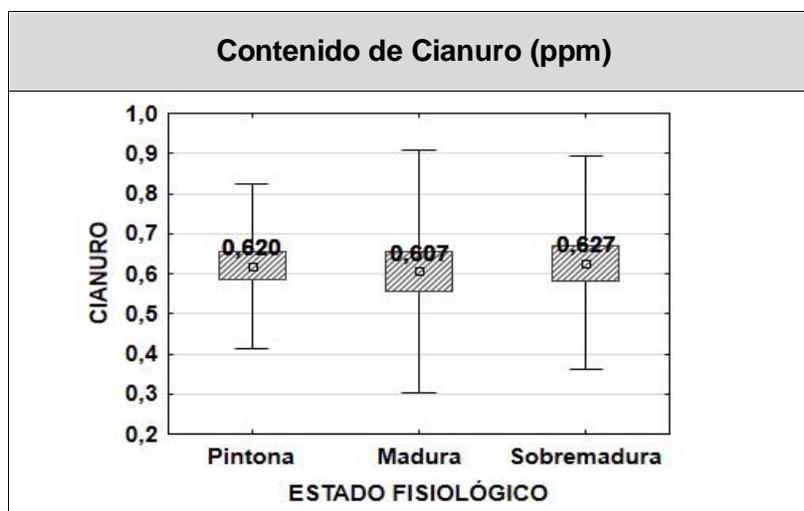
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Estado fisiológico (Factor A)*

Factor A Estado Fisiológico	Contenido de Cianuro (ppm)
a1: Pintona	0,620 <sup>A</sup>
a2: Madura	0,607 <sup>A</sup>
a3: Sobremadura	0,627 <sup>A</sup>

En la **Tabla 38** se observa que los resultados obtenidos del **contenido de cianuro** (ppm) no presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al estado fisiológico.

**Figura 5**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Estado fisiológico (Factor A)*



**Resultados del Método de extracción (Factor B)**

***Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)***

**Tabla 39**

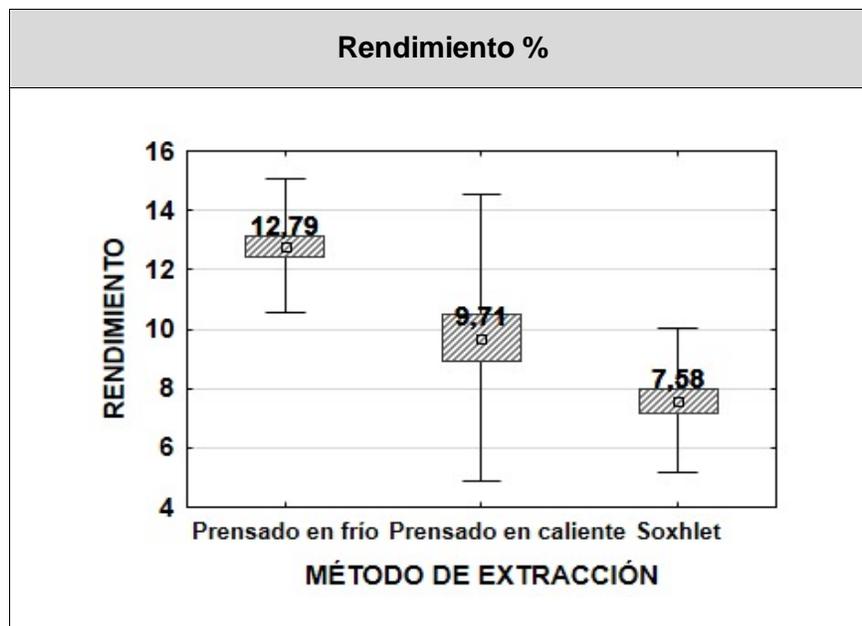
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Método de extracción (Factor B)*

<b>Factor A</b>	
<b>Método de Extracción</b>	<b>Rendimiento %</b>
b1: Prensado en frío	12,79 <sup>A</sup>
b2: Prensado en caliente	9,71 <sup>B</sup>
b3: Soxhlet	7,58 <sup>C</sup>

**Figura 6**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para el Método de extracción

(Factor B)



En los resultados obtenidos de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) en la **Figura 6** se observa tres grupos independientes en cuanto al método de extracción de la siguiente manera: prensado en frío obtuvo un mayor rendimiento (12,79%), siguiéndole a este el método de extracción prensado en caliente (9,71%) y por último el método de extracción Soxhlet con un rendimiento (7,58%) que podríamos considerarlo como nivel bajo.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)**

**Tabla 40**

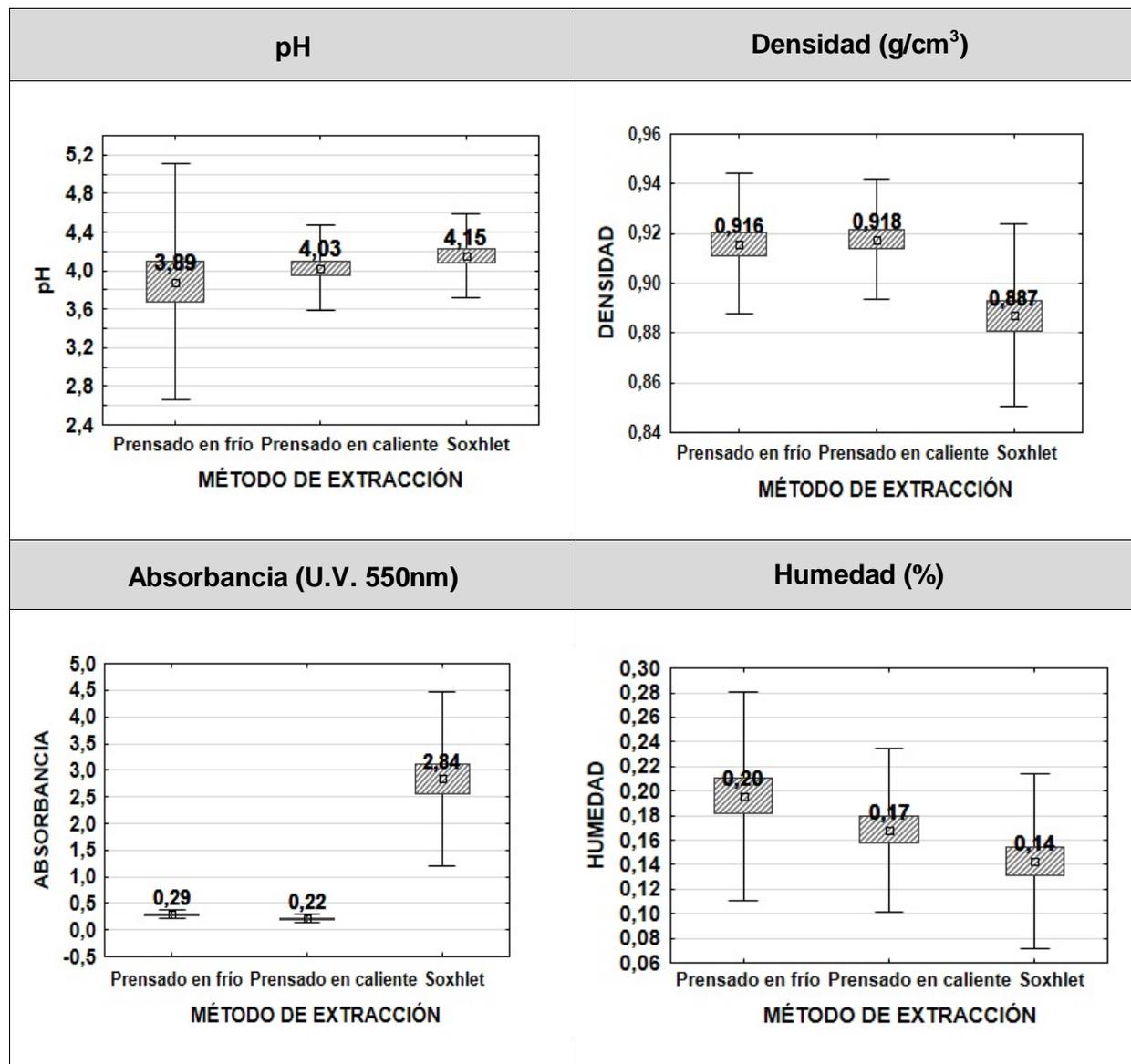
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)*

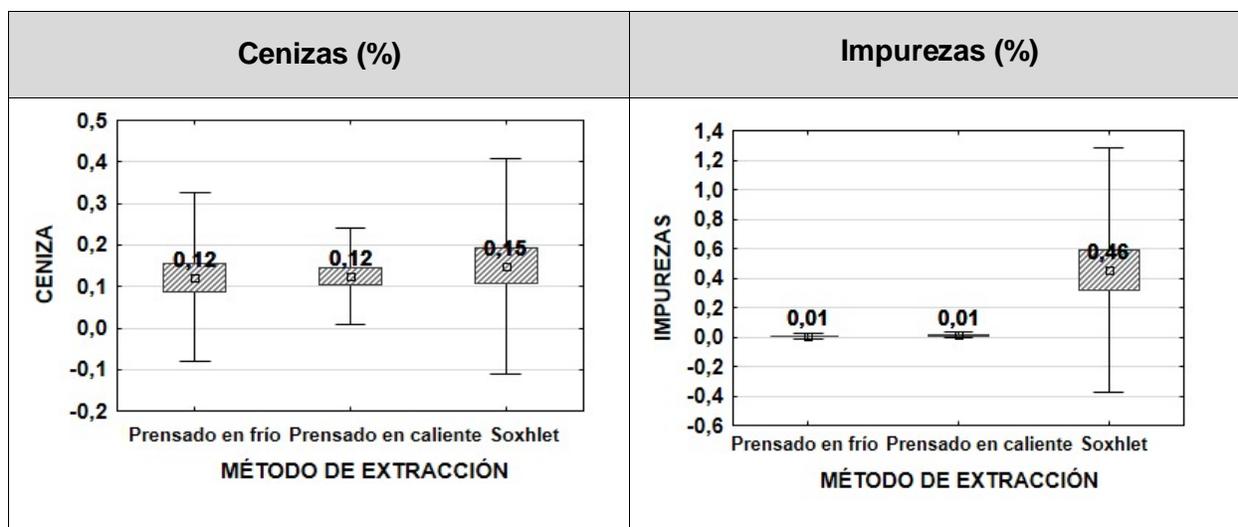
<b>Factor B Método de Extracción</b>	<b>pH</b>	<b>Densidad</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Humedad</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Impurezas</b>
M1: Prensado en frío	3,89 <sup>A</sup>	0,916 <sup>A</sup>	0,29 <sup>B</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,12 <sup>A</sup>	0,01 <sup>B</sup>
M2: Prensado en caliente	4,03 <sup>A</sup>	0,918 <sup>A</sup>	0,22 <sup>B</sup>	0,17 <sup>AB</sup>	0,13 <sup>A</sup>	0,01 <sup>B</sup>
M3: Soxhlet	4,15 <sup>A</sup>	0,887 <sup>B</sup>	2,84 <sup>A</sup>	0,14 <sup>B</sup>	0,15 <sup>A</sup>	0,46 <sup>A</sup>

En la **Tabla 40** se observa los resultados de las pruebas físicas del aceite de las semillas de guanábana donde existen diferencias significativas en base al método de extracción.

**Figura 7**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)





En la **Figura 7** se observa que **pH** y **ceniza** en los métodos de extracción (b1: Prensado en frío, b2: Prensado en caliente y b3: Soxhlet) los resultados fueron estadísticamente iguales en su variable correspondiente, con valores de (3,89; 4,03; 4,15) y (0,12%; 0,13%; 0,15%) respectivamente.

En **densidad** los métodos de extracción pertenecientes al grupo A (b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente) resultaron ser estadísticamente iguales con un valor de 0,92 ( $\text{g/cm}^3$ ) para ambos, mientras que en el grupo B (b3: Soxhlet) el resultado fue de 0,89 ( $\text{g/cm}^3$ ) donde se presentó una diferencia significativa.

Se presentó un valor más alto en el grupo A (b3: Soxhlet) en **absorbancia** con un resultado de 2,84 nm, mientras que el grupo B (b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente) presentó valores bajos de 0,29nm y 0,22nm respectivamente.

En **humedad** se demostró que el porcentaje con una mayor cantidad perteneció al grupo A (b1: Prensado en frío) obteniendo un valor del 0,20%, y el menor contenido se mostró en el grupo B (b3: Soxhlet) con un 0,14%.

En los resultados de **impureza**, el grupo A (b3: Soxhlet) tuvo una cantidad de 0,46%, por otro lado el grupo B (b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente) tuvo resultados estadísticamente iguales con un valor de 0,01% para cada método.

***Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)***

**Tabla 41**

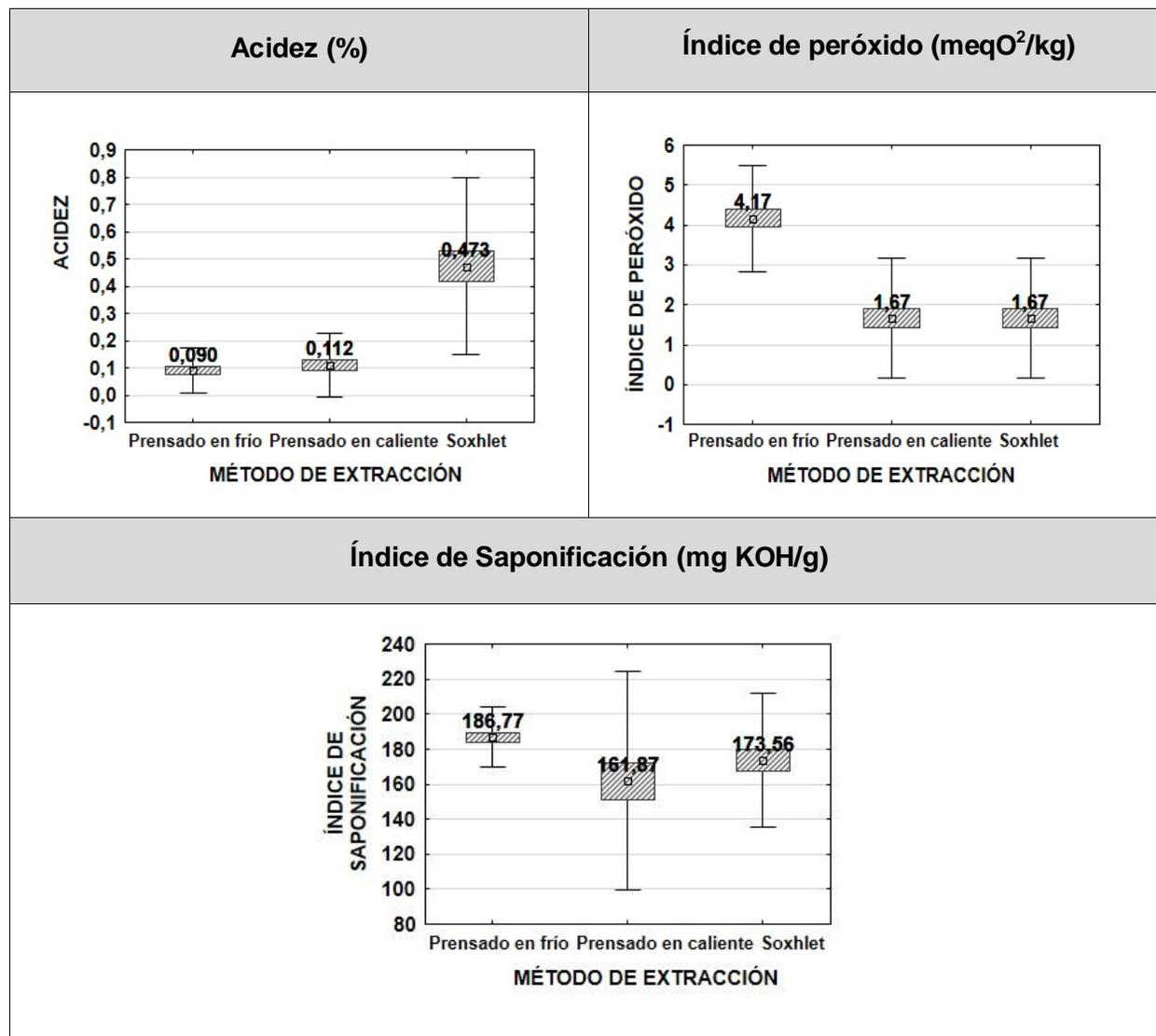
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)*

<b>Factor B Método de Extracción</b>	<b>Acidez</b>	<b>Índice de peróxido</b>	<b>Índice de Saponificación</b>
M1: Prensado en frío	0,090 <sup>B</sup>	4,17 <sup>A</sup>	186,77 <sup>A</sup>
M2: Prensado en caliente	0,112 <sup>B</sup>	1,67 <sup>B</sup>	161,87 <sup>B</sup>
M3: Soxhlet	0,473 <sup>A</sup>	1,67 <sup>B</sup>	173,56 <sup>AB</sup>

En la **Tabla 41** se observa que en los resultados de las pruebas químicas del aceite de las semillas de guanábana existen diferencias significativas en base al método de extracción.

Figura 8

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)



En la **Figura 8** se observa que el grupo A (b3: Soxhlet) en **acidez** presentó el valor más alto, correspondiendo a 0,473%; por otro lado el grupo B (b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente) tuvo valores más bajos, con 0,090% y 0,112% respectivamente.

En **índice de peróxido** el grupo A (b1: Prensado en frío) presentó un valor de 4,17 meqO<sup>2</sup>/kg, en cambio el grupo B (b2: Prensado en caliente y b3: Soxhlet) se presentaron resultados iguales, con un valor de 1,67 meqO<sup>2</sup>/kg.

El **índice de saponificación** en el grupo A (b1: Prensado en frío) con un valor de 186,77 mg KOH/g, por otro lado el grupo B (b2: Prensado en caliente) presentó un resultado de 161, 87 mg KOH/g.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para el Método de extracción (Factor B)**

**Tabla 42**

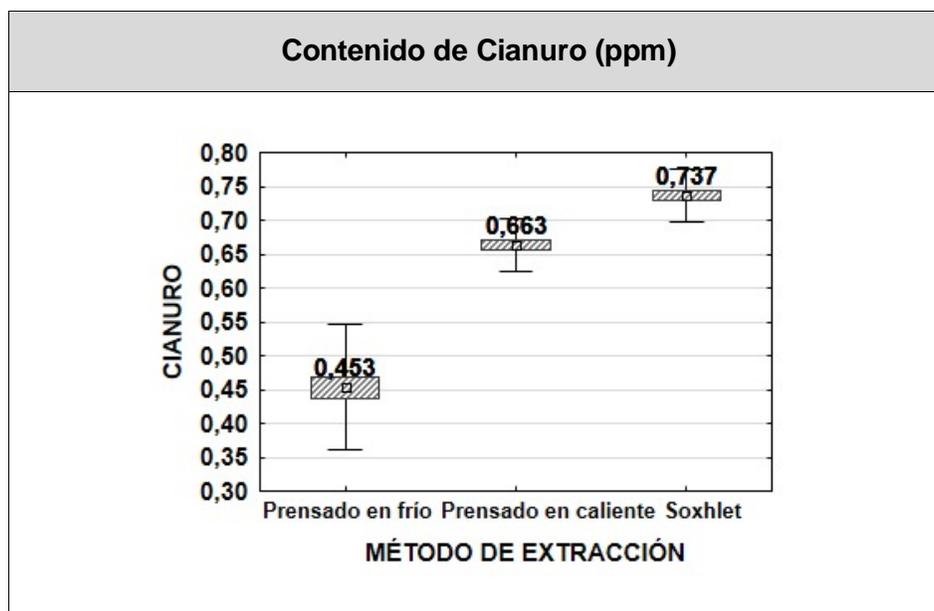
*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Método de extracción (Factor B)*

<b>Factor B Método de Extracción</b>	<b>Contenido de Cianuro (ppm)</b>
b3: Soxhlet	0,737 <sup>A</sup>
b2: Prensado en caliente	0,663 <sup>B</sup>
b1: Prensado en frío	0,453 <sup>C</sup>

En la **Tabla 42** se observa los resultados obtenidos de la prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) para el contenido de cianuro.

**Figura 9**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del contenido de cianuro para el Método de extracción (Factor B)



En la **Figura 9** muestra diferencias estadísticamente significativas en **contenido de cianuro** en los métodos de extracción, considerando que en el método Soxhlet fue de 0,74 ppm se detectó mayor contenido, siguiéndole el método de prensado en caliente con 0,66 ppm y menor contenido el método de prensado en frío con 0,45 ppm.

## Resultados de Interacción (A\*B)

***Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)***

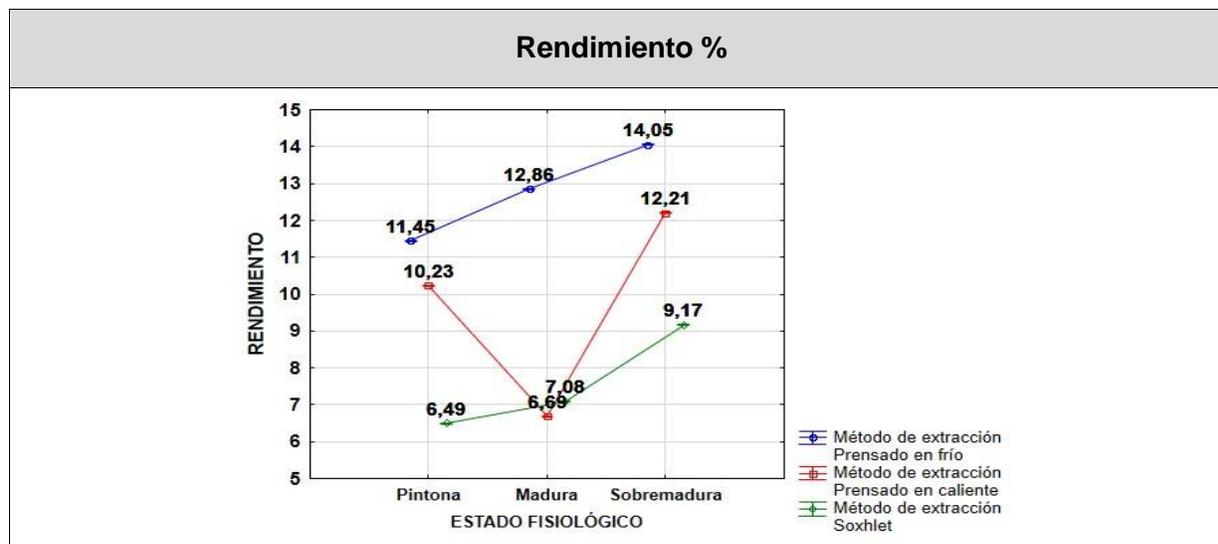
**Tabla 43**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)*

	<b>Interacciones</b>	<b>Rendimiento %</b>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	14,05 <sup>A</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	12,86 <sup>B</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	12,21 <sup>C</sup>
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	11,45 <sup>D</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	10,23 <sup>E</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	9,17 <sup>F</sup>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	7,08 <sup>G</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	6,69 <sup>H</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	6,49 <sup>I</sup>

**Figura 10**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) del rendimiento % para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)



En la **Figura 10** se observa los resultados del **rendimiento** del aceite de la semilla de guanábana el cual indica que existe diferencias estadísticamente significativas con respecto a la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B), los menores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos (a1: Pintona, a3: Sobremadura y a2: Madura) con el método de Soxhlet mostrando valores de 6,49%; 7,08% y 9,17% respectivamente, por el contrario en los tratamientos (a1: Pintona, a2: Madura y a3: sobremadura) con prensado en frío se presentaron los mayores rendimientos con valores de 11,45%; 12,86% y 14,05% respectivamente, equivaliendo al estado fisiológico a2: Madura.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)**

**Tabla 44**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)*

	<b>Interacciones</b>	<b>pH</b>	<b>Densidad</b>	<b>Absorbancia</b>
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	3,24 <sup>B</sup>	0,924 <sup>A</sup>	0,25 <sup>C</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	4,01 <sup>A</sup>	0,917 <sup>AB</sup>	0,17 <sup>C</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	4,13 <sup>A</sup>	0,902 <sup>AB</sup>	3,10 <sup>AB</sup>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	3,98 <sup>AB</sup>	0,902 <sup>AB</sup>	0,34 <sup>C</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	3,83 <sup>AB</sup>	0,919 <sup>AB</sup>	0,26 <sup>C</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	4,28 <sup>A</sup>	0,869 <sup>C</sup>	2,10 <sup>B</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	4,44 <sup>A</sup>	0,922 <sup>A</sup>	0,29 <sup>C</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	4,26 <sup>A</sup>	0,917 <sup>AB</sup>	0,23 <sup>C</sup>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	4,05 <sup>A</sup>	0,891 <sup>BC</sup>	3,32 <sup>A</sup>

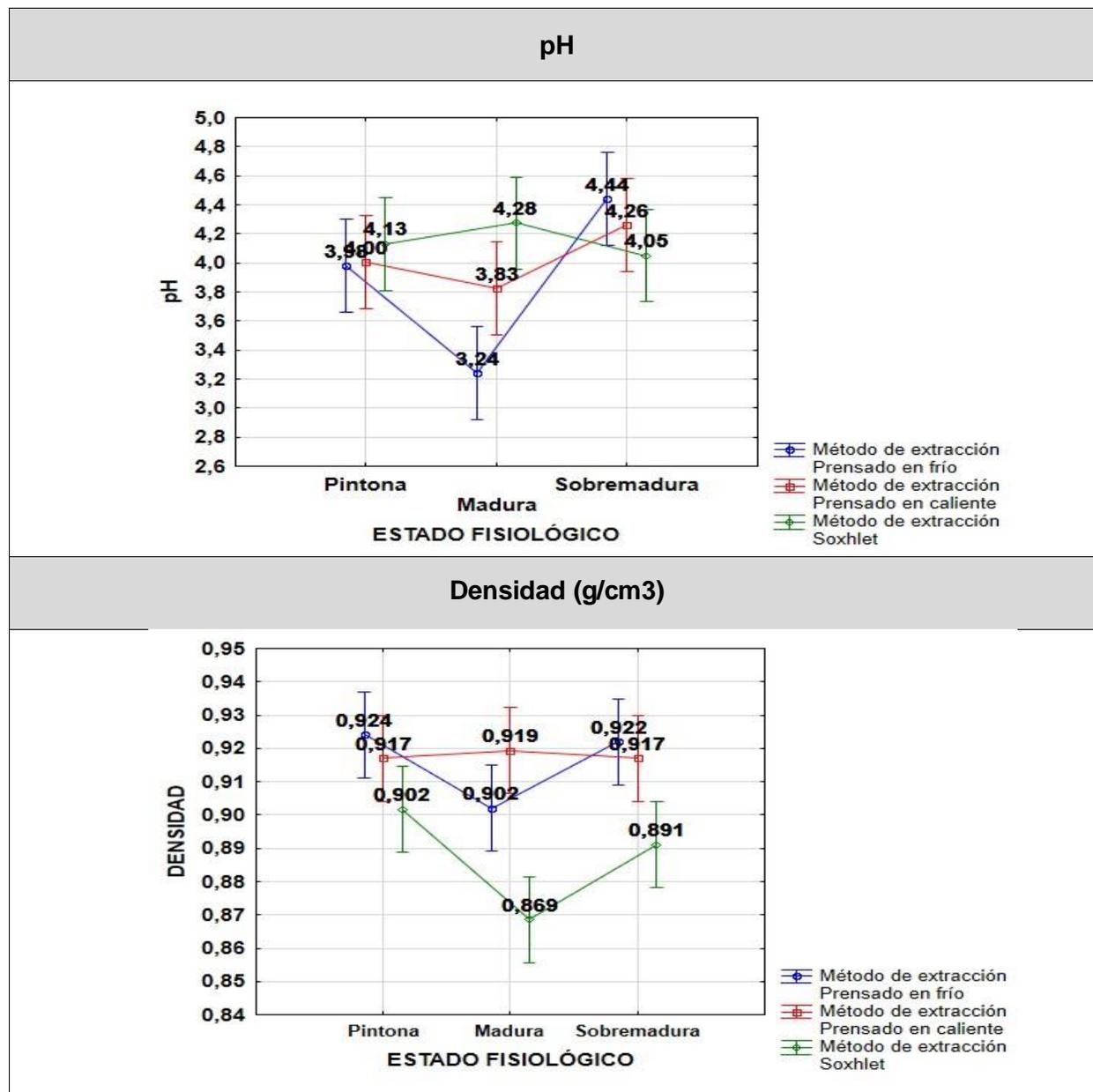
Interacciones		Humedad	Ceniza	Impurezas
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	0,19 <sup>AB</sup>	0,175 <sup>A</sup>	0,01 <sup>C</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	0,13 <sup>BC</sup>	0,100 <sup>A</sup>	0,02 <sup>C</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	0,11 <sup>C</sup>	0,200 <sup>A</sup>	0,93 <sup>A</sup>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	0,17 <sup>ABC</sup>	0,045 <sup>A</sup>	0,01 <sup>C</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	0,19 <sup>AB</sup>	0,175 <sup>A</sup>	0,01 <sup>C</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	0,14 <sup>BC</sup>	0,050 <sup>A</sup>	0,39 <sup>B</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	0,22 <sup>A</sup>	0,150 <sup>A</sup>	0,00 <sup>C</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	0,19 <sup>AB</sup>	0,100 <sup>A</sup>	0,01 <sup>C</sup>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	0,19 <sup>AB</sup>	0,200 <sup>A</sup>	0,05 <sup>C</sup>

En la **Tabla 44** se observa los resultados obtenidos de las pruebas físicas del aceite de las semillas de guanábana, mostrando diferencias significativas respecto a la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B).

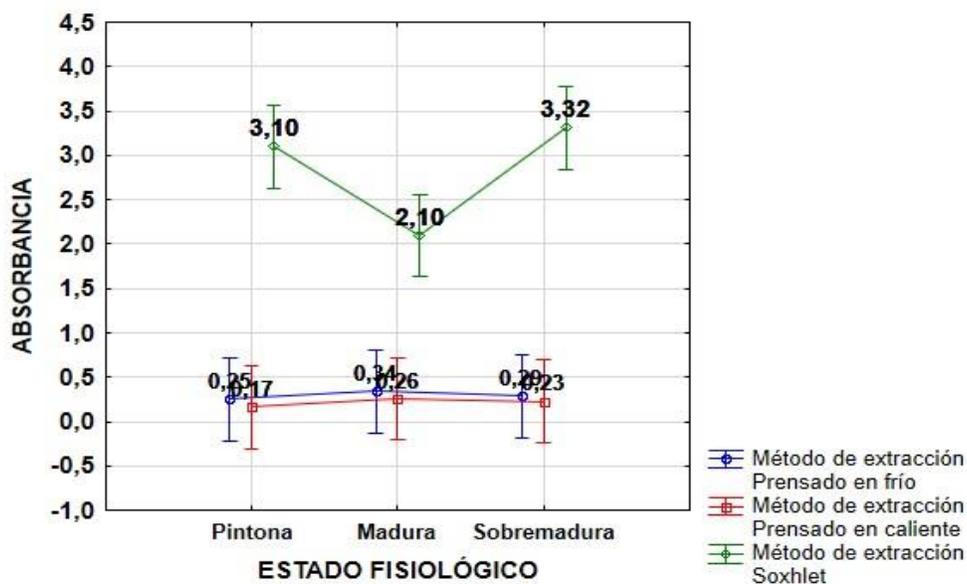
Figura 11

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características físicas para la interacción

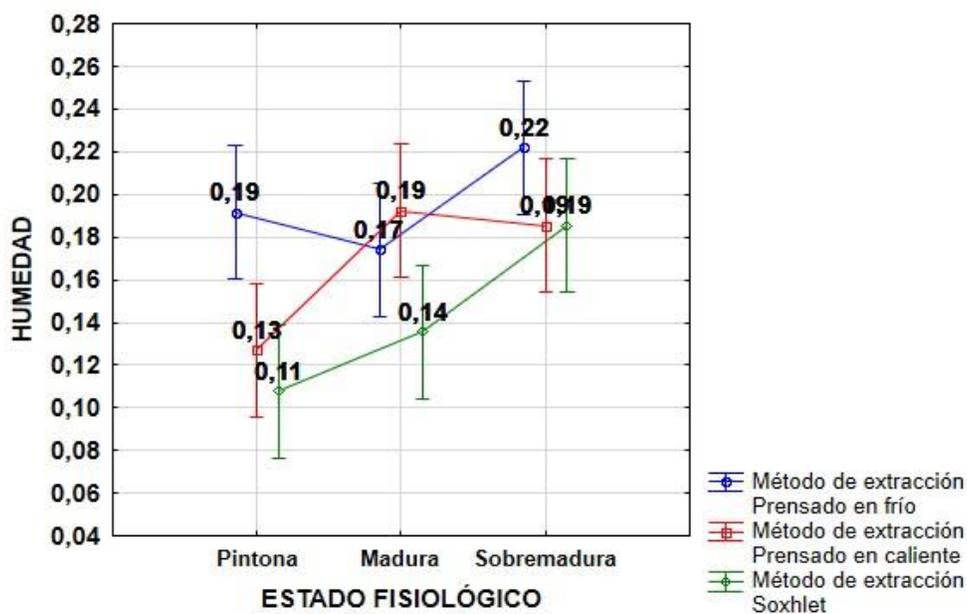
Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)

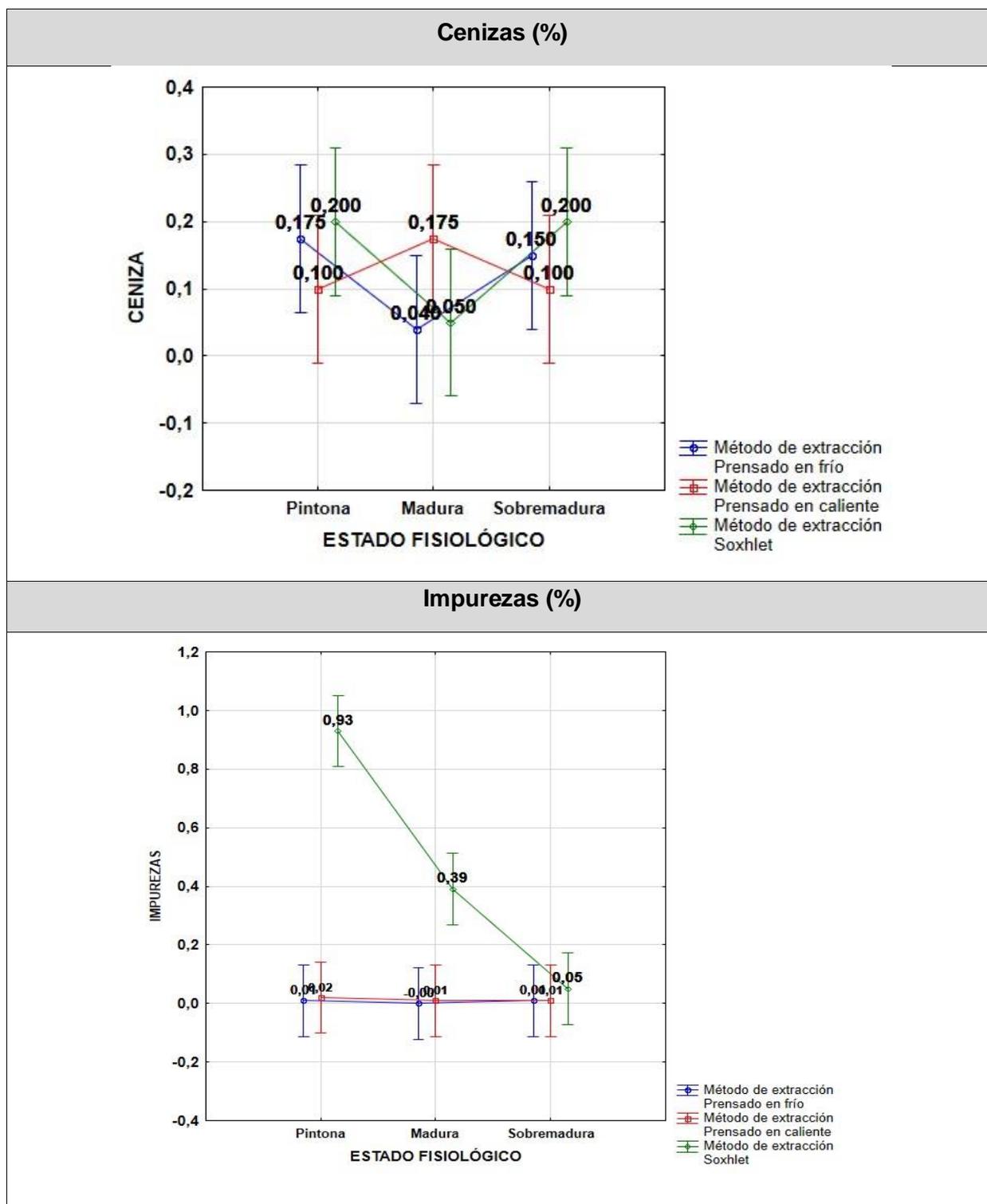


## Absorbancia (U.V. 550nm)



## Humedad (%)





La **Figura 11** muestra los resultados obtenidos para **pH** donde se obtuvo los mayores valores en el grupo A (a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío (4,44); a2b3:

Guanábana madura + Método Soxhlet (4,28); a3b2: Guanábana sobremadura + Prensado en caliente (4,26); a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet (4,13); a3b3: Guanábana sobremadura + Método Soxhlet (4,05) y a1b2: Guanábana pintona + Prensado en Caliente (4,01)). Por el contrario los valores de pH menores se presentaron en el grupo B en el tratamiento a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío con pH de 3,24.

En cuanto a **densidad** se obtuvo que los mayores valores se presentaron en el grupo A en los tratamientos a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío y a3b1: Guanábana madura + Prensado en frío con una densidad de 0,924 y 0,922 respectivamente.

Referente a **absorbancia** se indica que los mayores valores se mostraron en el grupo A en el tratamiento a3b3: Guanábana sobremadura + Método Soxhlet (3,32 nm), seguidamente por el grupo B en el tratamiento a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet (2,10 nm), y por último en el grupo C en los tratamientos (a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío; a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío; a2b2: Guanábana madura + Prensado en caliente; a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío; a3b2: Guanábana sobremadura + Prensado en caliente y a1b2: Guanábana pintona + Prensado en Caliente) con valores de 0,34 nm; 0,29 nm; 0,26 nm; 0,25 nm; 0,23 nm y 0,17 nm respectivamente.

Para **humedad** se obtuvo el mayor valor en el grupo A en el tratamiento a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío con un valor de 0,22 %. Mientras que el menor valor se presentó en el grupo C en el tratamiento a1b3: Guanábana pintona + Soxhlet con un valor de 0,11%.

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)**

**Tabla 45**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)*

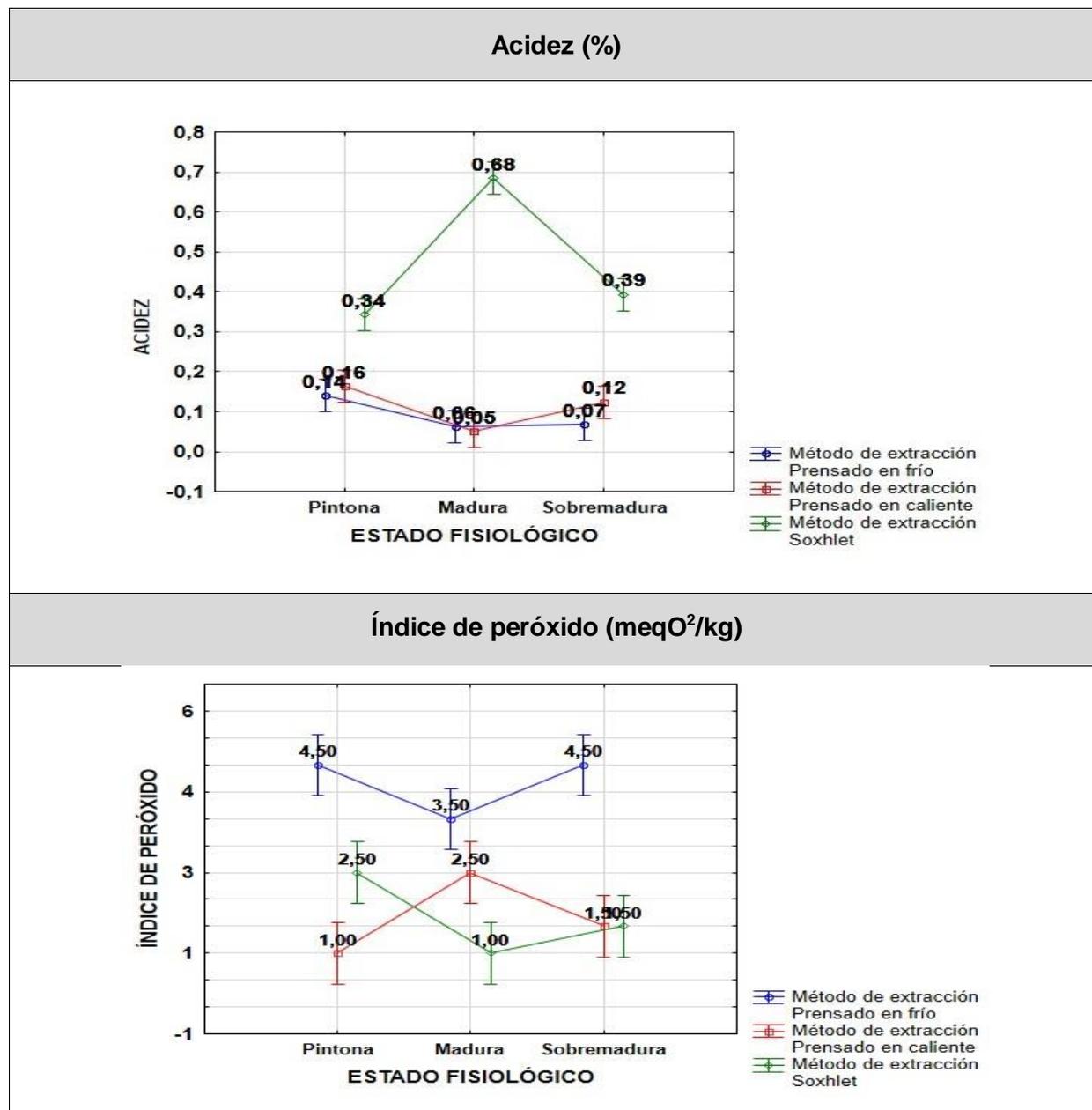
	<b>Interacciones</b>	<b>Acidez</b>	<b>Índice de peróxido</b>
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	0,14 <sup>CD</sup>	0,50 <sup>A</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	0,16 <sup>C</sup>	1,00 <sup>D</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	0,34 <sup>B</sup>	2,50 <sup>BC</sup>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	0,06 <sup>D</sup>	3,50 <sup>AB</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	0,05 <sup>D</sup>	2,50 <sup>BC</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	0,68 <sup>A</sup>	1,00 <sup>D</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	0,07 <sup>CD</sup>	4,50 <sup>A</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	0,12 <sup>CD</sup>	1,50 <sup>CD</sup>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	0,39 <sup>B</sup>	1,50 <sup>CD</sup>

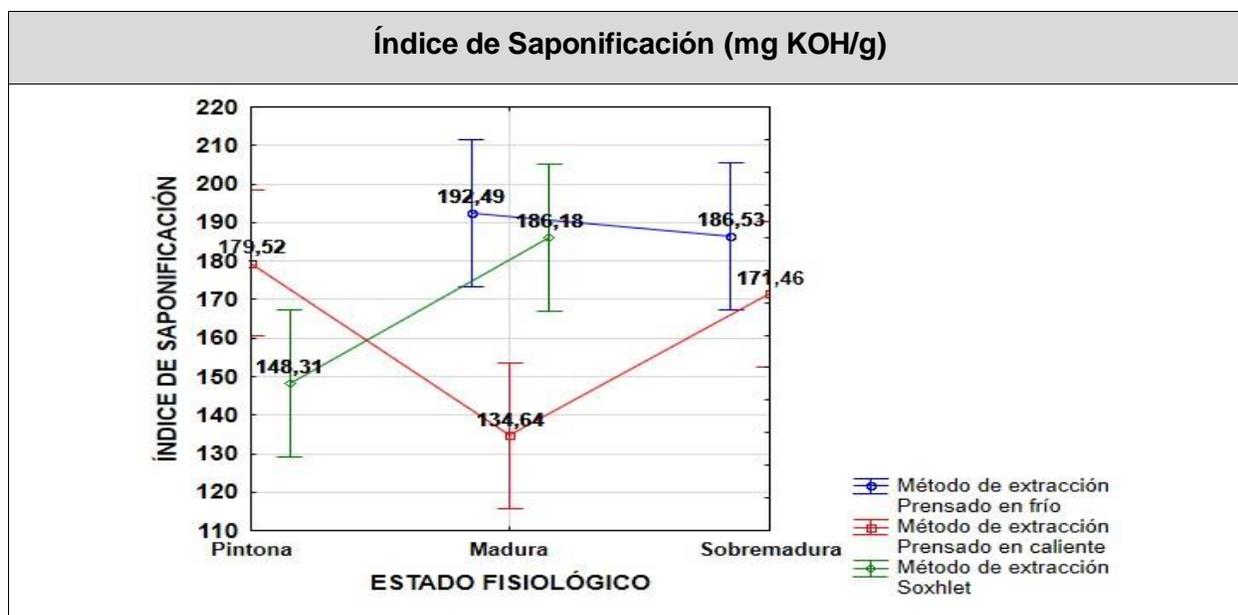
  

	<b>Interacciones</b>	<b>Índice de Saponificación</b>
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	181,27 <sup>A</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	179,52 <sup>AB</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	148,31 <sup>AB</sup>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	192,49 <sup>A</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	134,64 <sup>B</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	186,18 <sup>A</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	186,53 <sup>A</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	171,46 <sup>AB</sup>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	186,18 <sup>A</sup>

Figura 12

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de las características químicas para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)





La **Figura 12** se observa en **acidez** que el valor más alto fue de 0,68%; el cual se presenta en el grupo A (a2b3: Guanábana madura + Método de Soxhlet), mientras que los valores más bajos se presentan en el grupo D (a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío con 0,06% y a2b2: Guanábana madura + Prensado en caliente con un valor de 0,05%).

En **índice de peróxido** los valores más alto se presentan en el grupo A (a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío con 0,50 meqO<sup>2</sup>/kg y a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío con 4,50 meqO<sup>2</sup>/kg), por otro lado el grupo D (a1b2: Guanábana pintona + Prensado en caliente y a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet), presentó un valor de 1 meqO<sup>2</sup>/kg, siendo este el más bajo.

En **índice de saponificación** se observan resultados con valores más altos en el grupo A (a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío con 181,27 mg KOH/g; a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío con 192,49 mg KOH/g; a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet con 186,18 mg KOH/g; a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío con 186, 53 mg KOH/g y a3b3: Guanábana sobremadura + Método Soxhlet con 186,18 mg KOH/g).

**Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)**

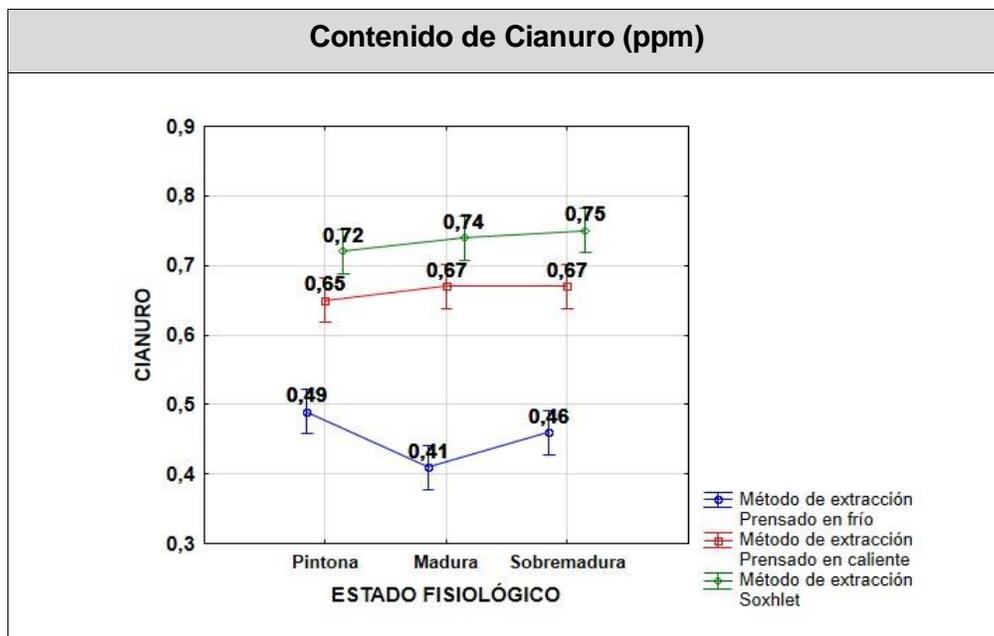
**Tabla 46**

*Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)*

<b>Interacciones</b>		<b>Contenido de Cianuro (ppm)</b>
a3b3	Guanábana sobremadura + Método Soxhlet	0,75 <sup>A</sup>
a2b3	Guanábana madura + Método Soxhlet	0,74 <sup>AB</sup>
a1b3	Guanábana pintona + Método Soxhlet	0,72 <sup>ABC</sup>
a2b2	Guanábana madura + Prensado en caliente	0,67 <sup>BC</sup>
a3b2	Guanábana sobremadura + Prensado en caliente	0,67 <sup>BC</sup>
a1b2	Guanábana pintona + Prensado en caliente	0,65 <sup>C</sup>
a1b1	Guanábana pintona + Prensado en frío	0,49 <sup>D</sup>
a3b1	Guanábana sobremadura + Prensado en frío	0,46 <sup>BE</sup>
a2b1	Guanábana madura + Prensado en frío	0,41 <sup>E</sup>

**Figura 13**

Prueba de significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ) de los compuestos contaminantes para la interacción Estado fisiológico\*Método de extracción (A\*B)



En la **Figura 13** se observa en el grupo A (a3b3: Guanábana sobremadura + Método Soxhlet) el mayor **contenido de cianuro** con 0,75 ppm, mientras que en el grupo E (a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío) el valor fue más bajo, con 0,41 ppm.

## Resultados de las pruebas microbiológicas

**Tabla 47**

*Resultados de las pruebas microbiológicas*

<b>a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío</b>	<b>10-2 (UFC/mL)</b>	<b>10-3 (UFC/mL)</b>
Mohos y levaduras		0
Aerobios		0,001
Enterobacterias	0	
E. Coli	0	
Salmonella	0	
Coliformes	0	

En la **Tabla 47** se observa que la presencia de Mohos, levaduras, Salmonella, E. Coli, Enterobacterias y Coliformes fue ausente, lo que indica una completa inocuidad. Por otro lado, la presencia de aerobios fue mínima.

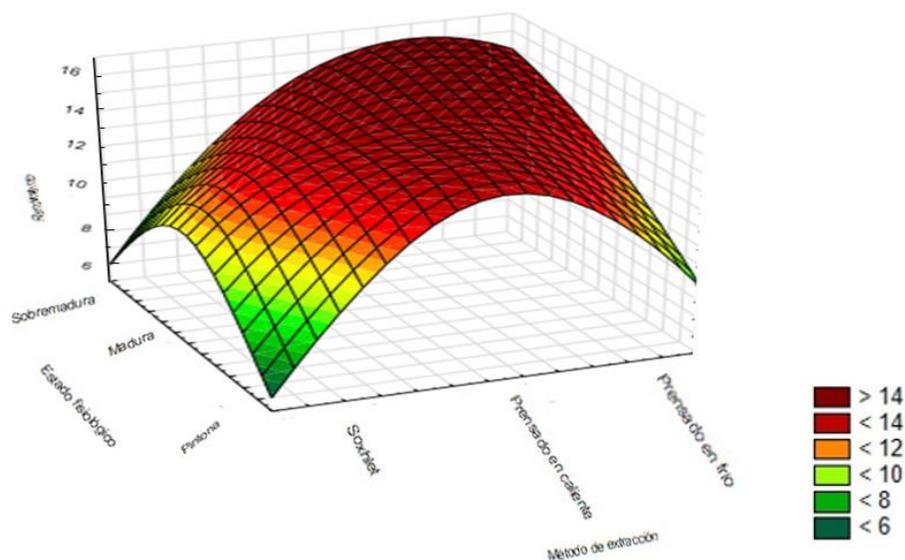
## Resultados de gráficos de superficie

### Resultados de gráficos de superficie de respuesta del Rendimiento %

- **Rendimiento**

#### Gráfico 1

Gráfico de superficie de respuesta para la variable rendimiento %



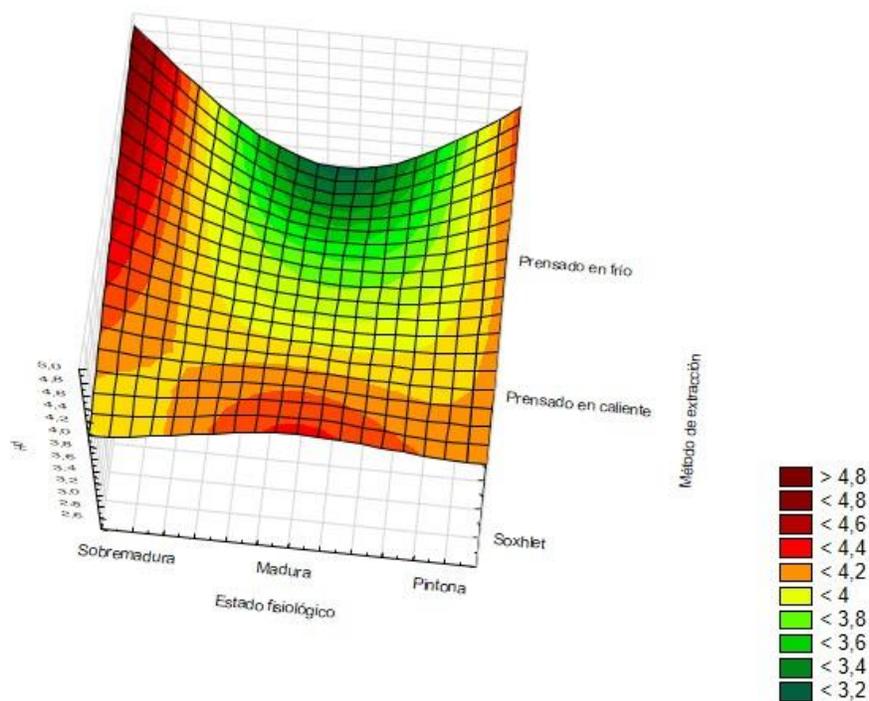
En el **Gráfico 1** se indica que los valores más representativos se encuentran situados en la parte superior de color rojo concordando con el tratamiento a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío, mientras que los valores más bajos se presentó en el tratamiento a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet reflejando un color verde oscuro en la parte inferior.

## Resultados de gráficos de superficie de las características físicas del aceite de guanábana

- *pH*

### Gráfico 2

Gráfico de superficie de respuesta para la variable *pH*

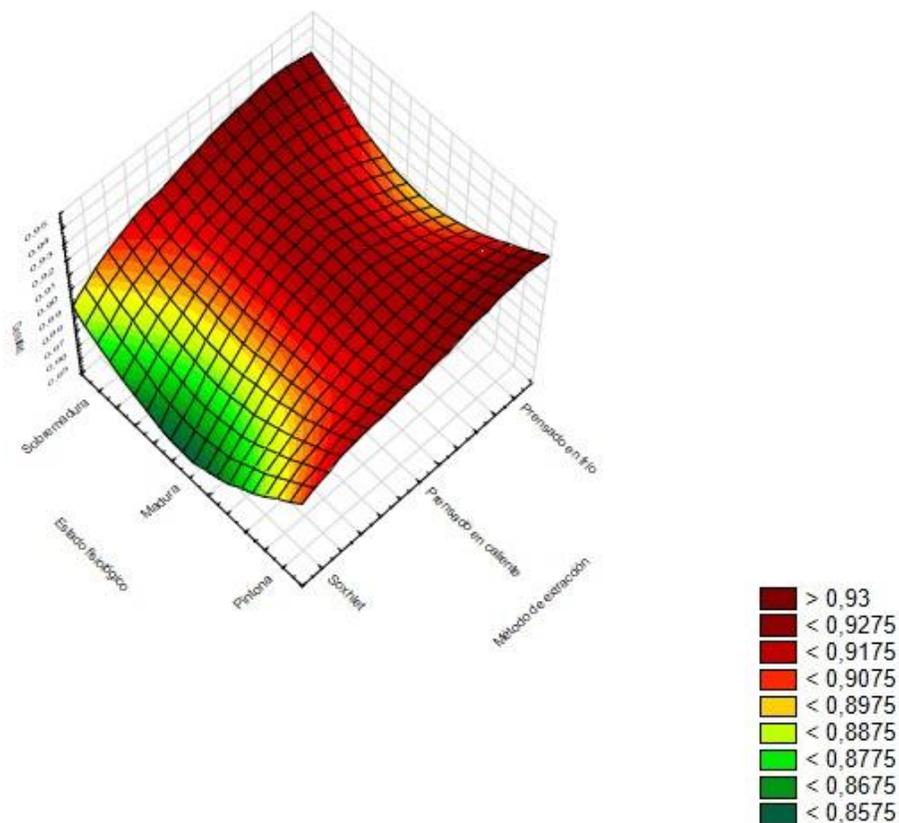


En el **Gráfico 2** se muestra que los valores más representativos para *pH* se encuentran situados en la parte superior izquierda de color rojo intenso concordando con el tratamiento a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío, mientras que los valores más bajos se presentaron en la parte inferior reflejando unas tonalidades verdes oscuras en el tratamiento a1b1: Guanábana pintona + Prensado en Frío.

- **Densidad**

### Gráfico 3

Gráfico de superficie de respuesta para la variable densidad

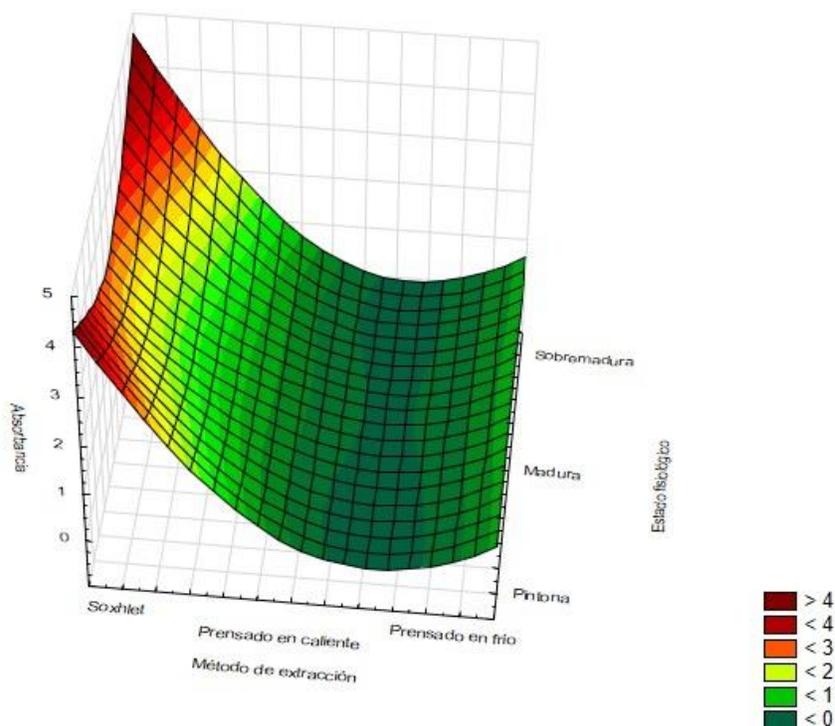


En el **Gráfico 3** se observa que los valores más representativos para **densidad** se tornan de un color rojo intenso siendo los tratamientos a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío y a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío, mientras que los valores más bajos se encuentran representados por las tonalidades de color verde oscuro siendo el tratamiento a2b3: Guanábana madura + Soxhlet.

- **Absorbancia**

#### Gráfico 4

Gráfico de superficie de respuesta para la variable absorbancia

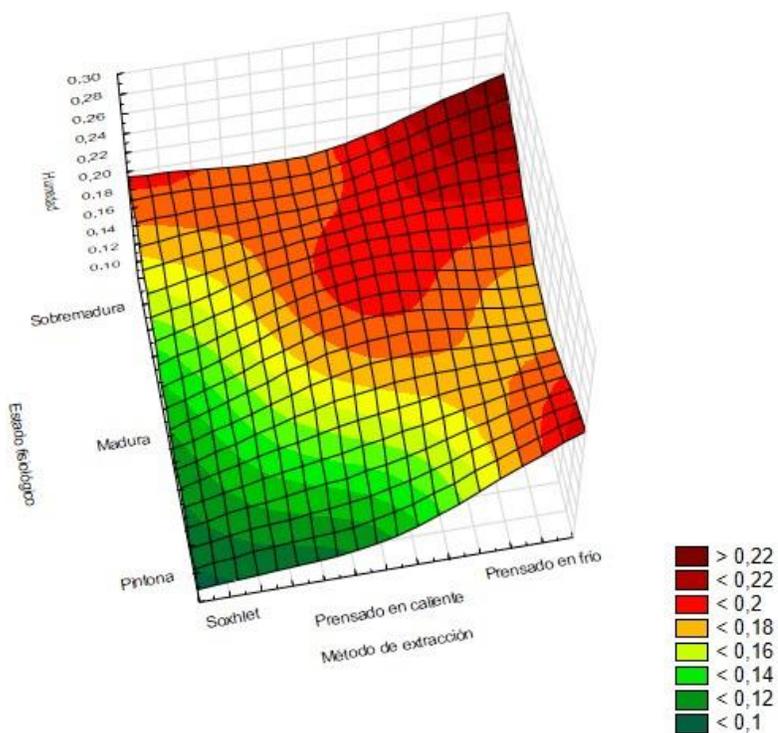


En el **Gráfico 4** se observa que los valores más representativos para **absorbancia** se encuentran situados en la parte superior izquierda tornándose de una coloración roja intensa coincidiendo con el tratamiento a3b3: Guanábana sobremadura + Soxhlet, mientras que en la parte central se encuentran los valores más bajos, mismos que se reflejan en una tonalidad verde oscuro situándose los tratamientos a1b2: Guanábana pintona + Prensado en caliente; a2b2: Guanábana madura + Prensado en caliente y a3b2: Guanábana sobremadura+ Prensado en caliente.

- **Humedad**

### Gráfico 5

Gráfico de superficie de respuesta para la variable humedad

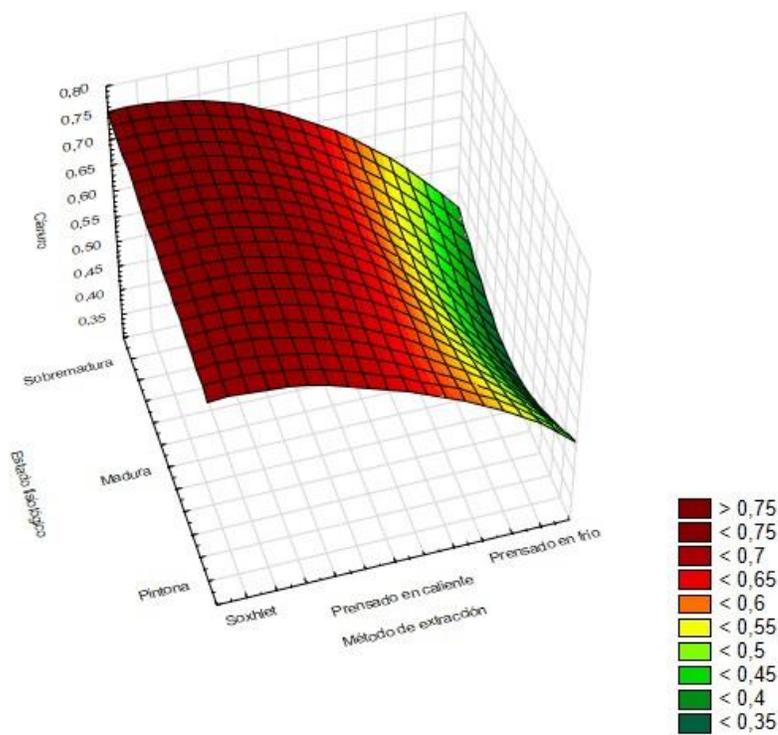


En el **Gráfico 5** se evidencia que los valores más altos para **humedad** reflejan una tonalidad de roja intenso coincidiendo con el tratamiento a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío, mientras que los valores más bajos se encuentran situados en la parte inferior izquierda tornándose en tonos verdes oscuros siendo el tratamiento a1b3: Guanábana pintona + Soxhlet.

- **Cenizas**

### Gráfico 6

Gráfico de superficie de respuesta para la variable cenizas

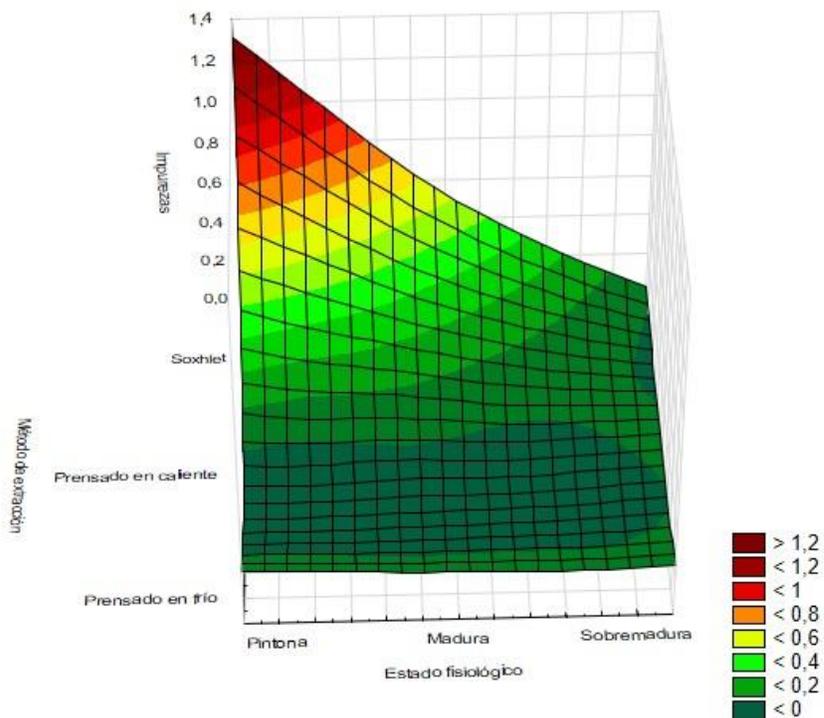


En el **Gráfico 6** se puede observar que los valores más representativos se tornan en color rojo intenso siendo a1b3: Guanábana pintona + Soxhlet y a3b3: Guanábana sobremadura + Soxhlet, los tratamientos con valores más altos para la variable de **ceniza**. Mientras que los valores más bajos se tornaron en tonalidades verde oscuro situándose en el parte inferior derecho que corresponde a algunos tratamientos que conforma el método de extracción prensado en frío.

- **Impurezas**

### Gráfico 7

Gráfico de superficie de respuesta para la variable impurezas



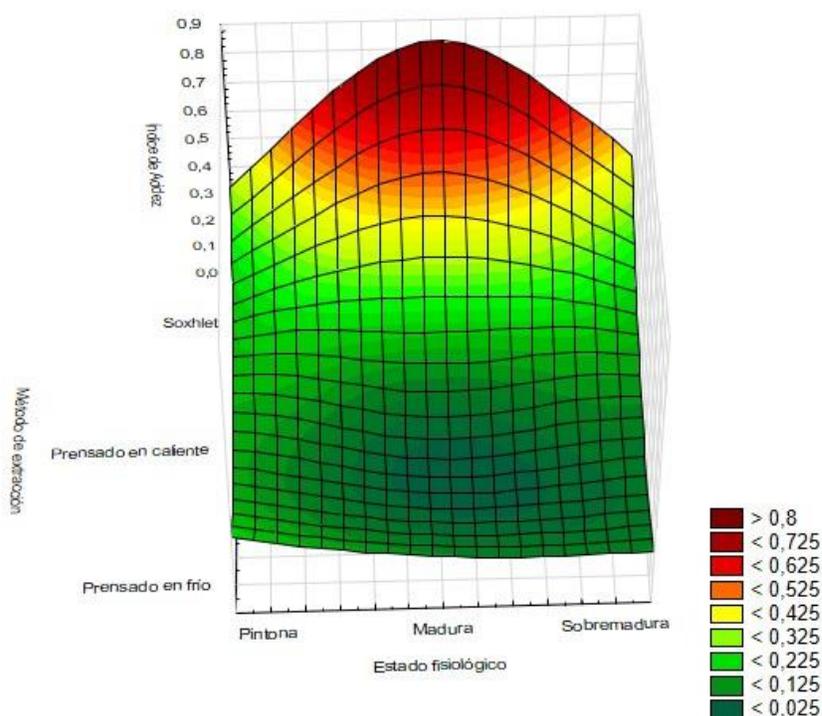
En el **Gráfico 7** se puede observar en la variable **impureza** que a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet se ubicó en la coloración de rojo más oscuro, lo cual significó que obtuvo el valor más alto, mientras que en los valores más bajos que son representados por las tonalidades verde oscuro corresponde a algunos tratamientos que conforma el método de extracción prensado en frío y algunos en extracción prensado caliente.

## Resultados de gráficos de superficie de las características químicas del aceite de guanábana

- **Acidez**

### Gráfico 8

Gráfico de superficie de respuesta para la variable de acidez

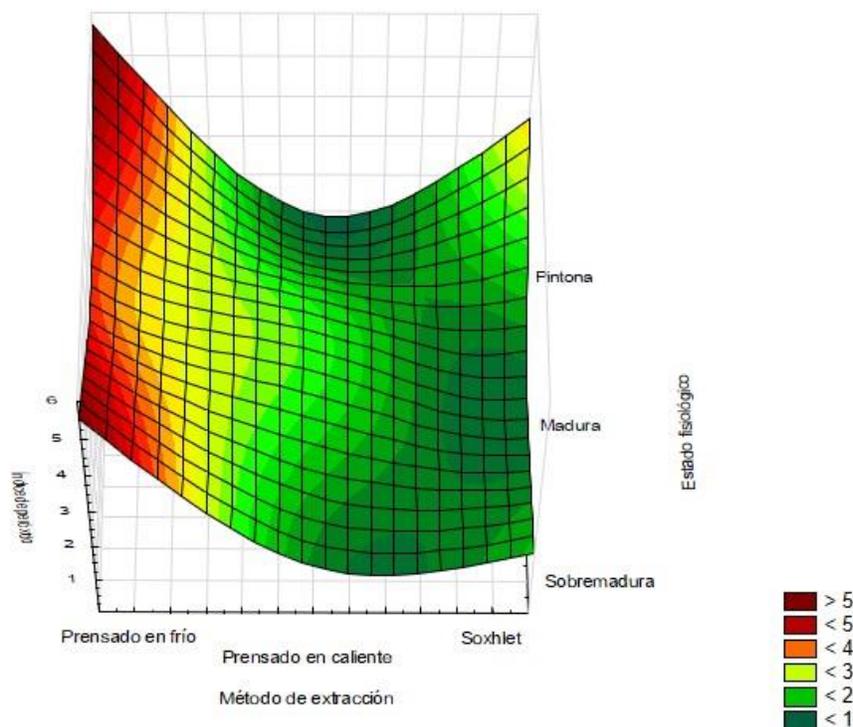


Como se pudo visualizar en el **Gráfico 8** a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet se colocó en la parte superior al centro de la gráfica, siendo el valor más alto en cuanto a **acidez**, por otro lado a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío y a2b2: Guanábana madura + Prensado en caliente se colocaron en la coloración de verde más intenso, lo cual demostró sus valores más bajos.

- **Índice de Peróxido**

### Gráfico 9

Gráfico de superficie de respuesta para la variable índice de peróxido

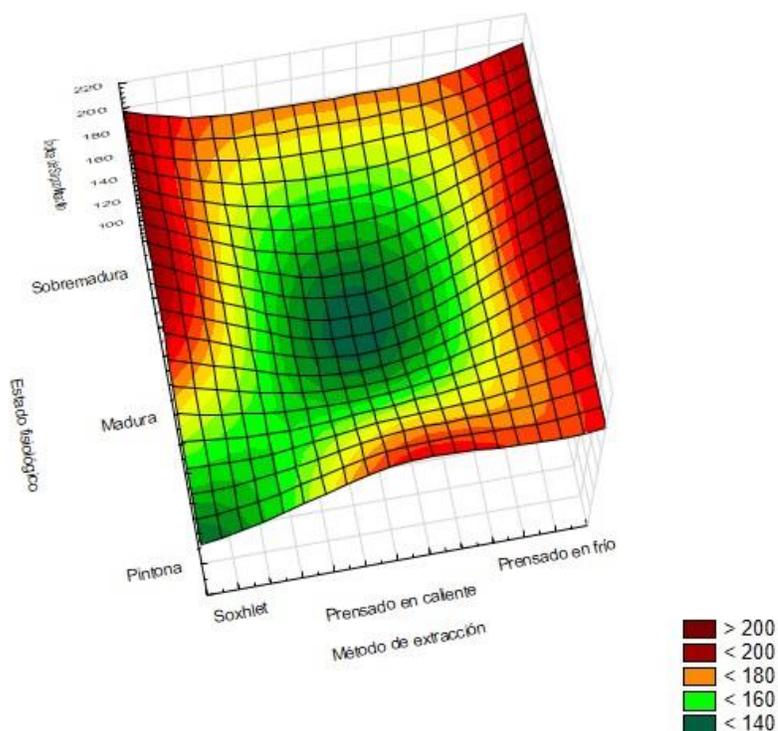


Como se pudo visualizar en el **Gráfico 9** se pudo visualizar en la esquina superior e inferior izquierda los valores más altos de **índice de peróxido**, correspondiendo: a1b1: Guanábana pintona + Prensado en frío y a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío. En cambio, a1b2: Guanábana pintona + Prensado en caliente y a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet fueron colocadas en la tonalidad de verde más oscura, lo cual significa que tuvieron resultados más bajos.

- **Índice de Saponificación**

### Gráfico 10

Gráfico de superficie de respuesta para la variable Índice de saponificación

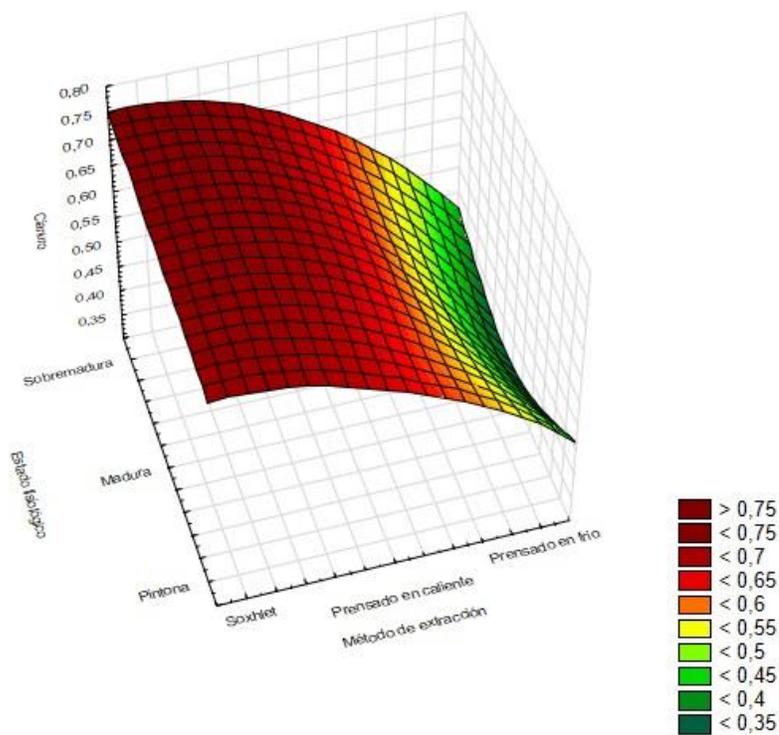


En el **Gráfico 10** se logró observar que todos los tratamientos de que se obtuvieron por el método de extracción prensado en frío y la mayoría de tratamientos correlacionados al método de extracción Soxhlet salvo a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet se ubicaron en las zonas de rojo más intenso en la gráfica correspondiente a **índice de saponificación**, mencionando que estos tuvieron los valores más altos, mientras que a2b2: Guanábana madura + Prensado en caliente fue el valor más bajo, el cual se ubicó en el centro de la gráfica con un color verde intenso.

**Resultados de gráficos de superficie de los compuestos contaminantes del aceite de guanábana**

**Gráfico 11**

Gráfico de superficie de respuesta para la variable de compuestos contaminantes cianuro



Según el **Gráfico 11** a3b3: Guanábana sobremadura + Método Soxhlet se consideró la numeración más alta en **contenido de cianuro** tomando un color de rojo vino en la esquina superior izquierda, mientras que a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío fue el número más bajo, comprobando esto en la gráfica en la zona de verde más oscuro.

### Resultados de matriz de correlaciones de los componentes principales

Tabla 48

Matriz de correlación de los componentes principales

MATRIZ DE CORRELACIONES											
CORRELACIONES	Rendimiento	pH	Densidad	Absorbancia	Humedad	Ceniza	Centrifugación	Acidez	Índice de peróxido	Índice de Saponificación	Cianuro
Rendimiento	<b>1,000</b>	-0,061	0,413	-0,572	0,516	-0,175	-0,597	-0,577	0,506	0,517	-0,773
pH	-0,061	<b>1,000</b>	-0,039	0,125	0,007	0,017	0,129	0,317	-0,074	-0,007	0,341
Densidad	0,413	-0,039	<b>1,000</b>	-0,644	0,427	0,177	-0,438	-0,782	0,388	-0,334	-0,415
Absorbancia	-0,572	0,125	-0,644	<b>1,000</b>	-0,398	0,253	0,700	0,709	-0,338	-0,050	0,608
Humedad	0,516	0,007	0,427	-0,398	<b>1,000</b>	0,222	-0,635	-0,456	0,530	0,110	-0,369
Ceniza	-0,175	0,017	0,177	0,253	0,222	<b>1,000</b>	0,154	-0,119	0,222	-0,108	0,187
Centrifugación	-0,597	0,129	-0,438	0,700	-0,635	0,154	<b>1,000</b>	0,514	-0,166	-0,291	0,417
Acidez	-0,577	0,317	-0,782	0,709	-0,456	-0,119	0,514	<b>1,000</b>	-0,531	0,168	0,644
Índice de peróxido	0,506	-0,074	0,388	-0,338	0,530	0,222	-0,166	-0,531	<b>1,000</b>	0,154	-0,765
Í. Saponificación	0,517	-0,007	-0,334	-0,050	0,110	-0,108	-0,291	0,168	0,154	<b>1,000</b>	-0,281
Cianuro	-0,773	0,341	-0,415	0,608	-0,369	0,187	0,417	0,644	-0,765	-0,281	<b>1,000</b>

La **Tabla 47** muestra que existe correlación entre la centrifugación y absorbancia con un valor de (0,700), de igual manera la acidez y absorbancia con un valor de (0,709). Mientras que acidez y densidad tienen una correlación inversa (-0782).

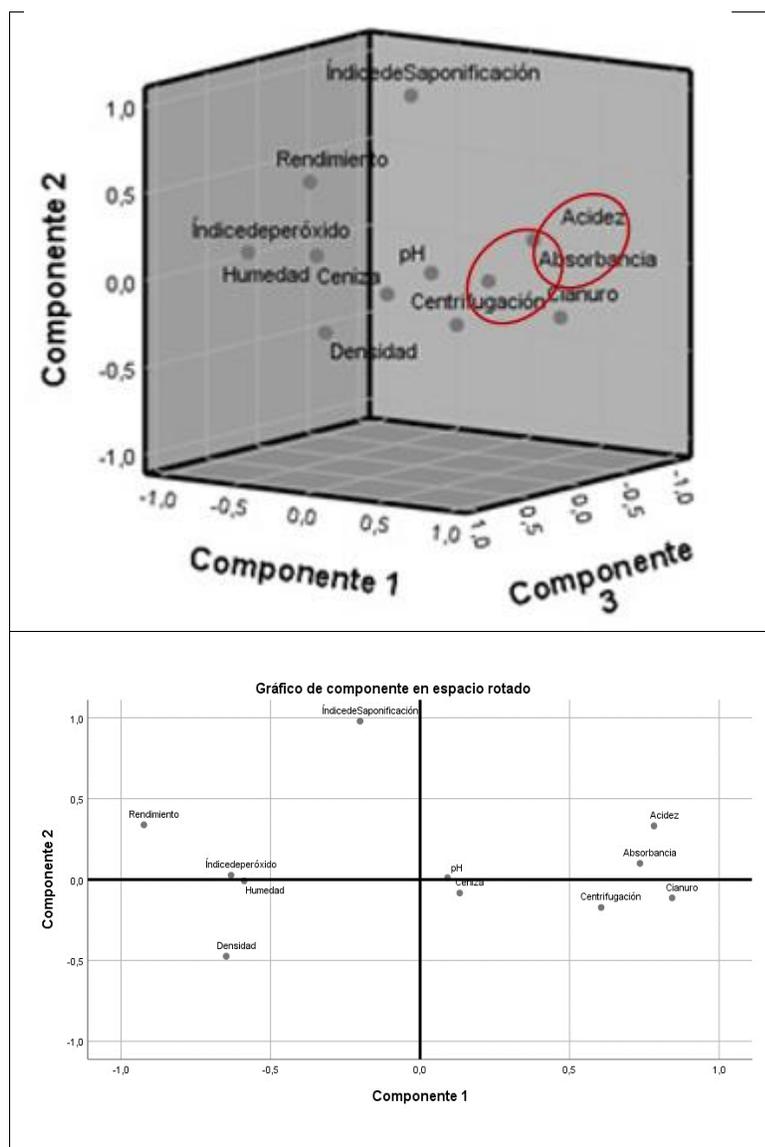
**Figura 14***Gráfico de sedimentación*

En la **Figura 14** se realizó la evaluación de las 11 variables, obteniendo un porcentaje del 98,32% en el componente 1 correspondiendo a la variable de rendimiento, siendo este el más alto de acuerdo al cuadro de varianza total explicada, y en el componente 2 que pertenece a la variable pH el porcentaje que obtuvo fue de 1,24% siendo estos los más destacados.

## Componentes en espacio rotado

Figura 15

Componente en espacio rotado

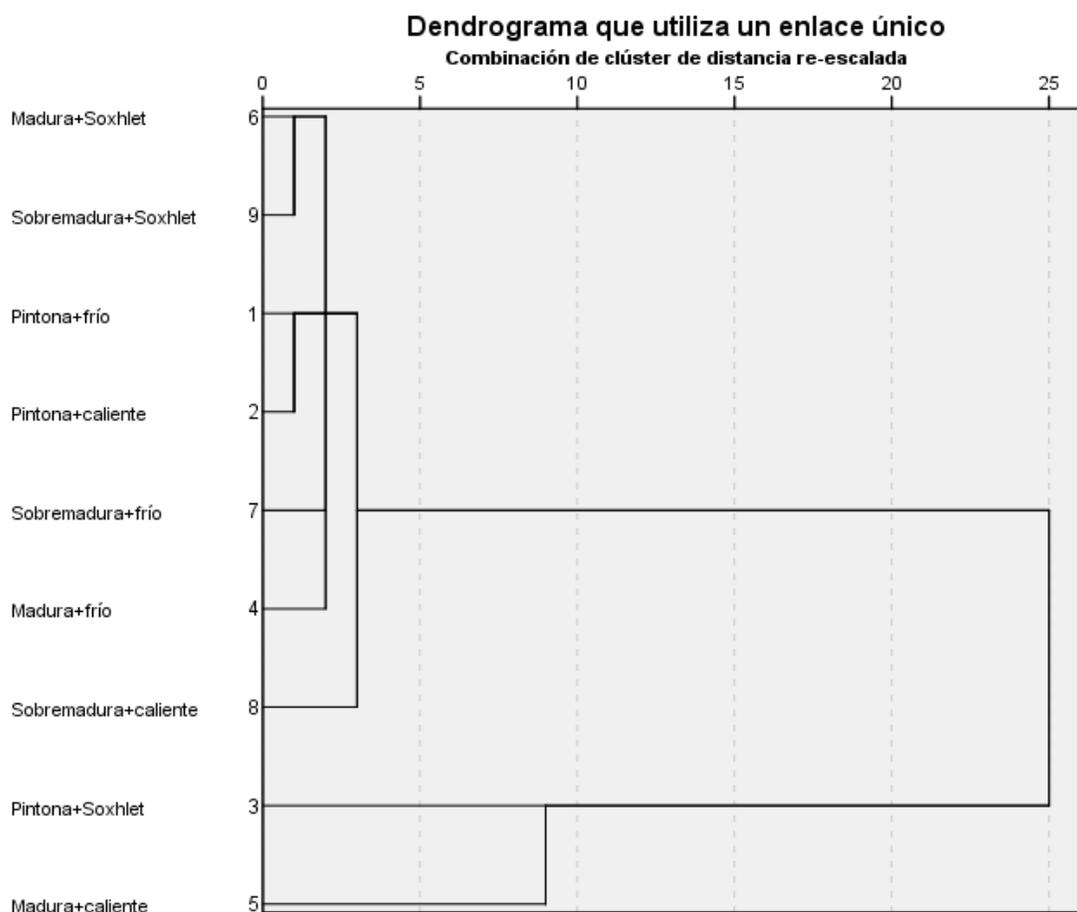


En la **Figura 15** se estableció que en el componente 3 existió mayor correlación entre: acidez, absorbancia y centrifugación.

## Resultado de análisis de conglomerados

**Figura 16**

*Dendrograma para los factores en estudio*



De acuerdo a la **Figura 16** se muestra los resultados obtenidos del análisis de conglomerados, lo que significa que cuanto menor sea la distancia entre los tratamientos existe una mayor similitud entre las variables.

**Rendimiento del aceite de semillas de guanábana en prensado en frío por los tres Estados fisiológicos**

**Figura 17**

Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado pintona por prensado en frío

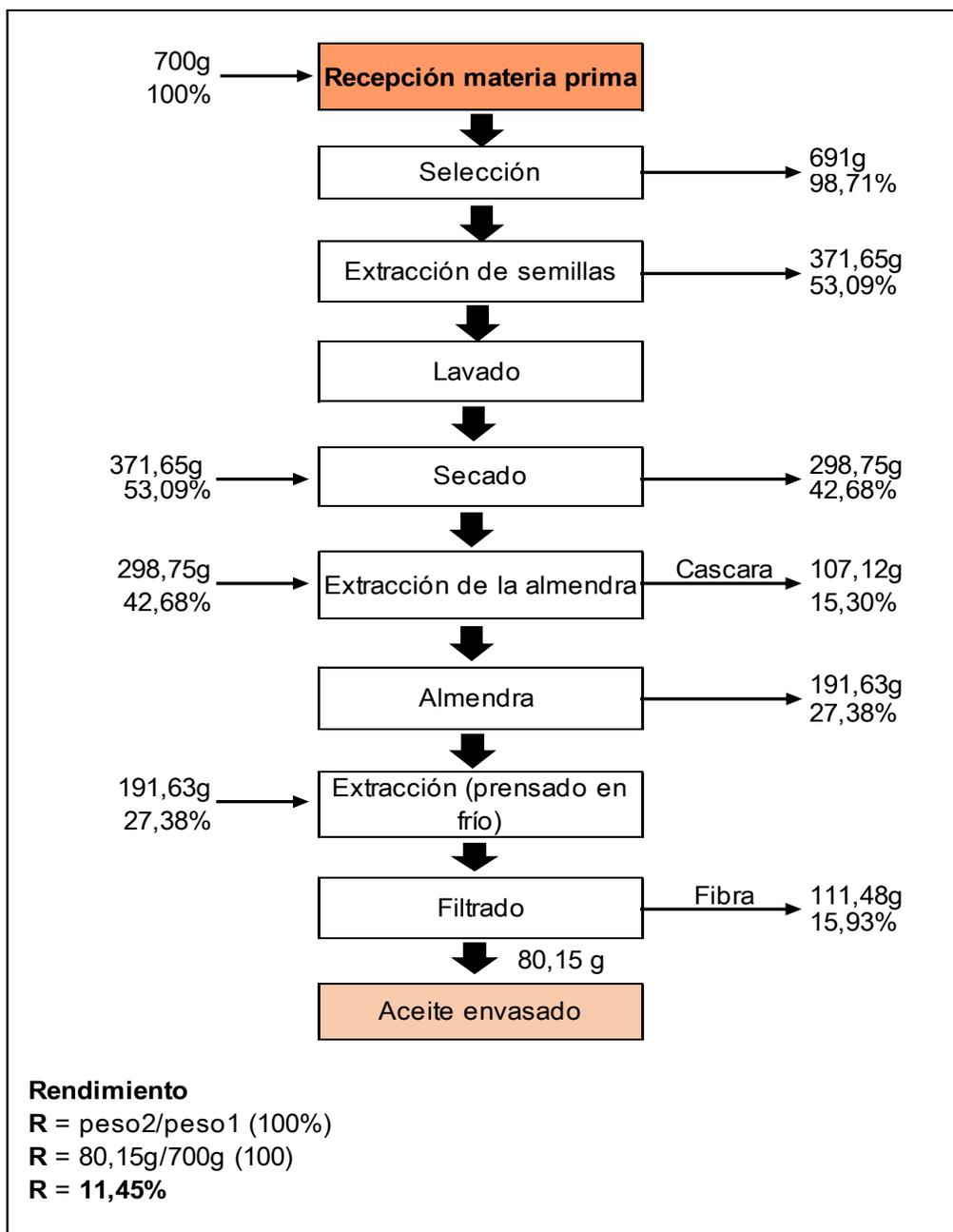


Figura 18

Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado madura por prensado en frío

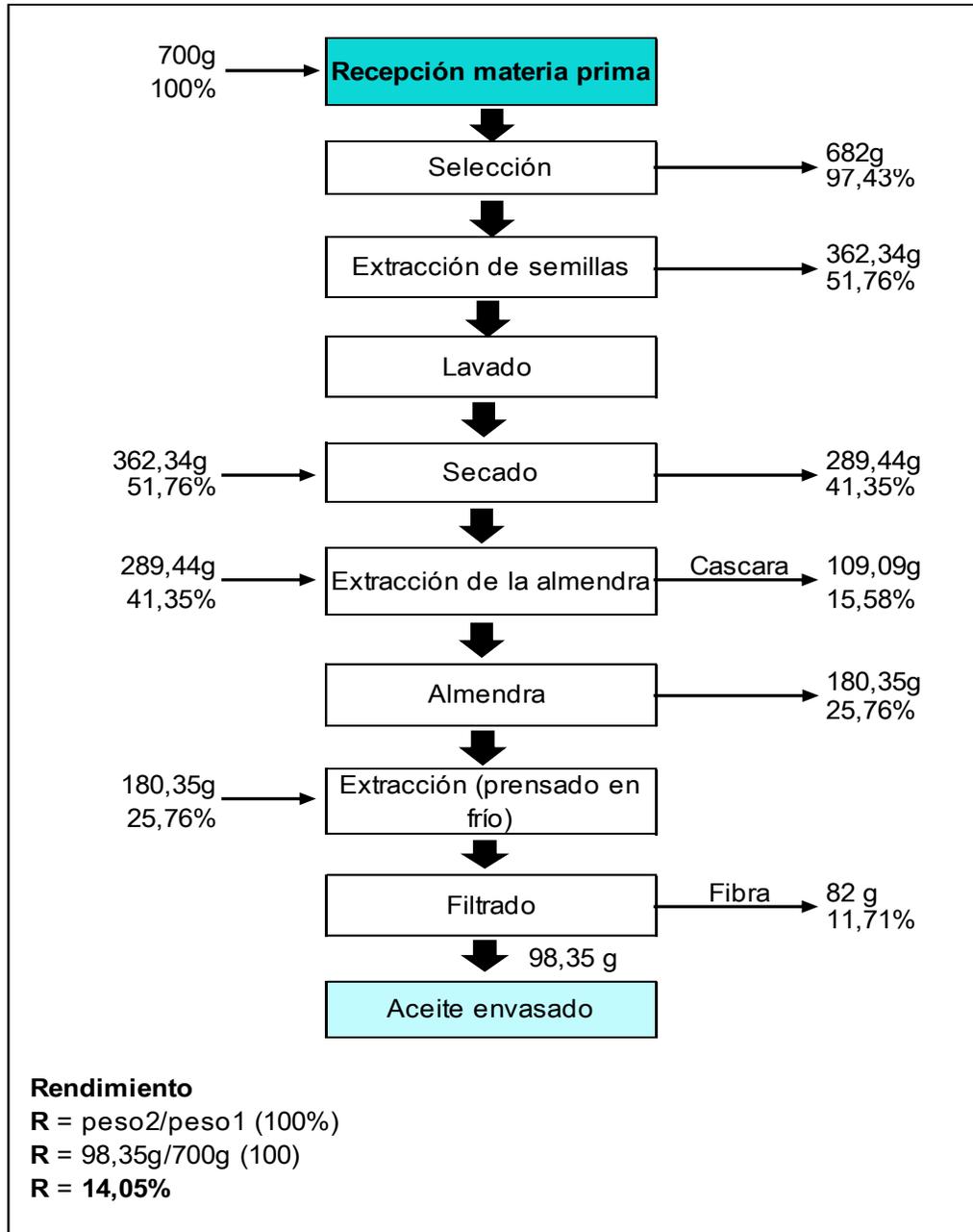
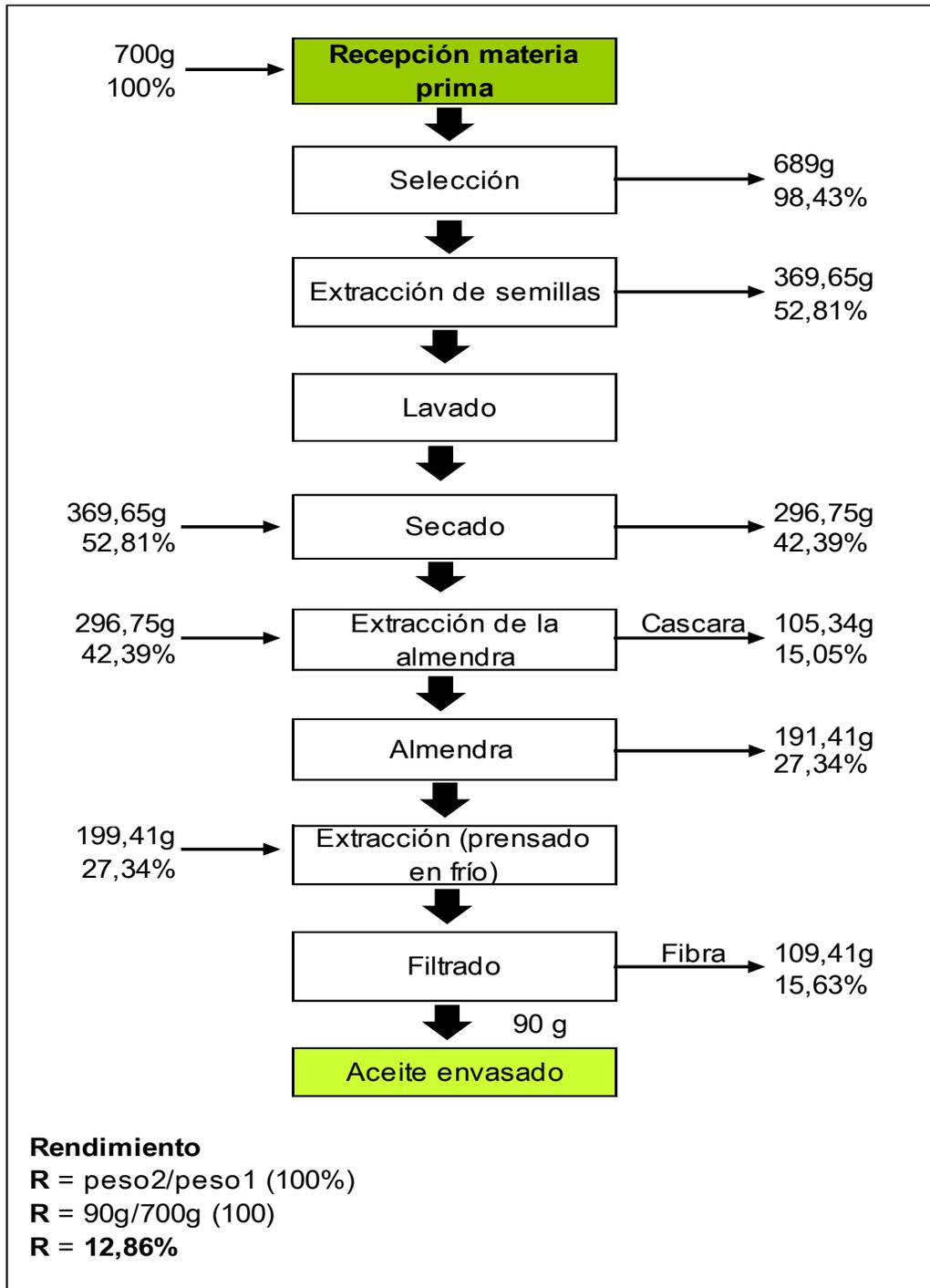


Figura 19

Diagrama de flujo del rendimiento del aceite de guanábana en estado sobremadura por prensado en frío



**Balance de materiales agronómicos****Tabla 49***Balance de materiales agronómicos*

<b>BALANCE DE MATERIALES AGRONÓMICOS</b>			
<b>Procesamiento</b>	<b>Pintona</b>	<b>Madura</b>	<b>Sobremadura</b>
Recepción	700g = 100%	700g = 100%	700g = 100%
Secado a 60°C/72 Horas	298,75g = 42,68%	289,44g = 41,35%	296,75g = 42,39%
Contenido de aceite	80,15g = <b>11,45%</b>	98,35g = <b>14,05%</b>	90g = <b>12,86%</b>

La **Tabla 49** muestra el rendimiento de la obtención del aceite de guanábana por el método de prensado en frío con los diferentes estados fisiológicos de la fruta, indicando que el mayor rendimiento fue obtenido con la fruta en estado madura con un valor de 14,05%, mientras que el menor rendimiento se dio en la fruta en estado pintona con un valor de 11,45%.

## Capítulo V

### Discusión

#### Factor A (Estado fisiológico)

De acuerdo a los resultados reflejados del análisis de Tukey ( $<0,05$ ), para el Factor A correspondiente a los estados fisiológicos de la guanábana (a1: Pintona, a2: Madura y a3: Sobremadura) estudiadas en la obtención del aceite, se determinó que:

En relación a los estados fisiológicos empleados, el mayor rendimiento fue del 11,81% con el estado fisiológico madura, siendo un valor alto frente a los demás resultados, ya que como indica (Aliaga, Mora, Fredes, & Arredondo, 2012) a medida que los frutos van madurando, el rendimiento de aceite es mayor; pero es importante considerar que la mayoría de las semillas sobremaduras al estar en contacto con el suelo perdieron su almendra al ser alimento para insectos, encontrándose vacías algunas. Por otro lado, en el estado sobremadura se presentó el mayor pH de 4,25

Según (Alvarez, 2019) la densidad de los aceites varía entre 0,840 a 0,960  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , esto dependerá del tipo del aceite, ya sea este mineral o vegetal, lo cual concuerda con los valores obtenidos en esta investigación ya que en cada uno de los estados fisiológicos los valores se han encontrado dentro de los parámetros establecidos que oscilan entre 0,914; 0,897 y 0,910  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

La variable de humedad fue mayor porcentaje en la condición sobremadura con un valor de 0,20%; mientras que en la condición pintona fue el porcentaje más bajo con un valor de 0,14%; estando dentro de parámetro establecido (Rivera, Rivera, & Rizo, 2015) mencionan que el contenido de humedad del aceite es uno de los factores que inciden en el cambio de las

propiedades fisicoquímica y organolépticas, por lo que este porcentaje no debe exceder el 0,2%, por ello el estado maduro es el más aceptable, con una humedad del 0,17%.

Considerando los resultados del porcentaje de impurezas del aceite de guanábana en estado sobremadura (0,02%) se encuentra dentro de lo establecido el cual debe ser como máximo del 0,1%; mientras que el estado pintona y madura sobrepasan este límite.

La Acidez es uno de los parámetros más importantes porque es el encargado de medir la concentración de ácidos grasos libres, lo que determina el grado de degradación del aceite, a menor concentración, mayor calidad del aceite (Díaz & Guerrero, 2018), debido a que mayor sea el índice peor será el aceite en términos de calidad ya que su aroma y sabor habrán sufrido alteraciones cada vez mayores.

### **Factor B (Método de extracción)**

En el estudio de (Espinoza, 2021) se menciona que hay un mayor rendimiento en el método de extracción por Soxhlet y continuamente el Prensado en frío, considerando que para este último la semilla fue utilizada conjunto a la testa debido a su tamaño, mientras que en nuestro estudio el rendimiento más alto lo obtuvo el Prensado en frío, luego el Prensado en caliente y por último el método de extracción por Soxhlet, teniendo en cuenta que hubo un mayor aprovechamiento de extracción en el primer método anteriormente mencionado ya que la testa fue retirada de la semilla, implementando solamente la almendra, además, según menciona (Duchi, 2021) el rendimiento depende de la calidad, acondicionamiento y tamaño de la semilla que va a entrar en contacto de forma directa con el solvente para que este pueda desprender los componentes grasos baso en el método de Soxhlet; pero aun así estos tenían restos de cubierta seminal sin poder aprovechar en su totalidad la presencia de la almendra como en los otros dos casos.

Como menciona (Alvarez, 2019), no hay un único rango de densidad puesto a la amplia gama de aceites que existen, por ejemplo, según la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 35, 2012), el rango del aceite de oliva es de  $0,901 - 0,915 \text{ g/cm}^3$ , por lo tanto de manera general se establece que el rango aceptado de densidad va de  $0,840$  a  $0,960 \text{ g/cm}^3$ . Por ello, se considera que todos los métodos de extracción poseen resultados dentro de los límites establecidos.

Como se establece en la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 2688 , 2014), el valor máximo en humedad es de  $0,2\%$  para que sea catalogado como aceite de calidad, tomando en cuenta que todos los métodos de extracción ingresan dentro de este rango, mientras que en el pH b3: Soxhlet tuvo el valor más alto.

Según la (FAO, 2009), el rango de impurezas va de  $0,05$  al  $0,1\%$ , considerando que todos los métodos de extracción se relacionan con estos valores, a excepción del método b3: Soxhlet, el cual posee un resultado del  $0,46\%$ , lo cual se relaciona con lo el estudio de (Alvear & Menéndez, 2020), donde menciona que el contenido de impurezas depende más del solvente, teniendo altos resultados en la implementación de éter di etílico el cual se implementa en el método de Soxhlet.

Según (Begambre, 2020), como no se usa alguna sustancia química en la extracción de aceite por medio del método de prensado en frío, el resultado es completamente natural, con una calidad aceptable y consumible, concordando esto con los resultados obtenidos, puesto que b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente tuvieron los valores más bajos en acidez, y el más alto fue b3: Soxhlet debido a que este último fue perdiendo su calidad, según menciona (Espinoza, 2021). Además, la Normal ecuatoriana (NTE INEN 38, 2012) menciona que el porcentaje máximo de acidez aceptado es del  $0,5\%$ .

Según lo que se menciona en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, en la variable del índice de peróxido el valor máximo que debe tener es 5 meq peróxido/kg máximo para poder establecer que el aceite es comestible (NTON, 2011), lo cual concuerda con los resultados obtenidos, mencionando que los tres métodos de extracción son aceptables ante estos parámetros puestos que los valores están por debajo de lo establecido.

Según menciona la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 40, 2012), el rango del aceite es de 187 a 197 mgKOH/g, lo cual concuerda con los datos obtenidos, ya que el método de extracción b1: Prensado en frío tuvo unos resultados de 186,77 mgKOH/g, siendo el valor que más se acerca al rango.

El contenido de cianuro fue mayor en el método b3: Soxhlet con 0,737 ppm y el menor fue de b1: Prensado en frío con 0,453 ppm, lo cual concuerda con el estudio de (Espinoza, 2021).

### **Interacción A\*B (Estado fisiológico\*Método de extracción)**

La interacción A\*B permite obtener un valor representativo al mismo tiempo en que se estudia los factores Estado fisiológico x Método de extracción para la obtención de aceite, el cual permite determinar los mejores resultados en cuanto a las variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas.

El efecto del rendimiento fue mayor en los tratamientos (a1: pintona, a2: madura y a3: sobremadura) por prensado en frío, mostrando valores de (11,45%, 14,95% y 12,86%) respectivamente. Según (Primo, 2012), menciona que varios estudios demuestran que las semillas de guanábana (*Annona muricata*) contiene un alto porcentaje de aceite vegetal que va del 10 al 30% según de la técnica de extracción. Sin embargo (Bernardini, 1986) hace referencia que para obtener aceite de excelente calidad, se debe extraer por pensado en frío ya

que este método es ideal para caracterizar aceites esta información se comprueba con los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos.

Los resultados mostraron que todos los tratamientos tienen características físicas similares en cuanto a pH, con un rango de valores entre 3,83 y 4,44 que coinciden con un estudio realizado por (Jiménez & Balois, 2016), donde se menciona que el valor mínimo en guanábana es de 3,5 y mencionando en sus resultados que 3,1 a máximo 5,1.

En cuanto a absorbancia, se obtuvo un rango con valores entre de 0,17 y 3,32 nm, considerando que todos los resultados del método de extracción Prensado en Frío y Prensado en Caliente entran en el rango que establece (OilOliva, 2021), donde el límite del aceite es de 2,5nm y el aceite virgen corresponde a 2,6 nm.

Referente a la densidad relativa en las interacciones a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío y a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet presentaron valores de 0,902 gr/cm<sup>3</sup>, se encuentran dentro de los rango mínimo y máximo establecido por la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 35, 2012) con rangos de 0,901 – 0,915 gr/cm<sup>3</sup>.

En cuanto a los resultados de humedad, todos las interacciones se encuentran dentro del rango permitido a excepción de la interacción a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío con un valor de 0,22%; puesto que la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 2688 , 2014) menciona que el valor máximo no debe exceder a 0,2%, ya que concentraciones mayores indican una disminución de los beneficios del aceite. De acuerdo con (Rivera, Rivera, & Rizo, 2015) señalan que la humedad en los aceites altera su estabilidad al promover la hidrolisis, lo que conduce a la reacción inversa de formación de grasa, descomponiendo nuevamente a los ácidos grasos.

Por otro lado, el contenido de cenizas en todas las interacciones estuvo por debajo del 5%, lo cual concuerda con (MÁRQUEZ, 2014) quien señala que la ceniza representa el contenido mineral del alimento y este debe ser inferior al 5%.

Respecto al porcentaje de impurezas todas las interacciones se encuentran dentro del parámetro establecido, por lo contrario las interacciones (a1b3: Guanábana pintona + Método Soxhlet y a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet) con valores de 0,93% y 0,39% respectivamente no se encuentran, ya que como menciona (Norma ISO 663 , 2013) el índice de impurezas insolubles deber ser como máximo de 0,1% indicando así la inocuidad y mejor eficiencia de estos tratamientos.

El contenido de cianuro fue mayor en el método b3: Soxhlet con 0,737 ppm y el menor fue de b1: Prensado en frío con 0,453 ppm, lo cual concuerda con el estudio de (Espinoza, 2021).

En la acidez el b3: Soxhlet sin considerar el estado fisiológico tuvo los valores más altos, a diferencia de b1: Prensado en frío y b2: Prensado en caliente, mencionando que el rango establecido para determinar una mejor calidad es de 0,5% según la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 38, 2012), donde solo a2b3: Guanábana madura + Método Soxhlet sobrepasa estos límites con un 0,68%.

En el índice de peróxido se obtuvo valores dentro del rango en todos los tratamientos con el método de extracción b1: Prensado en frío, sin tomar en cuenta el estado fisiológico de la guanábana, mientras que el índice de saponificación, a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío tuvo un valor de 192,49 mgKOH/g, ingresando en los rangos propuestos por la Norma Ecuatoriana (NTE INEN 40, 2012) que va de 187 a 197 mgKOH/g, considerando que al haber menos sustancias químicas en este método de extracción, el aceite se presenta de mejor calidad, natural y apto para el consumo (Begambre, 2020).

En cianuro, los resultados más altos se presenciaron en el método de extracción b3: Soxhlet sin considerar el estado fisiológico de la guanábana, mientras que los más bajos están en b1: Prensado en frío, concordando esto con los estudios realizados por (Espinoza, 2021).

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

##### ***Factor A (Estado fisiológico)***

El rendimiento del aceite fue mayor en el estado fisiológico a2: Madura con un valor de 11,81%, en comparación con el estado fisiológico a3: Sobremadura y a1: Pintona que tuvieron rendimientos de 9,39% y 8,88% respectivamente.

En cuanto a los valores más bajos de pH y densidad de dieron con el estado fisiológico a2: Madura con valores de 3,78 y 0,90 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. El pH se encuentra dentro de los límites establecidos en la caracterización de los frutos de guanábana.

El contenido de humedad fue menor o igual al 0,2% en todos los estados fisiológicos: a1: Pintona, a2: Madura y a3: Sobremadura, siendo los idóneos de acuerdo a la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2688. Los estados fisiológicos: a2: Madura y a3: Sobremadura tuvieron el contenido de impurezas más bajo de 0,1%, lo que indica la inocuidad. Con respecto a la acidez se mantuvo en cada uno de los estados fisiológicos por debajo del 0,5% con valores de 0,215%, 0,266% y 0,194%.

##### ***Factor B (Método de extracción)***

En cuanto al rendimiento, b1: Prensado en frío tuvo el valor más alto con un 12,79%, pero a su vez obtuvo los datos más bajos en cuando a las variables analizadas de pH y ceniza con valores de 3,89 y 0,12% respectivamente.

Para la variable absorbancia b2: Prensado en caliente presentó el menor valor correspondiendo al 0,22 nm, en cuanto a densidad y humedad los resultados más bajos

pertenecen a b3: Soxhlet con 0,887 g/cm<sup>3</sup> y 0,14% correspondientemente. Por otro lado, en la variable impurezas el valor más bajo de 0,01% pertenece a b1: Prensado en Frío y b2: Prensado en Caliente.

La acidez obtuvo el porcentaje más bajo 0,09% al igual que el contenido de cianuro con 0,453 ppm en b1: Prensado en frío, mientras que el índice de peróxido el valor más bajo fue de 1,67 meq peróxido/kg en b2: Prensado en Caliente y b3: Soxhlet, y en el índice de saponificación el método b2: Prensado en caliente obtuvo un valor de 161,87 mgKOH/g

### ***Interacción A\*B (Estado fisiológico\*Método de extracción)***

Respecto al rendimiento los mayores resultados se presentaron en los tratamientos a3b1: Guanábana sobremadura + Prensado en frío y a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío con valores de 14,05% y 12,86% respectivamente.

La caracterización del aceite obtenido a partir de las semillas de guanábana refleja que presentó los mejores resultados en el tratamiento a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío en cuanto a la densidad con un valor de 0,902 gr/cm<sup>3</sup>, en cuanto a ceniza su resultado fue de 0,045%, en humedad del 0,17%, un pH de 3,98 y por último, impurezas de 0,01%. En base a lo anteriormente mencionado, se puede decir que el método de extracción por Prensado en frío permite la adquisición de aceite de mayor calidad, apto para fines comestibles.

En las pruebas microbiológicas desarrolladas en el tratamiento a2b1: Guanábana madura + Prensado en frío presentó una total inocuidad sin la presencia de Mohos y levaduras, Salmonella, E. Coli, Enterobacterias y Coliformes, mientras que para Aerobios la presencia fue mínima, lo cual demuestra que hay una total inocuidad.

## Recomendaciones

En base a los estados fisiológicos de la guanábana, se recomienda realizar la extracción en el estado madura, puesto a las características físicoquímicas y microbiológicas que se presentaron en los resultados. Además, presenta un excelente resultado en cuanto en rendimiento, observando un adecuado balance de materiales.

Se recomienda la extracción de aceite por Prensado en frío, ya que es un método alternativo que garantiza un aceite natural de alta calidad. La ausencia de calor y solventes orgánicos durante la extracción ayuda a mantener las propiedades óptimas del aceite.

Para la obtención de excelentes características físicoquímicas y la menor cantidad de compuestos contaminantes como es el caso del cianuro, es ideal el estado fisiológico madura y el método de extracción Prensado en frío, preservando las características del mismo y teniendo un resultado de calidad.

## Capítulo VII

### Bibliografía

- Aliaga, J., Mora, .. M., Fredes, C., & Arredondo, S. (2012). *ESTIMACIÓN DE LA FASE DE MADUREZ DE LA OLIVA EN BASE A IMÁGENES DIGITALES*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8648/NR39180.pdf?sequence=12&isAllowed=y#:~:text=El%20color%20permite%20inferir%20la,m%C3%A1s%20dulce%20y%20menos%20amargo>
- Alvarez, T. (17 de Abril de 2019). *DENSIDAD DE ACEITES VEGETALES Y MINERALES*. Obtenido de <https://espaciociencia.com/cual-es-la-densidad-del-aceite/>
- Alvear, J., & Menéndez, K. (2020). *Estudio del Aceite de Dos Variedades de Maracuyá (Passiflora edulis), Considerando Distintos Métodos de Extracción en Santo Domingo de los Tsáchilas*. Ecuador.
- Anguisaca, C. (2015). *Cocciones*. Portoviejo: URIBE.
- Begambre, L. (2020). *ESTUDIO MONOGRÁFICO SOBRE EL USO Y APLICACIONES DEL ACEITE Y LA SEMILLA DE SANDÍA*. Córdoba.
- Bernardini, E. (1986). *Tecnología de aceites y grasas*. Obtenido de Editorial Alhambra,S.A.
- Blacio, K. (2009). Proyecto de pre factibilidad para la exportación de pulpa de guanábana al mercado alemán en el periodo 2008 – 2018. *Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias Económicas, 230*.
- Brossard, C., Ferrari, S., Pighinellia, A., & Parka, K. (2010). Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). *Grasas y aceites. 61 (3): 295-302. .*

- Castro, D. (Abril de 2018). *Análisis Gastronómico de la Guanábana (Annona Muricata) en la ciudad de Milagro, Provincia del Guayas*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40446/1/TESIS%20-%20GUANABANA%20%28ENVIADA%20AL%20URKUND%29%20%281%29.pdf>
- Cerón, A., Osorio, O., & Hurtado, A. (2012). *Identificación de ácidos grasos presentes en el aceite extraído a partir de semillas de guanábana (Annona muricata)*. Obtenido de *Revista de Ciencias Agrícolas*. 21(1): 81-87.
- Cruz, R., & Melendez, C. (2004). *OBTENCION, REFINACION Y CARACTERIZACION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE Passiflora edulis flavicarpa (MARACUYA)*". SAN SALVADOR- EL SALVADOR: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Díaz, M., & Guerrero, S. (2018). *Influencia del Índice de Acidez en el Poder Calorífico del Biodiesel*. Obtenido de Universidad Nacional del Santa.
- Dorado, D., & Hurtado, A. (2016). *Extracción con CO2 Supercrítico de Aceite de Semillas de Guanábana (Annona muricata): Cinética, Perfil de Ácidos Grasos y Esteroles*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642016000500005#:~:text=Los%20aceites%20de%20semillas%20de,linoleico%2C%20palmitoleico%20y%20linol%C3%A9nico](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000500005#:~:text=Los%20aceites%20de%20semillas%20de,linoleico%2C%20palmitoleico%20y%20linol%C3%A9nico).
- Dorado, D., Hurtado, A., & Martínez, H. (2016). . *Extracción con CO2 Supercrítico de Aceite de Semillas de Guanábana (Annona muricata): Cinética, Perfil de Ácidos Grasos y Esteroles*. *Información Tecnológica*.
- Duchi, N. (2021). *MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y VALORACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LA ALMENDRA DE GUANÁBANA (Annona muricata)*. Ecuador.

Espínola, F., & Moya, A. (s.f.). *DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACIDEZ*. Obtenido de DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS:  
<http://www.ujaen.es/huesped/aceite/articulos/analisis.htm#:~:text=EI%20%C3%ADndice%20de%20per%C3%B3xidos%20es,las%20condiciones%20de%20trabajo%20descritas>

Espinoza, D. (2021). *Estudio de las Características Fisicoquímicas y Compuestos Contaminantes del Aceite de Sandía (Citrullus lanatus) Considerando Distintas Variedades y Métodos de Extracción*. Ecuador.

FAO. (2009). *NORMA PARA GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES NO REGULADOS POR NORMAS INDIVIDUALES*. Obtenido de [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B19-1981%252FCXS\\_019s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B19-1981%252FCXS_019s.pdf)

Florían, S. (2014). Obtenido de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/820/1/FLORI%C3%81N\\_SANDRA\\_P](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/820/1/FLORI%C3%81N_SANDRA_P)

González, A. (2014). *SEGURIDAD A BASE DE HIERBAS (Guanábana)*. Obtenido de <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/guanabana.html>

INEN. (1978). *GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/37.pdf>

INIAP. (2014). *Guanábana*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://www.tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rguanabana#:~:text=La%20Guan%C3%A1bana%20es%20un%20frutal,y%20el%20Sur%20de%20M%C3%A9xico>.

- INIAP. (2014). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* . Obtenido de <http://www.tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rguanabana#:~:text=Las%20principales%20%C3%A1reas%20de%20cultivo,ca mpesinos%20se%20dedican%20a%20la>
- Jiménez, J., & Balois, R. (2016). *Caracterización de frutos de guanabana (Annona muricata L.) en Tepic, Nayarit, México*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342016000601261#:~:text=El%20pH%20de%20los%20frutos,para%20guan%C3%A1bana%20es%20de%203.5.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000601261#:~:text=El%20pH%20de%20los%20frutos,para%20guan%C3%A1bana%20es%20de%203.5.)
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*. 40(2): 155-166.
- MÁRQUEZ, B. (2014). *CENIZAS Y GRASAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?seque>
- Martínez, J., & Zúñiga, G. (30 de Agosto de 2018). *Extracción de aceite de la semilla de guanábana (Annona muricata), aplicando métodos de extracción Soxhlet y arrastre por vapor*. Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/2428/1/92181.pdf>
- Masia, E. (2017). *Prensado en frío ¿Existe el aceite de oliva prensado en frío?* Obtenido de El Altet: <https://masiaelaltet.es/blog/prensado-en-frío/#:~:text=Se%20consigue%20de%20esta%20manera,que%20se%20obtiene%20me nos%20rendimiento.>
- NONALAYA, K., & MARCAÑAUPA, J. (2017). *EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE CHIRIMOYA (Annona cherimola) Y*

GUANABANA (*Annona muricata*). Obtenido de

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4375/Nonalaya%20C-%20Marca%c3%b1aupa%20D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norma ISO 663 . (2013). Obtenido de Grasas y aceites vegetales. Determinación del contenido de impurezas insolubles.

NTE INEN 2688 . (2014). Obtenido de ACEITE DE SACHA INCHI. REQUISITOS:

[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2688.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2688.pdf)

NTE INEN 35. (2012). Obtenido de Aceite de Oliva. Requisitos:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/29-1.pdf>

NTE INEN 38. (2012). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/29.pdf>

NTE INEN 40. (2012). Obtenido de Aceite de Oliva:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/29.pdf>

NTON. (2011). *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE. REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO* . Nicaragua.

OilOliva. (26 de mayo de 2021). *Características y composición del aceite de oliva*. Obtenido de

<https://aceitedeolivar.com/caracteristicas-del-aceite-de-oliva/>

Primo, E. (2012). *Química orgánica básica y aplicada*. España: Editorial Reverte tomo 2.

Revuelta, M. (2 de Agosto de 2017). *SESION 08: SAPONIFICACION DE LAS MATERIAS*

*GRASAS*. Obtenido de Universidad Cesar Vallejo: <https://silو.tips/download/sesion-08-saponificacion-de-las-materias-grasas>

Rivera, C., Rivera, P., & Rizo, J. (Septiembre de 2015). *DESARROLLO DE UN METODO ANALITICO ALTERNATIVO PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE*

*HUMEDAD Y MATERIA VOLATIL EN ACEITE VEGETAL DE USO COMESTIBLE.*

Obtenido de

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4224/1/229228.pdf>

Romero, J., Amaya, A., Miranda, M., & García, M. (2018). Métodos cromatográficos para la determinación de endosulfán en alimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 34: 81-94.

*Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. (02 de Septiembre de 2018). Obtenido de

Guanábana, un aliado para la salud y la belleza:

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/guanabana-un-aliado-para-la-salud-y-la-belleza#:~:text=Esta%20fruta%20es%20rica%20en,importantes%20propiedades%20medicinales%20y%20cosm%C3%A9ticas>.

UAGRARIA. (2021). Diversificación de la agricultura. *El Misionero (Periódico Oficial de la Universidad Agraria del Ecuador)*, 4.

Valenzuela, A. (2008). Ácidos grasos con isomería trans II. Situación de consumo en Latinoamérica y alternativas para su sustitución . *Revista chilena de nutrición*, 35(3): 172-180.

VILLAFUERTE, E. E. (2011). *INFLUENCIA DE LAS FASES LUNARES EN LA PROPAGACIÓN DE PLANTAS DE GUANABANA (Annona muricata L.) POR MÉTODO ASEXUAL.*

Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2210/1/T-UTEQ-0250.pdf>