



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y VALORACIÓN DE ÁCIDOS  
GRASOS DE LA ALMENDRA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*)”**

**Trabajo de titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación.

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR:** NELSON WLADIMIR DUCHI PATARON

**DIRECTORA:** BQF. SANDRA ELIZABETH LÓPEZ SAMPEDRO Mg.

Riobamba-Ecuador

2021

**©2021, NELSON WLADIMIR DUCHI PATARON.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Nelson Wladimir Duchi Pataron, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo toda la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de julio 2021.

**Nelson Wladimir Duchi Pataron**

**060405281-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación “**MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y VALORACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LA ALMENDRA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*)**”, realizado por el señor: **NELSON WLADIMIR DUCHI PATARON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

|  | FIRMA | FECHA      |
|--|-------|------------|
| Ing. Iván Flores Mancheno Ph.D<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>                           | _____ | 16-07-2021 |
| Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg.<br><b>DIRECTORA DEL TRABAJO<br/>DE TITULACIÓN</b> | _____ | 16-07-2021 |
| Ing. Iván Patricio Salgado Tello MSc.<br><b>MIEMBRO DE TRIBUNAL.</b>                       | _____ | 16-07-2021 |

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por brindarme la vida y la salud para lograr mis metas, a mi familia y todas las personas que me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, quienes creyeron en mí; ya que mediante sus consejos he podido afrontar y superar todos los obstáculos a lo largo de mi vida y mis estudios. Mis padres Nelson y Yolanda; me han inculcado buenos principios y valores éticos, mis abuelitos; Segundo y Virginia; me han impulsado a seguir adelante para cumplir mis objetivos. De la misma manera lo han hecho mi hermano Patricio, mi tía Olga y demás familiares. A mi mejor amiga, el amor de vida Karla quien siempre ha estado a mi lado en todo momento impulsándome para cumplir mis metas, finalmente y no menos importante a quienes ya no están físicamente presentes pero me guían desde el cielo; Rosita, Angelita y Maguito. No fue fácil pero hoy es un logro alcanzado.

Wladimir

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios por brindarme salud, vida para alcanzar el éxito, a toda mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida y mi motor para lograr todos mis objetivos, a pesar de las dificultades todas sus enseñanzas y consejos permitieron que siga adelante sin desmayar mis estudios. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y alcanzar un título profesional para poder contribuir positivamente en la sociedad.

Agradezco de manera cordial a los docentes: Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro, y al Ing. Iván Patricio Salgado Tello; quienes fueron mis docentes durante mi formación académica y a la vez una guía en la realización y culminación de presente trabajo de investigación.

Wladimir

## TABLA DE CONTENIDO

|   |          |
|---|----------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | x        |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | xi       |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....                                       | xii      |
| RESUMEN.....  | xiii     |
| ABSTRACT.....   | xiv      |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1        |
| <b>CAPITULO I</b>   |          |
| <b>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>                      | <b>3</b> |
| 1.1 Guanábana ( <i>Annona muricata</i> ).....                 | 3        |
| 1.2 Características Generales.....                            | 3        |
| 1.2.1 Árbol y ramas.....                                      | 3        |
| 1.2.2 Hojas.....  | 4        |
| 1.2.3 Flores.....   | 4        |
| 1.2.4 Fruto.....  | 4        |
| 1.2.5 Semillas .....  | 4        |
| 1.2.6 Raíz.....   | 5        |
| 1.3 Clasificación taxonómica .....                            | 5        |
| 1.4 Cultivo en el Ecuador.....                                | 7        |
| 1.5 Usos e importancia del fruto y sus microcomponentes ..... | 7        |
| 1.5.1 Usos de la pulpa.....                                   | 7        |
| 1.5.2 Usos farmacológicos de las hojas .....                  | 7        |
| 1.5.3 Importancia de los microcompnentes de la fruta .....    | 8        |
| 1.6 Valor nutritivo .....                                     | 8        |
| 1.6.1 Pulpa.....  | 8        |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| 1.6.2               | Semilla o Almendra.....   | 9         |
| 1.7                 | Ácidos grasos .....   | 10        |
| 1.7.1               | Tipos de ácidos grasos (AG).....  | 11        |
| 1.7.2               | Alimentos funcionales enriquecidos con ácidos grasos esenciales .....   | 11        |
| 1.8                 | Métodos para la extracción de ácidos grasos .....                       | 12        |
| 1.8.1               | Método Soxhlet.....   | 12        |
| 1.8.2               | Método de extracción por arrastre con vapor de agua.....                | 12        |
| 1.8.3               | Método Bligh & Dyer.....  | 12        |
| 1.8.4               | Método de extracción con fluidos supercríticos .....                    | 13        |
| 1.9                 | Técnicas para la identificación y análisis de ácidos grasos.....        | 13        |
| 1.9.1               | Cromatografía líquida de alta resolución (HPCL).....                    | 13        |
| 1.9.2               | Cromatografía de gases .....  | 14        |
| 1.9.3               | Ventajas de la cromatografía de gases .....                             | 14        |
| 1.9.4               | Desventajas de la cromatografía de gases .....                          | 14        |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |   |           |
| 2                   | <b>METODOLOGÍA .....</b>  | <b>16</b> |
| 2.1                 | Métodos de sistematización de la información .....                      | 16        |
| 2.1.1               | Criterios de sistematización de la información.....                     | 16        |
| 2.2                 | Métodos de sistematización de la información .....                      | 17        |
| <b>CAPÍTULO III</b> |   |           |
| 3                   | <b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y DISCUSIÓN.....</b>                  | <b>18</b> |
| 3.1                 | Producción de guanábana en el Ecuador .....                             | 18        |
| 3.1.1               | Producción de guanábana por regiones en el Ecuador .....                | 20        |
| 3.1.2               | Producción de guanábana por provincias en el Ecuador .....              | 22        |
| 3.2                 | Composición química en distintas partes de la guanábana .....           | 24        |
| 3.3                 | Presencia de ácidos grasos en la almendra de guanábana.....             | 26        |
| 3.4                 | Métodos de extracción de ácidos grasos de la almendra de guanábana..... | 28        |



|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>3.5</b> | <b>Ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana .....</b> | <b>31</b> |
|            | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>34</b> |
|            | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                      | <b>35</b> |
|            | <b>GLOSARIO</b>  |           |
|            | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1-1:</b> Clasificación Taxonómica de la guanábana ( <i>Annona muricata</i> ). .....                                       | 5  |
| <b>Tabla 2-1:</b> Valor nutritivo de guanábana en 100 g de producto comestible .....   | 9  |
| <b>Tabla 3-1:</b> Ácidos Grasos presentes en la semilla de Guanábana .....   | 10 |
| <b>Tabla 4-3:</b> Número de árboles de guanábana dispersos, cosechados, producción y ventas entre los años 2016, 2017 y 2018. .... | 18 |
| <b>Tabla 5-3:</b> Producción de Guanábana en regiones del país, expresada en toneladas métricas. ....                              | 20 |
| <b>Tabla 6-3:</b> Porcentaje de Producción de Guanábana por Provincias en el Ecuador.....  | 22 |
| <b>Tabla 7-3:</b> Composición química proximal de distintas partes de la guanábana .....   | 24 |
| <b>Tabla 8-3:</b> Concentración de Ácidos grasos en la almendra de Guanábana. ....   | 26 |
| <b>Tabla 9-3:</b> Tipos de métodos para la extracción de ácidos grasos y su rendimiento. ....                                      | 28 |
| <b>Tabla 10-3:</b> Ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana. ....   | 31 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |   |
|--|---|
| <b>Figura 1-1.</b> Árbol y fruto de guanábana.....                       | 6 |
| <b>Figura 2-1.</b> Semillas de guanábana ( <i>Annona muricata</i> )..... | 6 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Gráfico 1-3.</b> | Producción de guanábana. ....                                   | 19 |
| <b>Gráfico 2-3.</b> | Ventas de guanábana. ....                                       | 20 |
| <b>Gráfico 3-3.</b> | Producción de guanábana por regiones. ....                      | 21 |
| <b>Gráfico 4-3.</b> | Producción de guanábana por provincias. ....                    | 23 |
| <b>Gráfico 5-3.</b> | Composición química de la semilla de guanábana. ....            | 25 |
| <b>Gráfico 6-3.</b> | Concentración de ácidos grasos en la almendra de guanábana..... | 27 |

## RESUMEN

El presente documento de revisión de estudios y experiencias investigativas tuvo como objetivo el análisis de los métodos de extracción y valoración de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana (*Annona muricata*). Encontrándose que los autores emplearon distintos métodos para la extracción del aceite, tales procedimientos analíticos sujetos a diferente metodología permitieron conocer que el mayor rendimiento de extracción se obtuvo empleando la técnica Soxhlet. Utilizando hexano como solvente orgánico (pureza del 99,8%), obteniéndose el 37,7% de aceite seguido del resultado al utilizar Soxhlet con éter etílico y reportando el 30,59% de aceite obtenido, en tanto que utilizando hexano (pureza del 79,8%) se obtuvo el 22,5% de aceite, recalcando que los autores utilizaron la metodología clásica de la técnica Soxhlet, sin embargo las variaciones en rendimiento se debieron a distintos parámetros (calidad de semilla, tamaño de semilla, naturaleza de los solventes, especificaciones entre equipos y manejo técnico humano) que intervinieron en los resultados finales. Con otros métodos de extracción, aplicando la técnica analítica Bligh & Dyer, misma que consta del uso de cloroformo y metanol como solventes; se obtuvo el 13,6% de aceite. Finalmente con el método de extracción mediante el uso de Dióxido de carbono supercrítico se obtuvo apenas el 12,9% de aceite. En cuanto a la valoración de ácidos grasos utilizando cromatógrafos de gases de diferentes especificaciones en cada una de las investigaciones los resultados varían en los siguientes promedios calculados de los valores obtenidos por cada autor, así: ácido graso oléico (34,56%), linoléico (26,19%), linolénico (2,08%), palmítico (24,24%) y esteárico (5,39%), siendo los de mayor presencia y de gran interés para propósitos investigativos con enfoque farmacológico, nutricional y para las diferentes industrias que tienen como objetivo el aprovechamiento del fruto y sus distintas partes en la elaboración de productos terminados para consumo humano.

**Palabras clave:** <PRODUCCIÓN ALIMENTARIA>, <MÉTODOS DE EXTRACCIÓN>, <ACEITE DE GUANÁBANA>, <GUANÁBANA (*Annona muricata*)>, <VALORACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS>, <ÁCIDOS GRASOS>

## ABSTRACT

This study and research experiences review aimed to analyze the methods of extraction and assessment of fatty acids present in the soursop (seed) almond (*Annona muricata*). Findings showed that the authors used different methods for oil extraction, such analytical procedures subjected to a different methodology allowed us to know that the highest extraction performance was obtained using the Soxhlet technique and hexane as an organic solvent (purity of 99.8%). It was obtained 37.7% of oil. Then, using Soxhlet with ethyl ether, 30.59% of oil was obtained; while using hexane (purity of the 79.8%), 22.5% oil was obtained. The authors used the classical methodology of the Soxhlet technique, however the variation in the results were due to different parameters (seed quality, seed size, nature of solvents, specifications between teams and human technical management). With other extraction methods, such as the Bligh & Dyer analytical technique, which consists of the use of chloroform and methanol as solvents; 13.6% oil was obtained. Finally, with the extraction method using supercritical carbon dioxide, only 12.9% of oil was obtained. Regarding the evaluation of fatty acids using gas chromatographs of different specifications in each of the investigations, the results vary in the following averages calculated from the values obtained by each author, as follows: oleic fatty acid (34.56%), linoleic (26.19%), linolenic (2.08%), palmitic (24.24%) and stearic (5.39%), being the ones with the greatest presence and of great interest for investigative purposes with a pharmacological, nutritional approach and for the different industries that aim to take advantage of the fruit and its different parts in the production of finished products for human consumption.

**Keywords:** <FOOD PRODUCTION>, <EXTRACTION METHODS>, <SOURSOP OIL>, SOUR SOP (*Annona muricata*)>, <FATTY ACID ASSESSMENT>, <FATTY ACIDS>.

## INTRODUCCIÓN

La planta *Annona muricata*, o guanábana pertenece a la familia *Annonaceae*; consta de 29 géneros y 390 especies; posee una distribución tropical y subtropical alrededor del mundo. Originaria de América, los países de mayor producción a nivel mundial son Colombia y Brasil. Diversos estudios realizados a la planta y sus diversas partes han permitido conocer sus propiedades medicinales y el aporte nutritivo que posee, debido a que contiene sustancias de carácter benéfico en la nutrición y salud del consumidor, (Cerón et al, 2012: p. 2-3).

La familia Anonácea, comprende 1.500 especies que se encuentran agrupadas por 130 géneros, conformados por árboles, arbustos y lianas, se ubican en zonas tropicales de América, Asia y Madagascar. Dentro de la familia *Annonaceae* existen géneros que son de interés económico y agrícola por sus frutos, tal es el caso de *Annona squamosa*, *Annona muricata*, *Annona cherimolla* y *Annona reticulada*. Los cambios en el color, textura, sabor y aroma en estos frutos se deben a la maduración, debido a que son frutas climatéricas, además durante este proceso, desarrollan cambios como el oscurecimiento de la cascara, ablandamiento de la pulpa y cambios en su sabor, debido a la generación de etileno, (Arrazola et al, 2013: p. 2).

La guanábana (*Annona muricata*) es una fruta tropical que se encuentra distribuida en todas las áreas cálidas del Ecuador, especialmente en las provincias costeras. Las principales áreas de cultivo se centran en la Península de Santa Elena y Guayas, que cuentan con lotes tecnificados; sin embargo existen otras zonas de producción en donde el fruto crece de una forma no muy tecnificada, como Esmeraldas, sur de Manabí y áreas rurales de Santo Domingo de los Tsáchilas, (Triviño, 2018: p. 17).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ratifica que en el Ecuador se produce alrededor de 6.000 toneladas de Guanábana fresca al año. En el país la guanábana se cosecha en las provincias de Guayas y Santa Elena, donde se calcula que existen 120 hectáreas. Además los sembríos también se ubican en las provincias de Manabí, El oro, Pastaza, por lo que la producción de guanábana a nivel nacional según el INIAP cuenta con 250 hectáreas de sembríos, entre cultivos tecnificados y aislados, (INIAP, 2014).

Debido a las propiedades que presenta este fruto, muchos estudios conjeturan a la calidad fisico-química, bioquímica, nutricional y farmacológica de la guanábana, además de las propiedades y sus aplicaciones que tiene para mejorar la calidad de vida de las personas que padecen cáncer, además

posee propiedades anti-tumorales, anti-carcinógenas, anti-espasmódicas, combate el asma, la hipertensión y la diabetes.

Los métodos de extracción del extracto etéreo y ácidos grasos de la fruta y semilla de la guanábana descritos en diferentes estudios, mismos que fueron de análisis interpretativo en este estudio de revisión científica tales como: Método Soxhlet, Método de arrastre por vapor, Método Bligh and Dyer y el Método de extracción empleando CO<sub>2</sub> supercrítico. Además el método de cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (GC-EMS) para la valoración de ácidos grasos, resultando que el método Soxhlet es más eficaz y eficiente para la extracción de aceites y que los resultados de concentración de ácidos grasos acorde a los estándares para cada uno, la cromatografía de gases es el proceso óptimo y adecuado para la caracterización de ácidos grasos saturados, no saturados entre otros.

Por otro lado en cuanto al aspecto tecnológico de la fruta y almendra de guanábana se centra en la utilidad o beneficio farmacológico para la salud y nutrición humana por la presencia de sustancias bioactivas como fenoles, polifenoles, tocoferoles, flavonoides y otros antioxidantes presentes en hojas, pulpa y semillas, pero particularmente los ácidos grasos extraídos de la semilla podría ser utilizado como aditivo en la fórmulas terapéuticas o nutricionales para consumo humano y animal.

Entonces, éste estudio tiene como finalidad conocer los métodos de extracción y valoración de los ácidos grasos de la almendra de guanábana, estableciendo como objetivos específicos: las principales regiones de producción de guanábana en el Ecuador, identificar los métodos de extracción del extracto etéreo de la almendra de guanábana y analizar la valoración de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana mediante investigaciones previas, difundiendo a la vez en la comunidad científica y de tecnologías a nivel nacional e internacional de una manera clara y precisa, los resultados obtenidos de algunas investigaciones. La importancia agregada es la valoración analítica de la semilla o almendra de guanábana debido a que es considerada como residuo de la industrialización de la pulpa, por lo que el procesamiento de este subproducto (semillas) resultaría en un valor agregado; mejorando los ingresos a los productores y mitigando el impacto ambiental.



## CAPITULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Guanábana (*Annona muricata*)

La planta *Annona muricata*, conocida comúnmente como Guanábana; perteneciente a la familia *Annonaceae* consta de 29 géneros y 390 especies y posee distribución tropical y subtropical alrededor del mundo, especie originaria de América, ubicándose como centro de origen Colombia y Brasil. Estudios realizados a la planta y diversas partes de la misma, han permitido conocer su potencial terapéutico y es considerada una de las mejores fuentes de compuestos que tienen diversas propiedades medicinales, ya que contiene metabolitos secundarios; de acción benéfica para la salud, (Cerón et al, 2012: p. 2-3).

La familia Anonácea, conocida popularmente como la familia de la guanabana, comprende 1.500 especies que se encuentran agrupadas por 130 generos, conformados por árboles, arbustos y lianas; se ubican en zonas tropicales de América, Asia y Madagascar. Dentro de la familia *Annonaceae* existen géneros que son de interés económico y agrícola por sus frutos; tal es el caso de *Annona squamosa*, *Annona muricata*, *Annona cherimolla* y *Annona reticulada*. Los cambios en el color, textura, sabor y aroma en estos frutos se deben a la maduración, debido a que son frutas climatéricas, además durante este proceso; desarrollan cambios como el oscurecimiento de la cascara, ablandamiento de la pulpa y cambios en su sabor; por la generación de etileno, (Arrazola, et al 2013: p. 2).

#### 1.2 Características Generales

##### 1.2.1 *Árbol y ramas*

La guanábana (*Annona muricata*) es un árbol erecto ramificado en la base y la copa tiene un desarrollo en forma cónica; mide de 5 a 10 m de alto y de 15 a 83 cm de diámetro con ramas bajas en su tronco; Posee un follaje compacto, la corteza interior es rosada, mientras que su corteza exterior es castaña, el tronco puede llegar a medir hasta 20 cm de diámetro. Sus ramas son de color castaño o gris, redondeadas, ásperas al tacto, y arrugadas, (Velóz, 2019: p. 20).

### **1.2.2 Hojas**

Las hojas que presenta la guanábana (*Annona muricata*) son alternas, de formas variables como elípticas, grandes, brillantes de color verde oscuro o verde brillante; con peciolo cortos; su longitud depende del tipo de variedad, (Torres, 2019: p. 19).

### **1.2.3 Flores**

La flor es hermafrodita, regular o actinomorfa, tanto los sépalos, pétalos y estambres están adheridos a un receptáculo común, el cáliz está conformado por tres sépalos libres, coriáceos, de color verde oliva, la corola tiene seis pétalos dispuestos en dos hileras, el androceo está conformado por numerosos estambres; cada uno de ellos presentan cuatro sacos polínicos que contienen a los granos de polen, y finalmente el gineceo está formado por alrededor de 290 a 380 hojas carpelares, que constan de muchos estigmas unidos a un ovario por medio de un estilo, (Velóz, 2019: p. 21).

### **1.2.4 Fruto**

El fruto es una baya de forma acorazonada u ovoide, de 15 a 40 cm de largo por 10 a 25 cm de ancho con un peso promedio entre 2 a 4 kilos. El 60% de la guanábana es pulpa y el resto es la cáscara, en su interior alberga aproximadamente 200 semillas por fruta, éstas son de importancia ya se puede extraer ácidos grasos orgánicos; después de un proceso de secado, molienda, uso de solventes y equipos para su obtención; la pulpa generalmente es de color blanco, también puede presentar un color amarillento; esto depende de la variedad, posee una textura blanca carnosa y jugosa con sabor ligeramente ácido, (Velóz, 2019: p. 22).

La cáscara es de color verde oscuro brillante, que se vuelve verde mate cuando alcanza el estado máximo de madures, cubierta con espinas. La pulpa es blanca y jugosa de sabor agridulce aromático. El fruto de guanábana alberga en su interior numerosas semillas de color negro que se logran desprender fácilmente, (Torres, 2019: p. 16-17).

### **1.2.5 Semillas**

Las semillas o almendras de la guanábana son de forma ovoide, están ubicadas en el centro del fruto, son reniformes; de 1 a 2 cm de color amarillo pardo. Las semillas de esta fruta, contienen sustancias alcaloides y no alcaloides que son la materia prima para la extracción de aceite. La planta está distribuida en regiones tropicales del Centro y Sur de América, África Occidental y Oriental y sureste

de Asia a una altitud menor de 1200 msnm; con temperaturas de 25°C, humedad relativa de 60 a 80%, (Ortíz et al., 2018: p. 2-3).

### 1.2.6 Raíz

La raíz de la guanábana es pivotante con un anclaje ramificado y fuerte, con una distribución en torno al tronco en los primeros 30 cm de profundidad. El sistema radicular que presenta cubre una gran zona del terreno donde se situó; permitiéndole soportar fuertes épocas de sequía, las raíces de la guanábana en suelos en óptimo estado pueden llegar a penetrar hasta 1 m de profundidad, lo que le permite aprovechar de mejor manera los nutrientes y llegar a tener un correcto desarrollo, (Velóz, 2019: p. 21).

### 1.3 Clasificación taxonómica

En la tabla 1-1: se encuentra la clasificación taxonómica de la guanábana.

**Tabla 1-1:** Clasificación Taxonómica de la guanábana (*Annona muricata*).

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Especie       | <i>Annona muricata</i> L. |
| Genero        | <i>Annona</i>             |
| Familia       | Annonaceae                |
| Orden         | Magnoliales               |
| Clase         | Magnoliopsida             |
| Sub clase     | Magnoliidae               |
| Reino         | Plantae                   |
| División      | Magnoliophyta             |
| Nombre Vulgar | Guanábana                 |

**Fuente:** Torres, 2019.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

En la figura 1-1. Se encuentra el árbol y fruto de guanábana.



**Figura 1-1.** Árbol y fruto de guanábana.

**Fuente:** Pérez, 2014.

En la figura 2-1: Se encuentra las semillas o almendras de guanábana.



**Figura 2-1.** Semillas de guanábana (*Annona muricata*).

**Fuente:** Martínez, 2018.

## **1.4 Cultivo en el Ecuador**

En el Ecuador se cultiva guanábana (*Annona muricata*) de las cuales se pueden aprovechar su fruto o semilla, a este fruto se lo puede identificar mediante tres características principales como son el sabor que puede ser: dulce, semiácido y semidulce; de la misma manera se pueden realizar insumos como postres, jugos y bebidas.

Para lograr cultivar esta planta; sus condiciones óptimas se promedian a una altura de 0 a 500 msnm. En nuestro país se comercializa toda clase de guanábana, estas pueden tener variación en cuanto a su forma, sabor y tamaño; sin embargo, las de tamaño medianas y grandes son las de mayor preferencia por los compradores debido al mayor contenido de pulpa, (Gonzales et al, 2018: p. 6).

## **1.5 Usos e importancia del fruto y sus microcomponentes**

### ***1.5.1 Usos de la pulpa***

La guanábana se la consume comúnmente como fruta entera, debido a que tiene agradables características sensoriales como: sabor, olor, textura. Se utiliza además para la preparación de jugos, helados, postres. Sin embargo, en la actualidad se tiene mayor aprovechamiento a nivel industrial de la fruta, comercializándose la pulpa natural o congelada, mermeladas, néctares, jaleas y puré. Por otro lado, en el ámbito medicinal sus hojas tienen un aporte de componentes anticancerígenos, (Trigoso, 2015: p. 36-37).

### ***1.5.2 Usos farmacológicos de las hojas***

Estudios realizados han demostrado que las hojas de guanábana (*Annona muricata*) tienen efectos antiinflamatorios, antidiabéticos, antiulcerosos y anticancerígenos sobre distintos tipos de tumores. Las especies reactivas carcinógenas inductoras de tumores interfieren con la función de las células normales por modificación de la bicapa lipídica de la membrana, las interrupciones de proteínas quinasas y la desregulación de los factores de transcripción.

Los antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos actúan de manera eficiente para la protección contra los efectos de deterioro celular. El estrés oxidativo generado por el desequilibrio de ambos compuestos enzimáticos conduce a enfermedades de carácter perjudicial tales como el cáncer, (Cerón et al, 2012: p. 2-3).

Las hojas de *Annona muricata* desempeñan un papel importante como antioxidante para la reducción del nivel de lactoperoxidasa (LPO), que es un potencial mutagénico causante de un proceso de regulación como la apoptosis. Los resultados de estudios efectuados *in vitro* e *in vivo* ha permitido determinar el mecanismo de acción del extracto de acetato de etileno de las hojas de guanábana contra células carcinógenas de piel y pulmón, dando como resultado que el extracto puede inducir a la apoptosis de las células malignas, (Ortíz et al, 2018: p. 2-3).

### **1.5.3 Importancia de los microcomponentes de la fruta**

Las enfermedades crónico degenerativas (cardiovasculares, diabetes, trastornos gastrointestinales, infecciones parasitarias y cáncer) han alcanzado proporciones epidémicas a nivel mundial; por lo que se consideran un problema grave para la salud, así que los tratamientos para estas enfermedades son de importancia clínica y, como resultado los principales compuestos activos de la guanábana (*Annona muricata*) son acetogeninas, flavonoides, compuestos fenólicos, alcaloides y taninos se han convertido en una gran cantidad de temas de investigación como material terapéutico, (Torres, 2019: p. 16-17).

Esta fruta esta compuesta en gran cantidad por agua y fibra, importantes para el regulamiento digestivo, control del azúcar en la sangre y favorece a la salud del corazón. La presencia de vitamina C y las de complejo B ( B1,B2.B3,B5, B6), además de minerales como hierro, potasio y magnesio son componentes de importancia en aspectos como:

- Proteger al sistema nervioso y cardiovascular.
- Disminuye el almacenamiento de grasas en el organismo, regulando el colesterol.
- Fortalece el sistema inmunológico.
- Posee un alto poder antioxidante y ayuda a retardar el envejecimiento.
- Actua como un importante agente anticancerígeno, (Cerón et al, 2012: p. 2-3).

## **1.6 Valor nutritivo**

### **1.6.1 Pulpa**

La guanábana (*Annona muricata*) se destaca principalmente por su bajo contenido de grasas, y el aporte vitamínico y mineral. Además, es una fuente rica en fibra. La pulpa se destaca por su contenido de glúcidos de fácil metabolismo, pequeña porción de proteínas y lípidos, así como vitamina C en poca cantidad, y finalmente sales minerales específicamente fósforo y potasio, (Blacio, 2018: p. 14-15).

En la tabla 2-1: se detalla el valor nutritivo de la guanábana expresado en 100 g de fruta bruta.

**Tabla 2-1:** Valor nutritivo de guanábana en 100 g de producto comestible

| <b>Nutrientes</b>   | <b>Valores</b> |
|---------------------|----------------|
| Humedad, g          | 82,20          |
| Calorías, kcal      | 61,30 - 53,10  |
| Mineral, g          | 60,00          |
| Ácido Ascórbico, mg | 29,60          |
| Fósforo, mg         | 27,70          |
| Carbohidratos, g    | 14,63          |
| Calcio, mg          | 10,30          |
| Niacina, mg         | 1,28           |
| Proteína, g         | 1,00           |
| Grasa, g            | 0,97           |
| Fibra, g            | 0,79           |
| Hierro, mg          | 0,64           |
| Tiamina, mg         | 0,11           |
| Riboflavina, mg     | 0,05           |
| Vitamina A          | 0,00           |

**Fuente:** Blacio. 2018

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

### **1.6.2 Semilla o Almendra**

En las especies de la familia Anonáceae la semilla o almendra contienen triglicéridos los cuales están basados en ácidos grasos saturados e insaturados, además otras partes de la planta y los extractos de la misma contiene trazas de acetogeninas; componente de alta importancia por su citotoxicidad, aportándole propiedades de carácter benéfico a esta especie botánica. (Ocampo et al, 2007: p. 2)

Estudios realizados han permitido identificar los componentes químicos de la semilla o almendra de guanábana (por cada 10 mg) de los cuales se hallan componentes como: Lactonas, Annomonicina, Annomontacina, Annonacinona, Annonacina, y ácidos orgánicos como: Ácido linoléico, Ácido linolénico Ácido oleico, Acido esteárico. Ácido palmítico, En donde los componentes más representativos y de interés se detallan a continuación:

- El ácido palmítico es un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono; cuyo nombre químico es ácido hexadecanóico. El principal ácido graso saturado en la dieta,

es el más abundante en las carnes, grasas lácteas (mantequilla, queso, nata) y en los aceites de coco y el aceite de palma.

- El ácido esteárico es una grasa saturada que se encuentra presente en la gran mayoría de aceites y grasas animales y vegetales, corresponde a un ácido mono carboxílico formado por una cadena lineal de 18 átomos de carbono, su efecto negativo sobre los triglicéridos, colesterol LDL y otros factores que ejercen acción perjudicial en la salud.
- El ácido oleico es una grasa mono insaturada típica de los aceites vegetales como el aceite de oliva, el aguacate; la cual ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y hepáticas.
- El ácido linoléico, presente en la semilla es la linaza y aceite de oliva es un ácido graso esencial de la serie omega 6, por lo que el organismo no puede sintetizar este tipo de componente por lo que requiere adquirirlo por la dieta.
- El ácido linolénico es un ácido graso esencial de la serie omega 6, formado por una cadena de 18 carbonos con tres dobles enlaces en las posiciones 9, 12 y 15. Su ingesta permite controlar los niveles de colesterol, triglicéridos, disminuye los niveles de grasa corporal y reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares, (Martínez et al, 2018: p. 13-14).

En la tabla 3-1: se detallan la presencia de ácidos grasos mayoritarios presentes en la semilla de guanábana.

**Tabla 3-1:** Ácidos Grasos presentes en la semilla de Guanábana

| Identificación Ácidos Grasos | Valores |
|------------------------------|---------|
| Ácido Palmítico, %           | 26,60   |
| Ácido Esteárico, %           | 5,89    |
| Ácido Oleico, %              | 33,47   |
| Ácido Linoleico, %           | 27,77   |
| Ácido Linolénico, %          | 3,28    |

**Fuente:** Martínez. 2018.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

## 1.7 Ácidos grasos

Las grasas, los aceites y los lípidos están formados por un gran número de compuestos orgánicos, en donde se incluyen ácidos grasos, monoacilglicéridos, diacilgliceroles, triacilgliceroles, fosfolípidos, eicosanoides, resolvinas, docosanoides, esteroides, ésteres de esteroides, carotenoides, vitaminas



liposolubles, alcoholes grasos, hidrocarburos y ésteres de ceras. Tradicionalmente se definía a los lípidos como sustancias solubles en solventes orgánicos, sin embargo, en la actualidad se los define como pequeñas moléculas hidrófobas o antipáticas (anfifílicas) que pueden originarse en su totalidad o en partes mediante la condensación de tioésteres o unidades de isopreno, (Hernández et al, 2012: p. 39).

### ***1.7.1 Tipos de ácidos grasos (AG)***

Los AG se pueden dividir en esenciales y no esenciales; se definen esenciales aquellos nutrientes necesarios para el desarrollo y función corporal del organismo, no se pueden sintetizar por lo que deben ser aportados mediante la dieta. Los mamíferos pueden sintetizar el ácido oleico u omega-9. Para generar AG de las series omega- 6 (ácido linoléico) y omega-3 (ácido linolénico) se requiere de precursores derivados de la dieta que posean el doble enlace en el carbono omega-6 y omega-3 respectivamente, (Martorell., 2013: p. 35).

La dieta cotidiana puede aportar todos los ácidos grasos; desde los saturados, insaturados, *trans*, de cadena corta, cadena mediana, larga y muy larga, sin embargo los ácidos grasos poliinsaturados, en especial el omega 6 y omega 3, son considerados en la actualidad de mayor relevancia, debido a que pueden aportar energía, se biotransforman, generando componentes bioactivos con diversas acciones biológicas. Por lo que es vital tener una alimentación saludable con la finalidad de aportar al organismo los requerimientos necesarios de ácidos grasos esenciales tanto de la serie omega (3, 6 y 9) como también del ácido eicosapentanoico (EPA) y ácido docosahexanoico (DHA) primordiales para la salud, (Sanhueza et al., 2015: p. 1-2-5).

### ***1.7.2 Alimentos funcionales enriquecidos con ácidos grasos esenciales***

La necesidad del consumo de ácidos grasos esenciales de las series omega (3-6-9) ha propiciado la elaboración de alimentos funcionales enriquecidos con estos tipos de ácidos grasos; podemos encontrar una amplia variedad como, leches, yogures, flanes, leches en polvo, mayonesas, bebidas de soja, zumos, huevos, aceites, margarinas, aceitunas, etc. Los frutos secos son una buena fuente de ácidos grasos esenciales, por ello tanto la relación del consumo de frutos secos y su acción sobre el perfil lipídico tiene gran importancia por el aporte de antioxidantes, fitoesteroles que ofrecen al organismo, (Martorell, 2013: p. 46).

## **1.8 Métodos para la extracción de ácidos grasos**

### ***1.8.1 Método Soxhlet***

El método Soxhlet, es una técnica ampliamente utilizada en la extracción de aceite proveniente de semillas oleaginosas, este sistema se compone principalmente por un balón donde se encuentra un solvente orgánico que es sometido a temperatura hasta el punto de ebullición, un tubo de extracción Soxhlet; donde se encuentra un cartucho de celulosa con la muestra para su análisis y un condensador. Luego de evaporarse el solvente orgánico (hexano, éter, etc.) cae al tubo Soxhlet donde se extrae el aceite hasta que el tubo se llene, una vez que el tubo está lleno del solvente; es sifonado hasta el balón que contiene el resto de solvente y se repite el proceso hasta aprovechar al máximo la extracción de la biomasa (semilla), (González et al, 2009: p. 3-4).

### ***1.8.2 Método de extracción por arrastre con vapor de agua***

Este método tiene como finalidad la separación de sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles. Ésta técnica hace posible la separación de diversas sustancias con uso de temperaturas por cerca el punto de ebullición. Básicamente consiste en suministrar vapor saturado a una muestra de material orgánico; calentando el solvente que se encuentra en un balón hasta su punto de ebullición que a la vez conduce al vapor por mangueras hasta otro balón con el material vegetal, esto permite que los compuestos oleaginosos; que tienen un punto de ebullición bajo que el agua se evaporen y sean arrastrados por el vapor donde se condensa el aceite junto al agua en forma de gotas y posterior es depositado en un embudo decantador donde se deja en reposo para su posterior separación, (Martínez et al, 2018: p. 16).

### ***1.8.3 Método Bligh & Dyer***

Este tipo de metodología está basada en solventes químicos, mediante el cual se extraen lípidos tanto polares como no polares. El método consiste en la homogenización a altas velocidades de la biomasa mediante la mezcla de metanol y cloroformo en una proporción de 2 a 1, luego se agrega cloroformo y se homogeniza por 30 segundos, se agrega una parte de agua y se homogeniza por 30 segundos más. Luego se realiza una filtración y centrifugación para separar el metanol y cloroformo, para finalmente realizar una evaporación del cloroformo y obtener el aceite. Con esta técnica se obtienen buenos resultados, sin embargo resulta ser poco amigable con el medio ambiente, debido a su alto

impacto con el entorno natural, debido al uso de los solventes de alta toxicidad, (González et al, 2009: p. 3).

#### ***1.8.4 Método de extracción con fluidos supercríticos***

Es un método que surge como una alternativa al sustituir a los solventes tóxicos tradicionales en grandes cantidades por el uso de CO<sub>2</sub> en la obtención de aceite de materia vegetal. Un fluido recibe el nombre de supercrítico cuando es sometido a condiciones de presión y temperaturas superiores a sus presiones y temperaturas críticas, a estas condiciones; el fluido posee características tanto de un gas, como de un líquido que le otorga propiedades como: baja viscosidad, alta difusividad relativa que le permiten penetrar la materia sólida y extraer eficientemente el extracto oleoso. Otro aspecto importante de la extracción con fluidos supercríticos, es que posibilita el acople del sistema de extracción, con sistemas de caracterización tales como la cromatografía de gases o cromatografía de fluidos supercríticos. Sin embargo a pesar de ser una técnica que tiene una baja toxicidad, al igual que no representa un impacto al medio ambiente, su costo es elevado por lo que tendría una representación monetaria alta ser utilizada en una industria, por ello la utilización de este método aun es baja y comúnmente se emplea para análisis con carácter investigativo, (González et al, 2009: p. 6).

### **1.9 Técnicas para la identificación y análisis de ácidos grasos**

La cromatografía de gases se ha convertido en una herramienta muy importante para el análisis de ácidos grasos presentes en determinados alimentos de origen vegetal y animal; actualmente existen una amplia variedad de técnicas cromatográficas, mismas que han tenido sus inicios por los años 1950, alguna de estas herramientas para el análisis son: la cromatografía en fase reversa líquido-líquido, cromatografía gas-líquido, cromatografía capilar de gases (análisis de ácidos grasos de cadena larga), cromatografía de gases (análisis de ácidos grasos metil-esterados), cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y la cromatografía líquida de alta resolución (HPCL). De todos los métodos antes citados, la cromatografía de gases es el método más empleado para la evaluación del perfil de ácidos grasos en muestras de grasas y aceites, (Herrera et al., 2015: p. 25).

#### ***1.9.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPCL)***

La cromatografía líquida de alta resolución o HPCL permite modificar la composición del disolvente. La muestra se fracciona entre una fase móvil que es líquida y una fase estacionaria. Las separaciones se logran por procesos de repartición y adsorción o intercambio iónico. En esta técnica se utiliza una presión elevada para forzar el paso del disolvente por una columna que resiste a elevadas presiones,

lo que permite separar de manera rápida y con gran resolución los componentes de una muestra. Por otro lado se debe tener en cuenta que en este tipo de cromatografía la fase móvil es un punto importante en la separación; debido a que es posible separar sustancias polares, no polares al modificar la fase móvil de la muestra. Actualmente muchos equipos HPCL tienen acoplados sistemas de control de temperatura, computadoras y la incorporación de software que permiten realizar de manera eficiente el análisis de la muestra y la identificación de los principales componentes, (Alvarado, 2012. p. 7-8).

### ***1.9.2 Cromatografía de gases***

La cromatografía gaseosa es un método de separación, en el cual los componentes de una mezcla se separan en dos fases: la fase estacionaria (líquida), que posee una superficie de exposición muy grande y la fase móvil (gas), que circula en contacto con la fase estacionaria. La muestra se vaporiza en el sistema de inyección y es conducida por la fase móvil gaseosa (gas portador) a través de la columna. Tanto el reparto o repartición de los componentes de la muestra con la fase estacionaria, se basan en sus diferentes solubilidades y la temperatura empleada, este tipo de proceso cromatográfico se lo denomina elución. Los principales componentes en este método son: la fuente de gas portador, el sistema de inyección, el horno que contiene la columna, el detector y el sistema de registro e integración, (Espinoza, 2012: p. 23).

### ***1.9.3 Ventajas de la cromatografía de gases***

- Eficiente, permite alta resolución.
- Requiere de muestras pequeñas.
- Alta sensibilidad, detecta ppm y a menudo ppb
- Proporciona información para los análisis cualitativos y cuantitativos.
- Alta velocidad de análisis: un análisis completo se efectúa en un tiempo corto (30 min).
- Buena exactitud y de fácil uso.

### ***1.9.4 Desventajas de la cromatografía de gases***

- La muestra puede ser volátil.
- No es aplicable para muestras termolábiles.
- Muestras (sucias), requieren de un filtrado previo.

- Se debe utilizar otro sistema de detección, por ejemplo: detector de masa para la confirmación de la identificación.
- Es necesario entrenamiento y experiencia por el técnico analista, (Espinoza, 2012: p. 25).

## CAPÍTULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Métodos de sistematización de la información

##### 2.1.1 *Criterios de sistematización de la información*

Para el presente trabajo se utilizó la técnica de análisis de contenido para la búsqueda y recopilación de información en repositorios digitales; tales como del Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la base Dspace ESPOCH, también en distintos repositorios digitales de universidades a nivel nacional como en el Dspace de la Universidad Central del Ecuador, Universidad de Guayaquil, y en repositorios de universidades a nivel internacional como la Universidad de Nariño (Colombia), Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua), Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú), Universidad de Córdoba (Colombia), y la Universidad de Santiago de Chile (Chile) entre otras. Una vez revisada la información de las plataformas digitales se seleccionaron los trabajos y/o investigaciones que sirvieron como fuente de información para el trabajo de investigación.

Los métodos para el análisis de la información fueron el analítico y el crítico, estableciendo cuadros generales de los resultados aportados en las investigaciones analizadas, la discusión y las conclusiones se basaron en los resultados en conjunto de los documentos.

Los documentos de investigación seleccionados deberán cumplir con los criterios que a continuación se detallan:

**Exactitud:** Se obtuvo información verídica al tema en la técnica de análisis de contenido enfocados en aspectos conceptuales y metodológicos.

**Validez:** Se estableció en las características básicas la vigencia y actualidad de los temas de investigación en cuanto a los métodos de extracción de ácidos grasos, análisis del perfil de ácidos grasos, importancia del consumo de ácidos grasos en la dieta, composición de la semilla de almendra de guanábana, logrando de esta manera referencias directas sobre aspectos relevantes en la investigación.

**Responsabilidad:** Los documentos investigativos se enmarcaron bajo la responsabilidad de autores, investigadores y expertos sobre el tema motivo de la investigación.

**Temática:** cada uno de los documentos estuvieron enfocados al tema motivo de la investigación.

Con estos antecedentes expuestos se seleccionaron las investigaciones que se detallan a continuación:

1. Trabajo de estudio y revisión bibliográfica de la “EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE *Annona muricata* (GUANÁBANA)”.
2. Trabajo de estudio y revisión bibliográfica de la “EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) A NIVEL DE LABORATORIO, APLICANDO LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN SOXHLET Y ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA”.
3. Trabajo de estudio y revisión bibliográfica de la “EXTRACCIÓN EN CO<sub>2</sub> SUPERCRÍTICO DE ACEITE DE SEMILLAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*): CINÉTICA, PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y ESTEROLES.
4. Trabajo de estudio y revisión bibliográfica de la “IDENTIFICACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE EXTRAÍDO A PARTIR DE SEMILLAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*).
5. Trabajo de estudio y revisión bibliográfica de la “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL ACEITE DE ALMENDRA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*).

## **2.2 Métodos de sistematización de la información**

El trabajo de investigación contiene una secuencia informativa sobre los trabajos de investigación bibliográficos; todos los resultados expuestos están diseñados a partir de la estructura de las tablas de contenidos sobre métodos de extracción de ácidos grasos de la almendra de Guanábana, análisis del perfil de ácidos grasos de la almendra de Guanábana, importancia del consumo de ácidos grasos en la dieta, composición de la almendra de almendra de guanábana y la producción de guanábana en el Ecuador.

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Producción de guanábana en el Ecuador

En los últimos años la plantación de árboles de guanábana, la producción y las ventas de este fruto, ha tenido un incremento considerable; de acuerdo al Instituto de Estadísticas y Censos (INEC. 2018), se ha evidenciado que la producción de guanábana (producción /toneladas métricas) entre los años 2016 y 2017 ha tenido una leve reducción del 8,49%, no obstante entre el año 2017 y 2018 la producción tuvo un incremento notable del 57,11% que en toneladas representó 1.421 Toneladas métricas, cifra vital tanto para los productores como para la industria que tiene como rubro la explotación y procesos de la materia prima en productos terminados como zumos procesados, helados, postres, aceites, entre otros.

Para el año 2018 las ventas se incrementaron en 86,72% que corresponde a 467 toneladas métricas vendidas con respecto a la producción del 2017 que tan solo se registro 62 toneladas métricas vendidas de guanábana en fruta fresca. Ver tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Número de árboles de guanábana dispersos, cosechados, producción y ventas entre los años 2016, 2017 y 2018.

| Censos          | Árboles Dispersos | Números de Árboles | Producción (Tm.) | Ventas (Tm.) |
|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------|
| 2016            | Guanábana         | 36.563             | 1,166            | 191,00       |
| 2017            | Guanábana         | 47.083             | 1.067            | 62,00        |
| 2018            | Guanábana         | 47.474             | 2.448            | 467,00       |
| <b>Promedio</b> |                   | 43.706,67          | 1.560,33         | 240,00       |
| <b>DE</b>       |                   | 6.189,68           | 770,33           | 206,90       |

Fuente: INEC, 2018.

Realizado por: Duchi, Nelson, 2020.

DE: Desviación Estándar.



En esta misma tabla en los últimos tres años, se reporta una media de 43706,67 del número de árboles totales, con una desviación estándar  $\pm$  de 6189,68; esto demuestra que en las proyecciones para el año 2019 y 2020 puede darse una población de guanábana que supere sobre los 49896,35 árboles, esto mejorara consecuentemente la producción de la fruta y otros adicionales como: la producción de hoja y semilla con propósito de procesos industriales y producción de productos finales como té, aceites.

En cuanto a la producción de guanábana en los últimos tres años se reporta una media de 1574 toneladas métricas, con una desviación estándar de  $\pm$  793,38; indicando que en las proyecciones para los años 2019 y 2020 se tendría una producción de 2367,05 toneladas métricas de guanábana, lo que representaría un beneficio tanto para el productor, como para la industria al aprovechar esta fruta en procesos industriales.

Para las ventas en los últimos tres años se observa en la tabla que se tiene una media de 240 toneladas métricas vendidas y una desviación estándar de  $\pm$  206,90; proyectando de esta manera que para los años 2019 y 2020 se tendría ventas de 446,90 toneladas métricas de guanábana para su industrialización y exportación de la fruta fresca.

En el gráfico 1 se detalla la producción de guanábana obtenida en los últimos años, ubicándose el año 2018 con una producción del 53%, superior al año 2016 con el 25% y finalmente seguido del año 2017 con una producción inferior a las anteriores con el 22%.



**Gráfico 1-3.** Producción de guanábana.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

En el gráfico 2 se observa las ventas de guanábana generadas entre los últimos años, en donde el año 2018 tiene el mayor porcentaje de ventas con el 65%, seguido del año 2016 con el 26% y finalmente el año 2017 tiene el porcentaje más bajo en ventas con apenas el 9%.



**Gráfico 2-3.** Ventas de guanábana.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

### 3.1.1 Producción de guanábana por regiones en el Ecuador

En la tabla 5-3: se encuentra la producción de guanábana en las distintas regiones del territorio Ecuatoriano.

**Tabla 5-3:** Producción de Guanábana en regiones del país, expresada en toneladas métricas.

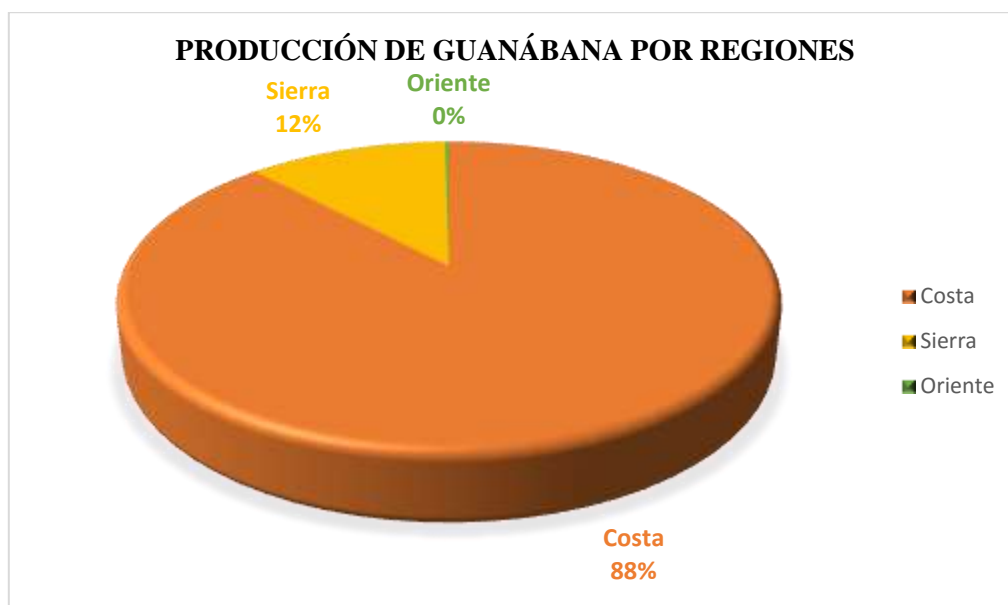
| Región de Producción | Número de árboles | Producción (Tm.) | Porcentaje de producción (%) |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| Región Costa         | 19981,00          | 783,00           | 88,00                        |
| Región Sierra        | 5240,00           | 105,00           | 12,00                        |
| Región Oriente       | 350,00            | 2,00             | 0,00                         |

**Fuente:** Costa, 2012.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

En el estudio realizado por (Costa, 2012: p. 44) se puede constatar que la región costera con 783,00 toneladas métricas cultivadas representa el 88,00% de la producción nacional, seguido de la región Sierra con 105,00 toneladas métricas generadas durante el año 2012, alcanzando apenas el 12,00% de la producción nacional. En cuanto a la región Oriente solo se tiene 2,00 toneladas métricas lo que no tiene una significancia relevante en la producción nacional del fruto de guanábana en el Ecuador.

En el gráfico 3-3. Se expresa el porcentaje de producción por regiones en el Ecuador, donde se aprecia la región costa tiene la mayor producción de guanábana con el 88%, esto se debe a que las condiciones climáticas, suelos y la altura son las óptimas para tener el mayor porcentaje de producción de guanábana. Por otro lado, la región Sierra tiene apenas el 12% un valor considerablemente bajo debido a no poseer las condiciones necesarias para que se desarrolle con normalidad los cultivos de esta fruta exótica.



**Gráfico 3-3.** Producción de guanábana por regiones.

Realizado por: Duchi, Nelson, 2020.

### 3.1.2 Producción de guanábana por provincias en el Ecuador

En la tabla 6-3 se visualiza el porcentaje de la producción de guanábana en distintas provincias del Ecuador.

**Tabla 6-3:** Porcentaje de Producción de Guanábana por Provincias en el Ecuador.

| Provincia     | Porcentaje de producción (%) |
|---------------|------------------------------|
| Manabí        | 32,00                        |
| Esmeraldas    | 26,00                        |
| Guayas        | 18,00                        |
| Santo Domingo | 10,00                        |
| El Oro        | 7,00                         |
| Los Ríos      | 4,00                         |
| Pastaza       | 2,00                         |
| Pichincha     | 1,00                         |

**Fuente:** Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), INEC 2013.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

En el año 2013, el Intituto de Estadísticas y Censos evidenció la producción de guanábana en distintas provincias del país, tuvo una incidencia productiva alta en las áreas costeras; donde se constata que la mayor producción radica en la Provincia de Manabí con un 32,00%, seguido de la Provincia de Esmeraldas con un 26,00% y la Provincia del Guayas con el 18,00%. No obstante la producción en las Provincias de El oro (7,00%), y Los Ríos (4,00%), tienen un a considerable producción, lo que podría considerarse como una producción de tipo familiar que pudiese ayudar a solventar las necesidades de los consumidores aledaños a estas provincias y consecuentemente a mejorar la actividad económicas de mencionadas regiones.

En el gráfico 4-3. Se expresa la producción de guanábana por provincias en el País, teniendo a la provincia de Manabí como la mayor productora de guanábana con el 32%, seguido de la provincia de Esmeraldas con el 26% y Guayas con el 18%, siendo estos los valores más altos debido a la topografía de las tierras y las condiciones que estas brindan para que tenga un correcto desarrollo los cultivos. No obstante, los valores más bajos se centran en las provincias de Santo domingo (10%), El Oro (7%), Los Ríos (4%), Pastaza (2%) y Pichincha (1%).



**Gráfico 4-3.** Producción de guanábana por provincias.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

### 3.2 Composición química en distintas partes de la guanábana

En la tabla 7-3 se detalla la composición química proximal de las distintas partes de la guanábana.

**Tabla 7-3:** Composición química proximal de distintas partes de la guanábana

| Análisis proximales (g/100 g guanábana) |         |               |         |                 |           |              |
|---|---------|---------------|---------|-----------------|-----------|--------------|
| Sustrato                                | Humedad | Materia seca  | Cenizas | Extracto etéreo | Proteínas | ELN          |
| Semillas base húmeda                    | 13,74   | 86,26         | 1,44    | 25,75           | 14,77     | 44,30        |
| <b>Semillas base seca</b>               |         | <b>100,00</b> | 1,66    | 29,85           | 17,12     | <b>51,35</b> |
| Pulpa base húmeda                       | 86,32   | 13,68         | 0,29    | 0,60            | 0,32      | 12,47        |
| <b>Pulpa base seca</b>                  |         | <b>100,00</b> | 2,12    | 4,39            | 2,34      | <b>91,15</b> |
| Hojas secas                             | 9,87    |               | 7,17    | 2,94            | 13,92     |              |
| Hojas frescas                           | 62,64   |               | 1,85    | 2,94            | 13,92     |              |

Fuente: Pérez, 2014.

Realizado por: Duchi, Nelson, 2020.

ELN: Extracto libre de nitrógeno.

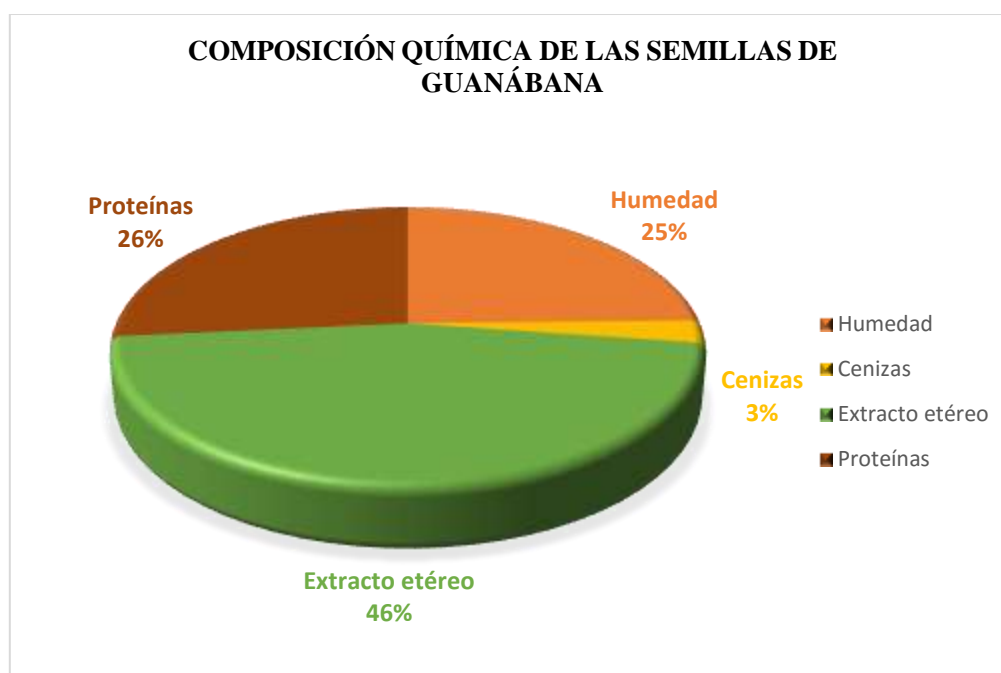
En la misma tabla se realizó un análisis tentativo del extracto libre de nitrógeno (ELN) de la semilla y pulpa de guanábana expresados en base seca y base húmeda asumiendo que la fibra sea cero. Por lo que en 100g de semilla de guanábana en base seca se tiene un reporte de ceniza (1,66g), extracto etéreo (29,85g), proteína (17,12g) y el ELN o lo que representaría la concentración de azúcares solubles en agua del 51,35g. En esta fracción están inmersos los azúcares como: fructosa, glucosa, maltosa, sacarosa, entre otros monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos.

También se expresa en la misma tabla que en 100g de pulpa de guanábana en base seca se tiene un reporte de ceniza (2,12g), extracto etéreo (4,39g), proteína (2,34g) y el ELN representaría la concentración de azúcares solubles en agua del 91,15g, en la misma que están inmersos azúcares como la fructosa, glucosa, maltosa, sacarosa principalmente y otros monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos.

En el estudio realizado por (Pérez et al., 2014), se visualiza la composición de la guanábana en sus distintas partes, brindando datos verídicos de los análisis proximales expresados en gramos /100

gramos de guanábana, en donde la cantidad de extracto etéreo; motivo de la presente investigación sobresale en la semilla con 25,75g, seguido del contenido de proteínas con 14,77g. Por otro lado el contenido de humedad es superior en la pulpa con 86,32g, las hojas frescas con 62,64g. Finalmente a pesar el bajo aporte de cenizas en las muestras de hojas frescas con 1,85g, el contenido de proteínas presentan valores similares tanto en las hojas frescas y hojas secas con el 13,92g.

En el gráfico 5-3. se visualiza el porcentaje de la composición proximal de la almendra de guanábana, teniendo como componente predominante el extracto etéreo con 46%, lo que resulta ser una fuente rica en ácidos grasos, seguido de las proteínas con el 26%, humedad con el 25% y finalmente el aporte de cenizas tiene el menor valor con el 3%.



**Gráfico 5-3.** Composición química de la semilla de guanábana.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

### 3.3 Presencia de ácidos grasos en la almendra de guanábana

En la tabla 8-3: se encuentra la concentración de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana.

**Tabla 8-3:** Concentración de Ácidos grasos en la almendra de Guanábana.

| Ácidos grasos   | Concentración en la almendra de Guanábana (%) |
|-----------------|---|
| Monoinsaturados | 43,00   |
| Poliinsaturados | 32,10   |
| Saturados       | 24,90   |

**Fuente:** Torres, 2019.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

En el estudio realizado por (Torres, 2019: p. 42), se identifica la concentración de los tipos de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana, teniendo como principal concentración a los ácidos grasos monoinsaturados con 43,00% , seguido de los ácidos grasos poliinsaturados con el 32,10%, estableciendo de esta manera un aporte vital al organismo del consumidor, debido a que el consumo de este tipo de ácidos tiene un aporte considerable de energía y reducir niveles de colesterol malo (LDL), evitando de esta manera contraer enfermedades del corazón. Y por ultimo se tiene el reporte de los ácidos grasos saturados con una concentración de 24,90%.

El gráfico 6-3. detalla de manera general la concentración de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana, teniendo como valor superior a los ácidos grasos monoinsaturados con el 43%, seguido de los ácidos grasos poliinsaturados con el 32% y finalmente un aporte menor de ácidos grasos saturados con el 25%. De esta manera se deduce que el aceite de almendra de guanábana tiene un aporte sustancial de ácidos grasos oléico, linoléico, linolénico y palmítico, que a su vez con el consumo adecuado; son una fuentes esencial de energia para cubrir las funciones diarias de la persona.





**Gráfico 6-3.** Concentración de ácidos grasos en la almendra de guanábana.

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

### 3.4 Métodos de extracción de ácidos grasos de la almendra de guanábana

En la tabla 9-3: se detallan los métodos de extracción de ácidos grasos utilizados en distintas investigaciones.

**Tabla 9-3:** Tipos de métodos para la extracción de ácidos grasos y su rendimiento.

| Autores   | Métodos de extracción        | Rendimiento (%) | Observaciones  |
|---|------------------------------|-----------------|--|
| <sup>1</sup> Torres José (2019).                                    | Bligh & Dyer                 | 13,60           | Bajo costo de inversión, limitaciones por uso de solventes de alta toxicidad (cloroformo y metanol)                                      |
| <sup>2</sup> Martínez José & Zúniga Germán (2018).                  | Soxhlet                      | 22,50           | Método de extracción de aceite con buenos rendimiento, uso de hexano como solvente pureza de 79.80% a 69°C                               |
|   | Arrastre con vapor de agua   | 0,20            | Método de extracción de aceite con bajo rendimiento, limitaciones del equipo extractor.  |
| <sup>3</sup> Dorado Daniela, Hurtado Andrés & Martínez Hugo (2016). | CO <sub>2</sub> supercrítico | 12,90           | Empleo de dióxido de carbono (pureza 99,80%) supercrítico con presiones de 20-35 MPa y temperaturas de 313 y 333°K                       |
| <sup>4</sup> Cerón Andrés, Osorio Oswaldo & Hurtado Andrés (2012).  | Soxhlet                      | 30,59           | Método de extracción de aceite con buenos rendimientos, uso de éter etílico como solvente con 99,80% de pureza y temperaturas de 40-60°C |
| <sup>5</sup> Solís J, Amador C, Hernández M & Durán M (2010).       | Soxhlet                      | 37,70           | Método de extracción de aceite con buenos rendimientos, uso de hexano como solvente, pureza de 99,80%                                    |

Realizado por: Duchi, Nelson, 2020.

En la investigación realizada por <sup>1</sup>(Torres , 2019) mediante el empleo del método de Bligh & Dyer para la extracción de aceite de la almendra de guanábana; obtuvo un rendimiento del 13,60% al emplear metanol y el cloroformo como solventes, sin embargo la dificultad y riesgo de su uso radica en su toxicidad y la contaminación ambiental que producen. Por otro lado en la investigación realizada por <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018) los rendimientos aportados con el empleo de los métodos de extracción Soxhlet (22,50%) y arrastre por vapor de agua (0,20%) se evidencia que el método por arrastre de vapor no ofrece buenos rendimientos en cuanto a la obtención de aceite de la almendra de guanábana.

En el estudio realizado por <sup>3</sup>(Dorado et al.,2016) el reporte de rendimiento con el empleo del método de extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico, resulta ser un medio eficiente para la extracción de aceite de la almendra de guanábana ya que la efectividad es del 12,90% de aceite, lo que resulta ser una vía alternativa para obtener un aceite vegetal libre de solventes y con una composición rica en ácidos grasos y esteroides para ser utilizado como un ingrediente natural en la dieta del consumidor.

El valor de rendimiento reportado en la investigación por <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012) en cuanto a la extracción de aceite de la almendra de guanábana empleando el método Soxhlet con uso de éter etílico (pureza de 99,80%) como solvente presentó un rendimiento de 30,59% de aceite resultado bastante eficiente. No obstante en la investigación realizada por <sup>5</sup>(Solís et al, 2010) el rendimiento al utilizar el mismo método fue de 37,70% de aceite con uso de hexano (pureza 99,80%) lo que supone un mejor aprovechamiento en la extracción. Pero cabe mencionar que cada método de extracción tuvo su variación en el rendimiento debido a las limitaciones de los equipos en donde se realizó el procedimiento práctico, así mismo el uso de solventes y su pureza fue un factor vital en los resultados finales para la extracción de ácidos grasos de la almendra de guanábana.

Toda fracción etérea de una muestra, materia prima o alimento tiene como característica que son solubles en solventes orgánicos, mismos que arrastran todos los componentes grasos, vitaminas y pigmentos. En los tres estudios realizados por: <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018), <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012), <sup>5</sup>(Solís et al, 2010); obtuvieron que la técnica analítica y procedimiento metodológico de Soxhlet en que la muestra entra en contacto directo con el solvente y más temperatura en el proceso hace que se extraiga todo el material soluble; pero particularmente <sup>5</sup>(Solís et al, 2010) que aplicó el método Soxhlet tuvo el mayor rendimiento quizá debido a que utilizó un equipo más acoplado y con el control térmico adecuado, como también la eficiente refrigeración y posterior recuperación del solvente.

Con lo mencionado anteriormente, a pesar los autores: <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018), <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012), y <sup>5</sup>(Solís et al, 2010) utilizaron el mismo método de extracción Soxhlet, y además dicha técnica tiene el mismo principio experimental, no detallan a profundidad las características generales del equipo

usado en la extracción del aceite de la almendra de guanábana. Por consiguiente se puede tener una percepción que la variabilidad de los rendimientos entre las investigaciones se debe a diversos factores como: calidad de la almendra utilizada, acondicionamiento de la almendra, tamaño de la partícula (semilla o almendra) que entra en contacto directo con el solvente para el arrastre de los componentes grasos motivo de la investigación, tiempo de reflujo en el equipo de extracción, acople correcto del equipo de extracción y técnica de manejo en la extracción por parte del operario. De esta manera se puede discernir que en la obtención de aceite a partir de materia vegetal (semillas) es importante cuidar y optimizar cada aspecto que conlleva su extracción para lograr mejores rendimientos y un producto final con adecuados estándares de calidad e inocuidad.

### 3.5 Ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana

En la tabla 10-3: se encuentran las concentraciones de ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana analizadas en investigaciones previas.

**Tabla 10-3:** Ácidos grasos presentes en la almendra de guanábana.

| ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN LA ALMENDRA DE GUANÁBANA |  |                                |  |                                |  |                                |  |                                |  |                                |                        |            |                 |            |
|---|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|------------|-----------------|------------|
| Ácidos Grasos                                       | Tiempo de obtención <sup>1</sup> (min) | Concentración <sup>1</sup> (%) | Tiempo de obtención <sup>2</sup> (min) | Concentración <sup>2</sup> (%) | Tiempo de obtención <sup>3</sup> (min) | Concentración <sup>3</sup> (%) | Tiempo de obtención <sup>4</sup> (min) | Concentración <sup>4</sup> (%) | Tiempo de obtención <sup>5</sup> (min) | Concentración <sup>5</sup> (%) | Promedio concentración | Desviación | Promedio tiempo | Desviación |
| Oleico  | 33,10                                  | 41,51                          | 15,92                                  | 33,47                          | NI                                     | 24,84                          | 13,65                                  | 33,47                          | NI                                     | 39,50                          | 34,56                  | 6,51       | 20,90           | 10,60      |
| Linoléico   | 36,70                                  | 31,24                          | 16,59                                  | 27,77                          | NI                                     | 17,19                          | 16,59                                  | 27,77                          | NI                                     | 27,00                          | 26,19                  | 5,30       | 23,30           | 11,60      |
| Linolénico  | 42,10                                  | 0,90                           | 17,60                                  | 3,28                           | NI                                     | 0,86                           | 17,60                                  | 3,28                           | NI                                     | NI                             | 2,08                   | 1,39       | 25,80           | 14,10      |
| Palmítico   | 21,20                                  | 20,30                          | 13,65                                  | 26,60                          | NI                                     | 19,22                          | 13,65                                  | 29,60                          | NI                                     | 25,50                          | 24,24                  | 4,38       | 16,20           | 4,40       |
| Palmitoleico  | 22,30                                  | 1,23                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | 1,13                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | 1,50                           | 1,29                   | 0,19       | 22,30           | NI         |
| Vaccénico   | 33,30                                  | 0,27                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | 0,27                   | NI         | 33,30           | NI         |
| Mirfístico  | 15,30                                  | 0,06                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | 0,06                   | NI         | 15,30           | NI         |
| Eicosanoico   | 48,60                                  | 0,47                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | 0,47                   | NI         | 48,60           | NI         |
| Esteárico   | NI                                     | NI                             | 15,60                                  | 5,89                           | NI                                     | 3,77                           | 15,60                                  | 5,89                           | NI                                     | 6,00                           | 5,39                   | 1,08       | 15,60           | 0,00       |
| Dodecanoico   | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | 0,30                           | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | 0,30                   | NI         | NI              | NI         |
| Caprílico   | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | trazas                         | NI                     | NI         | NI              | NI         |
| Perlargónico  | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | trazas                         | NI                     | NI         | NI              | NI         |
| Araquídico  | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | trazas                         | NI                     | NI         | NI              | NI         |
| Gondoico  | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | NI                             | NI                                     | 0,50                           | 0,50                   | NI         | NI              | NI         |

**Realizado por:** Duchi, Nelson, 2020.

**NI:** No indica.

Para la valoración de ácidos grasos la investigación de <sup>1</sup>(Torres, 2019) utilizó un cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies, modelo 7890 con detector espectrómetro de masas Agilent Technologies modelo 5975C, con columna de J&W 122-7063:4103.44867 DB-wax 240°C: 60 m x 250 µm x 0,5 µm. El estudio de <sup>2</sup>(Martínez et al.,2018) además utilizó un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas para la valoración de ácidos grasos en la investigación (no específica la marca y modelo utilizado).

Por otro lado la investigación de <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) utilizó un cromatógrafo de gases de modelo Shimadzu GC 17A. versión 3 (Shimadzu Scientific Corporation, Kioto, Japón), equipado con un inyector a temperatura de 523°K y un detector de ionización de llama (FID), los datos cromatográficos fueron obtenidos con ayuda de Software modelo Shimadzu VP clase 4.3. También el estudio realizado por <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012) reportó el uso de un cromatógrafo de gases de marca Shimadzu GC 17A. con una columna Supercowax 10 (30m x0,25 mm ID 0,25 µm) y un detector de ionización de llama (FID) a una temperatura de 280°C.

Finalmente la valoración de ácidos grasos en el estudio realizado por <sup>5</sup>(SOLÍS et al., 2010) utilizó un cromatógrafo de gases de marca Agilent Technologies (USA. California), modelo 6890 acoplado a un espectrómetro selectivo de masas. El sistema además tenía acoplada una columna capilar DB-5 (Agilent 122-5062) de 60 m de longitud, 250 µm de diámetro y un grosor de película de 0,25 µm.

La concentración de ácido oléico obtenido y reportado en la investigación de <sup>1</sup>(Torres, 2019) indicó que tuvo mayor rendimiento con el 41,54% al aplicar el método de Bligh & Dyer utilizando como solventes metanol y cloroformo, por otro lado, en la investigación de <sup>5</sup>(Solís et al., 2010) indicó una concentración del 39,50% de ácido oléico utilizando el método Soxhlet y hexano con pureza de 99,80% como solvente, siendo estos los valores más altos en la identificación del ácido graso predominante.

La investigación realizada por <sup>2</sup>(Martínez et al.,2018) reportó una concentración de ácido oléico del 33,47% con uso de hexano como solvente, valor similar al reportado por <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012) con el 33,47% empleando éter etílico ( pureza de 99,80%) como solvente, estos valores son superiores al reportado por <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) con el empleo de CO<sub>2</sub> supercrítico, obteniendo una concentración del 24,84% para ácido oléico.

La concentración de ácido linoléico en la investigación de <sup>1</sup>(Torres, 2019) indicó una concentración de 31,24% al utilizar el método Bligh & Dyer utilizando como solventes metanol y cloroformo. Por otro lado, en la investigación realizada por <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018) señala que tuvo una concentración de 27,77% mediante el uso de hexano como solvente, valor similar reportado por <sup>4</sup>(Cerón et al.,2012)

con el 27,77% utilizando éter etílico. Estos valores son relativamente superior al reportado por <sup>5</sup>(Solís et al., 2010) con 27,00% al utilizar hexano (pureza 99,80%) como solvente.

No obstante en la investigación de <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) la concentración de ácido linoléico es considerablemente baja con 17,19% al utilizar como método de extracción CO<sub>2</sub> supercrítico.

La concentración de ácido linolénico en el estudio realizado por <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018) indicó que tiene el 3,28% de presencia; con el uso de hexano como solvente, valor similar brindado por <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012) con el 3,28% mediante el empleo de éter etílico como solvente.

Por otro lado en el estudio realizado por <sup>5</sup>(Solís et al., 2010) la presencia de ácido linolénico tuvo el 2,08% utilizando hexano con pureza de 99,80% como solvente. Este valor es superior a la investigación realizada por <sup>1</sup>(Torres, 2019) y <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) consiguiendo valores de 0,90% y 0,86%, al utilizar el método Bligh & Dyer con uso de metanol y cloroformo como solventes y el método de extracción CO<sub>2</sub> supercrítico respectivamente.

En el análisis del ácido palmítico, que corresponde a un ácido graso saturado el estudio realizado por <sup>4</sup>(Cerón et al., 2012) mediante el uso de éter etílico, la concentración fue de 29,60% valor superior a los estudios realizados por <sup>2</sup>(Martínez et al., 2018), <sup>5</sup>(Solís et al., 2010) y <sup>1</sup>(Torres, 2019), que tienen concentraciones de 26,60%, 25,50% y 20,30% respectivamente. En el estudio realizado por <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) se visualiza que el valor es el más bajo que los anteriores trabajos realizados, con una concentración de ácido palmítico de 19,22% utilizando CO<sub>2</sub> supercrítico como método de extracción.

Para la determinación del ácido palmitoléico, que corresponde a un ácido graso monoinsaturado (omega 7) el estudio realizado por <sup>5</sup>(Solís et al., 2010) , reportó el valor más alto de concentración con 1,50%, empleando hexano como solvente con pureza de 99,80%, seguido por el estudio de <sup>1</sup>(Torres, 2019) con 1,23% utilizando el método Bligh & Dyer (metanol y cloroformo). Finalmente el estudio de <sup>3</sup>(Dorado et al., 2016) aportó un valor de 1,13%, siendo la concentración más baja en la identificación de ácido palmitoléico.

## CONCLUSIONES

La producción de guanábana en el Ecuador ha tenido un impacto positivo en el desarrollo del sector agrícola, las estadísticas aportadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) entre el año 2016 al 2018, registran una tendencia positiva en cuanto a la producción de esta fruta exótica. Las regiones que tienen la mayor producción de guanábana se ubica la región Costa, en donde las principales provincias productoras de la fruta son: Manabí (32%); Esmeraldas (26%) y el Guayas (18%), las mismas que cuentan con lotes tecnificados en su mayoría, además juega un papel muy importante el clima y suelos fértiles que permiten un mejor manejo de los cultivos y mayor rendimiento productivo. Esto ha permitido ofertar la pulpa, semilla y materia prima para su uso en la extracción de fármacos como también para el aprovechamiento del follaje y corteza para la preparación de bebidas en infusión.

Con respecto al rendimiento de los métodos de extracción, se tiene que el método más eficiente para la obtención del aceite de la almendra de guanábana es el método Soxhlet con el cual se obtuvo el 37,70% de aceite. Sin embargo, el método que resulta ser factible y amigable con el medio ambiente es por medio de la extracción utilizando CO<sub>2</sub> supercrítico con 12,90% de aceite, no obstante; el rendimiento de este método resulta ser inferior al del método Soxhlet.

La composición química expresada en base al análisis proximal de la fruta, indica que la almendra de guanábana que al ser una oleaginosa no presenta contenido de fibra, sin embargo posee un alto contenido de proteína (sobre el 14,77%) ceniza (1,44%) y extracto etéreo (alrededor del 25,75%), éste último brinda un aporte significativo de ácidos grasos monoinsaturado, preferentemente el ácido oleico (34,56%), poliinsaturados como el linoléico (26,19%) y linolénico (2,08%); entre los saturados destacan el palmítico (24,24%) y el esteárico (5,39%), estos valores representan a los promedios obtenidos entre las investigaciones para el análisis de los ácidos grasos predominantes que cada autor reporta en su respectivo estudio.



## **RECOMENDACIONES**

Para la extracción de ácidos grasos se recomienda evaluar el rendimiento del extracto por el método Goldfish debido a que es una técnica analítica para la extracción continua de grasas o aceites presentes en una muestra, con un menor tiempo de extracción empleando disolventes orgánicos.

También se recomienda evaluar diferentes mezclas de solventes (hexano-éter etílico); (cloroformo-hexano); (éter etílico-cloroformo) para la extracción de aceite de semillas oleaginosas según el método Soxhlet.

Finalmente en cuanto a la utilización de los distintos métodos para la extracción y valoración de ácidos grasos presentes en las semillas oleaginosas es importante cuidar aspectos como: la metodología que se utilizará en la investigación, la calidad de la materia prima (semillas), acondicionamiento de la materia prima, tamaño de partícula (semilla), pureza del solvente, montaje y preparación del equipo extractor, correcta manipulación del operador y especificaciones del equipo cromatográfico; ya que estos parámetros cumplen un propósito vital en los rendimientos de aceite obtenido y de la presencia de ácidos grasos (monoinsaturados, poliinsaturados, saturados) en la semilla o almendra.

## GLOSARIO

**Ácidos grasos:** Los ácidos grasos son componentes orgánicos, pequeñas moléculas que se unen para formar largas cadenas de lípidos que le proporcionan energía al cuerpo y permiten el desarrollo de tejidos. Estos se clasifican en saturados, poliinsaturados o monoinsaturados, dependiendo de la presencia o ausencia de uno o más enlaces carbono-carbono dentro de la molécula.

**Aminoácido:** Compuesto orgánico que constituye la molécula de proteína. Existen aminoácidos esenciales y no esenciales. Los esenciales deben ser aportados necesariamente por la alimentación diaria y los no esenciales son sintetizados en el organismo.

**Analito:** Componente de un sistema material, y los derivados que se pudieran producirse, que pretende ser detectado, identificado o cuantificado mediante la aplicación de un método de análisis químico.

**Colesterol:** Es una grasa o lípido que puede ser sintetizado por el organismo, necesario para la producción de hormonas, para el metabolismo celular y otros procesos vitales. También está presente en alimentos de origen animal. El consumo excesivo de grasas saturadas o colesterol aumenta los niveles de colesterol sanguíneo.

**Cromatografía:** Método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por adsorción selectiva, produciendo manchas diferentes diferentemente coloreadas en el medio adsorbente; está basado en la diferente velocidad con la que se mueve cada fluido de un sustancia porosa.

**Diabetes:** Enfermedad crónica caracterizada por una alta concentración de glucosa o azúcar en la sangre. Se debe a que el organismo no produce o no puede utilizar la insulina, hormona secretada por el páncreas, necesaria para transformar la glucosa de alimentos en energía.

**Digestión:** Proceso mediante el cual los nutrientes de los alimentos se convierten en elementos básicos que pueden ser utilizados por el organismo.

**Extracción:** La extracción con disolventes es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado. Constituye una de las técnicas de separación de compuestos más utilizada en el laboratorio químico.

**Grasas Insaturadas:** Son lípidos formados por ácidos en cuya cadena algunos átomos de carbono están unidos a un solo átomo de hidrógeno. Según el número de átomos de carbono, se dice que el ácido graso es monoinsaturado o poliinsaturado. Se encuentra principalmente en los aceites vegetales y son líquidos a temperatura ambiente.

**Grasas Monoinsaturadas:** Son lípidos formados por ácidos grasos que presentan un doble enlace en la cadena de átomos de carbono. Este tipo de grasa se encuentra en alimentos de origen animal y vegetal, en general son líquidos a temperatura ambiente. Los aceites de oliva, canola, nueces y maní contienen principalmente ácidos grasos monoinsaturados.

**Grasas o Lípidos:** Nutrientes que proporcionan energía al organismo y sirven de transporte a las vitaminas liposolubles. Los aceites vegetales y grasas de origen marino aportan ácidos grasos esenciales para el crecimiento, desarrollo del cerebro, la visión y la prevención de enfermedades cardiovasculares.

**Grasas Poliinsaturadas:** Son lípidos formados por ácidos grasos que presentan dos o más dobles enlaces en la cadena de átomos de carbono. Son líquidos o blandos a temperatura ambiente, los alimentos que contienen mayor cantidad de este ácido graso son los aceites de girasol, maíz, soya, también se encuentran en las grasas de pescados y mariscos.

**Grasas Saturadas:** Son lípidos formados por cadenas de átomos de carbono unidos por dos átomos de hidrógeno, es decir, no presentan dobles enlaces. Se encuentran generalmente en los alimentos de origen animal y son sólidas a temperatura ambiente.

**Solvente:** Es también conocido como disolvente, es la sustancia en que se disuelve un soluto, generando como resultado una solución química. Generalmente, el solvente es el componente que se encuentra en mayor proporción en la solución.

**Valoración:** La valoración es una técnica analítica que permite la determinación cuantitativa de una sustancia específica (analito) disuelta en una muestra. Se basa en una reacción química completa entre el analito y un reactivo (valorante) con una concentración conocida que se añade a la muestra.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO, Geard.** Influencia de los tipos de hibridación del turión de *Asparagus officinalis* L. "esparrago verde" sobre la concentración de Quercetina, determinada por cromatografía líquida de alta resolución [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Trujillo, Perú. 2012. pp. 7-8- [consulta 2020-08-18]. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4065/Alvarado%20Gil%20Geard%20Richard.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**ARRAZOLA, Guillermo; et al.** Determinación física y bromatológica de la guanabana cimarron (*Annona glabra* L.) del departamento de Córdoba Dialnet [En línea], 2013 (Colombia) 17(2), pp.2-4. [consulta: 14-marzo 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v17n2/v17n2a02.pdf>

**BLACIO, Paola.** Proyecto de Pre Factibilidad para la exportacion de pulpa de guanábana al mercado Alemán. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias Económicas y Negocios, Quito, Ecuador. 2018. pp. 14-15. [ consulta: 2020-03-08]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6677/1/40868\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6677/1/40868_1.pdf).

**CALDAS, Adriana.** Optimización, escaldamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido-líquido [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador. 2012. pp. 19-22 [Consulta 2020-03-08]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>.

**CARRILLO, Belén;& MOSQUERA, Mauricio.** Evaluación de la extracción de ácidos grasos a partir de cabezas de sardina (*Opisthonema libertate*) subproducot de la industria pesquera. Scielo [En línea], 2017, (Ecuador), 8(4) pp. 1-2. [Consulta 08 marzo 2020]. ISSN 1390-6542. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v8n4/1390-6542-enfoqueute-8-04-00068.pdf>.

**CERÓN, Felipe Andrés; et al.** "Identificación de acidos grasos presentes en el aceite extraído a partir de semillas de guanábana (*Annona muricata*)". Revista de Ciencias Agrícolas [En línea], 2012, (Colombia) 29(1), pp. 2-3. [Consulta: 07 marzo 2020], ISSN 0120-0135. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/370/386>

**COSTA, Esteban.** Exportacion de pulpa congelada de Guanábana producida en la ciudad de Quito al mercado de España [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de las Americas,

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Quito, Ecuador. 2012. pp. 44. [Consulta: 2020-08-18], Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2885/1/UDLA-EC-TLCI-2012-01%28S%29.pdf>

**DORADO, Daniela; et al.** Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico de aceite de semillas de guanábana (*Annona muricata*): Cinética, perfil de ácidos grasos y esteroides. Scielo [En línea], 2016, (Colombia) 25(5), pp. 2-4. [Consulta: 12 julio 2020] ISSN 0718-0764. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v27n5/art05.pdf>

**ESPINOZA, Fernando.** Adecuación del cromatógrafo de gases Perkin Elmer Autosystem XL ubicado en el laboratorio de análisis físico químico del centro de investigaciones y desarrollo en salud (CENSALUD) [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia San Salvador, El Salvador. 2012. pp. 23. [Consulta: 2020-04-03], Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2744/1/Espinoza%20Morales%2C%20Fernando%20Alfonso.pdf>

**GONZÁLES, Angel; et al.** Desarrollo de métodos de Extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. Redalyc [En línea], 2009, (Colombia) 7(2). 3-4. [Consulta: 27 agosto 2020]. ISSN 1692-8261. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250976007.pdf>

**GONZALEZ, José; et al.** Exportación de la pulpa de guanábana hacia el mercado Internacional. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana [En línea], 2018, (Ecuador), pp. 6. [Consulta: 08 marzo 2020]. ISSN 1696-835. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/exportacion-pulpa-guanabana.html>.

**HERNÁNDEZ, Ángel; & SÁNCHEZ, Fermín.** *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana* [En línea], 91. Granada-España: 2012. [Consulta: 15 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1953s/i1953s.pdf>.

**HERRERA, Mayra; et al.** *Metodología para la extracción, identificación y cuantificación de ácidos grasos en la dieta y leche de cabras* [En línea], 74. Zacatecas-México: "Paus" impresiones, 2015. Disponible en: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/metoAcidosGLEche.pdf>.

**INEC.** *Instituto de Estadísticas y Censos. Estadísticas Agropecuarias.* [blog]. Quito, 2016, 2018. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf)

**INIAP.** Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Annona muricata*, condiciones agroecológicas y manejo. [blog]. Quito, 2012, 2014. [Consulta: 25 marzo 2020]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rguanabana>.

**MARTÍNEZ, José; & ZÚNIGA, Germán.** Extracción de aceite de la semilla de guanábana (*Annona muricata*), aplicando métodos de extracción Soxhlet y arrastre por vapor [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química Managua, Nicaragua. 2018. pp. 18-19. [Consulta: 2020-03-08]. Disponible en: <http://ribuni.uni.edu.ni/2428/1/92181.pdf>.

**MARTORELL, Miquel.** Acción de Alimentos funcionales ricos en ácidos grasos esenciales sobre el estrés oxidativo. [En línea] (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad de las Islas Baleares, Departamento de Biología Fundamental y Ciencias de la Salud, Palma de Mallorca, España. 2013. pp. 18-19. [Consulta: 2020-03-15]. Disponible en: <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/128937/Tmmp1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**OCAMPO, Diana; et al.** Estudio cromatográfico comparativo de los ácidos grasos presentes en semilla de *Annona cherimolioides* y *Annona muricata* L. ResearchGate [En línea], 2007, (Colombia) 2, pp. 2-3. [Consulta: 07 marzo 2020] ISSN 0657-1533. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Aristofeles\\_Ortiz3/publication/313746445\\_Estudio\\_cromatografico\\_comparativo\\_de\\_los\\_acidos\\_grasos\\_presentes\\_en\\_semilla\\_de\\_Annona\\_cherimolioides\\_y\\_Annona\\_muricata\\_L/links/58a49b4faca27206d97d0b5f/Estudio-cromatografico](https://www.researchgate.net/profile/Aristofeles_Ortiz3/publication/313746445_Estudio_cromatografico_comparativo_de_los_acidos_grasos_presentes_en_semilla_de_Annona_cherimolioides_y_Annona_muricata_L/links/58a49b4faca27206d97d0b5f/Estudio-cromatografico).

**ORTÍZ, Grecia; & CAMPOS, Sarahí.** Propiedades curativas de las hojas de guanábana (*Annona muricata*) y su impacto potencial fármaco-industrial. Scielo [En línea], 2018, (México), pp. 2-3. [Consulta: 07 marzo 2020]. Disponible en: <https://icup.buap.mx/sites/default/files/revista/2018/03/3E10-PROPIEDADESCURATIVASDELASHOJASDEGUANABANADONE-EGV.pdf>.

**PÉREZ, Elizabeth; et al.** Composición química y actividad antioxidante de la pulpa, hoja y semilla de Guanábana *Annona muricata*. Interciencia [En línea], 2014, (Venezuela) 39(5), pp. 20-22. [Consulta: 18 agosto 2020]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33930879008.pdf>.

**SANHUEZA, Julio; et al.** Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. Scielo [En línea], 2015, (Chile), 32(3), pp. 1-5. [Consulta: 16 agosto 2020]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/9276.pdf>

**SOLÍS, Julio; et al.** Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de almendra de guanabana (*Annona muricata*,L). ResearchGate [En línea], 2010, (México) 61(1), pp. 2-4. [Consulta: 23 junio 2020]. ISSN 0017-3495. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/622/633&a=bi&page number=1&w=100>

**TORRES, José.** Evaluacion de ácidos grasos y actividad antioxidante in vitro del aceite de la semilla de guanábana, *Annona muricata*. [En línea], (Trabajo de titulación) (Farmacéutico) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima, Perú. 2019. pp. 17-18. [Consulta: 2020-03-08]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10829/Torres\\_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10829/Torres_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**TRIGOSO, Hilda.** Propagación botánica de *Annona muricata* "guanábana" bajo cuatro sustratos en Iquitos-Perú. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Agronomía Iquitos, Iquitos, Perú. 2015. pp. 36-37 [Consulta: 2020-08-24]. Disponible en: [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3370/Hilda\\_Tesis\\_Titulo\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3370/Hilda_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**TRIVIÑO, Alberto.** Importancia de la Producción y Exportación de Guanábana en el Ecuador y sus Perspectivas. [En línea] (Trabajo de titulación) (Economista) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas, Guayaquil, Ecuador. 2018. pp. 16 [Consulta: 2020-03-25]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29032/1/Tesis%20Danny%20Trivi%C3%B1o%20%28TRABAJO%20FINAL%29.pdf>

**VELÓZ, Diego.** Evaluación del efecto de dos tipos de cera en la conservación de guanábana (*Annona muricata* L.) a dos temperaturas de almacenamiento. [En línea], (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito, Ecuador. 2019. pp. 21-22. [Consulta: 2020-03-14]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17667/1/T-UCE-0004-CAG-063.pdf>