

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de: INGENIERAS EN**

**BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:**

**ESTUDIO BOTÁNICO Y FITOQUÍMICO DEL FRUTO DE *Gustavia*  
*macarenensis*, DE LA PROVINCIA DE ORELLANA, ECUADOR**

**AUTORAS**

**JENNY SOFÍA GONZÁLEZ COLLAGUAZO**

**VERÓNICA VICTORIA LUZURIAGA GUTIÉRREZ**

**DIRECTORA**

**LAURA ELIZABETH HUACHI ESPIN**

**Quito, febrero del 2020**

### Cesión de derechos de autor

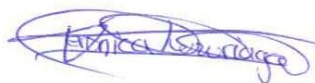
Nosotros Jenny Sofía González Collaguazo y Verónica Victoria Luzuriaga Gutiérrez, con documento de identificación N° 1723269484 y 1724077357, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: “Estudio botánico y fitoquímico del fruto de *Gustavia macarenensis*, de la provincia de Orellana, Ecuador”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieras en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jenny Sofía González Collaguazo

CI: 1723269484



Verónica Victoria Luzuriaga Gutiérrez

CI: 1724077357

Quito, 20 de febrero del 2020

## Declaratoria de coautoría del docente tutor/a

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “Estudio botánico y fitoquímico del fruto de *Gustavia macarenensis*, de la provincia de Orellana, Ecuador”, realizado por Jenny Sofía González Collaguazo y Verónica Victoria Luzuriaga Gutiérrez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, 20 de febrero 2020



Laura Elizabeth Huachi Espín

CI: 1711113744

## **Dedicatoria**

A mi abuelo Andrés, que guía mis pasos desde el cielo, a Dios, mis padres y mi hermano, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación, y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba, por su amor, apoyo, trabajo y sacrificio durante todos estos años.

Sofía

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento importante de mi formación profesional. A mi madre Beatriz por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi abuelita Amada quien con su amor y paciencia me ha permitido llegar a cumplir hoy una meta en mi vida, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. A mi hermana María Patricia por su cariño por estar conmigo en todo momento, aprendiendo que la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez. A mi amiga y compañera de tesis Sofía por esta junto a mí y formar un gran equipo de trabajo.

Verónica

## **Agradecimientos**

A Dios y a la Virgen por iluminarnos durante toda nuestra etapa de estudios.

A nuestros queridos padres por su amor y dedicación, a nuestros hermanos y familiares cercanos, por ser un apoyo incondicional en nuestras vidas.

A los técnicos del laboratorio, del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP -EECA), especialmente a la Ing. Yadira Vargas y Wilson Alcívar por habernos integrado a su equipo de trabajo con todo el cariño.

Al personal del laboratorio Ciencias de la Vida por su acompañamiento durante esta investigación.

A nuestro querido amigo Paco Noriega, por brindarnos su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A nuestra tutora Laurita por su entrega, participación y sobre todo por brindarnos su confianza y amistad verdadera.

A nuestro gran amigo Xavier, por saber poner alegría en los momentos tristes, por siempre estar.

Sofía y Verónica

## Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1 .....	5
Marco Conceptual .....	5
1.1 Familia Lecythidaceae.....	5
1.1.1 Generalidades.....	5
1.1.2 Características Botánicas .....	5
1.1.3. Distribución y hábitat.....	6
1.1.4 Importancia económica.....	7
1.2. Género <i>Gustavia</i> .....	8
1.2.1 Descripción .....	8
1.2.2 Distribución mundial .....	9
1.2.3 Importancia comercial .....	9
1.2.4 Uso medicinal .....	9
1.2.5 Condiciones del cultivo .....	11
1.3. <i>Gustavia macarenensis</i> en Ecuador.....	11
1.3.1. Clasificación Taxonómica .....	11
1.3.2 Nombres comunes.....	11
1.3.3 Distribución .....	12
1.3.4. Estudios previos.....	13
Capítulo 2.....	14

Marco Metodológico .....	14
2.1 Fase de campo .....	14
2.1.1 Georreferenciación.....	14
2.1.2 Muestreo de material vegetal .....	14
2.1.2.1 Muestreo de hojas .....	15
2.1.2.2 Muestreo de flores.....	15
2.1.2.3 Muestreo de frutos .....	15
2.1.3 Muestreo de suelos.....	16
2.2 Fase de laboratorio .....	16
2.2.1 Identificación taxonómica.....	16
2.2.2 Descripción Botánica.....	16
2.2.3 Análisis de Suelos .....	17
2.2.3.1 Preparación de la muestra y parámetros analizados.....	17
2.2.4 Análisis Proximal del fruto .....	18
2.2.4.1 Preparación de las muestras y parámetros analizados.....	18
2.2.5 Análisis Fito químico del fruto .....	19
2.2.5.1 Extracción de aceite .....	19
2.2.5.2 Purificación del aceite .....	19
2.2.5.3 Rendimiento .....	20
2.2.5.4 Índice de refracción y grados brix.....	20
2.2.5.5 Densidad.....	20
2.2.5.6 Ácidos grasos .....	21

Capítulo 3.....	22
Resultados y discusión .....	22
3.1 Generalidades .....	22
3.1.1 Distribución .....	22
3.1.2 Identificación taxonómica.....	24
3.1.3 Descripción botánica.....	24
3.1.3.1 Tallo .....	24
3.1.3.2 Hojas .....	27
3.1.3.3 Inflorescencia y flor .....	29
3.1.3.4 Fruto .....	31
3.1.3.5 Semilla .....	34
3.1.4 Fases de vida.....	36
3.1.5 Condiciones climáticas .....	37
3.1.6 Condiciones del suelo .....	39
3.1.6.1. Análisis de suelo .....	40
3.2 Análisis proximal del fruto.....	44
3.3 Características físicas de aceite vegetal del fruto de <i>G. macarenensis</i> .....	47
3.4. Identificación de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas .....	48
Conclusiones .....	51
Recomendaciones.....	53
Referencias.....	54



Anexos .....	68
--------------	----

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Codificación de muestras para análisis de suelos .....	17
<b>Tabla 2</b> Parámetros de análisis de suelo.....	18
<b>Tabla 3</b> Métodos para hacer análisis proximal del <i>G. macarenensis</i> .....	19
<b>Tabla 4</b> Dimensiones del tronco de <i>G. macarenensis</i> .....	26
<b>Tabla 5</b> Dimensiones de la hoja de <i>G. macarenensis</i> .....	28
<b>Tabla 6</b> Dimensiones de la inflorescencia y la flor de <i>G. macarenensis</i> .....	30
<b>Tabla 7</b> Generalidades del fruto de <i>G. macarenensis</i> .....	33
<b>Tabla 8</b> Generalidades de la semilla de <i>G. macarenensis</i> .....	35
<b>Tabla 9.</b> Textura, pH, CE, Macro y micronutrientes del suelo en el que se desarrolla <i>G. macarenensis</i> en Orellana .....	40
<b>Tabla 10</b> Resultados del análisis proximal.....	44
<b>Tabla 11</b> Parámetros obtenidos del aceite vegetal de frutos de <i>G. macarenensis</i> .....	47

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Mapa de la distribución mundial de Lecythidaceae .....	7
<b>Figura 2.</b> Flores de las especies del género <i>Gustavia</i> .....	8
<b>Figura 3.</b> Distribución mundial del género <i>Gustavia</i> .....	9
<b>Figura 4.</b> Mapa de la distribución de <i>G. macarenensis</i> en el Ecuador.....	12
<b>Figura 5.</b> Distribución de <i>G. macarenensis</i> Philipson en Orellana – Ecuador.....	23
<b>Figura 6.</b> Tronco de <i>Gustavia macarenensis</i> .....	25
<b>Figura 7.</b> Hojas de <i>Gustavia macarenensis</i> .....	27
<b>Figura 8.</b> Estructura floral de <i>Gustavia macarenensis</i> .....	30
<b>Figura 9.</b> Estructura floral de <i>Gustavia macarenensis</i> .....	32
<b>Figura 10.</b> Semillas de frutos maduros de <i>G. macarenensis</i> .....	34
<b>Figura 11.</b> Fases de vida de <i>G. macarenensis</i> .....	37

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Inflorescencia de Lecythydaceae .....	68
<b>Anexo 2.</b> Análisis de suelos .....	69
<b>Anexo 3.</b> Análisis proximal del fruto.....	71
<b>Anexo 4.</b> Análisis fitoquímico del fruto .....	73
<b>Anexo 5.</b> Tabla de identificación de Ácidos grasos.....	74
<b>Anexo 6.</b> Certificado de Identificación taxonómica de <i>G. macarenensis</i> Philipson .	76
<b>Anexo 7.</b> Porcentaje de ácidos grasos por cantón.....	77

## Resumen

*Gustavia macarenensis*, “El Paso” se encuentra en la provincia de Orellana – Ecuador, en los cantones La Joya de los Sachas, El Coca y Loreto, es una especie poco estudiada a nivel mundial de ahí la importancia de generar información sobre la misma ya que tiene algunas bondades para la salud y nutricional para la gente que conoce este fruto.

El estudio se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, y de Bromatología y Suelos en AGROCALIDAD; determinándose que es un árbol frutal de tronco liso, pluricaule con ramificación combinada, hojas elípticas, inflorescencia umbela con 6 flores actinomorfas de 7 pétalos blancos o rosados.

El fruto es marrón de forma globosa achatada en la base, pesa en promedio 222.42 g y el análisis proximal indica que posee altos porcentajes de: grasa 31.60 %, carbohidratos 26.76 %, fibra 25.17 %, proteína 12.39 %. El aceite vegetal presenta un IR de 1.46, 69 ° Brix, 0.90 g/mL de densidad y mediante cromatografía de gases acoplado a masas se identificó que los ácidos grasos en mayor concentración son: 42.33 % Á. palmítico, 40.10 % Omega 9, 9.40 % Omega 6 y 6.94 % Á. esteárico.

En comparación con otros frutos, *G. macarenensis* posee porcentajes elevados de fibra, grasa y proteína convirtiéndolo en una buena fuente de alimentos, además su aceite vegetal es comestible y los ácidos grasos presentes en él resultan beneficiosos para la salud humana, razón por la cual es un fruto de interés para la comunidad científica en futuras investigaciones.

**Palabras clave:** *Gustavia macarenensis*, GC/MC, fibra, ácido palmítico, Omega 6, Omega 9.

## Abstract

*Gustavia macarenensis*, “El Paso” is located in the province of Orellana - Ecuador, in the cantons of La Joya de los Sachas, El Coca and Loreto, is a little species studied worldwide, hence the importance of generating information about it, it has some health and nutritional benefits for people who know this fruit.

The study was carried out in the laboratories of the Universidad Politécnica Salesiana, and of Bromatology and Soils in AGROCALIDAD; determining that it is a fruit tree with a smooth trunk, pluricaule with combined branching, elliptical leaves, umbel inflorescence with 6 actinomorphic flowers of 7 white or pink petals.

The fruit is globose brown flattened at the base, weighs on average 222.42 g and the proximal analysis indicates that it has high percentages of fat 31.60%, carbohydrates 26.76%, fiber 25.17%, and protein 12.39%. The vegetable oil has an IR of 1.46, 69 °Brix, 0.90 g / mL density and by means of gas chromatography coupled to masses it was identified that the fatty acids in higher concentration are: 42.33% Á. palmitic, 40.10% Omega 9, 9.40% Omega 6 and 6.94% Á. stearic

In comparison with other fruits, *G. macarenensis* has high percentages of fiber, fat and protein making it a good source of food, in addition its vegetable oil is edible and the fatty acids present in it are beneficial for human health, which is why it is a fruit of interest to the scientific community in future research.

**Keywords:** *Gustavia macarenensis*, GC/MC, fiber, palmitic acid, Omega 6, Omega 9.

## **Introducción**

El Ecuador tiene una extensa variedad de especies vegetales conocidas por sus diversos beneficios nutricionales, antibacteriales, antioxidantes y los compuestos químicos involucrados, estos compuestos se encuentran presentes en las diferentes partes de las plantas principalmente en sus frutos; sin embargo existen numerosas especies tropicales de gran potencial que no han sido estudiadas, muchas de estas especies vegetales se usan y consumen en los pueblos Amazónicos (Zapata, Cortes, y Rojano, 2013). La ausencia de información de especies vegetales utilizadas por las comunidades pone en evidencia la falta de investigación de plantas nativas, por tal razón los estudios botánicos y fitoquímicos de una especie vegetal son necesarios debido a que incorporan información sobre las especies a lo largo de la historia, y permite establecer la herencia genética (Zambrano, 2015).

El estudio botánico permite establecer características que la identifiquen y diferencien de otras especies; su identificación y conservación resulta de suma importancia e interés no sólo para su registro científico, sino también en aquellas especies cuya recolección se destina al consumo humano, como es el caso de la mayoría de las plantas aromáticas (Arza, 1994) y medicinales, ya que son usadas de manera frecuente para afrontar las necesidades primarias de asistencia médica (Tene, Malagón, Finzi, Vidari, Armijos, y Zaragoza; 2007).

El estudio fitoquímico en una planta permite conocer sus metabolitos y principios activos que le permiten crecer, multiplicarse, defenderse y sobrevivir (Wu, Huang, Lin, Wang, 2005). Además, evalúa la complejidad de biosíntesis y degradación de los vegetales (Sampietro, 1997); contribuye al reconocimiento de compuestos fenólicos,

vitaminas, nutrientes y otros compuestos bioactivos con grandes beneficios para la salud de los seres humanos (Charoenkiatkul, Thiyajai, y Judprasong, 2016).

Existe gran cantidad de especies principalmente en América del Sur que son utilizadas y conocidas por los pobladores de la Amazonía de forma empírica ya que son parte del conocimiento ancestral heredado de las diferentes comunidades, como es el caso de la planta objeto de la presente investigación *Gustavia macarenensis*.

La familia botánica a la que pertenece *G. macarenensis* es Lecythidaceae, la cual posee al menos 287 especies, 40 de ellas pertenecen al género *Gustavia*, sin embargo, sólo se registra información de 5 de estas especies (Duarte, 2001). Los estudios realizados en el género *Gustavia* indican que estas plantas poseen una elevada actividad antioxidante, y se usan por las comunidades Amazónicas ante enfermedades como la malaria y Leishmaniasis; enfermedades que ocasionan daños en la piel (Reyes, Abreu, Alvarez y Viafara, 2019). Por esta razón, los estudios se enfocan en la relevancia de los componentes químicos, pues se ha identificado triterpenos pentacíclicos, esteroides, saponinas, cromanoles, ácido elágico y el alcaloide del tipo indolo [2,1-b] quinozonílicos (Carvalho, Velandia, Oliveira y Bezerra, 1998). Así por ejemplo en *Gustavia augusta* se han identificado esteroides, esteroides y triterpenos pentacíclicos que otorgan a la especie acción antiinflamatoria, acelerador de queratinización y cicatrizante (Duarte, 2001). En *Gustavia elliptica* se identifican los epímeros (6S, 9R) y (6R, 9R) -blumenol B, los mismos se usan en ensayos antileishmania (Oliveira, 2011); El árbol de nuez brasileño *Gustavia hexapetala* se obtuvo ácido betulínico, uno de los más potentes inhibidores de las células tumorales (Pettit, 2004). A pesar de la evidencia de que las plantas del género poseen compuestos con gran potencial para usos médicos, terapéuticos o nutricionales beneficiosos para el ser



humano, la investigación de sus especies es escasa. Ecuador en la región Amazónica cuenta con una de estas plantas en potencia, sin embargo, no se han realizado estudios que describan su morfología, propiedades botánicas y los compuestos de interés que podrían estar presentes en ella.

*G. macarenensis*, una especie silvestre también conocida como el fruto de “El Paso” por la población de la Amazonía Ecuatoriana y es utilizada por su popularidad cultural, gastronómica, medicinal y en los últimos años de importancia económica, puesto que se ha posicionado en los mercados de la región para la comercialización y consumo de sus frutos. Sin embargo, a pesar de que su consumo se ha incrementado, su uso continúa siendo netamente empírico, guiado por los conocimientos ancestrales de los pobladores de la zona y su cultivo no ha sido tecnificado, es decir continúa siendo silvestre pues todos los ejemplares de la especie están dispersos en la zona ya que aves y mamíferos transportan sus semillas, mientras que su propagación es de forma sexual (Román, 2012). Actualmente en el Ecuador la información existente de la especie *G. macarenensis*, es la recolectada por el Ministerio de cultura y patrimonio del Ecuador en el 2016, la misma que proporciona datos básicos de la especie, y una investigación realizada por la Universidad Estatal Amazónica en la que se menciona algunos compuestos bioactivos del perfil graso de los frutos de *G. macarenensis* (Reyes, Abreu, Alvarez y Viafara, 2019).

A excepción de estos estudios no se cuenta con información ampliada sobre sus nutrientes, propiedades, beneficios y utilidades; es por esta razón que el grupo de investigación Nunkuy Wakan de la Universidad Politécnica Salesiana con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias buscan con el

presente trabajo establecer las propiedades del suelo en el que se desarrolla *G. macarenensis*, y las características botánicas y fitoquímicas de sus frutos, para obtener información válida y confiable de la especie que abarque una caracterización precisa de la planta, esto a su vez establecerá un parámetro base para futuras investigaciones y la divulgación científica de la especie a nivel nacional e internacional junto con la difusión de sus características morfológicas, botánicas, distribución geográfica, aspectos fisiológicos y agronómicos así como sus propiedades fitoquímicas que respalden la actividad nutricional y medicinal aplicada de forma empírica por los consumidores en la actualidad; por otro lado, se pretende priorizar la investigación sobre los recursos fitogenéticos de especies vegetales en las zonas inexploradas del país que cuenta con una extensa flora que lo posiciona como un país mega diverso de la selva Amazónica.

El objetivo general del presente trabajo de titulación es estudiar a nivel botánico y fitoquímico el fruto de *Gustavia macarenensis*, de la Provincia de Orellana, Ecuador, y como objetivos específicos: describir la botánica de *G. macarenensis*, caracterizar los parámetros físicos y químicos del suelo de los cantones La Joya de los Sachas, El Coca y Loreto, analizar parámetros físicos y químicos del fruto de *G. macarenensis* y comparar las propiedades físicas y químicas del suelo de los cantones con las propiedades físicas y químicas del fruto de *G. macarenensis*.

## Capítulo 1

### Marco Conceptual

#### 1.1 Familia Lecythidaceae

##### 1.1.1 Generalidades

Inicialmente ubicada en el Orden Myrtales, pero estudios moleculares recientes incluyeron a la familia Lecythidaceae en el orden ampliado de Ericales y con estrecha relación con la familia Sapotaceae (Zamora, 2006). Posee cerca de 287 especies distribuidas en 15 géneros neo tropicales (Souza, et al., 2001), entre los más representativos se encuentran los géneros: *Eschweilera*, *Gustavia*, *Lecythis*, *Couratari*, *Allantoma*, *Asteranthos*, *Bertholletia*, *Cariniana* y *Couroupita*; cada uno de ellos representa el 2.04 % del total de especies presentes en Perú (Brako y Zarucchi, 1993).

##### 1.1.2 Características Botánicas

Son todos árboles de pabellón o arbustos con corteza fibrosa, estípulas ausentes o diminutas (Zamora, 2006), la mayoría de estas especies son emergentes y otras crecen bajo el dosel forestal, es decir bajo los 30 m de altura (Souza, et al., 2001).

Morfológicamente las especies pertenecientes a esta familia poseen:

- **Inflorescencias:** se encuentran dispuestas en racimos simples, panículas ramificadas, ramas espigadas o fascículos, axilares o caulinares, terminales o subterminales (Zamora, 2006) (Ver Anexo 1).
- **Flores:** en general abiertas, rotadas; bisexuales, actinomorfas o zigomorfas; cáliz entero o con 2–6 lóbulos triangulares o ampliamente ovados; pétalos 4-8, y rara vez 12-18; estambres numerosos, formando un anillo o ensanchados

formando una corona o caperuza sobre los estigmas; 2 ovarios ínfero, de 4 a 6 lóculos que poseen de 2–115 óvulos cada uno, placentas axilares en el ápice, poseen numerosos estambres y en varios de los géneros los estambres estériles o apéndices están fusionados formando una caperuza o corona ligulada que se recurva sobre el anillo de estambres fértiles (Zamora, 2006).

- **Frutos:** opérculo del tipo pixidio, dehiscentes generalmente grandes, en el género *Lecythis*, e indehiscentes, carnosos o bayas en *Gustavia* y *Gria*, o con exocarpo delgado y leñoso en *Couroupita* (Zamora, 2006). Estos frutos con frecuencia, se encuentran en el suelo, se descomponen lentamente lo que ayuda en la identificación durante y después de la etapa reproductiva debido a que en su forma vegetativa la especie tiende a ser difícil distinguir (Cheek, et al., 2002).
- **Hojas:** simples, alternas sin glándulas, agrupadas en los extremos de las ramas, con los márgenes enteros, diminutamente crenulados-aserrados (Zamora, 2006), (Souza, et al., 2001).
- **Corteza y tronco:** fuertemente fibrosa (Cheek, et al., 2002).

### 1.1.3. Distribución y hábitat

Se encuentra en la Amazonía de América del Sur y en América Central, principalmente en Brasil, Panamá, México y Perú (Castillo, 2006); en Perú con ocho géneros y 20 especies (Brako y Zarucchi, 1993). Y de manera muy escasa se ha referenciado su presencia en Madagascar, Nadi, Pakistan y Australia (Trópicos, 2019).

Mapa de la distribución mundial de Lecythidaceae



**Figura. 1.** Mayor concentración poblacional en América del Sur y baja en África y Australia  
**Fuente:** Trópicos, 2019.

#### 1.1.4 Importancia económica

Dentro de la familia Lecythidaceae las especies con mayor importancia económica, debido a su uso comercial son:

- *Bertholletia excelsa* Bonpl. o nuez de Pará o del Brasil: estas nueces contienen 15 a 20 semillas las cuales poseen un 65 % de aceite y un contenido proteico entre el 15 y 18 %, por lo que estas semillas son usadas en la alimentación de comunidades y en confitería. La madera de esta especie se utiliza en la construcción de embarcaciones (Hoyos, 1994).
- *Lecythis ollaria* L., o coco de mono: posee un aceite comestible y sus semillas son usadas en medicina popular, sin embargo, se le atribuye el efecto de caída temporal del cabello por lo que su aceite es usado para causar efectos depilatorios (Kerdel, 1964). Además, por su follaje perenne, suele ser utilizado para reforestación (Hoyos, 1994).

## 1.2. Género *Gustavia*

El género fue creado por Carl von Linnaeus y publicado en *Plantae Surinamenses Tomus primus*, p. 12, 17,18 (Trópicos, 2019); agrupa 40 especies (Mori y Cornejo, 2013).

### 1.2.1 Descripción

Este género se diferencia de otras *Lecythidaceae* por poseer flores simétricas y por la ausencia de opérculo en el fruto además sus flores poseen 6 u 8 pétalos, y de 500-1200 estambres, anteras de más de 2 mm, anteras dehiscentes, placenta muy expandida, frutas con generalmente 2 o más semillas en lugar de 1, y embriones con cotiledones; además en *Gustavia* el tronco presenta parénquima axial reticulado (Mori y Cornejo, 2013).



### 1.2.2 Distribución mundial

Las especies del género *Gustavia* se encuentran distribuidas a lo largo de América del Sur en Antioquia, Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú, Venezuela y Colombia (Trópicos, 2019).



### 1.2.3 Importancia comercial

Las especies del Género *Gustavia* no es muy conocida a nivel comercial; esto se debe principalmente a la escasez de información sobre sus especies; sin embargo se venden e intercambian por los pobladores indígenas de las zonas en las que estas especies se propagan (Souza, et al., 2001).

### 1.2.4 Uso medicinal

Es ampliamente conocido el uso empírico de especies vegetales como agentes de salud en las diversas culturas a nivel mundial, el mismo uso y conocimiento que ha sido transmitido a través de generaciones (Muñoz, Montes y Wilkomirsky, 2001).

La principal actividad reportada en la etnomedicina para el género *Gustavia* es el uso de los frutos, cáscaras y hojas jóvenes, en forma de emplastos, por los indios de la tribu Palikur en la Guayana Francesa contra los trastornos de la piel, leishmaniosis y malaria (De Fátima, et al., 2011).

Se conocen además otros beneficios medicinales de las especies del género *Gustavia* estudiadas; entre ellos destaca su actividad antioxidante determinada por algunos metabolitos presentes en los frutos de estas plantas (Mori y Cornejo, 2013) como es el caso de las especies:

- *Gustavia elliptica* cuyo principal constituyente, friedelanol, urs-9, 12-dien 3-ol, a-amirina,  $\beta$ -amirina, morentenol, epifriedelanol, y el sesquiterpeno *trans* cariofileno como promotores de la actividad antioxidante (De Fátima, et al., 2011).
- *Gustavia superba* presenta alcaloides y cumarinas (Enrique, Díaz y Gómez, 2014).
- *Gustavia pubescens*, posee auronos y chalcones en baja cantidad (Mori y Cornejo, 2013), y una incidencia abundante de Xantonas, flavonas y flavonoles (Rondón, García, Cornejo, Rojas y Terán, 2015).
- *Gustavia augusta* se identificó ácidos salicílicos, *trans*-cinámico, hidroxibenzoico, vinílico, cafeico y sináptico (García, Sotero, Mancini, Torres, y Mancini, 2011).

Estas investigaciones ratifican que los extractos de las especies de *Gustavia* pueden ser utilizados muy bien como antioxidantes, puesto que, los antioxidantes en el cuerpo humano actúan eliminando radicales libres, evitando la entrada de oxígeno en las



células y su oxidación, alteraciones en el ADN y cambios diversos que aceleran el envejecimiento (García, Sotero, Mancini, Torres, y Mancini, 2011).

### **1.2.5 Condiciones del cultivo**

Los árboles de *Gustavia* crecen en selva alta, con lluvias persistentes que originan intensa evaporación, entre los 254 y 1300 m.s.n.m., en bosques de tierra firme e inundable de toda la región amazónica, con temperaturas que oscilan entre 20 °C y 40 °C (Cueva y Cabrera, 1999).

## **1.3. *Gustavia macarenensis* en Ecuador**

### **1.3.1. Clasificación Taxonómica**

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Equisetopsida
Subclase:	Magnoliidae
Superorden:	Asteranae
Orden:	Ericales
Familia:	Lecythidaceae
Género:	<i>Gustavia</i>
Especie:	<i>Gustavia macarenensis</i>

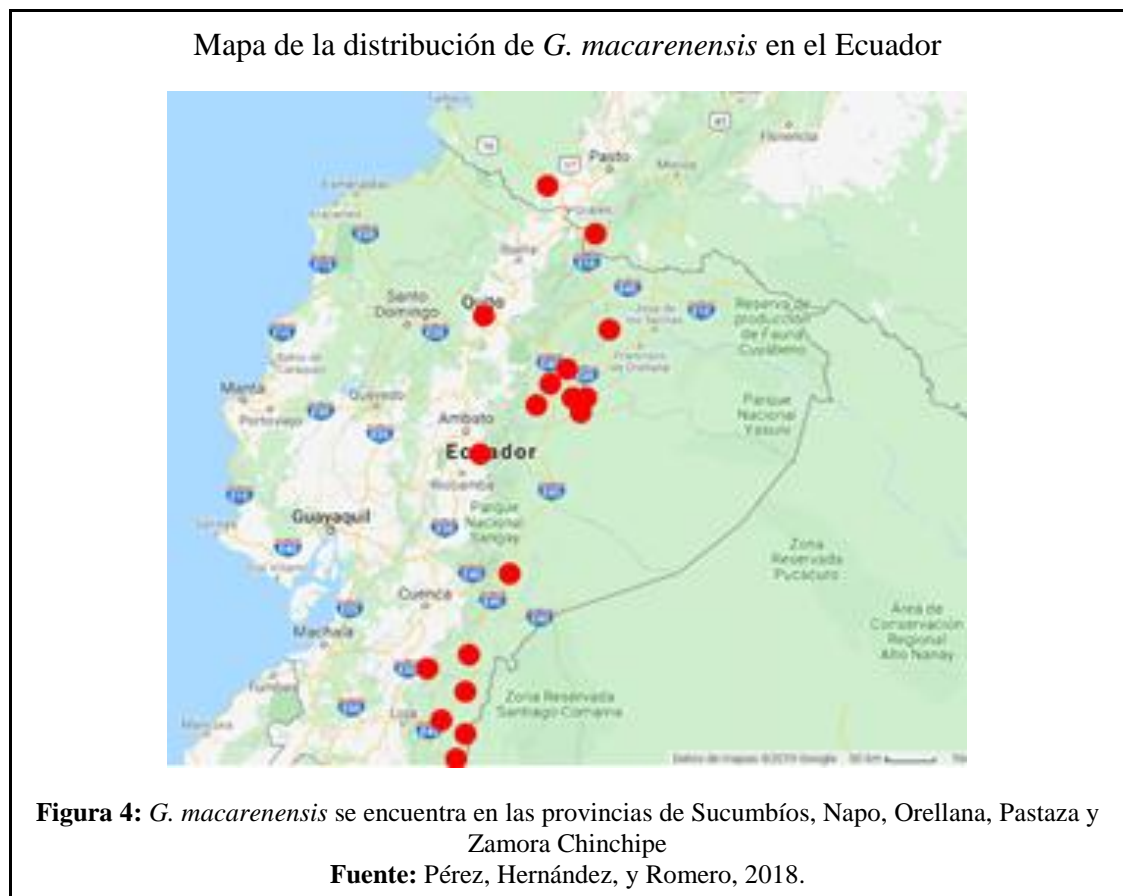
(Philipson, 1956)

### **1.3.2 Nombres comunes**

Se conoce por los pobladores de las comunidades indígenas de la Amazonía Ecuatoriana con diferentes nombres entre ellos: Alan paso, inaco, inak, passo, pasu, sachu pasu (Mori, 2010).

### 1.3.3 Distribución

Ubicada en la Amazonía Ecuatoriana en las provincias de Sucumbíos, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Orellana en los cantones de La Joya de los Sachas, Francisco de Orellana El Coca y Loreto (Pérez, Hernández y Romero, 2018). En estas zonas se desarrolla debido a sus condiciones climáticas: altitud promedio de 260 m.s.n.m., precipitación anual aproximada de 4000 mm, humedad del 90 % y temperatura media anual de 25 °C (Innerhofer y Bernhardt, 2011). En la Figura 4 se puede observar la ubicación de *G. macarenensis* en el Ecuador.



#### **1.3.4. Estudios previos**

Las investigaciones referentes a esta especie en el país, son escasas; sin embargo recientemente se ha publicado un estudio entorno a su fruto; esta investigación se realizó en la provincia de Pastaza por la Universidad Estatal Amazónica, en ella se evidencia que los frutos de esta especie pueden considerarse una buena fuente de aceite vegetal y el aceite extraído del mesocarpio de *G. macarenensis* porque contiene un 53.57 % de lípidos entre ácido palmítico y oleico como sus componentes principales (Reyes, Abreu, Alvarez y Viafara, 2019).

## Capítulo 2

### Marco Metodológico

La investigación se desarrolló en la provincia de Orellana-Ecuador. Se llevó a cabo en dos fases: de campo en los cantones de La Joya de los Sachas, El Coca y Loreto donde se realizó la georreferenciación y muestreos de material vegetal de la especie; y la fase de laboratorio que se desarrolló en los Laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus El Girón y en los laboratorios de Bromatología y Suelos de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoo sanitario ubicada en “La Granja” Tumbaco; como se explica en los siguientes literales:

#### 2.1 Fase de campo

##### 2.1.1 Georreferenciación

Se georreferenciaron 18 puntos seleccionados aleatoriamente en las comunidades “Kichwa” ubicadas en 3 cantones de la provincia de Orellana: 7 en El Coca, 7 en La Joya de los Sachas y 4 Loreto, mediante un GPS (GARMIN modelo Oregon 550) y se expresó en coordenadas UTM. Los 18 puntos georreferenciados fueron los puntos de muestreo.

##### 2.1.2 Muestreo de material vegetal

Se recolectaron muestras frescas de hojas, flores y frutos maduros de *G. macarenensis*, se tomaron en los mismos 18 puntos georreferenciados, donde se recolectó la planta con el asesoramiento del Técnico Wilson Alcívar, investigador del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) estación Central de la Amazonía; con un total de 15 kg de frutos, y 18 especies vegetales.

### **2.1.2.1 Muestreo de hojas**

Se tomó una rama secundaria con varias hojas visualmente vigorosas y saludables, mediante un corte bisel con tijeras de podar. Las 18 muestras se colocaron en fundas de papel etiquetadas, se transportaron hasta las instalaciones del INIAP, en donde se realizó el montaje en prensa de cartón de 30 cm x 20 cm y papel periódico, etiquetadas con código de cantón (L- Loreto, P-El sachá, C- El Coca), N° de muestra, fecha de recolección, nombre del recolector, y coordenadas de muestreo. Una vez prensadas se transportó las muestras al Herbario de la Universidad Católica para su identificación taxonómica.

### **2.1.2.2 Muestreo de flores**

Se recolectaron 2 muestras por cantón mediante un bisturí N° 10 realizando un corte en bisel en el tallo sin dañar el pedúnculo, se transportaron en fundas de papel previamente identificadas a las instalaciones del INIAP, en donde se realizó el montaje en prensa botánica, en un cartón 30 cm x 20 cm y papel periódico previamente etiquetadas.

### **2.1.2.3 Muestreo de frutos**

En cada punto de muestreo se tomó 4 frutos mediante el uso tijeras de podar, se realizó un corte en bisel en el pedúnculo a una distancia de 5 cm del exocarpo del fruto y se transportaron en un cooler con gel refrigerante a los Laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- El Girón y al laboratorio de bromatología de AGROCALIDAD. Además, se contabilizó los frutos totales por cada árbol.

### **2.1.3 Muestreo de suelos**

Se realizó un hoyo de 20 cm x 20 cm en los cuatro puntos equidistantes a 1 m del tallo principal del árbol y se tomó 1 kg de suelo en fundas estériles previamente etiquetados. Las muestras se enviaron al laboratorio de suelos de AGROCALIDAD para aplicar procedimientos estandarizados (Andrade y Martínez, 2014). Los análisis realizados se detallan a continuación:

## **2.2 Fase de laboratorio**

### **2.2.1 Identificación taxonómica**

Se llevó 1 muestra de hojas, flores y frutos por cantón al Herbario de la Universidad Católica del Ecuador (QCA) en Quito, para su identificación mediante bibliografía y claves dicotómicas con la asesoría del Dr. Álvaro Pérez. Las características de la muestra se observaron bajo un microscopio de disección y compararon claves dicotómicas para determinar la familia, género y nombre de la especie (Torres y Jiménez, 2006). Posteriormente, se elaboró un informe.

### **2.2.2 Descripción Botánica**

Se usó los ejemplares colectados durante el muestreo; para describir la morfología de la especie, se realizó una comparación bibliográfica minuciosa de cada aspecto botánico de la planta mediante observaciones macro y microscópicas, y comparación con fotografías. Se tomó en cuenta los aspectos mencionados por Cazares (2018) en su guía para describir la estructura de una planta de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

### 2.2.3 Análisis de Suelos

Se realizó en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas de AGROCALIDAD. Se asignó códigos para cada muestra como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1**

#### **Codificación de muestras para análisis de suelos**

<b>Cantón</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>Código en campo</b>	<b>Código en Laboratorio</b>
El Coca	7	C1- C7	1380 - 1386
La Joya de los Sachas	7	P1 - P7	1387 - 1393
Loreto	4	L1 - L4	1394 -1397

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2016

**Nota:** Los códigos asignados fueron para uso exclusivo en los laboratorios de AGROCALIDAD.

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

#### **2.2.3.1 Preparación de la muestra y parámetros analizados**

Se colocó la muestra de 1 kg en una bandeja de aluminio, dejando secar durante 48 horas en la estufa (Shel Lab, modelo 1390FX) con circulación de aire interno a 65 °C. A continuación, se trituro la muestra en un mortero metálico y se coló en tamices de poro de 2 mm hasta obtener 500 g de muestra (Ver Anexo 2). Los parámetros analizados fueron: pH, Materia orgánica, nitrógeno, textura, fósforo, K, Ca, Mg,Fe, Cu, Zn, Mn como se mencionan en la Tabla 2.

**Tabla 2****Parámetros de análisis de suelo**

<b>Parámetros</b>	<b>Método</b>
Potencial de Hidrógeno	Potenciométrico
Materia Orgánica y nitrógeno	Walkley y Black
Conductividad	Potenciométrico
Textura	Bouyoucos
Fósforo	Colorimetría de Olsen modificado
K, Ca, Mg	Absorción atómica de Olsen modificado
Fe, Cu, Zn, Mn	Absorción atómica por Olsen modificado

**Nota:** Las metodologías realizadas fueron adaptadas por AGROCALIDAD en los manuales de procedimiento de laboratorio de suelos y foliares vigente.

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2016

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

**2.2.4 Análisis Proximal del fruto**

Se analizó 3 muestras de 1 kg asignadas con un código de uso exclusivo de las instalaciones del laboratorio: B190108, B190109, B190110 para los cantones de El Coca, Loreto y La Joya de los Sachas respectivamente (Ver Anexo 3).

**2.2.4.1 Preparación de las muestras y parámetros analizados**

Este procedimiento se realizó en una muestra por cantón, se tomó 1 kg de frutos de tamaño homogéneo, mediante un cuchillo de acero inoxidable y pinzas metálicas se retiró la corteza y semillas respectivamente; se colocó el endocarpio en una bandeja de aluminio; se llevó a la estufa (Marca Precision Modelo 26) a 103 °C durante 24 horas, luego se pulverizó la muestras mediante un mortero y se colocó en un recipiente plástico de sello hermético para su posterior análisis en los parámetros de humedad, materia seca, cenizas, proteínas, grasas y fibras como se observa en la Tabla 3.



**Tabla 3****Métodos para hacer análisis proximal del *G. macarenensis*.**

<b>Parámetro</b>	<b>Metodología</b>
Humedad y Materia Seca	Método gravimétrico. - AOAC 7.003/84. 930.15/90
Cenizas	Método Gravimétrico.- AOAC 7.009/84.942.05/90
Proteína	Método Kjeldahl.- AOAC 960.52
Grasa	Método Soxhlet.- AOAC 7.060/84. 920.39/90
Fibra	Método Gravimétrico. - AOAC 7.066/84. 962.09/90

**Fuente:** AGROCALIDAD. 2016**Nota:** Las metodologías fueron adaptadas por AGROCALIDAD en los manuales de procedimiento del Laboratorio de alimentos vigente.**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

## **2.2.5 Análisis Fito químico del fruto**

### **2.2.5.1 Extracción de aceite**

Se realizó 1 muestra de cada cantón por duplicado usando 30 g de la harina obtenida en el apartado 2.2.3.1. mediante el método de extracción por Soxhlet, colocando la harina en un cartucho de papel filtro y se introdujo en el soxhlet, se empleó 100 mL de hexano como disolvente extractor. La extracción duró 2 horas hasta completar la extracción de los analitos de la muestra.

### **2.2.5.2 Purificación del aceite**

Se realizó 1 muestra de cada cantón por duplicado. Se depositó el aceite en un balón de fondo redondo de 1000 mL; se llevó al rotavapor Buchi R-100 durante 3 minutos a 60 °C, 600 mmHg y 7 rpm; hasta obtener el aceite vegetal (Ver anexo 4).

### 2.2.5.3 Rendimiento

Se obtuvo por medio de la ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{peso en gramos de aceite vegetal}}{\text{peso en gramos de material vegetal}} \times 100$$

(Granados, Yañez, y Acevedo, 2014).

### 2.2.5.4 Índice de refracción y grados Brix

Inicialmente se verificó que la temperatura del equipo este en 20 °C, se utilizó 3 muestras por duplicado, se colocó una gota del aceite en el prisma del refractómetro (Atago NAR serie 114015) con una pipeta plástica Pasteur de 1 mL, mediante el ocular se observó los ° Bx (Ibérica, 2014). Se aplicó este procedimiento en las 3 muestras por duplicado y entre cada observación se utilizó un control de agua destilada.

### 2.2.5.5 Densidad

Este procedimiento se realizó por duplicado en las 3 muestras. Se utilizó un picnómetro marca BioLab, el cual se pesó vacío en una balanza Mettler Toledo, se anotó su volumen, a continuación, se llenó con aceite vegetal hasta atiborrar el picnómetro, luego se pesó el picnómetro lleno y se realizó los cálculos respectivos (Atares, 2013). Para determinar el valor de la densidad se empleó la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\text{peso del picnómetro con el aceite (g)} - \text{peso del picnómetro vacío (g)}}{\text{Volumen del picnómetro (mL)}}$$

### **2.2.5.6 Ácidos grasos**

Este procedimiento se realizó por duplicado en las 3 muestras mediante cromatografía de gases acoplados a masas. La muestra fue diluida colocando 100  $\mu\text{L}$  de aceite en un tubo de ensayo, se le añadió 5 mL de solución metanólica de ácido sulfúrico 1M, se llevó a una estufa a 80 °C durante 2 horas, se dejó enfriar para añadir 5 mL de hexano, se dejó en la centrifugadora a 3000 rpm durante 5 minutos, el sobrenadante se colocó en viales (CHMLAB GROUP) de 1.5 mL y se refrigeraron.

Los 6 viales fueron colocados en el cromatógrafo (Bruker Scions 436 GC), las condiciones programadas fueron: temperatura de inyección: 250 °C, temperatura inicial de la columna: 60 °C, se eleva la temperatura a 220 °C a una velocidad de 6 °C/min, flujo de helio: 1 mL/min. Tiempo total de análisis por muestra: 33.67 min. Las características de la columna del GC fueron: columna BR-5 ms marca Bruker con una longitud: 30 m, con diámetro: 0.25 mm, espesor de la película: 0.25  $\mu\text{m}$  (Noriega, 2009). Para la identificación de los compuestos se utilizó tiempos de retención establecidos (Ver Anexo 5).

## Capítulo 3

### Resultados y discusión

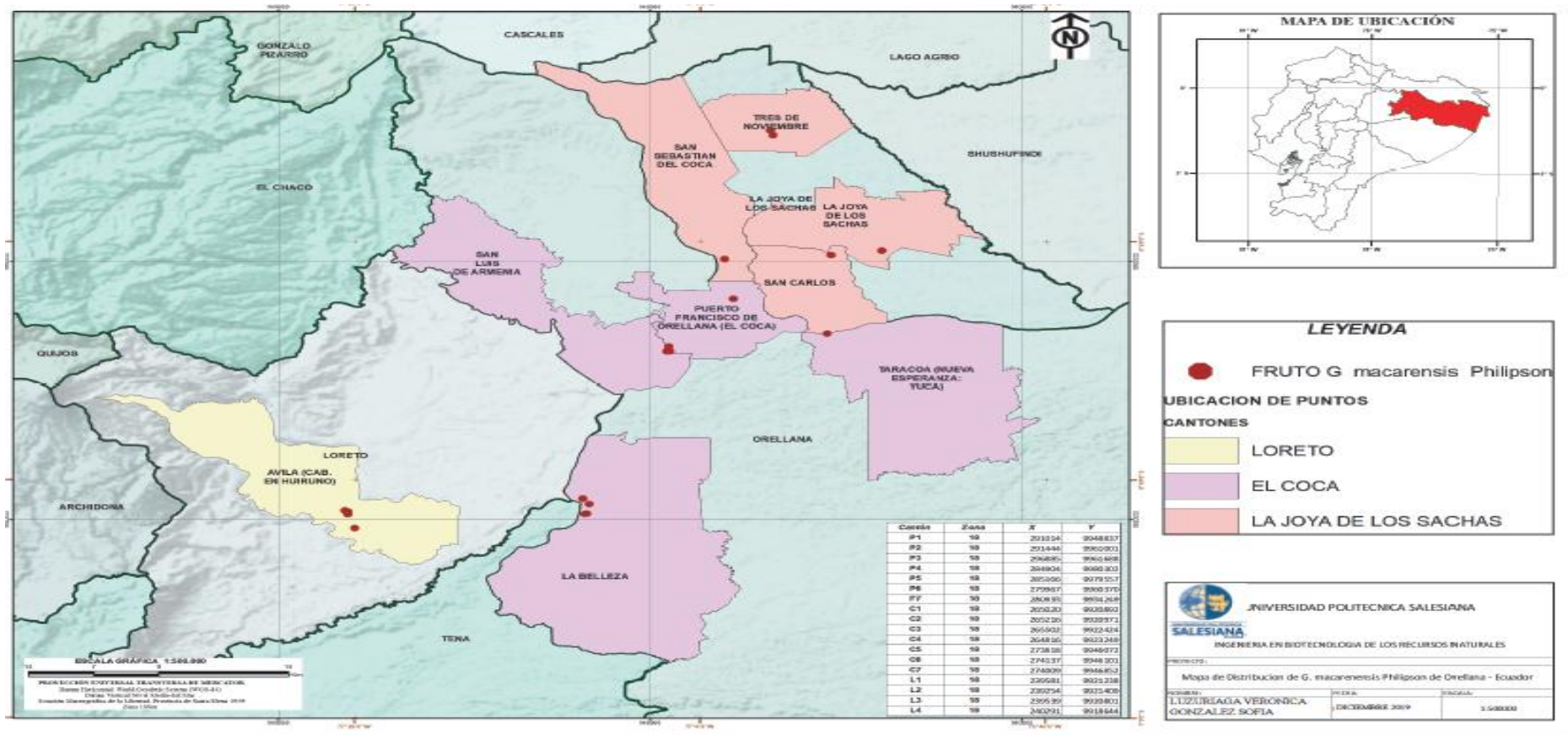
#### 3.1 Generalidades

##### 3.1.1 Distribución

Se encuentra distribuida en la provincia de Orellana especialmente en los cantones La Joya de los Sachas, El Coca y Loreto; como se observa en la Figura 5, su cultivo se restringe a las huertas comunitarias Kichwa denominadas *chakras*, sin embargo, escasos ejemplares se pueden localizar en propiedades de los colonos previo consentimiento de la comunidad por el valor ancestral que para ellos representa.

La *chackra* relaciona de forma holística a la comunidad con la naturaleza ya que representa la bondad de la tierra con la comunidad (Torres, 2004), (Morocho, 2008); un espacio de vida donde se expresan los elementos espirituales y se ejecuta la transmisión de los conocimientos ancestrales de generación a generación mediante rituales de la cosmovisión indígena (Villares y Villares, 2011); además es dirigida por las mujeres en matrimonio con el fin de producir alimentos para la subsistencia del núcleo familiar y generar ingresos mediante la comercialización de los productos en los mercados y calles las comunidades (Jadán, 2013).

### Distribución de *G. macarenensis* Philipson en Orellana – Ecuador



**Figura 5.** *G. macarenensis* en Orellana: a) La Joya de los Sachas, b) El Coca, c) Loreto  
**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

*G. macarenensis* en menor proporción se localiza en las provincias de Sucumbíos, Napo, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Pastaza, especialmente en lugares selváticos como las comunidades de Arápícos y Yutsú ubicadas en parte del Parque Nacional Sangay - Morona Santiago. Zurita y Navarrete (2019) realizaron una encuesta para establecer la popularidad del fruto entre los pobladores, confirmando que la planta es difícil de localizar debido a que el acceso a las zonas selváticas es limitado y entre la vegetación es difícil reconocer la especie. Se localiza también en el parque Nacional Yasuní - Pastaza, y está registrado en el catálogo de árboles representativos de esta reserva (Pérez, Hernández y Romero, 2018).

### **3.1.2 Identificación taxonómica**

La planta “El Paso” corresponde a:

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Asteranae Takht.

Orden: Ericales Bercht. & J. Presl

Familia: Lecythidaceae A. Rich.

Género: *Gustavia* L.

Especie: *Gustavia macarenensis* Philipson.

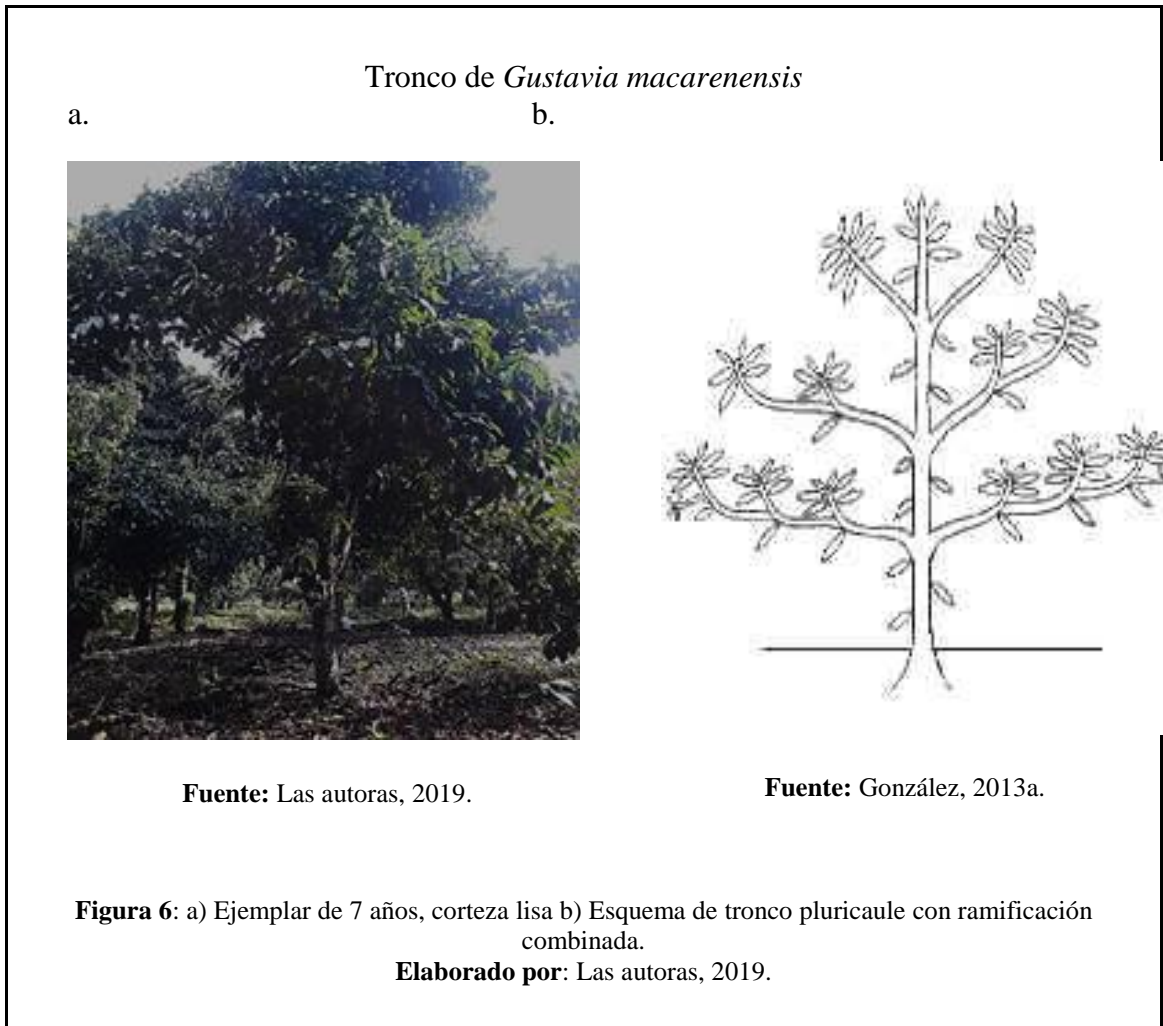
Nombre común: “El Paso”. (Ver anexo 6).

### **3.1.3 Descripción botánica**

#### **3.1.3.1 Tallo**

Aéreo, tronco erecto y cilíndrico desde la base, de consistencia dura, pluricaules con ramificación combinada, presenta corteza gris y de textura lisa y en los especímenes de mayor edad es ligeramente agrietada y no se registra presencia de estípulas como

se observa en la Figura 6. Además, presenta ramas largas y anchas con un diámetro entre 8 y 20 cm de coloración marrón, de las cuales se desprenden las ramillas portadoras de hojas con diámetros de entre 4 y 11 mm.



**Tabla 4****Dimensiones del tronco de *G. macarenensis***

Parámetro/ Muestra	El Coca								La Joya de los Sachas								Loreto					Promedio total
	1	2	3	4	5	6	7	Promedio	1	2	3	4	5	6	7	Promedio	1	2	3	4	Promedio	
<b>longitud(m)</b>	20.4	41.5	16.3	30.7	24.9	16.5	37.9	<b>26.89</b>	25.9	17.8	22.6	32.9	14.2	16.1	19.8	<b>21.33</b>	20.3	17.7	18.1	20.2	<b>19.08</b>	<b>22.43</b>
<b>DAP (cm)</b>	86	53	84	117	119	58	62	<b>82.71</b>	52	83	112	68	109	92	62	<b>82.57</b>	92	79	88	93	<b>88.00</b>	<b>84.43</b>

**Nota:** DAP- Diámetro a la Altura al nivel del Pecho

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

En la Tabla 4 se observa los datos de altura y diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP) los individuos más altos están en el cantón El Coca con 26.89 m de altura y un DAP de 82.71 cm, La Joya de los Sachas con 21.33 m y 81.57 cm, y los de menor altura en Loreto con 19.08 m y 88 cm.

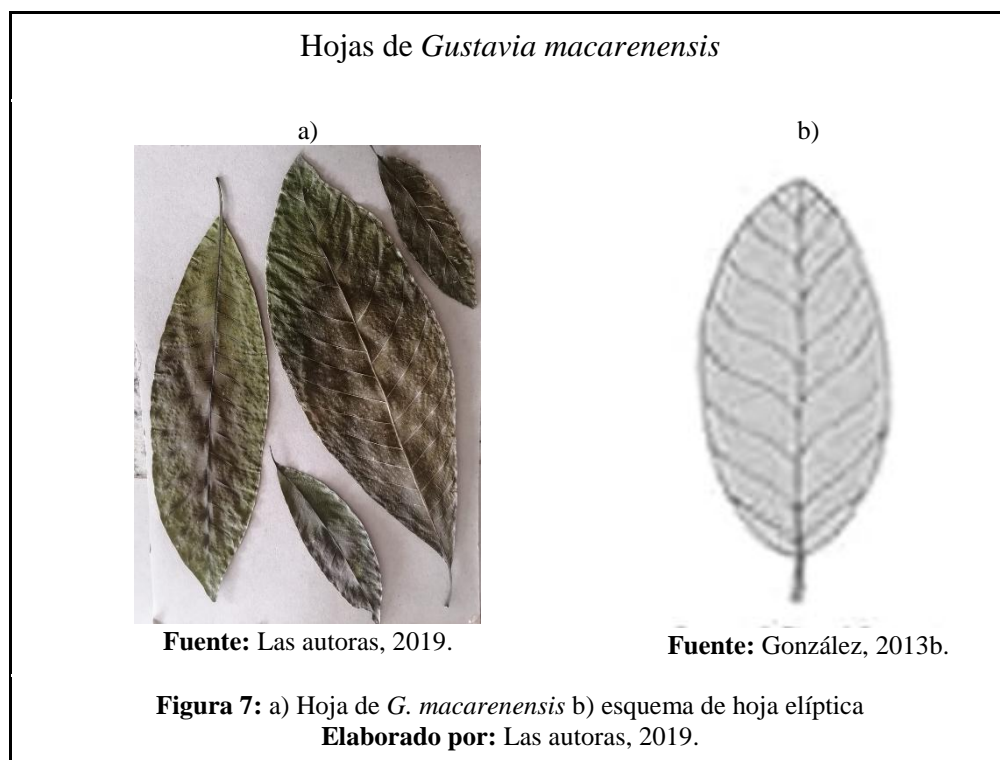
En este estudio se presentan variaciones en las condiciones de altitud y temperatura entre cantones, posiblemente estas variaciones producen diferencias en la altura de los árboles; así en El Coca se encuentran los más altos, está a 265 m.s.n.m. y 25 °C; mientras que en Loreto donde se localizan los árboles de menor altura, las condiciones son de 407 m.s.n.m de altitud y 23.3 °C de temperatura promedio, existiendo una relación entre temperatura, desarrollo vegetal y altitud.



Los datos indican que el árbol puede alcanzar alturas mayores a 25 m, que es la altura máxima reportada para la especie en Pastaza (Reyes, Abreu, Alvarez y Viafara, 2019). En zonas tropicales de mayor altitud incrementa la intensidad de luz, la radiación UV y disminuye la presión parcial de gas y las lluvias disminuyen; en conjunto estos factores limitan el crecimiento longitudinal del tallo (Fischer, 2000).

### 3.1.3.2 Hojas

Simples, alternas agregadas en los vértices de las ramas, de forma elípticas con el centro más ancho y apuntada en ambos extremos de dimensiones como se observa en la Figura 7. Su margen es entero, base cuneada, ápice acuminado y nervadura penninervia, la nervadura secundaria es de tipo camptódroma es decir que termina antes de llegar al margen.



**Tabla 5**

**Dimensiones de la hoja de *G. macarenensis***

	Parámetro/ Muestra	El Coca							La Joya de los Sachas							Loreto				MIN	MAX	
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4			
<b>HOJA</b>	<b>limbo</b>	<b>Diam. Long. (cm)</b>	11.5	11.6	23.5	12.5	24	10	26	19	20	21.8	25.2	22.1	26	18.5	19.3	12.1	10.4	10.8	10	26
		<b>Diam. Transv. (cm)</b>	7.4	8.1	11	7	11	7	11	8.7	10.5	11	10.9	8.4	10.9	9.8	7.3	7.1	7.15	8.4	7	11
		<b>Nº venas secundarias (par)</b>	15	15	18	16	18	15	20	18	18	19	20	20	20	18	18	16	15	15	15	15
	<b>pecíolo</b>	<b>Largo (cm)</b>	17.4	17.7	19.3	18.3	19.5	16	20	19	20	19.8	19	19.8	20	18.9	19.1	17.1	16.1	16.5	16	20
		<b>Diámetro (mm)</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

**Nota:** Número de venas secundarias se cuentan por pares

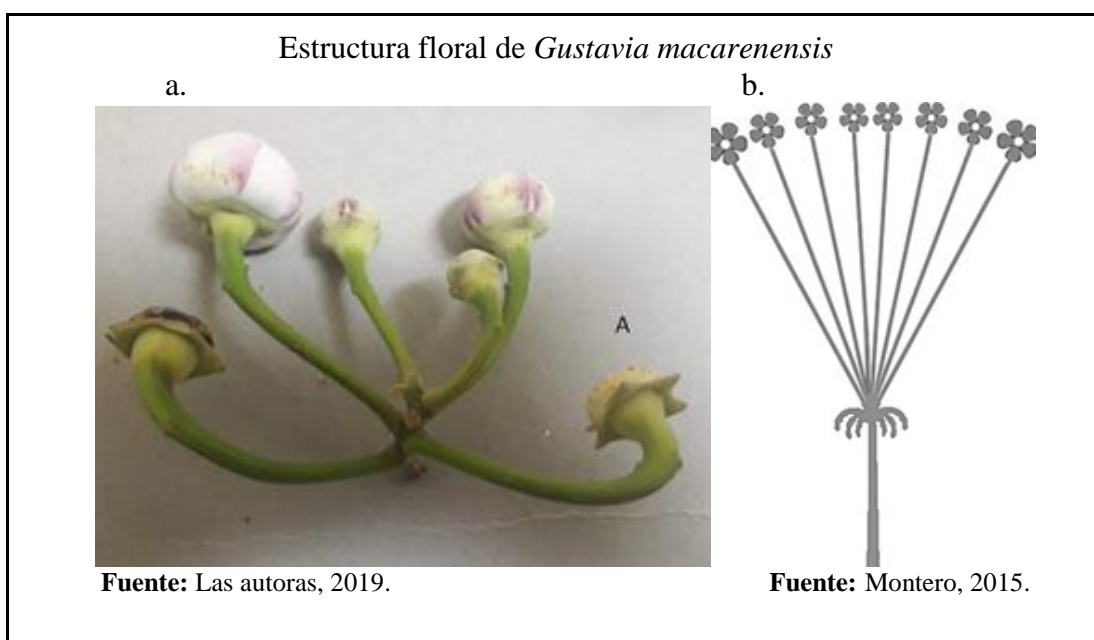
**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

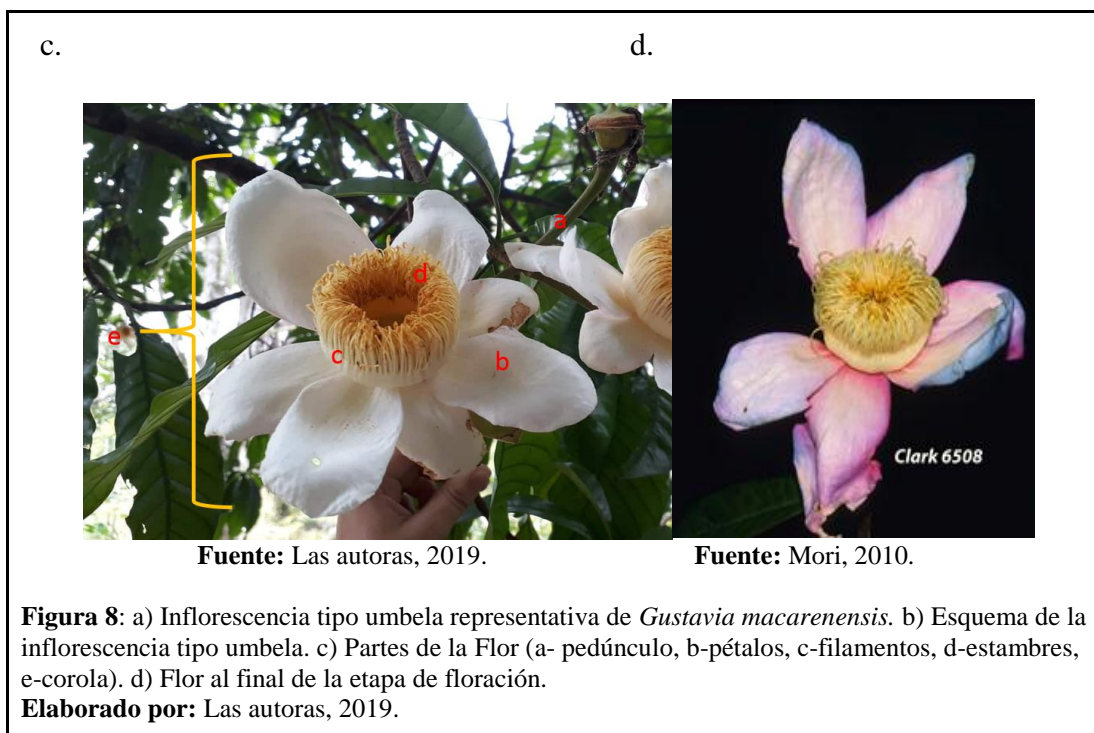
En la Tabla 5, se reportan las dimensiones obtenidas de las partes de la hoja; el limbo oscila entre los 10-26 x 7-11 cm (Diam. longitudinal x Diam. transversal), de superficie glabra y coriácea; los pecíolos miden entre 16-20 x 3 mm, son delgados y glabros, planos en el haz y hemisféricos en el envés; en cada hoja es posible encontrar entre 15 y 20 pares de venas secundarias.

Los diámetros mínimos en el limbo se registraron en las hojas de Loreto posiblemente se deba por la altitud a la que se encuentra el cantón; ya que según Fischer y Miranda (2012) la altitud interviene directamente en el crecimiento, tamaño y grosor de las hojas, ya que a mayor intensidad lumínica la hoja no requiere crecer tanto, pero sí conservar humedad, por lo que son más pequeñas y gruesas.

### 3.1.3.3 Inflorescencia y flor

Tipo umbela de crecimiento verticilado; posee un raquis floral de 4-9 cm de largo. Las flores son hermafroditas, con un fuerte aroma, tipo actinomorfa, hipanto grisáceo pubescente, cáliz dialisépalo; corola dialipétala. El androceo consta de 200 a 1500 estambres formando un anillo sobre el estigma, anteras ditecas amarillas dehiscentes de 2 mm, filamentos blancos largos de 1.5 x 0.1 cm, gineceo formado por 2 ovarios, ínfero, rodeados de pubescencia y tricomas blancos. Toda la estructura floral se observa en la Figura 8.





**Tabla 6**

**Dimensiones de la inflorescencia y la flor de *G. macarenensis***

Parámetro/ Muestra		El Coca		La Joya de los Sachas		Loreto	
		1	2	1	2	2	3
Inflorescencia	Nº Flores	4	5	6	5	3	3
	Long. Raquis (cm)	4	7	4	6	9	7
Corola	Diam. Long. (cm)	15	16	16	16	15	15
	Diam. Transv. (cm)	14	15	16	14	14	16
	Nº pétalos	7	7	7	7	7	7
Pétalos	Color	blanco	blanco	Blanco	blanco	blanco	blanco
	Diam. Long. (cm)	4	4	5	4	5	4
	Diam. Transv. (cm)	3	3	4	4	4	3

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

En la Tabla 6, se registran las dimensiones generales de la flor; cada inflorescencia cuenta con 3 a 6 flores; la corola alcanza un tamaño de entre 15-16 x 14-16 cm (Diam. longitudinal x Diam. transversal), consta de 7 pétalos, cada uno de 4 x 3 cm, de color blanco y rosa.

El gran tamaño de la corola en frutales da lugar a que en el centro se forme anillo grande que permite alojar hasta 1500 estambres. Según Romero, Rojas, y Gómez (2000) en las especies hermafroditas, el diámetro del cáliz crece proporcionalmente con el diámetro de la corola y el largo de los filamentos, ya que al incrementar el tamaño de los pétalos se fusionan los filamentos de los estambres, permitiendo el desarrollo del androceo, los pétalos de la flor tienen que expandirse e iniciar el proceso de apertura.

#### **3.1.3.4 Fruto**

Seco, indehiscente, con presencia de opérculo, globoso pero achatado en el ápice, el exocarpio mide en promedio 5 mm de grosor, durante el desarrollo de la fruta es color verde, y marrón en la madurez, pulpa amarillenta durante la formación y color anaranjado al alcanzar la madurez, de textura cremosa.

Ejemplar frutal de *G. macarenensis*

a.



b.



**Figura 9:** Frutos maduros de *Gustavia macarenensis*. a) fruto entero, b, fruto y pulpa madura c) pulpa

**Fuente:** Las autoras, 2019.

**Tabla 7**

**Generalidades del fruto de *G. macarenensis***

Parámetro/ Muestra	El Coca									La Joya de los Sachas							Loreto					Prom	
	1	2	3	4	5	6	7	Media	1	2	3	4	5	6	7	Media	1	2	3	4	Media		
f r u t o	Diám. Long. (cm)	6.5	7.3	5	5.3	5	6	5	5.73	6.79	8.09	7.12	6.68	7.04	6.3	7.04	7.01	6.15	5.83	6.3	6.12	6.10	6.28
	Diám. transv. (cm)	7	7.5	5.2	5.8	5.3	6.3	5.5	6.09	8.23	9.49	8.78	7.91	8.63	7.97	8.49	8.50	6.85	7.15	7.08	6.92	7.00	7.19
	peso exocarpio (g)	41.05	22.35	35.13	30.24	38.15	30.25	29.03	<b>32.31</b>	31.71	44.82	84.83	84.45	91.55	42.51	35.21	<b>59.30</b>	57.55	23.45	59.82	45.94	<b>46.69</b>	<b>46.10</b>
	peso pulpa (g)	82.78	93.11	98.94	90.89	98.74	91.83	89.74	<b>92.86</b>	100.58	115.76	284.96	190.12	214.98	99.89	138.44	<b>163.53</b>	153.44	165.26	108.05	154.56	<b>159.34</b>	<b>138.58</b>
	Peso total (g)	157.91	151.83	159.77	146.19	166.98	153.98	140.67	<b>153.93</b>	180.83	215.46	441.07	366.13	380.89	171.08	205.77	<b>280.18</b>	260.57	210.56	210.56	250.98	<b>233.17</b>	<b>222.42</b>
	# frutos total	643	161	260	156	315	104	96	<b>247</b>	87	357	270	294	79	117	341	<b>108</b>	78	64	215	75	<b>208</b>	188

Elaborado por: Las autoras, 2019.

En la Tabla 7 se observa que el diámetro longitudinal y transversal del fruto oscila entre 5.7-7 x 6-8 cm, posee un peso promedio de 222.42 g, de los cuales 46.10 g es corteza, 138.58 g de pulpa. En El Coca se localizan los árboles con mayor número de frutos promedio (247 unidades) y los frutos con menor peso promedio (153.93 g), en Loreto 208 y peso promedio de 153.93 g/fruto, y en la Joya de los Sachas 108 y 280.18 g/fruto. En

este estudio se observa que mientras mayor es la producción del árbol; menor es el peso y tamaño de los frutos posiblemente se deba a la competencia por los nutrientes.

Según Bowen, Ojer, Arjona y Reginato (2001) un árbol con gran cantidad de frutos genera productos de tamaño reducido y menor calidad debido a que entre frutos se produce competencia por asimilados o nutrientes.

### 3.1.3.5 Semilla

Se encuentra formada por 2 cotiledones. En la Figura 10 se observa que su tegumento o episperma presenta coloración marrón claro de un grosor de 0.2 cm, la semilla es de forma redondeada, por un lado, plana del otro y base achatada, el embrión es de coloración amarilla, hipocótilo y radícula de coloración blanca, las semillas de frutos que no han alcanzado su madurez presentan testa de coloración amarilla y delgada.





**Tabla 8****Generalidades de la semilla de *G. macarenensis***

Parámetro/ Muestra		El Coca								La Joya de los Sachas								Loreto					Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	Media	1	2	3	4	5	6	7	Media	1	2	3	4	Media	
semilla	Peso (g)	34.08	36.37	25.70	25.06	30.09	31.90	21.90	29.18	48.54	54.88	71.28	91.56	74.36	31.68	32.12	57.77	49.58	21.85	42.69	50.48	41.15	<b>42.70</b>
	N° semillas	3	4	1	2	1	2	1	2	3	4	1	2	1	1	2	2	4	3	3	2	3	2
	N° cotiledones	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Diam. Long.(cm)	1.51	1.63	1.12	1.45	1.28	1.49	1.33	1.40	7.65	2.15	2.45	1.52	2.01	1.55	1.76	2.73	1.49	1.32	1.68	1.12	1.40	1.84
	Diam. Transv. (cm)	1.6	1.71	1.43	1.56	1.32	1.49	1.41	1.50	1.85	3.12	2.65	1.78	2.32	1.75	1.96	2.20	1.39	1.28	1.44	1.1	1.30	1.67

Elaborado por: Las autoras, 2019.

En la Tabla 8, se observan las características de las semillas de *G. macarenensis*. Cada fruto posee entre 2 y 3 semillas, cada una con diámetro promedio de 1.63 x 1.66 cm, y poseen un peso promedio de 42.70 g. La germinación y desarrollo de la plántula se produce de forma acelerada elevando el nivel de supervivencia en el ambiente posiblemente por su tamaño y peso.

Faiguenbaum y Romero (1991) indican que calidad fisiológica de la semillas en árboles frutales está directamente relacionada con el tamaño; y que ejerce un rol principal en el proceso de germinación y establecimiento de las plántulas (Huerta y Rodríguez, 2011).

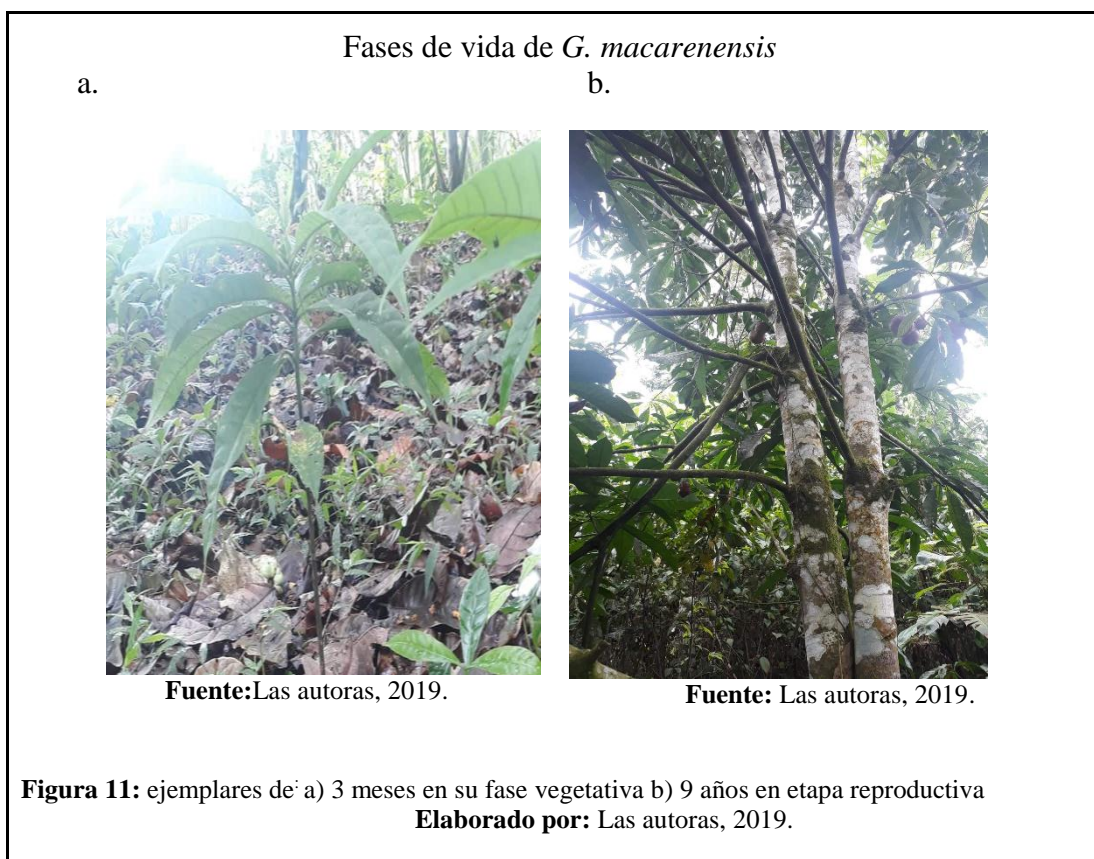
#### **3.1.4 Fases de vida**

- **Fase vegetativa:** inicia con la germinación de la semilla, durante el primer mes de desarrollo en el que se forma la plántula y se extiende hasta dar inicio a la floración aproximadamente al tercer año.
- **Fase productiva:** El desarrollo de la flor se da durante tres a cuatro meses, de octubre a diciembre; y los 3 meses que transcurre entre la formación y maduración del fruto, de enero a marzo.
- **Fase de maduración:** abarca el tiempo transcurrido entre la maduración del primer fruto hasta la caída total de los frutos del árbol. Esta especie traslapa la etapa reproductiva con la de maduración, por lo que posible encontrar flores y frutos en el mismo árbol. Además, al culminar la fructificación las hojas caen según observaciones de los nativos de las zonas estudiadas.

Los árboles más longevos aún en producción se localizaron en el cantón El Coca y Loreto, con 30 años de vida, sin embargo no se conoce el tiempo total de su ciclo de vida.

Según Torres (1995) el principio y final de las fases ayudan a determinar la velocidad de desarrollo de la planta, también es necesario para Körner (2015) identificar la fase productiva de un cultivo porque involucra una variedad de factores como: genotipo, ambiente, y condiciones de manejo, dando como resultado alteraciones en la acumulación de la biomasa en partes de la planta. Esto coincide con Villalpando y

Ruiz (1993) quienes afirman que en los árboles frutales, perennes, el período entre la floración y la presencia de un fruto es uno de los estados de desarrollo importantes.



### 3.1.5 Condiciones climáticas

Se determinó que las condiciones climáticas requeridas por *G. macarenensis* en la provincia de Orellana son:

- **Temperatura**

La temperatura promedio en los cantones de estudio: 24.37 °C.

El Coca: 25 °C.

La Joya de Los Sachas: 24.8 °C.

Loreto: 23.3 °C.

- **Precipitación**

Precipitación promedio mensual en los cantones de estudio: 257.33 mm.

El Coca: 279 mm.

La Joya de los Sachas: 277 mm.

Loreto: 16 mm.

- **Altitud**

Altitud promedio en Orellana: 330.67 m.s.n.m.

Loreto: 407 m.s.n.m.

La Joya de los Sachas: 320 m.s.n.m.

El Coca: 265 m.s.n.m.

- **Humedad relativa**

Humedad relativa promedio en Orellana: 82.33 %.

Loreto: 91 %.

El Coca: 86 %.

La Joya de los Sachas: 70 %.

(Gobierno Autónomo provincial de Orellana, 2011).

Los datos son similares a los presentados por el Instituto Nacional de Meteorología E Hidrología -INAMHI (2016), la temperatura de la zona de estudio oscila entre 22.2 a 24.2 °C, y la humedad relativa es de 88 %. Según la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos -SNGR (2013) la precipitación promedio en la Provincia de Orellana, oscila entre los 200 y 250 mm mensuales. La provincia tiene variaciones en cuanto al clima por las frecuentes lluvias, altas temperaturas y cambios en la humedad

Las condiciones climáticas de la provincia ayudan a establecer un ambiente óptimo, para que se desarrollen varios cultivos asociados a *G. macarenensis* que ayuden a mantener un microclima para que varias especies crezcan conjuntamente para aumentar la biodiversidad y disminuir la probabilidad de presentar enfermedades, así

se encuentran especies como: *Bactris gasipaes* (chonta) que crece a una temperatura entre 26 y 28 °C, sobre los 800 m.s.n.m y humedad relativa mayor al 80 % (Montúfar y Rosas, 2013); *Theobroma cacao* (cacao) se desarrolla en una temperatura de 20 a 30 °C y altas precipitaciones (Dostert, Roque, Cano, y Weigend, 2011), *Citrus ×paradisi* (toronja) a 26 a 27 °C y humedad 82-83 % (Betancourt, et all., 2006); y *Musa × paradisiaca* (banano); mismos que son de consumo diario de indígenas y de colonos.

### **3.1.6 Condiciones del suelo**

La comunidad recomienda cultivar “El Paso” en *chakras* con abundante vegetación o donde se cultiven otras especies, tierra sea oscura, suelta, sin presencia de plagas y contaminación. Probablemente se refieran a suelos francos, color oscuro que indique alto contenido de materia orgánica, suelos viejos, oxisoles, terrenos con buen drenaje con poca pendiente y con una ligera capa de suelo arable para facilitar el enraizamiento. Esto difiere con lo mencionado por Granda (2015) quien indica que el suelo en la Amazonía es en general arcilloso y se caracteriza por su elevado contenido de hierro y aluminio, coloración rojiza, poseen baja fertilidad debido a que se encuentran muy lixiviados por las altas precipitaciones anuales.

### 3.1.6.1. Análisis de suelo

**Tabla 9.**

**Textura, pH, CE, Macro y micronutrientes del suelo en el que se desarrolla *G. macarenensis* en Orellana**

Cantón / Parámetro	Textura	%		cmol/kg			mg/kg					pH a 25 ° C	CE
		MO	N	K	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Cu	Zn		
El Coca	Franco	0.23	0.13	0.29	5.46	1.33	9.79	198.71	33.65	5.87	6.89	5.19	0.26
Clasificación		B	B	M	M	B	M	A	A	A	M	Ácido	No salino
Loreto	Franco	3.28	0.16	0.24	4.42	0.8	10.98	346.3	37.04	3.24	2.35	5.33	0.18
Clasificación		A	M	M	B	B	M	A	A	A	B	Ácido	No salino
La Joya de los Sachas	Franco Arenoso	4.63	0.23	0.33	7.62	1.14	20.36	196.63	13.71	5.2	10.92	5.86	0.28
Clasificación		A	M	M	M	B	A	A	M	A	A	Ligeramente ácido	No salino
<b>PROMEDIO</b>		2.71	0.17	0.29	5.83	1.09	13.71	247.21	28.13	4.77	6.72	5.46	0.24

Nota: A = Alto, M=Medio, B= Bajo.

Elaborado por: Las autoras, 2019.

La Tabla 9 indica que el suelo en la provincia de Orellana tiene en promedio un pH de 5.46 Y CE de 0.24, MO 2.71 %, N 0.17 %, K 0.29 cmol/kg, Ca 5.83 cmol/kg y Mg 1.09 cmol/kg, P 13.71 mg/kg, Fe 247.21 mg/kg, Mn 28.13 mg/kg, Cu 4.77 mg/kg y Zn 6.72 mg/kg.

En el Cantón de El Coca el suelo es de textura franco con un pH ácido y CE 0.26. En comparación a los otros cantones presenta mayor concentración de Mg y Cu; y menor concentración de la materia orgánica, N y P.

En Loreto la textura el suelo es franco con un pH ácido y CE 0.18. En este cantón son más elevadas las concentraciones de Fe y Mn; pero se encuentra en menor cantidad el K, Ca, Mg, Cu y Zn.

La Joya de los Sachas posee un suelo ligeramente ácido con CE de 0.28; el suelo es de textura franco arenosa. Presenta mayor concentración de MO, N, K, Ca, P y Zn; sin embargo, posee la menor concentración de Fe y Mn; estos parámetros son importantes para el desarrollo vegetal, especialmente el pH del suelo ya que determina la absorción de nutrientes e interviene en procesos fisiológicos de la planta.

La textura que predomina en los cantones es franco y franco -arenosa; así según Lacasta, Benitez, Maire y Meco (2006) este tipo de suelos se caracterizan por tener más aireación permitiendo obtener nitrógeno mineral gracias a la mineralización o descomposición de la materia orgánica, otorgando nitrógeno necesario para el desarrollo de la planta.

Los resultados de pH son ratificados por Osorio (2012) indicando que el pH del suelo oscila entre 4.0 a 8.0, además considera que los suelos con pH mayor a 7 es básico y un suelo con pH menor a 7 es ácido. En la Amazonía destacan los suelos ácidos que restringen la absorción y disponibilidad de ciertos nutrientes especialmente N, K,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y P (Quinteiro, et al., 2013).

La CE en el cantón Loreto es menor frente a los otros cantones por lo que impide la absorción de pesticidas. Según Allaire et al., (2012) la CE debe ser menor a  $1\text{dSm}^{-1}$

porque este parámetro está relacionado con la concentración de sales en el suelo. Andrade y Martínez (2014) comprueban que los suelos con altas señales de CE limitan el desarrollo y subsistencia la planta.

La Joya de los Sachas presenta un porcentaje de materia orgánica más elevado comparado con los otros dos cantones, posiblemente debido a que presenta variedad de cultivos en asociación (cacao, banano, toronja, chonta), incrementando la microbiota del suelo y disminuye la presencia de plagas y enfermedades.

El porcentaje de MO es importante para el desarrollo de las plantas, cabe mencionar que el valor encontrado en la zona de estudio es bueno, el mismo comparado con los suelos de otras regiones como la Sierra se consideraría bajo, y pese a esta diferencia favorece al crecimiento y desarrollo del suelo y la planta en la Amazonía.

Según Ferrera y Alarcón (2001) una buena cantidad de MO en el suelo ayuda a mejorar las características fisicoquímicas e inclusive mejora la actividad microbiana, incrementa el desarrollo de raíces, existe mayor oxigenación en el suelo y facilita el desarrollo de la planta.

La relación K/P es similar en los cantones de Loreto y El Coca; según el IPNI (2009) esta es una buena relación ya que es muy importante para las reacciones energéticas, enzimas, fotosíntesis, desarrollo de la raíz, formación de la flor, asegurando la formación completa del fruto.



El P encontrado en el suelo del cantón la Joya de los Sachas es el más alto entre los cantones, posiblemente debido a la textura del suelo (Franco arenosa) y al ser el P un elemento no móvil en el suelo se fija y no se asimila correctamente por la planta, a pesar de que las condiciones climáticas que son favorables para su absorción. Según Barceló, Nicolás, Sabater y Sánchez (1995) este nutriente es importante para las plantas porque forman parte de los ácidos nucleicos y participa en la fotosíntesis; Marschner (2012) lo confirma indicando que el rol del P en la planta interviene en el metabolismo energético especialmente en las moléculas de ATP, AMP Y ADP.

El K se encuentra en menor cantidad en Loreto lo que puede influir en la calidad de los frutos en el intercambio iónico con otros nutrientes. Según Henao y Hernández (2002) un suelo es deficiente de potasio cuando tiene 0.35 cmol/kg. Este macronutriente está presente en el citoplasma su rol tiene importancia en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, también regula la temperatura de la planta mediante la apertura de los estomas y controla la transpiración (Azcón y Talón, 2001). Según Rodríguez y Flórez (2004) la deficiencia de potasio en los frutos reduce la acidez, aumenta la respiración y lleva al deterioro del fruto.

Los micronutrientes son importantes para complementar los procesos metabólicos y enzimáticos del suelo entre ellos se encuentran el Zn, Mn y Mg; lo cuales según Roca, Pazos y Bech (2007) el Zn interactúa como cofactor de la estructura enzimática pero su papel más importante es ser el precursor de las auxinas, el Mn forma parte de las metaloproteínas y el Mg es absorbido forma de ion para formar parte de las moléculas de clorofila que intervienen en el color verde y la fotosíntesis (García y García, 2013).

### 3.2 Análisis proximal del fruto

Tabla 10

Resultados del Análisis proximal de *G. macarenensis*.

PARÁMETRO	RESULTADO (%)			
	El Coca	Loreto	La Joya de los Sachas	Promedio
Humedad (%)	70.94	70.6	61.74	67.76
Materia Seca (%)	29.06	29.4	38.26	32.24
Proteína (%)	12.66	12.48	12.02	<b>12.39</b>
Grasa (%)	26.23	30.13	38.45	<b>31.60</b>
Cenizas (%)	4.62	3.92	3.71	4.08
Fibra (%)	24.46	24.13	26.92	<b>25.17</b>
Carbohidratos	32.03	29.34	18.90	<b>26.76</b>

Elaborado por: Las autoras, 2019.

La Tabla 10 indica los promedios en porcentajes por parámetro para cada cantón de los frutos de *G. macarenensis* en la provincia de Orellana. Así la humedad con 67.76 %, materia seca con 32.24 % de materia seca, 12.39 % de proteína, 31.60 % de grasa, 4.08 % de cenizas, 25.17 % de fibra y 26.76 de carbohidratos.

Estos valores difieren de otros estudios realizados en *G. macarenensis* posiblemente porque la metodología y la ubicación son diferentes. Según Reyes, Abreu, Alvarez y Viafara (2019) los parámetros del fruto alcanzan en la humedad un valor de 55.77 %, 12.82 % de proteína, 53.57 % de grasa, ceniza 2.34 %, y 11.53 de fibra en la provincia de Pastaza.

Los parámetros que se encuentran en mayor concentración son: grasa, fibra, proteína e hidratos de carbono en comparación con otros árboles frutales perennes en general y alimentos de origen vegetal similar.

Generalmente en los alimentos de origen vegetal el contenido total de grasa es bajo, exceptuando al aguacate (12 %) y las aceitunas (20 %) que son los vegetales con mayor porcentaje de grasa, principalmente poseen ácidos grasos mono insaturados, la mayoría de vegetales no tienen valores altos de hidratos de carbono, con excepción de las papas que contiene un 18 %, en forma de almidón y el plátano con 20 % que principalmente es sacarosa (Carbajal, 2010). Puede ser que debido a que el fruto posea aceites esenciales brinde protección al sistema nervioso central, actividad antiinflamatoria y escudo protector contra ciertos tipos de cáncer.

Según Cabezas, Hernández y Vargas (2016) existe una relación directamente proporcional entre el consumo de ácidos grasos con el aumento de las probabilidades de tener una buena salud, ya que regula procesos metabólicos y participan en la transcripción genética.

El porcentaje de fibra lo hace una especie interesante puesto que la fibra alimentaria tiene propiedades positivas para la salud y el valor reportado es muy elevado. En otros frutales considerados con buen porcentaje de fibra como el aguacate, la manzana y la caña de azúcar la fibra alcanza porcentajes de 9, 2.1 y 1.9 % respectivamente (Galván, Santos y Hernández, 2006). Estos no representan ni la mitad del porcentaje de *G. macarenensis*; por lo que podría considerarse como una buena alternativa de fibra cruda en la alimentación humana y en la elaboración de alimentos nutraceuticos; lo que convierte al fruto en una fuente de alimentos que

ayuda al tránsito estomacal beneficiando así la absorción de alimentos, mejorando la salud y vida diaria.

Según el Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición la dosis recomendada diaria es de 20-30 g/día (Barat et al., 2014); ya que en el cuerpo protege de enfermedades gastrointestinales, reduce niveles de colesterol en la sangre, cardiovasculares y ayuda en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, etc (Repo y Encina, 2008).

Es necesario resaltar también que al ser un fruto posee un elevado porcentaje de proteína, convirtiendo al fruto en una fuente de alimento equilibrado ayudando de forma funcional al cuerpo humano. La proteína en los frutos generalmente no supera del 2 % (Villar, 2011). Este valor proteico no es comparable con otros frutales, sin embargo es comparable con la quinua que contiene entre 10 y 18 % de proteína (FAO, 2013).

El porcentaje de humedad en alimentos indica si es posible o no conservarlo; en este fruto el elevado contenido de humedad lo clasifica como un alimento perecedero, puesto que por su contenido de agua se descompone con rapidez, promoviendo el crecimiento de microorganismos (Galván, Santos y Hernández, 2006).

La materia seca es un indicador de que el fruto es una fuente considerable de carbono y materia orgánica, por lo que consecuentemente aporta buena cantidad de energía a la dieta (Galván, Santos y Hernández, 2006).

La ceniza indica la cantidad total de minerales que el fruto posee; además el bajo porcentaje indican que favorece el desarrollo de ciertos microorganismos (Mehmet, Durak y Segin, 2005).

### 3.3 Características físicas de aceite vegetal del fruto de *G. macarenensis*

**Tabla 11**

**Parámetros obtenidos del aceite vegetal de frutos de *G. macarenensis*.**

<b>Cantón</b>	<b>IR</b>	<b>° Bx</b>	<b>Densidad (g/mL)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>La Joya de los Sachas</b>	1.466	69.8	0.903	82.5
<b>Loreto</b>	1.464	69.25	0.905	67.5
<b>El Coca</b>	1.463	69.05	0.901	57.5

**Nota:** IR- Índice de refracción. - Los valores de la tabla presentan el valor medio de la muestra por duplicado.

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

En la Tabla 11 se observa el IR, ° Bx, densidad y rendimiento del aceite vegetal obtenido de los frutos de cada cantón; así por cada 30 g de harina se obtuvo un volumen final de 17.25 mL, 20.25 mL, y 24.75 mL en El Coca, Loreto y La Joya de los Sachas respectivamente.

El índice de refracción de 1.46 posiciona al aceite vegetal entre los aceites comestibles según la Normativa CODEX STAN 210 para aceites vegetales especificados (1999). Los °Bx del fruto de *G. macarenensis* oscila en 69°, según Campana (2007) los grados van en aumento mientras el almidón este en proceso de hidrolización y luego disminuyen por consecuencia de la respiración.

Los valores de densidad del aceite de los 3 cantones oscilan entre los 0.9 g/mL, posiblemente esto suceda por el cambio de temperatura o por la variación de la humedad. Según Álvarez y Balaguera (2009) la densidad generalmente es alterada en pequeñas cantidades por la temperatura y humedad; la humedad varía dependiendo el estado de madurez de los frutos, por lo tanto, la densidad va a cambiar.

### 3.4. Identificación de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas

**Tabla 12**

**Ácidos grasos presentes en el aceite vegetal de *G. macarenensis***

Nº	TR (min)	Nombre éster del Ácido graso	Nombre común	Número CAS
1	25.30	Ácido 9-hexadecenoico, éster metílico, (Z) -	Palmitoleico (omega 7)	'1120-25-8'
2	25.74	Ácido hexadecanoico, éster metílico-Dup1	Palmítico	'112-39-0'
3	26.39	ácido n-hexadecanoico	Palmítico	'57-10-3'
4	26.95	Ácido ciclopropanooctanoico, 2-hexil, éster metílico	Isomero trans del a.oléico	'10152-61-1'
5	27.35	Ácido heptadecanoico, éster metílico	Margárico	'1731-92-6'
6	28.41	50.33 Linoleato de metilo	Linoleico (omega-6)	'112-63-0'
7	28.55	Ácido 9-octadecenoico (Z) -, éster metílico	Oleico (omega 9)	'1937-62-8'
8	28.93	Estearato de metilo	A. estearico/octadecanoico	'112-61-8'
9	29.17	Ácido oleico		'112-80-1'
10	30.86	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	Aráquidónico	
11	31.87	Ácido eicosanoico, éster metílico		'1120-28-1'

**Nota:** Los compuestos identificados son iguales en los 3 cantones.

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

En la Tabla 12 se enumeran los 11 compuestos presentes en el aceite vegetal de los frutos de *G. macarenensis*, 9 de estos se han identificado, estos representan el 81.81 % del total de los compuestos.

**Tabla 13**

**Ácidos grasos principales en *G. macarenensis***

N°	Tiempo retención (min)	Nombre éster del Ácido graso	Nombre común	% Total			Promedio
				La Joya de los Sachas	Loreto	Coca	
2	25.74	Á. hexadecanoico, éster metílico-Dup1	Palmítico	40.68	42.33	42.01	41.67
7	28.55	Á. 9-octadecenoico (Z) -, éster metílico	Oleico (omega 9)	39.71	40.10	28.74	35.18
6	28.42	Linoleato de metilo	Linoleico (omega-6)	9.40	8.72	7.89	8.67
9	28.94	Estearato de metilo	Á. esteárico	6.94	6.21	5.80	6.32

**Nota:** El valor de la tabla refleja la media de las 4 inyecciones de q realizadas por muestra.

**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

En la Tabla 13 se observa los compuestos con mayor concentración en los tres cantones. En Loreto se encuentra en mayor porcentaje son Ácido palmítico (Ácido hexadecanoico, éster metílico-Dup1) 42.33 %, ácido oleico u omega 9 (Ácido 9-octadecenoico (Z) -, éster metílico) con un 40.10%; en La Joya de los Sachas el ácido linoleico u omega 6 (50.33 Linoleato de metilo) con 9.40 % de mayor valor y por último en el Coca el ácido esteárico (Estearato de metilo) con 6.94 %; Ver Anexo 7.

Los frutos de *G. macarenensis* en su mayoría presentan ácido graso palmítico; según Soriano del Castillo (2006) es un ácido graso de bajo peso molecular perteneciente a los saturados que son parte de los triglicéridos. Seguido de los ácidos grasos omega 6 y omega 9 están vinculados con varios beneficios a la salud especialmente para la

prevención de enfermedades cardiovasculares (Alsina, Macri, Zago, Schreier, Friedman, 2015); ayuda a disminuir el riesgo de obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2 y enfermedades relacionadas a la hipertensión arterial (López, 2008).

Los ácidos grasos Linoleicos u Omega 6 según Galgani (2004) son indicadores de la existencia de ácidos grasos con cadenas de mayor longitud; Valenzuela y Nieto (2003) mencionan que el ácido linoleico es precursor del ácido araquidónico cuya función es intervenir en el desarrollo del sistema nervioso y visual de los humanos.

El ácido graso encontrado en menor cantidad en el fruto fue el Ácido esteárico; según Pan, et al., (2010) el ac. esteárico es un ácido graso que posee propiedades antiinflamatorias y en ocasiones sirven como protector hepático.



## Conclusiones

- Las plantas de *G. macarenensis* son árboles de tronco liso, pluricaules con ramificación combinada, hojas elípticas, inflorescencia umbela con 6 flores, flor actinomorfa con 7 pétalos blancos o rosados y su fruto color marrón en la madurez es de forma globosa achatada en la base y el ápice.
- Los frutos de *G. macarenensis* pesan en promedio 222.42 g, la fracción comestible corresponde al 62.31 %, su diámetro promedio es de 6.28 x 7.19 cm, permitiendo que sea utilizada dentro de la gastronomía para elaborar cremas, sopas, salsas, ensaladas, entre otros.
- El fruto de *G. macarenensis* posee 31.70 % de grasa que comparada con otros frutos como el aguacate y la aceituna tiene un elevado contenido de grasa lo que podría utilizarse como una fuente vegetal de aceite comestible.
- El aceite vegetal del fruto de *G. macarenensis* posee ácidos grasos beneficiosos para la salud humana como el ácido palmítico, ácido oleico u Omega 9, ácido linoleico u Omega 6 y ácido esteárico; que son de gran interés en la industria farmacológica y cosmética.
- En el cantón La Joya de los Sachas se encontraron frutos de mayor tamaño, peso, con mejores características de materia seca, fibra, grasa, mayor rendimiento, concentración de aceite y ácidos grasos; esto se debe a que el suelo tiene características favorables es de textura franco arenosa, ligeramente ácido, lo que permitiría realizar un cultivo en forma masiva de la planta.
- EL pH del suelo es importante en la absorción de nutrientes y procesos metabólicos, el pH de 5.46 ligeramente ácido lo que dificulta la absorción de los nutrientes, en el caso de la Amazonía las condiciones climáticas ayudan al

desarrollo de la planta en general, y al mismo tiempo ayuda a que los frutos sean de mayor calidad.

- Las condiciones climáticas, condiciones de suelo y nutricionales son importantes para el desarrollo de esta especie, ya que tienen influencia en la formación de frutos ricos en grasas de gran importancia comparadas con otros frutos en condiciones similares, lo que potenciará su uso y más investigaciones sobre el mismo.

## Recomendaciones

- Diseñar una metodología para el conteo de frutos de *G. macarenensis*, debido a la dificultad en el muestreo por la altura del árbol.
- Buscar formas correctas para la conservación y transporte de la flor de *G. macarenensis*, ya que es sensible al deterioro rápido, lo que no favorece su estudio en un laboratorio alejado de la zona de estudio.
- Hacer estudios del aceite vegetal extraído del fruto para probar su capacidad antioxidante en la producción de cosméticos para beneficio de la piel.
- Elaborar productos con la harina de los frutos, ya que puede ser un suplemento alimenticio o alterno dentro de la culinaria, gracias a la proteína y fibras.

## Referencias

- Agrocalidad. (2016). Manual de análisis de alimentos y análisis proximal. 1-23. Quito, Ecuador.
- Agrocalidad. (2016). Manual de análisis de suelos y foliares. 9-33. Quito, Ecuador.
- Allaire, S.E., Lange, S.F., Lafond, J.A., Pelletier, B., Cambouris, A.N., y Dutilleul, P. (2012). Multiscale spatial variability of CO<sub>2</sub> emissions and correlations with physico-chemical soil properties. *Geoderma (Netherlands)*. 170:251-260.
- Alsina E., Macri E., Zago, V., Schreier, L., y Friedman, S. (2015). Aceite de girasol alto oleico: hacia la construcción de una grasa saludable. Actualización en nutrición, 16(4), 115.
- Álvarez, J., y Balaguera, H. (2009) Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). *Agronomía Colombiana* 27(2) 253-259
- Andrade, M., y Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que le definen*. Rioja, España: Iberus.
- Arza, L. (1994). Pródromo Flora Fanerogámica de Argentina Central. N° 1. Fam. Asteraceae. I. Tribu Veronieae. II. Tribu Eupatorieae. Museo Botánico, Córdoba. Obtenido de: <http://www.members.tripod.com/aromaticas/Identif.htm>
- Atares, L. (2013). Determinación de la densidad de sólidos y líquidos. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, 5. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>. Artículo docente.

Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro.pdf?sequence=1

- Azcón, J. y Talón, M. (2001). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 522p.
- Barat, J., Ferrús, M., Font, G., Hardisson, A., Herrera, A., Lorente, F., ... Calderón Pascual, J. (2014). Revista del comité científico de la aecosan número diecinueve.
- Barceló C., Nicolás R., Sabater, G., y Sánchez T. (1995). Nutrición mineral. En: Fisiología vegetal. 7 ed. Ediciones Pirámide S.A., Madrid, p 151-167.
- Betancourt, M., Sistachs, V., Sánchez, C., García, E., Núñez, M., Solano, O., y Noriega, C. (2006). Mesoclimate effects on the maturity of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) in Cuba. *Agricultura Técnica en México*, 32(2), 153-160. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n2/v32n2a3.pdf>
- Bowen, C., Ojer, M., Arjona, C., y Reginato, G. (2001). Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero. *Investigación Agraria. Producción y Protección*, 16, 25–35
- Brako, L., y Zarucchi. (1993) Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms in Peru. *Mongr. Missouri Bot. Gard.* 45.
- Cabezas, C., Hernández, B., y Vargas, M. (2016). Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Rev. Fac. Med.*, 64(4), 761-768.
- Campana, B. (2007). Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. pp. 705-768. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales: Eco fisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

- Carbajal, Á. (2010). Manual de Nutrición y Dietética (Universidad Complutense de Madrid). Retrieved from <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/>
- Carvalho, M., Velandia, J., Oliveira, L., y Bezerra, F., (1998) *Quim. Nova*, 21, 740 pp.
- Castillo, G. (2006). Lecythudaceae. Flora Veracruz, 1-2. Obtenido de <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/138-Castillo.pdf>
- Cazares, J. (2018). *como describir una planta - Botánica Sistemática Cf1407 - StuDocu*. Retrieved from <https://www.studocu.com/en/document/universidad-autonoma-de-tamaulipas/botanica-sistemica/practical/como-describir-una-planta/3172839/view>
- Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P., y Judprasong, K. (2016). Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Food Chem.* 193, 181– 186.
- Cheek, M., Ribeiro, J., Hopkins, M., Vicentini, A., Sothers, C., Costa, M., ... Procopio, L. (2002). Flora da Reserva Ducke. Guia de identificacao das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazonia Central. *Kew Bulletin*, 57(1), 238. <https://doi.org/10.2307/4110841>
- Cueva y Cabrera, (1999). Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador. Quito. Ediciones Abya-Yala.150p.
- De Fátima, M., Almeida, O., Cláudia, A., De Melo, R., Lúcia, M., Pinheiro, B., ... Leon, P. (2011). Constituintes químicos e atividade leishmanicida de *Gustavia elliptica* (LECYTHIDACEAE). In *Quim. Nova* (Vol. 34). Retrieved from <http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n7/14-AR10806.pdf>

- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., y Weigend, M. I. (2011). Hoja botánica: Cacao (*Theobroma cacao* L.). Lima: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Obtenido de [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)
- Duarte, A. (2001). Constituintes químicos de *Gustavia augusta* L. (Icycythidaceae). *Quim. Nova*, 34(7), 1182 - 1189. Obtenido de Química para un mundo Mejor: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35158575/Friedelina\\_Maite.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548391682&Signature=K8%2FPucnMJNt3L1EF20QP5SKjIx%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D%3DCONSTITUENTES\\_QUIMICOS\\_E\\_A](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35158575/Friedelina_Maite.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548391682&Signature=K8%2FPucnMJNt3L1EF20QP5SKjIx%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D%3DCONSTITUENTES_QUIMICOS_E_A)
- Enrique, C., Díaz Castillo, F., y Gómez Estrada, H. (2014). Preliminary phytochemical screening of promising plant species of the Colombian Atlantic coast. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(4), 619–631. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962013000400013](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000400013)
- Faiguenbaum, M., y Romero, A. (1991). Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia e Investigación Agraria* 18 (3): 111–117.
- FAO. (2013). Valor nutricional- International Year of Quinoa 2013. Retrieved December 10, 2019, from [http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1](http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1)

- Ferrera, R. y Alarcón, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Revista Ciencia Ergo Sum.* 8 (2):175- 183.
- Fischer, G. (2000). Ecophysiological aspects of fruit growing in tropical highlands. *Acta Horticulturae*, 531, 91–98. Retrieved from doi:10.17660/actahortic.2000.531.13
- Fischer, G.; Miranda, D. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico en Uchuva (Physalis peruviana L.)*. En: Fischer, G. (Ed.). Bogotá: Produmedios, 851-873.
- Galgani, E. (2004). Evaluación de la situación de ácidos grasos esenciales y derivados de cadena larga en la dieta de lactantes menores de un año. *Rev. Chil. Nutr.* Vol. 21, Suplemento N° 1. p. 154-160
- Galván, P., Santos, N., y Hernández, C. (2006). *Caracterización parcial del fruto de Parmentiera edulis* (Universidad Tecnológica de Oaxaca). Retrieved from [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/9947.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9947.pdf)
- García, S., y García, G. (2013). *Química agrícola del suelo y nutrientes esencial*. 3° ed Muprensa. España. 492 pp
- García, D., Sotero, V., Mancini, D., Torres, R. y Mancini J. (2011). Antioxidant activity from extracts of chope (*Gustavia augusta* L.). In *Revista de la Sociedad Química del Perú* (Vol. 75). Retrieved from [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2009000300013&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2009000300013&lang=es)



- Gobierno Autónomo provincial de Orellana. (2011). Plan de desarrollo de la provincia de Orellana. Obtenido de Caracterización provincial: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/890768/Plan+de+Desarrollo+de+la+Provincia+de+Orellana.pdf/e51e2c89-013e-49cd-8e28-4fd2e265d35f>
- González, A. (2013a). 1.5. Porte. Retrieved November 17, 2019, from <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema1/1-5porte.htm>
- González, A. (2013b). 2.2. Partes de la hoja, lámina. Retrieved November 17, 2019, from [http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema2/2\\_2dicot.htm](http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema2/2_2dicot.htm)
- Granados, C., Yañez, X., y Acevedo, D. (2014). Evaluación de la Actividad Antioxidante del Aceite Esencial Foliar de *Myrcianthes leucoxylla* de Norte de Santander (Colombia). *SciELO*, 25(3). Retrieved from [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000300003&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000300003&script=sci_arttext)
- Granda, M. (2015). “*Análisis socio-ambiental en doce parroquias amazónicas de Ecuador y su relación con actividades de conservación de bosques nativos.*”
- Henao, C., y Hernández, E. (2002). Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. *Cenicafé*, 53(4), 293-305. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc053%2804%29293-305.pdf>
- Hoyos, J. (1994). Guía de árboles de Venezuela. Retrieved from <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>
- Huerta, R., y Rodríguez, D. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XVII (2), 179-187. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.053>

- Ibérica, P. (2014). *www.pce-iberica.es*. Retrieved from <https://www.pce-iberica.es/manuales/manual-refractometro-ABBE.pdf>
- Innerhofer, S., y Bernhardt, K. (2011). Ethnobotanic garden design in the Ecuadorian Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 20(2), 429–439. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9984-9>
- Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología. (2016). INAMHI. (J. A. Morán, Productor) Obtenido de Boletín climático Anual: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)
- IPNI (2009). (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE) La interacción del fósforo y otros nutrientes. San Luis Potosí, Mexico. s.e. 3 p Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/00A93483F9734BB906256ABF00572EAA/\\$file/La+interacci%C3%B3n+del+F%C3%B3sforo+y++otros+nutrientes.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/00A93483F9734BB906256ABF00572EAA/$file/La+interacci%C3%B3n+del+F%C3%B3sforo+y++otros+nutrientes.pdf)
- Jadán, O. (2013). Influencia del uso de la tierra con cultivos de cacao, chakras y bosque primario, sobre la diversidad, almacenamiento de carbono y productividad en la Reserva de la Biosfera Sumaco, Ecuador. CATIE, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/763>
- Kerdel, F. (1964). Efecto depilatorio del “coco de mono” (*Lecythis ollaria*). *Journal de Dermatología Venezolana*, 1–76. Retrieved from <http://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/view/1198/1174>
- Körner, C. (2015). Paradigm shift in plant growth control. *Current Opinion in Plant Biology* 25,107-114.

- Lacasta, C., Benitez, M., Maire, N., y Meco, R. (2006). Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. *Agricultura y Alimentación Ecológica*, 7. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16622/1/2006%20Bio-suelos.pdf>
- López, J. (2008). Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report. España. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2010; 20(4):284-94.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed. Academic Press, London.
- Mehmet, Y., Durak, M., y Segin, B. (2005). Comparison of Dry, wet, and microwave ashing methods for the determination of Al, Zn, and Fe in Yogurt Samples by Atomic absorption Spectrometry. *Spectroscopy Letters*, 38(4–5), 405–417.
- Ministerio de cultura y patrimonio. (2016). Ministerio de cultura y patrimonio. Obtenido de <http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Paso>
- Montero, P. (2015). *Plantas net*. Obtenido de La Recolección: [http://www.plantasnet.com/recoleccion/anatomia\\_v3.htm](http://www.plantasnet.com/recoleccion/anatomia_v3.htm)
- Montúfar, R., & Rosas, J. (2013). CHONTADURO/CHONTILLA. En R. Valencia, R. Montufar, H. Navarrete, & H. Balslev, *Palmas Ecuatorianas: Biología y uso sostenible* (págs. 77-90). Quito. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/260870499\\_Capitulo\\_3\\_Chontaduro Chontilla\\_Bactris\\_gasipaes](https://www.researchgate.net/publication/260870499_Capitulo_3_Chontaduro_Chontilla_Bactris_gasipaes)

- Mori, S. (2010). Taxon Details – Lecythidaceae. Retrieved November 17, 2019, from El Jardín Botánico de Nueva York, Bronx, Nueva York. website: <http://sweetgum.nybg.org/science/projects/lp/taxon-details/?irn=133620>
- Mori, S. A., y Cornejo, X. (2013). Two new species (*Gustavia johnclarkii* and *G. hubbardiorum*) and other contributions to the systematics of *Gustavia* (Lecythidaceae). *Brittonia*, 65(3), 330–341. <https://doi.org/10.1007/s12228-012-9282-9>
- Morocho, J. (2008). *Caracterización de elementos agri-culturales en el manejo in situ de las chacras. Caso Ñamarín, Saraguro*. Universidad de Azuay, Cuenca, Ecuador). Recuperado de [https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook\\_las\\_chacras\\_como\\_espacios\\_mul](https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook_las_chacras_como_espacios_mul)
- Muñoz, O., Montes, M., y Wilkomirsky, T. (2001). *Plantas medicinales de uso en Chile : química y farmacología*. Universidad de Chile, Vicerrectoría de Asuntos Académicos, Comité de Publicaciones Científicas.
- New York Botanical Garden. (2019). New York Botanical Garden. Obtenido de <https://stricollections.org/portal/collections/individual/index.php?occid=17034>  
64
- Noriega, P. (2009). Extracción, química, actividad biológica, control de calidad y potencial económico de los aceites esenciales. *La Granja*, 10(2), 3-19.
- Normativa CODEX STAN 210 (1999). Norma del Codex para aceites vegetales especificados. Obtenido de <https://previa.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58119/practicas/Codex%20Stan%20210%20Aceites%20vegetales.pdf>

- Oliveira, M. (2011). Constituyentes químicos y actividades leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae). *Quim. Nova.*, 34(7), 1182 - 1187.
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4). Obtenido de <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Pan, P., Lin, S., Ou, Y., Chen, W., Chuang, Y., Yen, Y., Liao, S., Raung, S., Chen, C. (2010). Stearic acid attenuates cholestasis-induced liver injury. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 391: 1537-1542.
- Pérez, A., Hernández, C., y Romero, H. (2018). Árboles emblemáticos de Yasuní, Ecuador. Version 2019.0 Retrieved November 29, 2019, from [https://bioweb.bio/floraweb/arbolesyasuni/FichaEspecie/Gustavia macarenensis](https://bioweb.bio/floraweb/arbolesyasuni/FichaEspecie/Gustavia%20macarenensis)
- Pettit, G. (Junio de 2004). *Isolation and structure of gustastatin from the Brazilian nut tree Gustavia hexapetala*. National Library of Medicine National Institutes of Health 2004, 67, 982-985 pp. Obtenido de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15217278>
- Philipson. (1956). Tropicos | Name - *Gustavia macarenensis* Philipson. Retrieved June 27, 2019, from <http://tropicos.org/Name/17900266>
- Quinteiro, M., Furtado, A., Schramm, M., Pinto, F., Viana, M., y Baligar, V. C. (2013). Aluminum effects on growth photosynthesis and mineral nutrition of cacao genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 36(8), 1161-1179.
- Repo, R., y Encina, C. (2008). Determination of antioxidant capacity and bioactive compounds in native peruvian fruits. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*,

74(2). Retrieved from [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2008000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2008000200004&script=sci_arttext)

Reyes, J., Abreu, R., Alvarez, J., y Viafara, D. (2019). Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of *Gustavia macarenensis* fruit mesocarp and its oil from the Amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil. *Grasas y Aceites*, 70(2), 298. <https://doi.org/10.3989/gya.0569181>

Roca, N., Pazos, M., y Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *Cienc. Suelo Buenos Aires-Argentina*, , vol. 25, no. 1, pp. 31-42. ISSN 1850-2067.

Rodríguez, M., y Flórez, V. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. Nociones básicas del ferti-riego: tecnologías y programación en agroplasticultura, 25-36. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>

Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J., Hall, J. S. (2012) Environmental Leadership & Training Initiative. Yale University. School of Forestry and Environmental Studies. *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*.

Romero, S., Rojas, E., y Gómez, S. (2000). Flores hermafroditas de *Quercus glaucoides* Mart. & Gal. (fagaceae) en el estado de michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana*, 52, 49–54. Retrieved from <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/574/57405204.pdf>

- Rondón, M., García, I., Cornejo, X., Rojas, J., y Terán, W. (2015). Phytochemical screening and antioxidant activity of seven medicinal plants species from Ecuador. *Pharmacologyonline*, 3(2015–DECEMBER), 19–28.
- Sampietro (1997). The importance of phytochemical studies in the formation of the pharmacist. *Acta Farmacéutica Bonaerense*, Vol: 6, no. 4. 245-249 pp. Obtenido de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/7145>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2013). *Sala de situación nacional*. Obtenido de escenarios mensuales y trimestrales: amenaza déficit hídrico: [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Escenarios\\_diciembre\\_Deficitf.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Escenarios_diciembre_Deficitf.pdf)
- Soriano del Castillo JM. 2006. Nutrición básica humana. Valencia: Universitat de Valencia; <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v64n4/0120-0011-rfmun-64-04-00761.pdf>
- Souza, A., Rocha, A., Pinheiro, M., Andrade, C., Galotta, A., y Santos, M. (2001). Constituintes químicos de *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae). *Química Nova*, 24(4), 439–442.
- Tene, V., Malagón, O., Finzi, P., Vidari, G., Armijos, C., y Zaragoza, T. (2007) An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipec, Ecuador. *Journal of Ethnopharmacology*; 111: 63–81.
- Torres R., (1995). *Agrometeorología*. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D.F. p. 154.
- Torres, T. (2004). La chacra: espacio de producción de relatos. *Guaca*, 1(1), 77-79.

- Torres, C., y Jiménez, J. (2006). Procedimiento para la Identificación Taxonómica de Especies Vegetales. Retrieved from Universidad Tecnológica de Panamá: <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-AA-102-2006.pdf>
- Trópicos. (2019). *Plantae Surinamenses* .- *Tropicos* | Name - !!*Gustavia* L. 12–18. Retrieved from <http://tropicos.org/Name/40018432>
- Trópicos. (2019). Trópicos | Name - !!Lecythidaceae A. Rich. Retrieved November 20, 2019, from <http://tropicos.org/Name/42000105?tab=maps>
- Valenzuela, A., y Nieto, S. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Rev. chil. pediatr.*, Santiago, v. 74, n. 2.
- Villalpando, J., y Ruiz, A. (1993). Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Lumusa, México. p. 133.
- Villar, S. (2011). *Evaluación nutrimental del fruto Parmentiera edulis para su posible utilización en la industria alimentaria* (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/486/62036s.pdf?sequence=1>
- Villares, M. y Villares, E. (2011). *El proceso de educación ambiental a través del calendario agrofestivo andino como estrategia de respeto a los saberes y conocimientos ancestrales en la comunidad de Apatug San Pablo*. (Trabajo de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador



- Wu, S., Huang, Y., Lin, D., y Wang, S. Antioxidant activities of *Physalis peruviana* L. Biol Pharm Bull [Internet]. (2005); 28(6): 963- 966. Obtenido en: <http://www.pjps.pk/wp-content/uploads/pdfs/27/3/Paper-12.pdf>
- Zambrano, L. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. Universidad y Salud: Sección artículos originales, 97- 111. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v17n1/v17n1a09.pdf?fbclid=IwAR3PKuLo8hXkrXx1sKQK-LlPCrxRb74N8YZJ0r-BLwDx7awngQJsci89nzU>
- Zamora, N. (2006). Lecythidaceae. Obtenido de Organización para estudios tropicales: <https://sura.ots.ac.cr/local/florula4/families/LECYTHIDACEAE.pdf>
- Zapata, K., Cortes, F., y Rojano, B. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). Información Tecnológica, 24(5), 103–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500012>
- Zurita, S., y Navarrete, g. (2019). Guidelines of consumption and sources of obtaining native fruits, pengá (*Garcinia Macrophylla Mart*), sachi (*Gustavia Macarenensis Philipson*) and shawi (*Plinia* sp.) in two communities of the ecuadorian amazon lineamientos de consumo y fuentes de obtención. *revista etnobiología.*, 17(1), 61–73.

## Anexos

### Anexo 1.

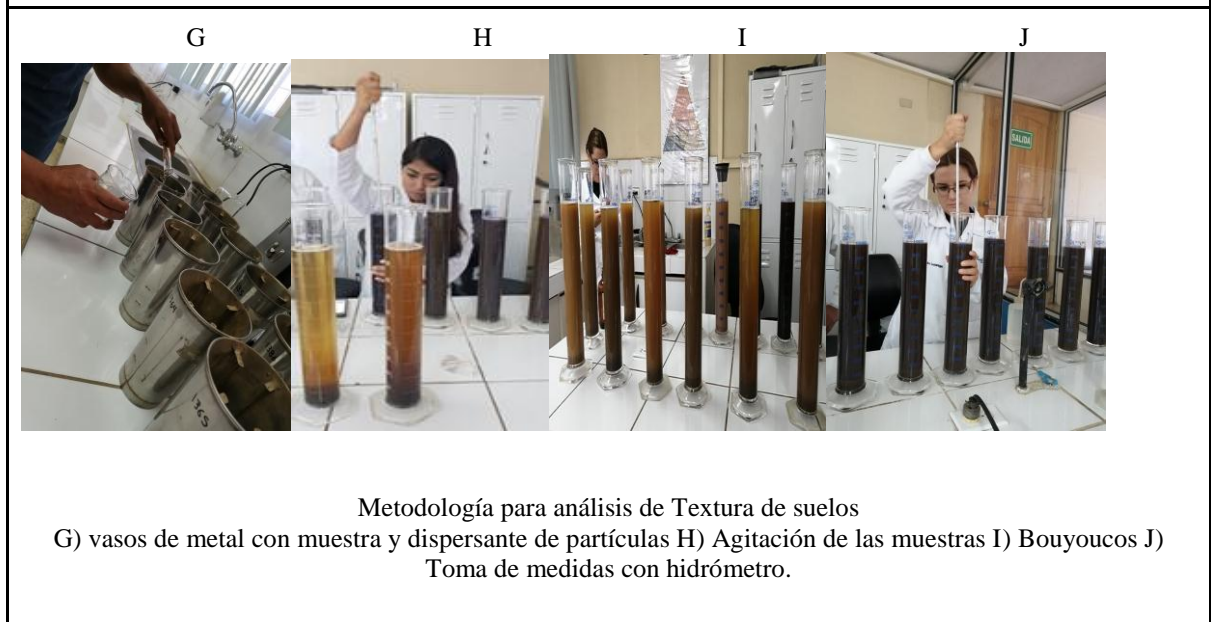
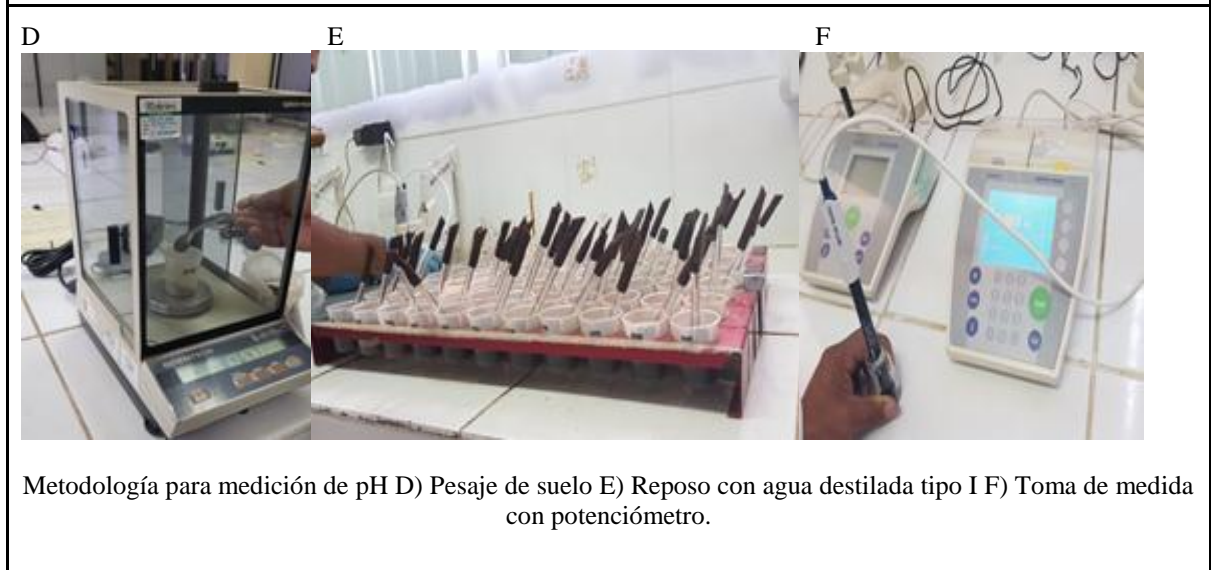
### Inflorescencia de Lecythidaceae



Fuente: New York Botanical Garden, 2019

## Anexo 2.

### Análisis de suelo



K

L

M

N

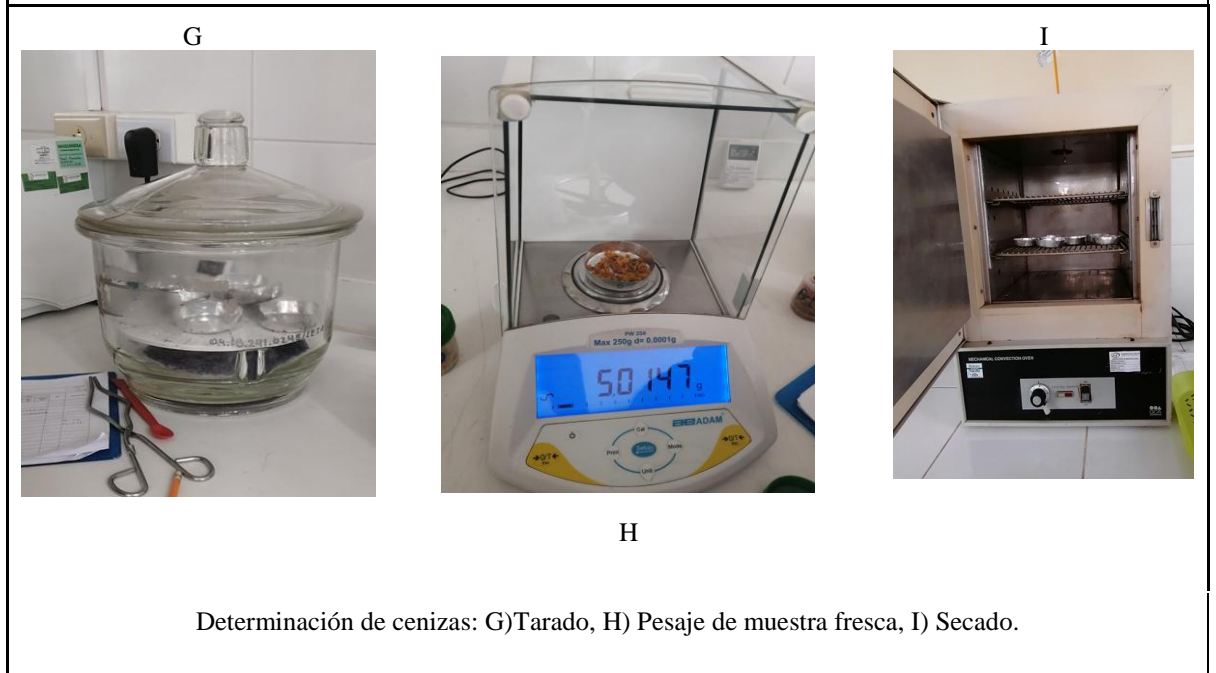
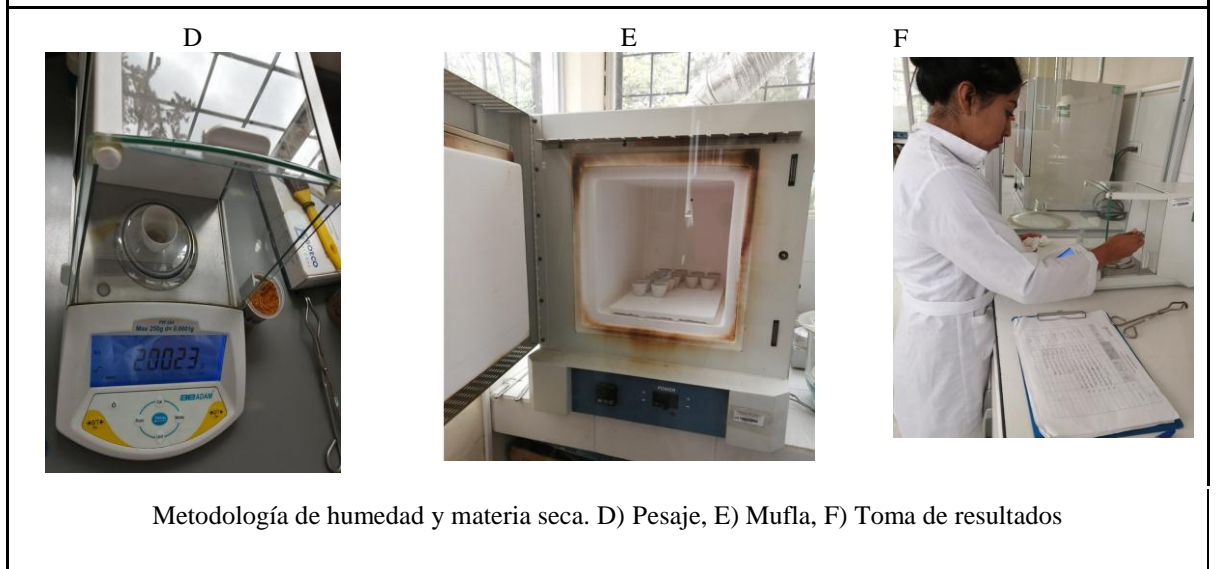
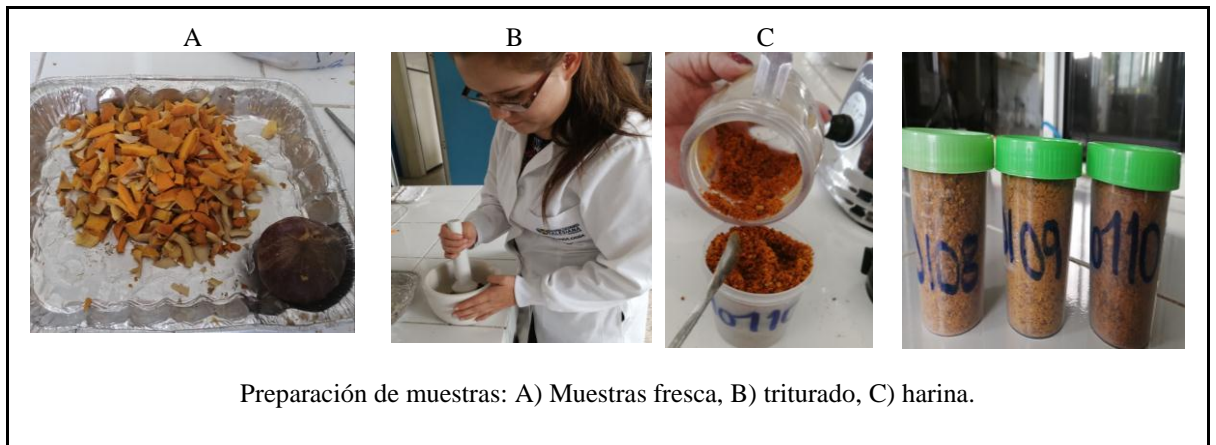


Método de Absorción atómica Olsen modificado K) Agitación orbital L) Filtrado M) Muestras filtradas N) Absorción atómica.

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

### Anexo 3.

### Análisis proximal del fruto



J



K



L



Kjeldahl para proteína: J) Digestión, K) Destilación, L) Valoración

M



N



O



Determinación de grasa: grasas: M) Hidrólisis y filtrado, N) extractor de grasa, O) Secado

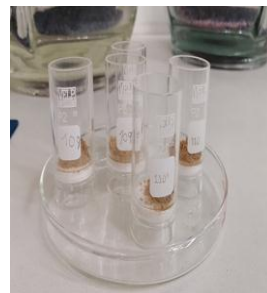
P



Q



R



S

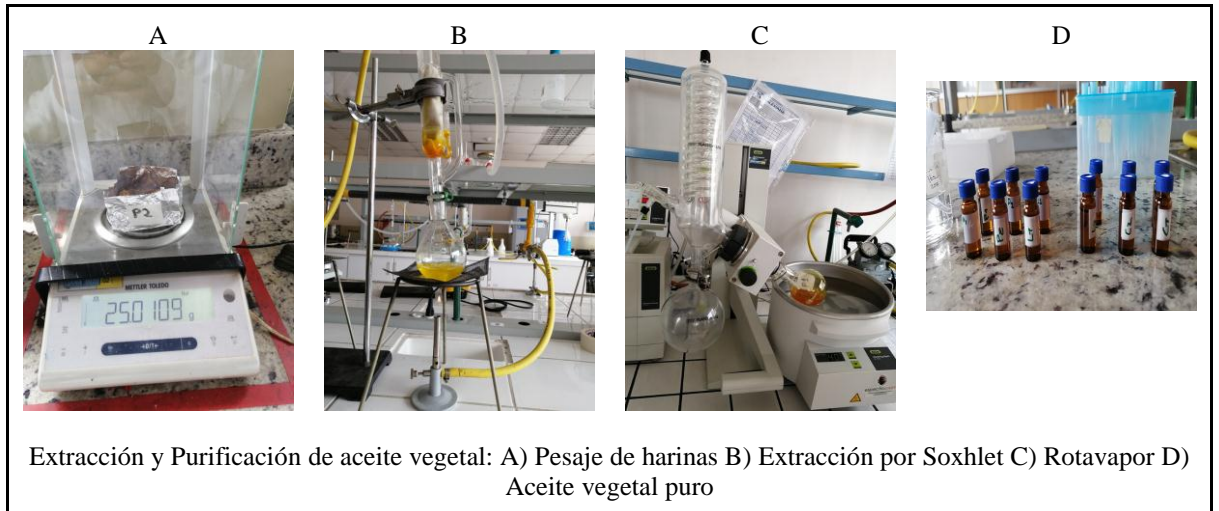


Determinación de Fibra: P) Muestra en dedos, Q) Desengrasado de la muestra, R) Muestra desengrasada, S) Extractor de fibra

Elaborado por: Las autoras, 2019

## Anexo 4.

### Análisis fitoquímico del fruto



Índice de refracción y ° Bx



Picnómetro.- Densidad del aceite

Elaborado por: Las autoras, 2019

## Anexo 5.

### Tabla de identificación de Ácidos grasos

N°	Tiempo retención	Área	Área Rel.	Nombre éster del ácido graso	Nombre ácido graso	Nombre común AG
1	3.70	3.83E+08	2.57	Methyl hexanoate	Hexanoico	Caproico
2	7.73	4.52E+08	3.03	Methyl octanoate	Octanoico	Caprílico
3	12.88	5.00E+08	3.35	Methyl decanoate	Decanoico	Cáprico
5	17.84	5.62E+08	3.76	Methyl dodecanoate	Dodecanoico	Laúrico
6	20.02	2.75E+08	1.84	Tridecanoic acid, methyl ester	Tridecanoico	-----
7	21.76	2.72E+08	1.82	7-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	7-cis hexadecenoico	-----
8	22.02	6.08E+08	4.08	Methyl tetradecanoate	Tetradecanoico	Mirístico
9	23.65	2.82E+08	1.89	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	9-cis octadecenoico	Oleico (omega 9)
10	23.88	2.99E+08	2.00	Pentadecanoic acid, methyl ester	Pentadecanoico	Pentadecanoico-Pentadecílico
11	25.26	2.77E+08	1.85	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	9-cis hexadecenoico	Palmitoleico (omega 7)
12	25.63	1.15E+09	7.71	Hexadecanoic acid, methyl ester	Hexadecanoico	Palmítico
13	26.93	2.68E+08	1.79	Cyclopropanooctanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester	Eláidico	Isomero trans del a.oléico
14	27.28	2.88E+08	1.93	Heptadecanoic acid, methyl ester	Heptadecanoico	Margárico
15	28.06	2.44E+08	1.64	cis,cis,cis-6,9,12-Octadecatrienoic acid, propyl ester	6,9,12cis octadecatrienoico	Alfa-linolénico (omega-3)
16	28.34	2.87E+08	1.92	Methyl linoleate	9,12-cis octadecadienoico	Linoleico (omega-6)



17	28.45	1.55E+09	1.38	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	9-cis octadecenoico	Oleico (omega 9)
18	28.85	7.57E+08	5.08	Methyl octadecanoate	Octadecanoico	Esteárico
19	30.78	2.17E+08	1.45	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	Aráquidónico	ARA (parte del omega-6)
20	30.86	2.33E+08	1.56	5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	5,8,11,14,17 Eicosapentaenoico	EPA eicosapentaenoico (parte del omega-3)
21	36.73	2.39E+08	1.60	15-Tetracosenoic acid, methyl ester, (Z)-	15-tetracosenoico	Nervónico

**Fuente:** Noriega, 2009

**Anexo 6.**

**Certificado de Identificación taxonómica de *G. macarenensis* Philipson**

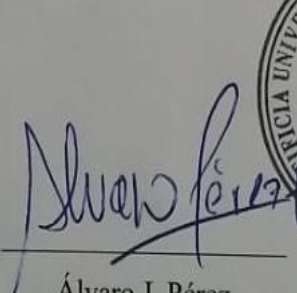
Quito, 5 de Julio del 2019

**CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN**


El espécimen examinado corresponde a:

***Gustavia macarenensis* Philipson**

- Clase: Equisetopsida C. Agardh
- Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
- Superorden: Asteranae Takht.
- Orden: Ericales Bercht. & J. Presl
- Familia: Lecythidaceae A. Rich.
- Género: *Gustavia* L.
- Especie: *Gustavia macarenensis* Philipson
- Nombre común: paso

  
Álvaro J. Pérez

Curador de Angiospermas Herbario QCA



Certificado de Identificación taxonómica

**Fuente:** Perez, 2019

**Anexo 7.**

**Porcentaje de ácidos grasos por cantón**

N°	TR (min)	Nombre estér del Ácido graso	Nombre común del ácido graso	% TOTAL														
				P1 - I1	P1- I2	P2 - I1	P2 - I2	Media	L1 - I1	L1 - I2	L2 - I1	L2 - I2	Media	C1 - I1	C1 - I2	C2- I1	C2- I2	Media
1	25.32	Á. 9-hexadecenoico, éster metílico, (Z)	Palmitoleico (omega 7)	0.56	0.60	0.56	0.57	0.57	0.43	0.43	0.43	0.58	0.47	0.33	0.27	0.26	0.30	0.29
2	25.73	Á. exadecanoico, éster metílico-Dup1	Palmítico	43.63	43.81	37.49	37.79	40.68	44.26	43.7	43.7	37.6	42.33	42.9	41.2	41.7	42.2	42.01
3	26.38	Á.n-hexadecanoico	Palmítico	0.38	0.40	0.29	0.33	0.35	0.52	0.35	0.35	0.35	0.39	0.41	0.47	0.59	0.39	0.47
4	26.95	Á.ciclopropaneoctanoico, 2-hexil, éster metílico	Isomero trans del a.oléico	0.36	0.38	0.40	0.40	0.38	0.31	0.31	0.31	0.40	0.33	0.50	0.39	0.39	0.45	0.43
5	27.35	Á.heptadecanoico, éster metílico	Margárico		0.39	0.39	0.39	0.38	0.39	0.38	0.38	0.36	0.38	0.52	0.42	0.41	0.48	0.46
6	28.41	Linoleato de metilo	Linoleico (omega-6)	8.04	8.60	10.44	10.51	9.40	8.29	8.04	8.04	10.5	8.72	8.40	7.10	8.34	7.72	7.89
7	28.55	Á. 9-octadecenoico (Z)-, éster metílico	Oleico (omega 9)	38.41	39.14	40.89	40.39	39.71	40.03	40.2	40.0	40.0	40.10	39.5	1.56	35.4	38.4	28.74

8	28.93	Estearato de metilo	A. estearico/octadecanoico	5.61	5.95	8.09	8.10	6.94	5.78	5.70	5.70	7.67	6.21	6.55	5.37	5.31	5.99	5.80
9	29.17	Ácido oleico		0,5	0.40	0.43	0.42	0.40	0.53	0.33	0.33	0.40	0.40	0.40	0.62	0.62	0.39	0.51
10	30.86	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid, methyl ester, (all-Z)-	Aráquidónico	0.19	0.22	0.29	0.30	0.25	0.98	0.95	0.95	0.18	0.76	0.39	0.23	0.23	0.36	0.30
11	31.87	Á. eicosanoico, éster metílico			0.12	0.15	0.14	0.14	0.23	0.22	0.22	0.13	0.20					

Elaborado por: Las autoras, 2019

