



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Caracterización de variables morfológicas, físico químicas y nutricionales, del banco de germoplasma de guayaba (*Psidium* Spp) De AGROSAVIA C.I Palmira**

**Oscar Camilo Roperro Osorio**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia

2020

# **Caracterización de variables morfológicas, físico químicas y nutricionales, del banco de germoplasma de guayaba (*Psidium* spp) De AGROSAVIA C.I Palmira**

**Oscar Camilo Roperó Osorio**

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister En Ciencias Agrarias**

Director: I.A., M.Sc.

Álvaro Caicedo Arana, Ingeniero Agrónomo, Investigador Máster del C.I Palmira  
AGROSAVIA.

Codirectora: I.A., M.Sc., Doc.

María Sara Mejía de Tafur

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia  
2020

*Dedicatoria*

*Esta investigación se la dedico a mi familia por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.*

## Declaración de obra original

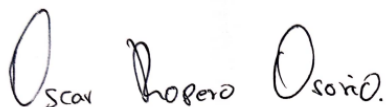
Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Handwritten signature in black ink that reads "Oscar Roberto Osorio". The signature is written in a cursive style with the first letters of each name being capitalized and prominent.

Nombre

Fecha 28/12/2021

## **Agradecimientos**

Primero agradezco a Dios, mi familia y mi director de tesis Álvaro Caicedo por sus incansables y valiosos consejos y orientación, pues sin ellos no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo, ya que a lo largo del desarrollo me inculcaron dedicación, responsabilidad y me apoyaron incondicionalmente.

También a mis amigos Ayda, Danny, Duber, Olivo y al equipo de trabajo de campo de AGROSAVIA, maestros y compañeros de estudio que siempre confiaron en que podría culminar con éxito este proyecto y que siempre me brindaron su apoyo y motivación incondicional.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Colombia y Codirectora Sara Mejía de Tafur y a todo su plantel educativo por brindarme los mejores conocimientos y apoyo en el transcurso de la maestría.

# Resumen

## **Caracterización de variables morfológicas, físico químicas y nutricionales, del banco de germoplasma de guayaba (*Psidium Spp*) De AGROSAVIA C.I Palmira**

Los bancos de germoplasma reúnen la mayor diversidad y variabilidad genética posible, con el fin de salvaguardar, caracterizar, evaluar y generar opciones de promoción y uso. El banco de germoplasma de guayaba y especies relacionadas administrado por AGROSAVIA, está compuesto por 41 introducciones establecidas en campo, estudiado a través de caracterizaciones moleculares y físico químicas parciales. La presente investigación complementa la información básica de premejoramiento para futuros programas de investigación destacando atributos de interés a través de variables morfológicas, físico químicas y nutricionales. Las variables morfológicas fueron caracterizadas en campo, mientras que las variables físico químicas y nutricionales en laboratorio. La fracción comestible de los frutos se analizó con el uso del HPLC y diagramas de dispersión. El análisis estadístico multivariado de los descriptores evaluados, permitió definir variables discriminantes con la finalidad de contribuir al conocimiento de las introducciones del banco de germoplasma. En la investigación se encontró que las variables morfológicas que presentan mayor variación en las medidas de tendencias central es la Longitud de pedicelo. Las variables que tuvieron un comportamiento de distribución normal fue el tamaño de la flor, ancho del pétalo y altura de la planta, además la caracterización de las accesiones permitió destacar la forma convexa de la base del fruto, color de endocarpio amarillo, textura del mesocarpio granulosa y forma de ápice del fruto con ombligo. Así mismo, las variables acidez total titulable e índice de madurez, y de rendimiento del fruto, presentaron los mayores coeficientes de variación en el análisis descriptivo, representando un mayor aporte a la variabilidad de las introducciones de guayaba estudiadas. Se logró establecer que los genotipos 17 (Polonuevo), 24 (Puerto Rico), 26 (Blanca-1), 45 (Cimpa Roja-C-3), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 47 (Guadalupe Blanca), 52 (Unal-003), 54 (Unal-005),

55 (Unal-006), 57 (Unal-008) y 58 (Unal-009), presentaron mayor desarrollo vegetativo con altos valores en diámetro de tallo y área de copa. Por otro lado, los genotipos 29 (D-13 0659), 39 (Manzana), 44 (Boliviana), 53 (Coronilla Del Chocó), 59 (Criolla Mediana-2665) y 61 (Paluma), tuvieron flores de gran tamaño debido en gran medida al ancho de sus pétalos. A lo anterior, se suma el bajo porte de la planta, el área de la copa y del diámetro de tallo. Al comparar las introducciones, se logró determinar que el genotipo 16 (Coronilla-0330) y 53 (Coronilla del Chocó) presentan una gran similitud entre ellos. Finalmente, se encontró que los grados Brix de las accesiones estudiadas variaron de 4,3 a 10,5, además, se encontró que la variable diámetro polar tiene correlación altamente significativa  $p$  ( $\alpha = 0.05$ ) y positiva con las variables peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro cavidad seminal y grosor corteza mesocarpio.

**Palabras claves:** Accesiones, Recursos genéticos, Guayaba (*Psidium* spp)

## **Abstract**

### **Characterization of morphological, physical, chemical and nutritional variables of the guava (*Psidium* Spp) germplasm bank of AGROSAVIA C.I Palmira**

Germplasm banks gather the greatest genetic diversity and variability possible, in order to safeguard, characterize, evaluate and generate options for promotion and use. The germplasm bank of guava and related species managed by AGROSAVIA is made up of 41 introductions established in the field, studied through partial molecular and physical-chemical characterizations. This research complements the basic pre-breeding information for future research programs, highlighting attributes of interest through morphological, physical, chemical and nutritional variables. The morphological variables were characterized in the field, while the physical, chemical and nutritional variables in the laboratory. The edible fraction of the fruits was analyzed using HPLC and scatter diagrams. The multivariate statistical analysis of the evaluated descriptors allowed the definition of discriminant variables in order to contribute to the knowledge of the germplasm bank introductions. In the investigation it was found that the morphological variables that present the greatest variation in the measures of central tendencies is the length of the pedicel. The variables that had a normal distribution behavior were the size of the flower, width of the petal and height of the plant, in addition the characterization of the accessions allowed to highlight the convex

shape of the base of the fruit, color of the yellow endocarp, texture of the mesocarp granulosa and shape of the fruit apex with navel. Likewise, the variables total titratable acidity and maturity index, and fruit yield, presented the highest coefficients of variation in the descriptive analysis, representing a greater contribution to the variability of the guava introductions studied. It was possible to establish that genotypes 17 (Polonuevo), 24 (Puerto Rico), 26 (Blanca-1), 45 (Cimpa Roja-C-3), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 47 (Guadalupe Blanca), 52 (Unal-003), 54 (Unal-005), 55 (Unal-006), 57 (Unal-008) and 58 (Unal-009), showed greater vegetative development with high values in stem diameter and crown area . On the other hand, genotypes 29 (D-13 0659), 39 (Manzana), 44 (Boliviana), 53 (Coronilla Del Chocó), 59 (Criolla Mediana-2665) and 61 (Paluma), had large flowers due to largely to the width of its petals. Added to the above is the low size of the plant, the crown area and the stem diameter. When comparing the introductions, it was possible to determine that genotype 16 (Coronilla-0330) and 53 (Coronilla del Chocó) have a great similarity between them. Finally, it was found that the Brix degrees of the studied accessions varied from 4.3 to 10.5, in addition, it was found that the variable polar diameter has a highly significant correlation  $p$  ( $\alpha = 0.05$ ) and a positive correlation with the variables fruit weight, equatorial diameter, seminal cavity diameter and mesocarp cortex thickness.

**Keywords:** Accessions, Genetic resources, Guava (*Psidium* spp)

# Contenido

	<b>PÁG.</b>
<b>Introducción</b>	<b>20</b>
<b>1 Generalidades de la investigación</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema</b>	<b>22</b>
1.1.1 Definición del problema	22
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>22</b>
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Objetivos específicos	23
<b>1.3 Justificación</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Marco de referencia</b>	<b>24</b>
1.4.1 Investigaciones en Colombia sobre las guayabas	24

1.4.1.1	Origen e historia	28
1.4.1.2	Variables morfológicas de las accesiones.	29
1.4.1.3	Componentes físicoquímicos frutos de guayaba ( <i>Psidium</i> spp)	29
1.4.1.4	Componentes nutricionales (Vitamina C y Pectinas)	30
1.4.2	Marco teórico	31
1.4.2.1	Clasificación taxonómica de la guayaba	31
1.4.2.2	Descripción botánica	32
1.4.2.3	Recursos genéticos.	34
1.4.2.4	Diversidad genética de la guayaba	34
1.4.3	Variedades de guayaba en Colombia.	34
1.4.3.1	Variedades de la fruta y sus usos en el mercado.	35
1.4.3.2	Producción de guayaba.	36
1.4.3.3	Calidad de <i>Psidium guajava</i> L.	38
1.4.3.4	Etapas de floración a cosecha	39
1.4.4	Vitamina C	40
<b>2</b>	<b>Metodología de investigación</b>	<b>41</b>
<b>2.1</b>	<b>Localización</b>	<b>41</b>
<b>2.2</b>	<b>Manejo agronómico</b>	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>Variables morfológicas (evaluadas)</b>	<b>42</b>
<b>2.4</b>	<b>Proceso para elaboración de análisis</b>	<b>43</b>

2.4.1	Determinación pH	47
2.4.2	Análisis del pH	48
2.4.3	Vitamina C	48
<b>2.5</b>	<b>Análisis estadístico</b>	<b>50</b>
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterizaciones variables morfológicas</b>	<b>51</b>
3.1.1	Resultados variables cuantitativas de la planta	51
3.1.2	Análisis de componentes principales.	64
3.1.3	Resultados variables cualitativas de la planta	74
<b>3.2</b>	<b>Componentes fisicoquímicos y nutricionales</b>	<b>91</b>
3.2.1	Resultados cuantitativos de frutos	92
3.2.2	Análisis de componentes principales	110
3.2.3	Resultados cualitativos de frutos	119
<b>4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>134</b>
<b>4.1</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>134</b>
<b>4.2</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>136</b>
	<b>Referencias</b>	<b>138</b>

# LISTA DE TABLAS

	PÁG.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica	31
<b>Tabla 2.</b> Características principales de la guayaba	33
<b>Tabla 3.</b> Variedades de fruta por región	36
<b>Tabla 4.</b> Producción de guayaba Común y Guayaba Pera a nivel nacional	36
<b>Tabla 5.</b> Acciones del Banco de Germoplasma de Guayaba ubicado en el CI Palmira	42
<b>Tabla 6.</b> Variables morfológicas de la planta	43
<b>Tabla 7.</b> Proceso análisis aspectos morfológicos Fuente de esta información??	44
<b>Tabla 8.</b> Continuación II) Proceso análisis aspectos morfológicos	44
<b>Tabla 9.</b> Medidas de tendencias central de las variables de estudio	52
<b>Tabla 10.</b> Test de normalidad de las variables cuantitativas.	60
<b>Tabla 11.</b> Componentes principales variables cuantitativas de la planta	65
<b>Tabla 12.</b> Correlación y calidad de representación de las variables a componentes principales	67
<b>Tabla 13.</b> Descripción del cluster 1	72
<b>Tabla 14.</b> Descripción del cluster 2	72
<b>Tabla 15.</b> Descripción del cluster 3	73
<b>Tabla 16.</b> Descripción del cluster 4	73
<b>Tabla 17.</b> Descripción del cluster 5	74

<b>Tabla 18.</b> Dimensiones con sus eigenvalores o valores singulares.	83
<b>Tabla 19.</b> Comparación de genotipos de guayaba 16 y 53.	86
<b>Tabla 20.</b> Descripción del cluster 1	89
<b>Tabla 21.</b> Descripción del cluster 2	90
<b>Tabla 22.</b> Descripción del cluster 3	90
<b>Tabla 23.</b> Descripción del cluster 4	90
<b>Tabla 24.</b> Descripción del cluster 5	91
<b>Tabla 25.</b> Medidas de tendencia central de variables cuantitativas del fruto.	92
<b>Tabla 26.</b> Prueba de Shapiro Wilk (p-value)	107
<b>Tabla 27.</b> Componentes principales	110
<b>Tabla 28.</b> Correlación y calidad de variables a componentes principales	113
<b>Tabla 29.</b> Descripción del clúster 1	117
<b>Tabla 30.</b> Descripción del clúster 2	117
<b>Tabla 31.</b> Descripción del clúster 3	118
<b>Tabla 32.</b> Dimensiones con sus eigenvalores o valores singulares.	125
<b>Tabla 33.</b> Comparación de genotipos de guayaba 24 y 60	127
<b>Tabla 34.</b> Descripción del cluster 1	131
<b>Tabla 35.</b> Descripción del clúster 2	131
<b>Tabla 36.</b> Descripción del clúster 3	131
<b>Tabla 37.</b> Descripción del clúster 4	132



## LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
<b>Figura 1.</b> Rendimiento guayaba Común vs Guayaba Pera	37
<b>Figura 2.</b> Producción guayaba común Vs Guayaba Pera	37
<b>Figura 3.</b> Producción a nivel mundial de guayaba	38
<b>Figura 4.</b> Distribución de tamaño de flor	53
<b>Figura 5.</b> Distribución de diámetro de cáliz	53
<b>Figura 6.</b> Distribución de Longitud del pedicelo	54
<b>Figura 7.</b> Distribución de forma de receptáculo	54
<b>Figura 8.</b> Distribución de longitud del pétalo	55
<b>Figura 9.</b> Distribución de ancho de pétalo	55
<b>Figura 10.</b> Distribución de longitud del pistilo	56
<b>Figura 11.</b> Distribución de largo de peciolo de la hoja	56
<b>Figura 12.</b> Distribución de tamaño de la hoja	57
<b>Figura 13.</b> Distribución de ancho de lámina foliar	57
<b>Figura 14.</b> Distribución de ángulo total de la hoja	58
<b>Figura 15.</b> Distribución de altura de la planta	58
<b>Figura 16.</b> Distribución de área de la copa	59
<b>Figura 17.</b> Distribución de área de la copa	59
<b>Figura 18.</b> Matriz de correlaciones variables cuantitativas de la planta	61

<b>Figura 19.</b> Correlación entre tamaño de flor y diámetro de cáliz	62
<b>Figura 20.</b> Correlación entre tamaño de flor y longitud de pétalo	62
<b>Figura 21.</b> Correlación entre tamaño de flor y ancho de pétalo	63
<b>Figura 22.</b> Correlación entre tamaño de flor y longitud de pistilo	63
<b>Figura 23.</b> Gráfico de sedimentación componentes principales	66
<b>Figura 24.</b> Gráfico de círculo de correlaciones	69
<b>Figura 25.</b> Biplot de los componentes principales 1 y 2	70
<b>Figura 26.</b> Dendograma variables cuantitativas de la planta	71
<b>Figura 27.</b> Frecuencias relativas variable posición de sépalos	74
<b>Figura 28.</b> Frecuencias relativas variable presencia de estípulas	75
<b>Figura 29.</b> Frecuencias relativas variable forma de estigma	75
<b>Figura 30.</b> Frecuencias relativas variable inserción de antera	76
<b>Figura 31.</b> Frecuencias relativas variable forma de estilo	76
<b>Figura 32.</b> Frecuencias relativas variable color de hojas inmaduras	77
<b>Figura 33.</b> Frecuencias relativas variable color de hojas maduras	77
<b>Figura 34.</b> Frecuencias relativas variable orientación de hojas	78
<b>Figura 35.</b> Frecuencias relativas variable disposición hojas en tallo	78
<b>Figura 36.</b> Frecuencias relativas variable forma ápice de hoja	79
<b>Figura 37.</b> Frecuencias relativas variable base lámina de hoja	79
<b>Figura 38.</b> Frecuencias relativas variable hábito de crecimiento	80

<b>Figura 39.</b> Frecuencias relativas variable distribución de las ramas	80
<b>Figura 40.</b> Frecuencias relativas variable corteza del tallo	81
<b>Figura 41.</b> Frecuencias relativas variable forma de hoja	81
<b>Figura 42.</b> Frecuencias relativas variable margen de hojas	82
<b>Figura 43.</b> Gráfico de sedimentación correspondencia múltiple.	84
<b>Figura 44.</b> Mapa de individuos sobre las dimensiones	85
<b>Figura 45.</b> Representación de las variables en las dimensiones.	87
<b>Figura 46.</b> Representación plana de la nube de modalidades	88
<b>Figura 47.</b> Agrupamiento jerárquico de genotipos	89
<b>Figura 48.</b> Distribución de la variable peso del fruto	93
<b>Figura 49.</b> Distribución de la variable diámetro polar del fruto	94
<b>Figura 50.</b> Distribución de la variable diámetro ecuatorial	94
<b>Figura 51.</b> Distribución de la variable diámetro cavidad seminal	95
<b>Figura 52.</b> Distribución de la variable grosor corteza de mesocarpo	96
<b>Figura 53.</b> Distribución de la variable peso cavidad seminal	96
<b>Figura 54.</b> Distribución de la variable peso mesocarpo	97
<b>Figura 55.</b> Distribución de la variable peso de semilla en base húmeda	98
<b>Figura 56.</b> Distribución de la variable peso de la cáscara en base húmeda	98
<b>Figura 57.</b> Distribución de la variable peso de la pulpa en base húmeda	99
<b>Figura 58.</b> Distribución de la variable % de materia seca	100

<b>Figura 59.</b> Distribución de la variable % de semilla	100
<b>Figura 60.</b> Distribución de la variable % pulpa	101
<b>Figura 61.</b> Distribución de la variable titulación NaOH (hidróxido de sodio)	102
<b>Figura 62.</b> Distribución de la variable % de acidez	102
<b>Figura 63.</b> Distribución de la variable grados brix	103
<b>Figura 64.</b> Distribución de la variable % de solidos solubles	104
<b>Figura 65.</b> Distribución de la variable índice de madurez	104
<b>Figura 66.</b> Distribución de la variable pH (potencial de hidrógeno)	105
<b>Figura 67.</b> Distribución de la variable titulación con diclorofenol	106
<b>Figura 68.</b> Distribución de la variable porcentaje de vitamina C	106
<b>Figura 69.</b> Matriz de correlación variables cuantitativas del fruto	109
<b>Figura 70.</b> Gráfico de sedimentación componentes principales	111
<b>Figura 71.</b> Gráfico de círculo de correlaciones	114
<b>Figura 72.</b> Biplot de los componentes principales 1 y 2	115
<b>Figura 73.</b> Agrupamiento jerárquico de los frutos de las accesiones de guayaba	116
<b>Figura 74.</b> Frecuencias relativas variable forma de fruto	119
<b>Figura 75.</b> Frecuencias relativas variable forma ápice del fruto.	119
<b>Figura 76.</b> Frecuencias relativas variable forma base del fruto	120
<b>Figura 77.</b> Frecuencias relativas variable inserción del pedúnculo	120
<b>Figura 78.</b> Frecuencias relativas variable forma de cavidad del pedúnculo	121

<b>Figura 79.</b> Frecuencias relativas variable forma olor del fruto	121
<b>Figura 80.</b> Frecuencias relativas variable forma color de la corteza	122
<b>Figura 81.</b> Frecuencias relativas variable textura del epicarpio	122
<b>Figura 82.</b> Frecuencias relativas variable forma color del endocarpo	123
<b>Figura 83.</b> Frecuencias relativas variable textura del mesocarpo	123
<b>Figura 84.</b> Frecuencias relativas variable forma de la semilla	124
<b>Figura 85.</b> Sedimentación correspondencia múltiple	125
<b>Figura 86.</b> Mapa de individuos sobre las variables sintéticas del análisis de correspondencia múltiple	126
<b>Figura 87.</b> Representación de las variables en las dimensiones	128
<b>Figura 88.</b> Representación plana de la nube de modalidades	129
<b>Figura 89.</b> Agrupamiento jerárquico sobre dimensiones	130

# Introducción

La guayaba (*Psidium guajava* L.), se cultiva en gran proporción en los países tropicales, se encuentra clasificada como un fruto de agroindustria con mucha importancia comercial debido a sus propiedades nutraceuticas, pues, se considera una fuente de vitamina C que contribuye al mejoramiento de la salud de los consumidores. El género *Psidium* comprende cerca de 92 especies entre las que se destaca la *P. guajava*. En Colombia, se encuentran diferentes cultivares de guayaba, nativos o cultivares regionales, variedades mejoradas o comerciales, entre otros (Aguilera et al., 2020).

Martínez et al., (2011) expresan que la guayaba es una fruta con alto valor nutricional que posee un alto contenido de antioxidantes (2,62 - 7,79%) como vitamina C, vitamina E, fenoles y carotenoides. En los últimos años se ha venido estudiando las características químicas, físicas, morfológicas y demás de la guayaba. En la investigación de Jiménez et al., (2009) sobresale que la guayaba es una fruta fundamental en la economía campesina colombiana e insumo industrial en la producción de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos.

Cabe señalar que la caracterización de un fruto o especie permite la estimación de variables existente en la población objeto de estudio y los individuos que lo conforman (Franco e Hidalgo, 2003), por tanto, al estudiar las características de la guayaba es posible encontrar genotipos diferentes en producción y calidad superiores, gracias a la condición de ser una especie alógama (Lozano et al., 2002). De ahí que en el estudio de Escobar (2005), se identificaron morfológicamente el tamaño, color del fruto, grados Brix.

Sanabria et al., (2005), mencionan que al caracterizar morfológicamente la guayaba, se pudo identificar una alta diversidad genética en esta y que no se encuentran representadas en la colección de Guayaba.

De acuerdo con lo anterior, la presente investigación buscó caracterizar morfológicamente, físico química y nutricionalmente la guayaba existente en el banco de germoplasma

localizado en el CI Palmira, a través de variables observables en campo, tanto cualitativas como cuantitativas.

Finalmente este proyecto investigativo proporciona información relevante para el sistema nacional de bancos de germoplasma, pues los datos compilados contribuyen al conocimiento de la variabilidad de los recursos genéticos de la guayaba que se podrán tener en cuenta en programas de mejoramiento de la especie.

# **1 Generalidades de la investigación**

## **1.1 Planteamiento del problema**

### **1.1.1 Definición del problema**

Los constantes cambios en el entorno, relacionados con la seguridad alimentaria, requieren de la disponibilidad y conocimiento de la diversidad genética (vegetal) para el desarrollo de sistemas de producción agrícolas. Esto implica, que además de coleccionar y conservar, se deben conocer los atributos de las especies conservadas en los bancos de germoplasma.

Por lo anterior, es necesario realizar procesos de caracterización de variables morfológicas a nivel de la planta y frutos, de características físico químicas y nutricionales de los frutos de las diferentes especies de *Psidium* spp del banco de germoplasma de la colección de guayaba ubicada en el C.I Palmira de AGROSAVIA para contribuir al conocimiento de la variabilidad que constituyen la base para futuros trabajos de mejoramiento en las diferentes especies.

El conocimiento de la variabilidad del banco de guayaba del CI Palmira, ha estado limitado a estudios parciales a través de herramientas moleculares y evaluaciones físicoquímicas en algunas accesiones del banco. No obstante, los atributos o caracteres morfológicos y su correlación con las caracterizaciones moleculares y físicoquímicos aún no han permitido un amplio conocimiento de la variabilidad presente en el banco.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Caracterizar las variables morfológicas, físico químicas y nutricionales, de las especies de guayaba existentes en el banco de germoplasma de AGROSAVIA C.I. Palmira.

## **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir las variables morfológicas de las accesiones de guayaba que hacen parte del Banco de Germoplasma de AGROSAVIA C.I. Palmira.
- Medir los componentes físicoquímicos de los frutos de guayaba en los materiales pertenecientes al Banco de Germoplasma de AGROSAVIA C.I. Palmira.
- Determinar la composición de la vitamina C de frutos de guayaba correspondientes a las accesiones del Banco de Germoplasma de AGROSAVIA C.I. Palmira.

## **1.3 Justificación**

En los Bancos de germoplasma vegetal se conservan diferentes especies o grupos de especies que demandan ser evaluadas y caracterizadas. Tal es el caso del banco de guayaba del CI Palmira, compuesto por 41 accesiones establecidas en campo. Se ha demostrado que existe variabilidad y ciertos atributos de valor, con base en la información de pasaporte y previos estudios moleculares y físicoquímicos desarrollados parcialmente. Lo anterior, plantea la necesidad de efectuar una caracterización de variables morfológicas, físicoquímicas y nutricionales, del banco de germoplasma de guayaba de AGROSAVIA C.I. Palmira, que permitan conocer la potencialidad y variabilidad de la guayaba, con el fin de contribuir a establecer la identidad genética de cada una de las accesiones. Con esta información se podrá disponer de un producto con valor agregado para programas de mejoramiento, entre otras demandas.

El estudio permite generar un listado de variables mínimas morfológicas que serán seleccionadas por su nivel discriminante. La información permitirá robustecer la base de datos de la colección que posteriormente será ingresada a la plataforma Grin Global. Igualmente, estos resultados contribuirán a detectar duplicados innecesarios dentro de la colección, despertar el interés comercial y científico inherentes a la calidad intrínseca del fruto y otros usos. Los productos de este estudio será un insumo básico, para ser utilizados por fitomejoradores, investigadores y la academia, para posteriores investigaciones orientados a solucionar problemas bióticos y abióticos.

La calidad de las frutas está determinada por la combinación de las características que tiene como alimento y la aceptación del consumidor que es indispensable en cualquier mercado especializado. La demanda de las frutas está centrada en la calidad y es más importante que su precio (García y Ruiz, 2001; Gallo, 1997).

De acuerdo con Cozzolino (2002), la necesidad de conocer la procedencia y calidad de los alimentos para uso humano y animal, es uno de los objetivos principales en el mercadeo de productos agrícolas a nivel mundial. Al consumidor le preocupan aspectos relacionados con la sanidad, nutrición y seguridad, lo cual hace necesario buscar mecanismos para el control de calidad de todos los alimentos.

## **1.4 Marco de referencia**

### **1.4.1 Investigaciones en Colombia sobre las guayabas**

Colombia es un país productor de guayabas, con una producción anual de aproximadamente 130.000 toneladas. Esta posición le ha permitido a la academia efectuar investigaciones con el propósito de dar lugar a la caracterización, producción, siembra, entre otros elementos y factores acerca de la *Psidium guajava* L. Dentro de esas investigaciones se destacan los siguientes documentos que aportan información relevante a considerar en este trabajo investigativo y que brindan soporte bibliográfico.

Jiménez et al., (2009) obtuvo resultados a partir de una investigación morfológica de 22 especies diferentes que se encuentran en la región andina; se ha considerado este estudio porque las accesiones se diferencian en aspectos base como los descriptores en el color y forma para tres categorías diferentes (tallo, hojas y fruto). Este análisis se hizo a partir de 12 descriptores cuantitativos y 10 cualitativos en agrupamiento del coeficiente de Dice-Nei-Li y el promedio aritmético no ponderado (UPGMA). Los resultados están en concordancia con una investigación similar adelantada por Castaño y Montes (2014), donde se analizaron indicadores fisicoquímicos como: pH, índice de acidez, Brix, índice de madurez; fenoles totales, actividad enzimática y polifenoloxidasas (PFO).

A nivel nacional se encuentra el estudio efectuado por Rueda (2006) que evaluó los descriptores para la producción de guayabas. El análisis adelantado le permite afirmar a este autor que la guayaba es el tercer fruto más importante con respecto a la producción entre cítricos y el banano, entendiendo que en el Valle del Cauca se producen alrededor de 11.350 frutos en la industria; en este informe se identificaron los rasgos moleculares para 27 especies diferentes, donde el resultado parte del análisis de los diferentes subsuelos; aquí se aprecia la similitud de 20 ascensiones de *P. guajava*; a su vez, Zaccari et al., (2017) exponen que el fruto se distingue por una colorimetría que parte desde un tono verde pálido hasta llegar a un rojizo, sin embargo, otras especies capturan colores y transformaciones desde una pulpa blanca hasta llegar a un color naranja, la cual presenta mayor contenido nutricional frente a otros frutos.

Para Urdaneta y Valdivia (2011), el desarrollo de las caracterizaciones de la *Psidium guajava* permite destacar variables de gran significancia que deben vigilarse en el proceso de producción, puesto que estos elementos representan la tolerancia o resistencia ante factores adversos que disminuyen y perjudican la producción, llevándola en muchos casos a envenenar el fruto o incluso su pérdida.

Por su parte, Sanabria (2005) evaluó aspectos morfológicos de los descriptores de la producción con calidad, forma y sabor de los frutos. Este estudio identificó de acuerdo con diferentes épocas, irregularidades y comportamientos de los estados fenológicos (relación entre los factores climáticos y los ciclos de vida) debido a los factores genéticos y moleculares en los que se adaptan a las condiciones ambientales. Este autor encontró que la temperatura es la variable con mayor incidencia para la producción, obteniendo resultados del 75% de significancia en las variables de forma, color y magnitud de la raíz, aquí se evidencia además que las hojas pálidas son apropiadas en la descripción de cada subsuelo.

Frente a la evaluación de calidad de los descriptores cuantitativos, Gutiérrez (2013) refiere cuatro variables sintéticas definidas: el peso, dimensión, rendimiento de la pulpa y forma de la semilla. Esta investigación evidencia que en gran parte de los cultivos del Cauca el fruto cuenta con mayores beneficios nutricionales de vitamina C, más peso de la cavidad seminal

y un aumento sustancial en el peso de la semilla, frente al consumo y absorción de los ácidos ascórbicos iniciales y el ácido cítrico anhidro.

Así mismo, Cuellar (2018) en su estudio observó los efectos de manipulación de tierra y las diferentes variables en las cuales los descriptores cualitativos aplicados se asocian al tratamiento agronómico que se presenta dentro de la producción del fruto, concluyendo que los árboles de *Psidium* en colectividad presentan una copa globosa, hábito de crecimiento del árbol de manera extendida, color del tallo color marrón, ramas verticales, hojas color verde y la forma que predomina en el fruto es esférica de colores verdes a rojizos.

Fernández y Pérez (2015) introdujeron información molecular en diferentes especies de la guayaba, empleando los genotipos con las que se representan diferentes regiones, acordes a sus niveles de temperaturas. Esto es posible si se entiende que dentro de un mismo país existe diversidad genética entre las variedades de cada zona geográfica, con diferentes factores que inciden en las características del fruto.

Toro (2000) afirma que en el contexto de exportaciones, la guayaba manzana presentó mayores niveles de calidad ante las otras especies, posicionando este fruto como el mejor producto a ofertar para el exterior. Sin embargo, las diferentes especies de guayaba se venden como semilla sexual de flores autopolinizadas. En esta misma línea, Cifuentes et al., (2017) estimaron un modelo econométrico medible en términos de demanda y consumo, a partir del precio de la fruta para exportación. Para este objetivo se basaron en tres aspectos, sabor, tamaño y color, debido a que son los más significativos dentro del mercado, además de presentar mayor diversidad morfológica acorde a las accesiones recolectadas. Estos autores concluyen al igual que Contreras (2013), que la comercialización del producto debe contar con un proceso de saneamiento y control de calidad; aspecto fundamental para obtener el permiso de FDA (Food and Drug Administration) y estar sujetos a las inspecciones de seguridad, lo cual implica que los suelos de producción biológica recibirán una certificación ambiental para cotizar el producto dentro del mercado internacional.

En otro orden de ideas, en Colombia se han encontrado 23 especies de guayaba en sus diferentes regiones, para las cuales se ha evaluado la gran diversidad de nutrientes que

aporta para la salud. Para los árboles de *Psidium guajava* “la zona geográfica con mayor privilegio de condiciones climáticas y ambientales se encuentra en Alcalá, Valle del Cauca, seguido de Armenia en el Quindío y Pereira en Risaralda” (Arias,2019). Al analizar las variables cuantitativas se evidencia que la guayaba roja, es la más importante para la producción de agricultura del sector, pero se debe cultivar en campos de gran amplitud y altitud entre 0 y 1.500 msnm, con una densidad de siembra de 400 árboles por hectárea, esto da como resultado una evaluación de mejoramiento genético de la guayaba para un comportamiento agronómico en la calidad y sabor del fruto (Agronegocios, 2019).

Con relación a los antioxidantes naturales de la *Psidium guajava* en Colombia, Rojas y Narváez (2009) en su estudio evalúan el contenido de vitamina C, ácido ascórbico, ácido dehidroascorbato, fenoles totales y actividad antioxidante, medida por ABTS, FRAP y DPPH, en cuatro variedades diferentes. En los resultados de este análisis se encuentra que predomina la guayaba manzana, con el tamaño medido por el diámetro transversal y longitudinal; le siguen con una disminución parcial la guayaba pera, roja y blanca, respectivamente. Los frutos que presentaron menor valor al índice de sólidos solubles fueron la guayaba blanca y la pera. Para el nivel de acidez la variedad con mayor significancia en la prueba es la blanca y la menor la guayaba manzana. Todo lo anterior fue justificado en pruebas de campo con los métodos de ABTS, FRAP y DPPH, permitiendo concluir que las guayabas pera, blanca y roja “pueden llegar a contribuir de manera importante en la ingesta de antioxidantes” (p. 2339).

Parra (2014) clasificó diversidad de guayabas en dos tipos. En la primer clasificación se encuentran las de mejor sabor y de consumo fresco, siendo la guayaba de pulpa blanca quien acapare una mayor capacidad de antioxidantes, la segunda clasificación es densidad y color, donde predomina el fruto de color verde y maduro de ablandamiento enzimático. Por otra parte la investigación de Espinal (2010) determinó que para mejores resultados la extracción de enzimas debe efectuarse por medio de métodos in vitro con un promedio de la medida ( $n=3$ )  $\pm$  1 D.E; gracias a esta técnica la cuantificación en la actividad de las enzimas poligalacturonasa (PG) y pectinesterasa (PE) se mantiene en inactivación parcial, lo que corresponde a las propiedades termodinámicas en algunas enzimas que permiten definir una estabilidad térmica para ser captadas dentro de la producción y poder subsanar

los contratiempos que se presentan en las cosechas antes de llevarlas a la muerte, prolongando su descomposición.

#### **1.4.1.1 Origen e historia**

El origen de la guayaba se remonta a la franja paralela ecuatorial, zona en la que se hallan climas tropicales capaces de generar existencia a esta especie. Este fruto se encuentra alrededor de 50 países en los que sus condiciones atmosféricas dan lugar a lo que hoy se conoce como guayabas o guayabos. (Hidalgo, 2013; Dennis, 2008). Pero otro lado, Lozano et al., (2002) manifiesta que se considera que *P. guajava* es originaria del sur de México o de Centroamérica, no obstante, se han encontrado semillas en excavaciones realizadas en Perú. El centro de dispersión va desde México hasta Brasil, encontrándose la especie en cincuenta países del trópico y subtrópico.

En muchos mercados esta fruta ha sido considerada fuente de vitaminas y propiedades medicinales que actúan para las deficiencias patológicas que hoy en día pueden mejorarse a través de planes de alimentación que contengan este producto. Sin embargo, en la actualidad su origen es incierto, se afirma que es originaria de algún sitio entre Centroamérica, el Caribe, Brasil o Colombia (Aserca, 1998).

Entre las evidencias arqueológicas de los principios de la agricultura se enumeran diferentes especies como originarias de América, entre ellas la guayaba *Psidium guajava* L, que suponen una antigüedad de 2000 años A.C (Gonzales, 2002).

Existen varios semejantes a esta fruta, los cuales podrían confundirse entre sí, de ahí que se emplee el término "*Psidium*" para su clasificación (Heuzé, 2017). Su propagación se debe a la colonización de españoles y portugueses en Suramérica, quienes la llevaron a los diferentes trópicos y subtrópicos del mundo y por eso es uno de los frutos más conocidos, estimados y comercializado en la actualidad.

#### **1.4.1.2 Variables morfológicas de las accesiones.**

Existen diversas publicaciones donde los autores abordan la caracterización morfológica de accesiones de guayaba. Un claro ejemplo es el estudio realizado por Jiménez et al., (2009) quienes efectuaron una caracterización de 22 accesiones de la guayaba *Psidium guajava* L de diferentes regiones de Colombia. Los autores encontraron una alta variabilidad en las variables cualitativas de descriptores del fruto como la longitud del fruto, diámetro, acidez, entre otros. Como parte de los hallazgos de este estudio se tiene que los componentes con mayor variación son el peso y dimensión del fruto. Encontraron además que el color más frecuente del fruto fue el amarillo para la parte externa de la fruta y rosa para la pulpa. Los autores exponen que los mayores coeficientes de variación oscilaron entre 43 – 56% para el peso de pulpa (52,92%), la acidez del fruto con 46,75%, el peso del fruto (45,23%) y finalmente la relación entre grados brix/acidez con 42,53%.

Así mismo, Sanabria et al.,(2005), efectuaron una caracterización de 53 accesiones de *Psidium guajava*, recolectadas en 8 zonas del Valle del Cauca. En esta investigación sobresalió una diferenciación por la forma del fruto, además que el 75% de los descriptores cuantitativos mostraron un coeficiente de variación mayor al 24%. El 52,83% de los frutos presentaron una forma de fruto ovoide, también que un 81,13% de los frutos tenían una coloración exterior amarilla y rosa la pulpa.

#### **1.4.1.3 Componentes físicoquímicos frutos de guayaba (*Psidium* spp)**

Autores como Andrade et al., (2009), efectuaron una caracterización físicoquímica de la pulpa de la guayaba. Para este análisis llevaron a cabo una serie de pruebas en una muestra de pulpa de guayaba, “pruebas de pH según el método de la AOAC 10.041/84, °Brix con refrac- tómetro marca MISCO modelo 10431vp, acidez titulable expresada en % de ácido cítrico según mé- todo AOAC 31.231/ 84 (9); y el índice de madurez se obtuvo de la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable”. (p.14). Estos autores encontraron que la concentración de sólidos solubles está en el rango de frutos maduros y que la acidez titulable no coincide con la reportada para guayaba “Criolla roja”.

Se tuvo en consideración la investigación efectuada por Gutiérrez (2013), que encontró que los sólidos solubles ó °Brix presentaron un aspecto relevante en los componentes físico químicos de la guayaba. Con respecto a la acidez titulable promedio para la fracción comestible de los frutos de las diez introducciones de guayaba se encontró que correspondió a 0,82%, con un máximo de 2,23% y finalmente, el valor medio para la variable de calidad Índice de madurez fue 15,32, resultando superior al promedio de 12,46.

#### **1.4.1.4 Componentes nutricionales (Vitamina C y Pectinas)**

Castaño y Montes (2014) manifiestan que la guayaba es uno de los frutos con mayor contenido de vitamina A y C, además de aportar calcio, fósforo y proteínas, de ahí, que su contenido de pectina contribuye a la disminución de colesterol (grasa) en la sangre. Adicionalmente, Gutiérrez (2013) efectuó, para medir los componentes nutricionales de la guayaba, una cuantificación del ácido ascórbico inicial o disponible y vitamina C total; para ello empleó la curva de calibración externa, a partir de concentraciones crecientes de patrón de ácido ascórbico, inyectadas por triplicado. Gracias a este método encontró que la guayaba variedad Blanca presentó el mayor contenido de vitamina C.

Por otro lado, Concha (2012) dejó en evidencia en su estudio que la alta temperatura afecta al valor nutritivo, principalmente a la vitamina C que es termosensible; además, efectuó un estudio con tres muestras de guayaba con el fin de analizar el contenido de vitamina C, donde el contenido de vitamina C de una guayaba fresca era de 2221,8 mg/100g, la fruta deshidratada (refrigerada) 68,5 mg/100g y la fruta rehidratada 60,3 mg/100g, demostrando que el cambio brusco de temperatura entre la fruta deshidratada por refrigeración y la guayaba rehidratada previo pre tratamiento reduce de manera considerable la cantidad de vitamina C.

## 1.4.2 Marco teórico

### 1.4.2.1 Clasificación taxonómica de la guayaba

La guayaba pertenece al reino Vegetal, División Magnoliophyta, Clase Angiospermae o Magnoliopsida, Subclase Dicotiledonea, Orden Mirtales o Myrtilflorae, Familia Myrtaceae, Género *Psidium*, Especie *Psidium guajava* L. (Morton, 1987).

En Colombia el cultivo de guayaba cuenta con dos variedades mejoradas y registradas ante el ICA: la variedad Palmira ICA 1, más conocida por su forma como ‘guayaba pera’, y la variedad Roja ICA 2, la cual actualmente domina el mercado fresco y parte de la agroindustria gracias a su rendimiento, forma, presentación, pulpa roja, sabor dulce y aroma aceptable (Carmen y Ocampo, 2011).

De acuerdo con Fajardo et al., (2019), la guayaba es originaria de América y nombrada fruta neotropical, donde se distinguen diferentes divisiones entre los caracteres que cada una posee, siendo coherentes con el reino vegetal. Sin embargo, Infoagro (2015) abarca más de cien especies entre las que destacan *Psidium guayaba* por su valor comercial. Su división es nombrada de la siguiente manera según lo expuesto por (García, 2010; infoagro, 2015) (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica

División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Orden	Mirtales
Suborden	Myrtineae
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Psidium</i>
Especie	<i>guajava</i> L

Fuente: infoagro (2015)

La familia Myrtaceae, en la cual se encuentra el guayabo, está representada por 133 géneros y 3800 especies de árboles y arbustos, que prosperan en las áreas tropicales y subtropicales del planeta (2). El género *Psidium*,

incluido en esta familia, está compuesto por 150 especies aproximadamente (9); algunas de las más importantes son *P. cattleianum* Sabine, *P. fredrichsthalianum* (Berg) Nied y *P. guajava*. (Fernández y Pérez, 2015)

Para Yam et al.,(2010) el *Psidium guajava* L obtiene diferentes semejantes o seudónimos en las regiones dependiendo del contexto. A su vez, Heuzé et al, (2012) refiere que la guayaba presenta los siguientes nombres para los distintos idiomas en las que se encuentran la especie, como lo son:

En inglés que suelen llamarla *Yellow Guava*, en francés *goyavier*, *goyave*, en portugués, *goiaba*, *guaiaba*, *guaiava*, *Araça-goiaba*, *Araça-guaçu*, en español, guayaba, guayabo y guayaba manzana, en alemán *Echte Guave* y finalmente en italiano *guaiava*.

#### **1.4.2.2 Descripción botánica**

La guayaba es la principal especie del género *Psidium*. Los diferentes estudios indican que a medida que transcurre el periodo poscosecha se presenta pérdida de peso, aumento en los sólidos solubles y el pH, además se disminuye la firmeza del fruto y el ángulo hue, el cual expresa significativamente el cambio en el color de la epidermis y es un buen indicador del estado de madurez (Parra, 2014).

Inicialmente las formas del fruto son ovaladas, piriformes y ovoides, distinto a lo que señala el informe del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (2016), donde halla nuevas especies que se distinguen por nuevas características botánicas como su forma; así mismo este documento expone que *Psidium guajava* L presenta cinco nuevas variedades en forma angulosa y aperada de perfecta simetría.

Por otra parte, algunas de las características principales se refieren a continuación en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Características principales de la guayaba

<b>Tópicos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Hojas</b>	<p>Se consideran como láminas que miden entre 3 a 13.5 cm de largo y 1.5 a 6 cm de ancho, con formas ovaladas o elípticas, en cuanto al color son verdes brillantes parduscas que contienen manchas.</p> <p>Las hojas también presentan un aspecto abundante y glandulosos sobre la lámina que no se perciben fácilmente con la vista, pues son transparentes, por ello se hallan cuando se palpan; finalmente las hojas son fragantes cuando entre si se estrujan y este fenómeno no es muy común pues se distingue por su acomodación.</p>
<b>Flores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentan características principalmente en los colores pues la gran mayoría son blancas, de manera vistosa y regularmente son hermafroditas, es decir, bisexuales, que aparecen de manera solitarias y conforman grupos de dos o tres en el extremo de cada yema floral y están desde el principio hasta el fin de la producción dependiendo de las condiciones del terreno y el ejercicio práctico de la buena práctica de la agricultura.</li> <li>• Su diámetro está alrededor de dos a tres cm de diámetro</li> <li>• El cáliz tiene forma de copa con cinco pétalos amarillos y una corola con la misma cantidad y frecuentemente los pétalos caen en su totalidad a los cinco días de la apertura de la flor. (Lozano et al., 2002)</li> </ul>
<b>Fruto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserva una forma y tamaño variado, su piel es lisa, a veces un poco rugosa por las deformaciones propias, también al palparse tiene un suave hundimiento, respecto al color en su pulpa presenta tonalidades amarillas, blancas, rojizas y naranjas en algunos casos.</li> <li>• El olor que capta es crítico y en ocasiones dulces, dependiendo de la especie y en algunos pocos en insípido; contiene semillas pequeñas que llegan alcanzar hasta 500 unidades por fruto.</li> <li>• Este fruto considerado gran fuente de energía contiene vitamina C entre 486 mg y 871 mg de Vitamina C por 100 g de fruto fresco</li> </ul>
<b>Semillas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El color predominante es amarillento y naranja, su sabor es agradable y fluctúa entre el ácido y el dulce que rodea la semilla, también se pueden secar y almacenar a bajas temperaturas.</li> <li>• La forma que contiene es redonda con tres a cinco milímetros de diámetro.</li> </ul>
<b>Tallos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su corteza es escamosa de forma lisa, delgada y anómala, con colores rojizos, las escamas son de tonalidad gris y se dejan caer con el periodo de producción dejando al aire libre la corteza interior.</li> <li>• A nivel interno es fibrosa y de sabor amargo con una variación entre el color rosa a pardo oscuro.</li> <li>• El grosor total del tallo tiene aproximadamente de cinco a ocho Milímetros y puede alcanzar hasta 10 metros de altura.</li> </ul>
<b>Tronco</b>	El tronco corrientemente este encorvado y ramificado.
<b>Raíces</b>	Es un sistema radical superficial fuerte con una raíz principal pivotante, generando en el fruto un agarre desde la tierra como una analogía a lo que es un ancla, donde se penetra hasta 5 metros bajo tierra, algunas de ellas crecen en la superficie.
<b>Ramas</b>	Generalmente son recias, empinadas y retorcidas
<b>No. cromosómico</b>	<p>Su No. Cromosómico es <math>2n = 22</math>. En el que existen algunos cultivares naturales y artificiales <math>2n = 3x = 33</math> y Aneuploides; Los triploides producen fruto sin semilla</p>
<b>Composición Química</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua. 78.00</li> <li>• Proteína. 0.90</li> <li>• Grasa. 0.40</li> <li>• Azúcares. 7.70</li> <li>• Carbohidratos. 2.70</li> <li>• Fibra cruda. 8.50</li> <li>• Acidez (ácido tánico). 1.00</li> <li>• Cenizas. 0.80</li> <li>• Total. 100.00</li> </ul>

**Fuente:** Botanical (2020) y Papa (2017)

### **1.4.2.3 Recursos genéticos.**

Para Torres y Moreno (2001), la guayaba es una fuente genética con mayor presencia molecular, debido a la necesidad de tener un gen de resistencia para estrés biótico y abiótico que pudiera ser incorporado en diferentes tipos de guayaba, cambiando su conformación genética en genotipos de guayaba con los que generan diferentes marcadores genéticos tales como: frutos medianos, acidez, texturas para cubrimiento de membranas lisas o con espesor mayor, la pulpa con semillas de distintos tamaños, así como el número de semillas que emite.

Vale la pena destacar que el estudio de Rodríguez et al., (2010) donde se dedujo que gracias a la polinización abierta, la prospección, las Seychelles se permiten accesiones que ponen en evidencia la distintiva particularidad de selección de material para conservar la especie y representarla en cualquier tipo de ambiente. Para este análisis se utilizaron técnicas como extracción de ADN genómico procedente en un 5,0 g de material foliar, mediante una modificación entre la extracción CTAB, con un protocolo de purificación en la concentración y calidad obtenida de ADN haciendo en ella un marcador de concentración de 1K.

### **1.4.2.4 Diversidad genética de la guayaba**

La diversidad genética está expuesta por similitudes y diferencias para las diferentes localizaciones de donde se haya recuperado la especie, de manera que se pueden encontrar accesiones con genéticas totalmente ásperas y duras para el guayabo; Carranza (2014) por su parte hace referencia a la diversidad genética como se puede evidenciar en el color distintivo de esta especie, de tal forma que entre mayor variante tenga el gen, la planta será más diversa en términos genéticos.

## **1.4.3 Variedades de guayaba en Colombia.**

En Colombia se cultivan diferentes materiales de guayaba: nativas, mejoradas e introducidas. Algunas características morfológicas que las diferencian están relacionadas con el color de la pulpa (blanca, amarillenta, rosada o roja), el tamaño, peso y forma (González, 2010).

Los cultivares más difundidos en el país son: Palmira ICA-1, Roja ICA-2, Polonuevo, Guayabita de Sandoná (Nariño), Rosada y Blanca Común de Antioquia, Guayaba Agria, Puerto Rico, Roja Africana, Extranjera, Trujillo (Pachón et al., 2016) y Manzana (Lozano, et al., 2002).

#### **1.4.3.1 Variedades de la fruta y sus usos en el mercado.**

En Colombia se reconocen varios tipos de guayabas: blancas, rojas, tipo pera y agria. En zonas como Santander se cultivan las guayabas de tipo blanco y la roja, la última se emplea para la producción de bocadillo.

Por otro lado, en los Llanos Orientales predominan las de tipo agrio, especial para enlatados en almíbar. Y en otras regiones se cultiva la guayaba tipo pera y Brasil redonda, usadas para jugos (Agronegocios, 2015).

Ahora bien, el género *Psidium* comprende 233 especies, cinco de las cuales se utilizan como frutales comestibles, entre ellas *Psidium guajava*, a la cual pertenecen los ecotipos de guayaba que se cultivan comercialmente.

En el Valle del Cauca se han hecho varios estudios para la caracterización de 53 tipos de variedades de la *Psidium guajava*. En el análisis de Sanabria et al., (2005), se clasifican tres grupos, de acuerdo a variables como longitud, diámetro, peso, acidez, color, ancho, ramificación, entre otros que se consideran relevantes para las características que deben tener en conjunto los caracteres morfológicos que evidencian rendimiento del fruto, calidad y estructura del árbol.

**Tabla 3.** Variedades de fruta por región

Regiones	Características	Grupos
<b>Valle del cauca Palmira</b>	Frutos ovoides	B12 B16
	Colores de la membrana externa amarillenta.	CA2 CA4 CA5 CA6
	Interior de color rosado con un nivel de intensidad bajo.	CA12 CA14 CA15
	Textura lisa.	CO4 CO5
	Olor suave.	G1 G2 G7
	La forma del árbol que la compone es ovoide, con una ramificación densa, con pigmentación café y el color de sus hojas verdes con tonalidades cálidas.	R1 R2 R3 R6 ROL1 ROL3 ROL4 ROL5 U1 U2
<b>Occidental</b>	Fruto redondo	B11 B15
	Color externo Amarillo	CA3
	Color interno rosa pálido	CO7
	Textura lisa	G3 G4
	Olor Suave	J1 J2 J5
	Árbol ovoide con ramificación media	R4 R7
	Tallos de color café forma lanceolada de hoja color verde	U4
<b>Central</b>	Colore externo, amarillo.	B13 B4
	Color interno rosa pálido.	CA1 CA3
	Forma aperada.	CO1 CO2 CO3 CO6
	Textura lisa.	C08
	Olor Suave.	G5 G6
	Forma del árbol ovoide, con pigmentación rojiza y algo de café con una densidad en su ramificación y las hojas son de color verde oscuro y forma lanceolada.	J3 J4 R5 ROL2 U3.

Fuente: Sanabria et al.,(2005).

#### 1.4.3.2 Producción de guayaba.

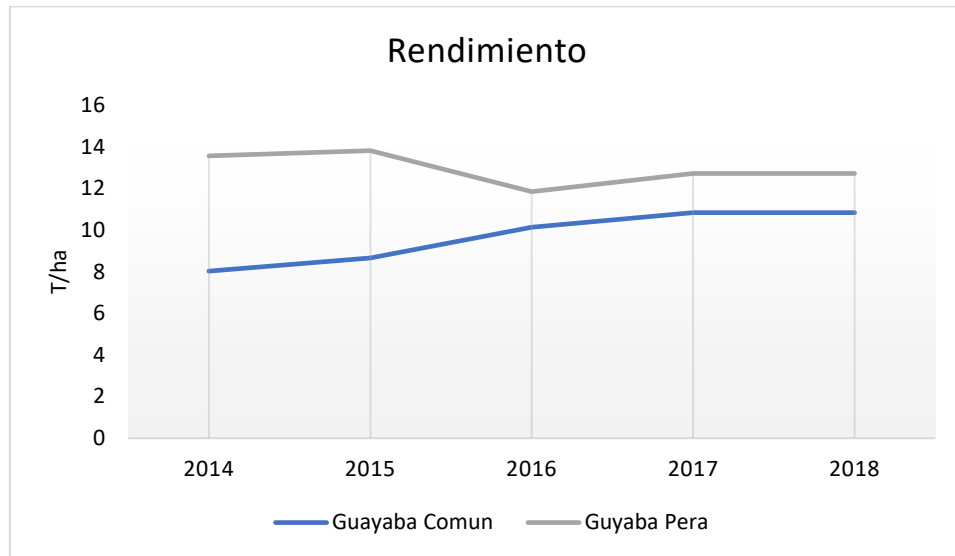
En la **Tabla 4** se evidencia la producción a nivel nacional de la guayaba comprendida en la temporalidad 2014 – 2018.

**Tabla 4.** Producción de guayaba Común y Guayaba Pera a nivel nacional

	2014	2015	2016	2017	2018*
		<b>Guayaba Común</b>			
Área Sembrada	10746	10320	8647	9882	10475
Área Cosechada	9188	7810	6908	8525	9037
Producción	73783	67707	70054	92425	97970
Rendimiento	8,03	8,67	10,14	10,84	10,84
		<b>Guayaba Pera</b>			
Área Sembrada	6562	6847	7262	7403	7847
Área Cosechada	4658	4811	4064	4360	4621
Producción	63226	66488	48162	55493	58822
Rendimiento	13,57	13,82	11,85	12,73	12,73

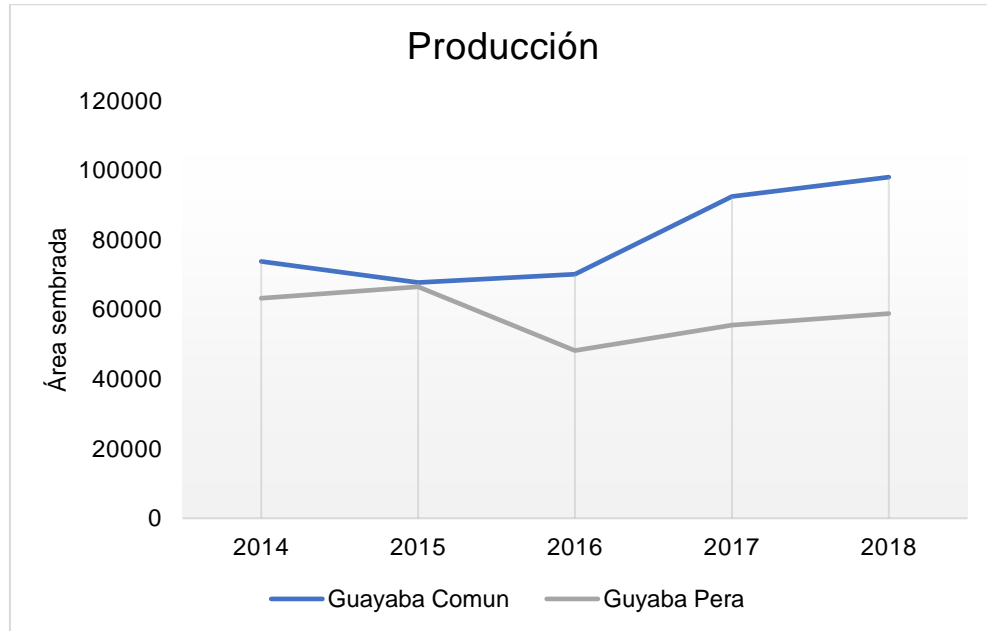
Fuente: Elaboración propia del autor, MinAgricultura. (2018).

**Figura 1.** Rendimiento guayaba Común vs Guayaba Pera



Fuente: Elaboración propia del autor, MinAgricultura. (2018)

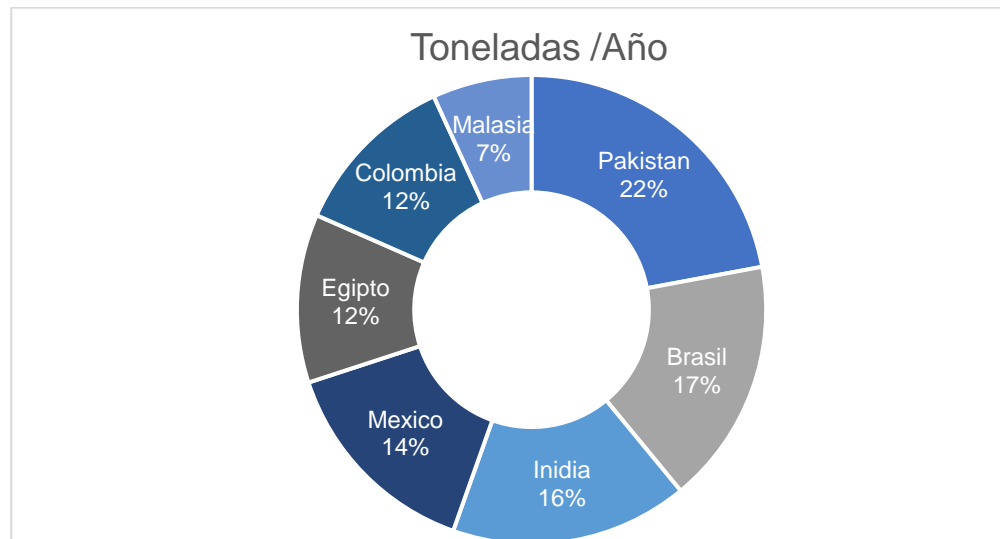
**Figura 2.** Producción guayaba común Vs Guayaba Pera



Fuente: Elaboración propia del autor, MinAgricultura. (2018)

Por otra parte, la producción a nivel mundial se relaciona de la siguiente manera (**Figura 3**).

**Figura 3.** Producción a nivel mundial de guayaba



Fuente: Elaboración propia del autor basado en MinAgricultura. (2018)

#### 1.4.3.3 Calidad de *Psidium guajava* L.

El guayabo *Psidium guajava* L. es considerado promisorio por su agradable sabor y riqueza nutritiva, reflejada en el contenido de vitaminas (16), minerales, aminoácidos y fibra; está acorde a las necesidades y/o preferencias de los consumidores de alimentos sanos, nutritivos, fáciles de preparar. Presenta componentes nutraceuticos que puedan reducir o prevenir algunas enfermedades (Frutas y Hortalizas de Colombia para el Mundo, 2003; Romero, 2003; Rueda et al., 2006). Presenta alto contenido en vitamina C (ácido ascórbico), la cual es importante para la salud (antiescorbútica) y la industria alimentaria (Rosa et al., 2007). La guayaba tiene alto valor como recurso fitogenético y es factible encontrar genotipos superiores a los que se siembran y cultivan actualmente. Por ser una especie de polinización cruzada o alógama da origen a genotipos diferentes en apariencia, producción y calidad (Lozano et al., 2002).

Ahora bien, algunos problemas fitosanitarios que afectan la calidad de la guayaba son la infestación de moscas de la fruta *Anastrepha striata* y *Anastrepha fraterculus*, incidencia de

hongos *Pestalothia sp* y *Colletotrichum sp*, además, de prácticas inadecuadas de cosecha y poscosecha. La selección y clasificación son poco frecuentes y los sistemas de empaque, transporte y almacenamiento no son adecuados para mantener la calidad y vida del producto (CIMPA y CORPOICA, 2000). Según Carmen et al. (2012), entre los problemas fitosanitarios de mayor impacto económico en la especie *Psidium guajava* se encuentran, el ataque de las moscas de la fruta (*Anastrepha spp*), el picudo de la guayaba (*Conotrachelus psidii* Marshall) y la enfermedad de la costra o clavo de la guayaba (*Pestalotyia versicolor*).

#### **1.4.3.4 Etapas de floración a cosecha**

A continuación, lo descrito se obtiene de Bejarano y Arenas (2003).

##### **Fase Precosecha**

La cosecha es el período cuando se extraen del campo los diferentes productos cultivados, llegados a su madurez, siendo así que la pre-cosecha es el período donde se trata el terreno, limpieza del fruto, deshierba y demás con el fin de que el fruto se desarrolle con la mejor calidad. A continuación se observa las fases de precosecha.

- **Poda de fructificación o despunte:** Al inicio se debe hacer una poda de las ramas del árbol para incrementar la calidad de la fruta, siendo esta la primera actividad del cultivo. Intagri (2016), manifiesta que la poda consiste en modificar la estructura de la planta mediante la eliminación y/o acortamiento de parte de las ramas para facilitar la formación, iluminación y aireación de la copa. Con la poda se puede mejorar la producción y calidad de los frutos. Además, que la eliminación de una rama o brote facilita la nutrición e iluminación de las ramas que están a su alrededor, ambos aspectos tienden a mejorar la producción

**Cava:** Es importante mantener los suelos de manera óptima para que el fruto tenga un crecimiento adecuado, dado que se absorben los nutrientes necesarios indispensables para la producción.

**FloreCIMIENTO:** Cuando se poda la planta, al mes se espera a que nazca la flor se marchite se deja que caiga la semilla para que se convierta en la guayaba.

**CreCIMIENTO:** La caída de la flor tiene un tiempo de cuatro días, con una maduración de caída hasta la recolección de hasta tres meses aproximadamente, teniendo un cuidado y mantenimiento que garantice la calidad de la fruta; usualmente se protege con plástico para evitar plagas o cualquier insecto.

**Desyerba:** Se podan las hierbas alrededor de la planta, para evitar una propagación de cualquier infección entre matas, con técnicas de fumigación también 1 vez al mes.

#### **1.4.4 Vitamina C**

Concha (2012) expone que el ácido ascórbico o vitamina C, enantiómero L del ácido ascórbico o antiescorbútica es un ácido de azúcar orgánico con propiedades antioxidantes hidrosolubles; es un nutriente esencial para los mamíferos. La síntesis química del ácido L-ascórbico es un procedimiento caro y complicado que conlleva muchos pasos químicos que parten de la D-glucosa, implica a la sorbitol-deshidrogenasa, la última etapa del proceso es la transformación catalizada del ácido 2-ceto-L-gulónico (2- KGL) en ácido L-ascórbico. Su aspecto es de polvo o cristales de color blanco- amarillento.

La vitamina C o ácido ascórbico principalmente se encuentra en cítricos y frutas tropicales, tiene propiedades antioxidantes y reductoras. Inhibe eficazmente el pardeamiento enzimático por causa del oxígeno del aire al reducir los productos ortoquinona (Hernandez y Jimenez, 2006).

## 2 Metodología de investigación

### 2.1 Localización

La caracterización morfológica, fisicoquímica y nutricional se realizó en AGROSAVIA C.I. Palmira, localizada en Palmira, Valle del Cauca, Colombia, coordenadas N03°30'37,9296" y W76°19'31,8612". A una altura de 1.001 m.s.n.m. temperatura promedio anual de 23 °C, precipitación media anual de 1.100 mm y humedad relativa promedio anual del 75 % (Corpoica, 2015). El banco de germoplasma de guayaba se encuentra localizado en el lote número 52 del C.I. Palmira, bajo las coordenadas N03°30'37,93" W76°19'31,86", ocupando un área de 1,4 ha. Las características del lote corresponden a suelos aluviales del valle geográfico del río Cauca: suelos profundos, pendiente mínima (<5%), planos, y de textura FAr. Gutierrez (2013) expone que aunque el guayabo se da en la mayoría de suelos desde arenosos a arcillosos, los mejores son los franco. El pH ideal del suelo para el cultivo del guayabo se encuentra entre 6 y 7, aunque se conocen cultivos a pH de 4.5 hasta 8.2. Colombia se caracteriza por contar con condiciones ideales en clima y suelo para el cultivo rentable del guayabo.

### 2.2 Manejo agronómico

En la actualidad el banco cuenta con 41 accesiones entre materiales nativos y comerciales. Se encuentra plantado en cuatro bloques incompletos conformados por uno a dos individuos, plantados a una distancia de siembra de 6,0 x 6,0 m. Lo anterior, permitió incluirla para una segunda fase (2018), en este proceso de caracterización morfológica las accesiones faltantes en el CI Palmira (Ver **Tabla 5**).

**Tabla 5.** Accesiones del Banco de Germoplasma de Guayaba ubicado en el CI Palmira

Nombre de la accesión	C.I. en donde se conserva	Nombre de la accesión	C.I. en donde se conserva	Nombre de la accesión	C.I. en donde se conserva
7199	Caribia	El Piñon	Caribia	Puerto Tejada-25	Palmira
7199-24	Palmira	Gerlain	Palmira y Caribia	Puerto Tejada-8	Palmira
7199-4	Palmira	Guadalupe blanca	Palmira	Roja redonda	Palmira y Caribia
Africana-10	Palmira y Caribia	Guadalupe roja-C-4	Palmira	Rojo africano	Palmira y Caribia
Blanca-1	Palmira y Caribia	Guava air layers	Caribia	S-961 Pulpa Roja	Palmira
Boliviana	Palmira	Guava air layers red	Palmira y Caribia	San Jose roja	Palmira y Caribia
Caribia-1	Caribia	Guava air layers white	Caribia	Trinidad-30-10	Palmira
Caribia-2	Caribia	Guava air layers white-A	Palmira	Trujillo-2	Palmira y Caribia
Caribia-3	Caribia	Guava air layers whiteB	Palmira	UNAL-003	Palmira
Cimpa roja-C-3	Palmira	Guava air layers white-M	Palmira	UNAL-005	Palmira
Coronilla cáscara roja	Palmira	ICA roja-2	Palmira	UNAL-006	Palmira
Coronilla del Chocó	Palmira	Jaibaná	Palmira	UNAL-007	Palmira
Coronilla roja	Caribia	Magdalena-3	Caribia	UNAL-008	Palmira
Coronilla-0330	Palmira	Manzana	Palmira	UNAL-009	Palmira
Criolla mediana	Palmira	Palmira ICA-1	Palmira y Caribia	Variegado	Palmira
Criolla-13	Palmira y Caribia	Peruana	Palmira y Caribia	Venezuela-A-10	Palmira
D-13	Palmira y Caribia	Polonuevo	Palmira y Caribia	<b>52 accesiones</b>	<b>Dos C.I.</b>
D-14	Palmira y Caribia	Puerto Rico	Palmira y Caribia		

## 2.3 Variables morfológicas (evaluadas)

Para desarrollar la primera aproximación a los descriptores morfológicos de guayaba, se tomó como referencia: caracterizaciones preliminares que han sido desarrolladas por otros investigadores en el contexto nacional e internacional (Departamento de Botánica, de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, Venezuela, por Sánchez y Peña, 2011); así como, la identificación en campo de variables o descripciones morfológicas no descritas o citadas en documentos revisados en la literatura disponible.

Con base en las experiencias citadas en la literatura y reportes de otras caracterizaciones en otras especies, para la primera aproximación del descriptor morfológico y la caracterización del banco de guayaba, se consideraron los siguientes aspectos morfológicos de la planta.

**Tabla 6.** Variables morfológicas de la planta

<b>Parte Planta</b>	<b>Descripción</b>
<b>Tallo</b>	Algunas de las variables relacionadas con esta estructura estarán determinadas por la forma, diámetro y color tanto del tallo como de las ramas principales; conformación y aspecto de las exfoliaciones en la superficie.
<b>Hojas</b>	Este órgano se evaluará de acuerdo a criterios como: orientación de las hojas (posición de las hojas con respecto a las ramas); forma, margen, longitud, ancho, ángulo de inserción, color y filotaxia de las hojas. Forma del ápice y de la base. Largo y forma del peciolo, como también pubescencia, presencia de nervaduras.
<b>Flor</b>	La flor será evaluada de acuerdo a la distribución, disposición y número de flores por inflorescencia. El número del nudo de la primera flor en ramas productivas, así como el tamaño y fragancia de la flor. longitud y color del pedicelo; número, longitud y ancho de los pétalos; número de estambres, dehiscencia e inserción de las anteras; forma y longitud del estilo, y forma del estigma. Igualmente, se observará la forma del disco o receptáculo del ovario.
<b>Cáliz</b>	El cáliz será evaluado a través de la pubescencia y el diámetro; número y posición de los sépalos, y presencia de estípulas.
<b>Fruto</b>	Se tomarán registros de la forma del fruto, así como del ápice y su base. También, la inserción del pedúnculo, diámetro polar y ecuatorial del fruto, así como la coloración del fruto y textura del epicarpio.
<b>Semilla</b>	En la semilla se medirá el diámetro polar y ecuatorial, así como el número, textura, forma y color.

Fuente: elaboración propia

Se analizaron los trabajos de investigación relacionados con la descripción general de la planta en aspectos como: forma de la copa (referido a la manera como están conformadas las ramas del árbol, por ejemplo), hábito de crecimiento (disposición de las ramas para conformar su copa); altura de la planta, diámetro de la copa y distribución de ramas fueron analizadas de conformidad con las condiciones de establecimiento de cada individuo (Sánchez y Peña, 2011).

## **2.4 Proceso para elaboración de análisis**

Para realizar el análisis morfológico y químico se colectaron tres frutos de tres repeticiones de 43 accesión, con características óptimas de madurez, libres de daños mecánicos o plagas. Esta labor se llevó a cabo en el banco germoplasma de guayaba del centro de investigación agropecuaria AGROSAVIA, Palmira.

Se trasladaron al laboratorio, fueron lavados con agua potable y secados con toallas absorbentes y destinados a análisis de variables cualitativas: forma del fruto, forma del ápice, forma de la base del fruto, inserción del pedúnculo, forma de la cavidad del

pedúnculo, olor del fruto, color de la corteza y de la pulpa, textura del epicarpio y mesocarpio, forma de la semilla y variables cuantitativas como peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, diámetro de la cavidad seminal, grosor de la corteza mesocarpio, peso de la cavidad seminal, peso del mesocarpio, peso de la semilla en base húmeda, peso de la cáscara en base húmeda, peso de la pulpa en base húmeda, % de acidez total titulable, % de sólidos solubles (°Brix), Ph, Vitamina C y Pectina.

**Tabla 7.** Proceso análisis aspectos morfológicos

Aspecto morfológico	Proceso	Parámetros
<b>Forma del fruto</b>		Esférica Ovoide Periforme Elipsoide
<b>Forma del ápice</b>		Angular Truncado Deprimido o Unido
<b>Forma de la base del fruto</b>	Establecida visualmente	Con cuello Cóncevo Cóncavo Convexo con cuello
<b>Inserción del pedúnculo</b>		Oblicua Vertical o central
<b>Forma de la cavidad del pedúnculo</b>		Ausente Ligero Poco profundo Profundo
<b>Olor del fruto</b>	Se calificó	Fuerte y penetrante Débil y agradable
<b>Color de la corteza del fruto</b>	Establecida visualmente	Verde Amarillo Amarillo rosado Rojo
<b>Textura de epicarpio</b>	Se realizó de forma visual y utilizando la yema de los dedos sobre cada uno de los frutos y se calificó	Lisa Rugosa
<b>Peso del fruto</b>	Se pesaron los frutos individualmente en una balanza analítica reportando el peso en gramos (g)	
<b>Diámetro polar</b>	Se tomó cada uno de los frutos y mediante la utilización de un pie de rey se realizó la medición del diámetro polar reportando su valor en milímetros (mm).	
<b>Diámetro ecuatorial</b>	Se tomó cada uno de los frutos y mediante la utilización de un pie de rey se realizó la medición del diámetro ecuatorial reportando su valor en milímetros (mm)	
<b>Diámetro de la cavidad seminal</b>	Se tomó cada uno de los frutos y mediante la utilización de un pie de rey se realizó la medición del diámetro de la cavidad seminal. Esta medición se realizó por duplicado y se reportó el dato promedio en milímetros (mm)	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.** Continuación II) Proceso análisis aspectos morfológicos

<b>Peso</b>	<b>Proceso</b>	<b>Parámetros</b>
<b>Grosor de la corteza mesocarpio</b>	Con la ayuda de un pie de rey, se tomaron cuatro mediciones distintas del mesocarpio + epicarpio, reportando el valor promedio en mm.	
<b>Color del endocarpio</b>	Establecida visualmente	Blanca Amarilla Rosada
<b>Textura del mesocarpio</b>	Se realizó de forma visual y utilizando la yema de los dedos sobre cada uno de los frutos y se calificó	Suave Poco granulosa Granulosa
<b>Forma de la semilla</b>	Después de la obtención de las pulpas, se dispersan las semillas de cada uno de los frutos individualmente sobre papel absorbente y se determina visualmente	Fusiforme Clavada Coniforme Ovoide Deltada Globoide Elíptica Reniforme Oblonga Abovada
<b>Peso de la cavidad seminal</b>	con la ayuda de una cuchara cuidadosamente se retiró de cada fruto la cavidad seminal pulpa + semilla y se pesó en una balanza semi analítica y reportando el peso en gramos (g).	
<b>Peso del mesocarpio</b>	Con la ayuda de una cuchara y cuidadosamente se retiró el mesocarpio quedando el epicarpio lo más limpio posible y se pesó en la balanza analítica, reportando el peso en gramos (g)	
<b>Forma de la semilla</b>	Después de la obtención de las pulpas, se dispersan las semillas de cada uno de los frutos individualmente sobre papel absorbente y se determina visualmente	Fusiforme Clavada Coniforme Ovoide Deltada Globoide Elíptica Reniforme Oblonga Abovada
<b>Peso de la semilla en base húmeda</b>	Una vez identificada la forma de la semilla, se eliminó la cantidad de agua adicionada, para obtener el jugo. Utilizando papel periódico por seis (6) horas. Seguidamente se pesa con la ayuda de una balanza analítica para obtener el peso en gramos (gr).	
<b>Peso de la cáscara en base húmeda</b>	Una vez extraída la pulpa, se procedió a pesar el epicarpio en una balanza analítica para obtener el peso en base húmeda, el dato arrojado que se toma es en gramos (gr)	
<b>Peso de la pulpa en base húmeda</b>	Con la ayuda de una cuchara y cuidadosamente se retiró el mesocarpio y endocarpio se pesó en la balanza analítica, reportando el peso en gramos (g)	

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, para determinar el porcentaje de pulpa, acidez total titulable y de sólidos solubles fue necesario:

**Porcentaje (%) de pulpa:** se determinó por diferenciación al dividir el peso de la pulpa en base húmeda sobre el peso del fruto multiplicado por 100.

**Porcentaje (%) de acidez total titulable:** se obtuvo a partir de métodos volumétricos, mediante una titulación que implicó preparaciones de soluciones, el corresponde a agente titulado (Jugo), el cual contiene ácidos orgánicos el cual varía según el tipo de fruta, en segunda instancia se preparó la solución indicadora el consta de fenolftaleína ( $C_{20}H_{14}O_4$ ) al 1.0% en Alcohol etílico ( $C_2H_6O$ ) al 95% el cual permitió un cambio de color en la muestra, ya que es incoloro a rosa cuando se encuentra presente en una reacción ácido-base y por última un agente titulante el cual corresponde a una base, de hidróxido de sodio (NaOH) de normalidad al 0,405 N. El cual genera un equilibrio químico (Gutierrez, 2013; Villano, 2013). De la siguiente manera.

Se tomó 5.0 ml. del jugo y se depositó en un beaker con capacidad de 50 ml, adicionando 20 ml de agua destilada, a este volumen de jugo más agua destilada, se le agregó tres gotas de fenolftaleína al 1.0 % en Alcohol Etílico; posteriormente, se introdujo en el beaker un magneto que giro de acuerdo a la velocidad que le imponga en la plancha de agitación. Por último, este Jugo se titula gota a gota con la solución de Hidróxido de sodio (NaOH) 0.405 N valorada con la Bureta Digital para mayor exactitud, pasando de un color natural de la muestra hasta la aparición de un color rosa muy ligero, se anotó el dato del volumen de los mililitros de Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.405 N gastados en la bureta digital, con este dato se realizó los cálculos para la determinación de la cantidad de Acidez Total presente en el jugo de la fruta, aplicando la siguiente fórmula (Gutierrez, 2013; Villano, 2013)

$$\% \text{ Acidez Total} = \frac{Vg (\text{NaOH Gastado}) * N (\text{NaOH utilizado}) * \text{Milieq} (\text{Ácido Predominante}) * 100}{Vm (\text{muestra jugo})}$$

Donde:

- Vg: Volumen gastado por la base (NaOH) en ml. (Titulante).
- N: Normalidad de la base (Titulante).

- Milieq: Peso mili equivalentes del ácido predominante en la muestra de jugo.
- 100: Factor para pasar a porcentaje.
- Vm: volumen de la muestra de jugo ácido en ml. (Titulado).

**Sólidos solubles totales (°Brix):** Los Grados °Brix es un indicativo de contenido de sólidos solubles presentes en alguna sustancia. En las frutas este valor indica la cantidad de azúcar (sacarosa) presente en la fruta, se pudo determinar por métodos refractómetros, el instrumento de medida es el Refractómetro. Esta medición se basa en medir el índice de la refracción de la luz y la concentración del soluto (azúcar) en el jugo, la cual implica la calibración del refractómetro con las soluciones estándares requeridos para el desarrollo de esta actividad.

Posteriormente, se registró los datos o valores de medición de grados Brix de la solución estándar en los formatos de control, y seguidamente de la extracción del Jugo se toman 5.0 gotas del jugo o lo necesario para cubrir el prisma del Refractómetro, depositamos las gotas necesarias del jugo para su respectivo análisis esperando que aparezca el dato o valor en el display del equipo. Así mismo, cada vez que se realizó cada lectura se lavó muy bien el prisma con agua destilada con frasco lavador, sacudir suavemente o secar con papel de arroz sin frotar el prisma del Refractómetro, anotamos el dato o valores de Grados Brix que arrojó el Refractómetro y se pasó al formato indicado para cada análisis de calidad de fruta.

### 2.4.1 Determinación pH

La determinación del pH, permitió analizar la actividad o concentración de los iones hidrógenos, el pH se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o básica presente en el jugo de la fruta en unidades de pH en un rango de 0 a 14, bajo condiciones de madurez y controlar la incidencia de factores ambientales externos que favorecen el deterioro de la calidad de las frutas en su estado final de desarrollo y madurez.

El pH de una sustancia se pudo determinar por métodos potenciométricos. Ésta medición se realizó mediante una lectura del potencial de iones hidrógenos, la cual implica la calibración de un potenciómetro con tres agentes o medios estándares: solución de pH 4.0, solución de pH 7,0 y solución de pH 10., llamadas también solución Buffer, Tampón o

reguladoras, Estas sustancias debe contener un ácido débil y una sal de éste ácido las soluciones que se utilizaron para la calibración del potenciómetro en la determinación del análisis del pH son buffer, Tampón o Reguladoras estandarizadas con las respectivas unidades de pH

### **2.4.2 Análisis del pH**

Después de la extracción del Jugo a analizar de acuerdo al protocolo para cada fruta, se tomó 15.0 ml. del jugo y se depositó en un beaker con capacidad de 50 ml. Antes de iniciada las lecturas de las muestras de jugo, se lavó con agua destilada con frasco lavador el electrodo y posteriormente, se introdujo en el beaker el electrodo que contenga el equipo o potenciómetro para su respectivo análisis esperando que estabilice y aparezca la respuesta de Ready en el display del equipo cuando ya está el dato o valor. Así mismo, cada vez que se realizó cada lectura se lavó muy bien el electrodo con agua destilada con frasco lavador, sacudió suavemente o secar con papel de arroz sin frotar el bulbo del electrodo. Se anotó el dato o valores de pH que arrojó el potenciómetro y se pasó al formato indicado para cada análisis de calidad de fruta.

### **2.4.3 Vitamina C**

La determinación de vitamina C permitió analizar la cantidad de Ácido Ascórbico predominante presente en el jugo de la fruta en concentraciones adecuadas bajo condiciones de madurez y controlar la incidencia de factores ambientales externos que favorecen el deterioro de la calidad de las frutas en su estado final de desarrollo y madurez. La vitamina C o Ácido Ascórbico de una sustancia se determinó por métodos volumétricos. Esta medición se realizó mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulado (analito), el acidificante y el titulante auto-indicador. Los siguientes cálculos se plantearon de acuerdo a las metodologías propuestas por NTC 4623 (1999); NTC 4624 (1999); Escobar, (2004); Leterme y Estrada, (2008).

**Agente Titulado (Jugo):** Es la sustancia que contiene el ácido. La vitamina C o Ácido Ascórbico proviene de los ácidos orgánicos que existe en todas las frutas, especialmente

predomina un tipo de ácido en las frutas usadas para hacer los zumos de frutas. El jugo de fruta varía en contenido de vitamina C, dependiendo del tipo de fruta

**Solución Acidificante:** Como se sabe hay frutas con menos acidez que otras y para poder determinar el contenido de vitamina C o Ácido Ascórbico se requiere de un medio ácido y por tanto se le debe adicionar una solución de Ácido Acético al 8 %.

**Agente Titulante:** Es una base, en este caso es una solución de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 2,6 – Diclorofenol Indofenol Sal Sódica ( $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ ). donde sucede un estado que alcanza una reacción reversible en las que las velocidades reaccionan en ambos sentidos de la misma son iguales (Equilibrio Químico).

**Agente para Determinar el Factor de Corrección:** para la determinación de dicho factor, se debió realizar una titulación de una solución de Ácido Ascórbico o vitamina C ( $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_6$ ) con el agente titulante utilizado para este análisis es cual es un autoindicador, que si bien no se requiere ajustar concentración se debe tener un valor equivalente a los mg de vitamina C, llamado factor de corrección, para ello se tomó 2ml. de solución de Ácido Ascórbico a una concentración de 1.0 mg/ml depositandolo en un beaker con capacidad de 50 ml. a este volumen de solución de Ácido Ascórbico, se le agregó 2 ml de Solución Ácido Acético al 8 %, Posteriormente, introducimos en el beaker un magneto que giraron de acuerdo a la velocidad que le imponga en la plancha de agitación cuando este puesto.

Por último, esta solución se titula gota a gota con la solución de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 2,6 – Diclorofenol Indofenol Sal Sódica ( $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ ) con la Bureta Digital o Titulador para mayor exactitud, pasando de un color natural de la muestra hasta la aparición de un color violeta, se anotó el dato del volumen de los mililitros de la solución de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 2,6 – Diclorofenol Indofenol Sal Sódica ( $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ ) gastados en la bureta digital o Titulador, con este dato se realizó los cálculos para la determinación del factor de corrección, de esta manera se encuentran los ml de esta solución que equivalen a 1.0 mg de vitamina C, aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de Corrección} = \frac{2.0 \text{ mg de Vitamina C} * 1.0 \text{ ml de Solución Titulante}}{\text{ml Solución Titulante gastados}}$$

Después de la extracción del Jugo a analizó de acuerdo con el protocolo para cada fruta, se tomó 2 ml. del jugo depositándolo en un beaker con capacidad de 50 ml, a este volumen de jugo, se le agregó 2 ml de Solución Ácido Acético al 8 %. posteriormente, se introdujo en el beaker un magneto que giran de acuerdo a la velocidad que le imponga en la plancha de agitación cuando este puesto. Por último, este Jugo se titula gota a gota con la solución de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 2,6 – Diclorofenol Indofenol Sal Sódica ( $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ ) con la Bureta Digital o Titulador para mayor exactitud, pasando de un color natural de la muestra hasta la aparición de un color violeta. Se anotó el dato del volumen de los mililitros de la solución de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y 2,6 – Diclorofenol Indofenol Sal Sódica ( $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ ) gastados en la bureta digital o Titulador, con este dato se realizó los cálculos para la determinación de la cantidad de Vitamina C o Ácido Ascórbico presente en el jugo de la fruta, aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{mg de vitamina C} = \frac{\text{Factor corrección} * \text{V gastado Agente titulante} * 100}{100 \text{ ml de jugo } V_m (\text{muestra jugo})}$$

## 2.5 Análisis estadístico

Para llevar a cabo la técnica de exploración de análisis de componentes principales se usó el paquete FactoMineR (Lê et al., 2008). Para ello, antes de efectuar el análisis fue necesario estandarizar todas las variables debido a que no todas las variables tenían la misma unidad de medida. Este procedimiento se denomina “escalado” se realizó mediante la resta de su media y posterior división con su desviación estándar.

Continuando con la caracterización morfológica de la guayaba, se procede a presentar las variables cualitativas del banco de germoplasma de guayaba con descriptores como posición sépalos, presencia estípulas, forma estigma, inserción antera, forma estilo, color hojas inmaduras, color hojas maduras, orientación hojas, disposición hojas en tallo, forma ápice hoja, forma base lámina hoja, hábito de crecimiento, distribución de las ramas, corteza del tallo, forma de hoja y margen hojas. En las siguientes figuras y tablas se presentan las características de las accesiones.

## 3 Resultados

El siguiente capítulo de investigación presenta los resultados de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas.

### 3.1 Caracterizaciones variables morfológicas

Se presentan los resultados cuantitativos y cualitativos de la planta, los cuales permitieron caracterizar morfológicamente las accesiones de guayaba.

#### 3.1.1 Resultados variables cuantitativas de la planta

Dentro de los resultados cuantitativos sobresale que las variables con mayor variación (coeficientes de variación más alto) son la longitud del pedicelo (31,88%), área de la copa (37,55%) y diámetro del tallo (34,22%); igualmente, se presentaron variables que tuvieron una distribución normal como lo es el tamaño de la flor, longitud del pedicelo, ancho del pétalo y altura de la planta; el resto de las variables no siguieron dicha distribución. Por otra parte, al efectuar la prueba de Shapiro Wilk los resultados mayores al  $p\text{-value} = 0.05$  corresponden a variables con distribución normal. La únicas que no se les aceptó la hipótesis nula de normalidad fueron el diámetro del cáliz (0,087) y largo del peciolo hoja (0,004); el resto de las variables se encuentran dentro de la distribución de normalidad. Esta información se analiza en las siguientes tablas y figuras de este apartado cuantitativo.

En la **Tabla 9**, se puede visualizar las medidas de tendencia central de las variables medidas a cada uno de los genotipos; las variables con mayor coeficiente de variación fueron longitud del pedicelo, área de la copa y diámetro del tallo.

**Tabla 9.** Medidas de tendencias central de las variables de estudio

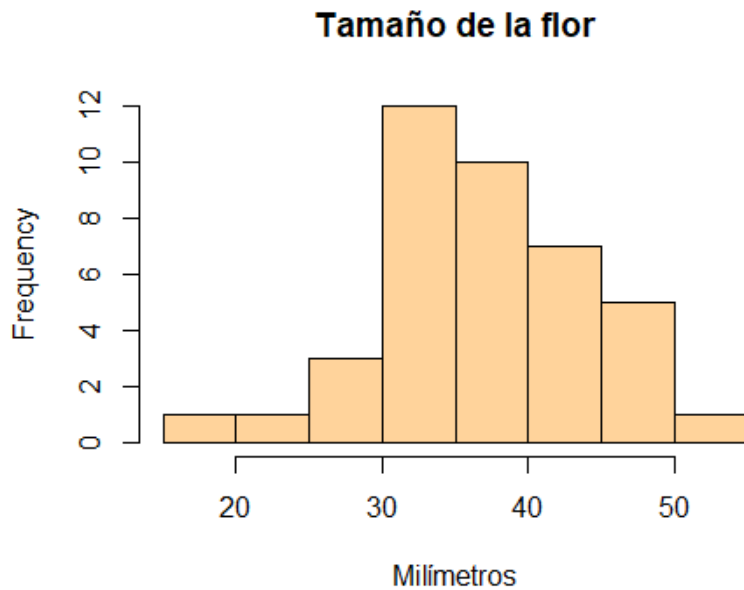
Variable	Media	Varianza	Desviación Est	Coficiente de var	Min	Max
Tam_Flor	36,82	47,55	6,89	18,72	17,1	51
Diam_Caloz	24,00	15,3	3,91	16,29	12,2	34,8
Long_Pedi	15,65	24,90	4,99	31,88	4,3	28,8
Form_Recep	4,89	0,42	0,65	13,37	3,6	6,3
Long_Peta	17,25	13,29	3,64	21,13	5,4	23,8
Ancho_Peta	11,07	4,27	2,06	18,66	5	17,2
Long_Pisti	12,35	6,11	2,47	20,01	5,5	18
Larg_Pec_Ho	7,82	2,84	1,68	21,56	5,1	12,4
Tam_Hoja	11,41	2,85	1,68	14,79	7,9	14,9
Anch_Lami	5,12	0,53	0,73	14,32	3,9	6,7
ángulo_Ho	50,30	24,99	4,99	9,93	36,5	58,5
Altu_Plan	4,44	1,01	1,00	22,71	1,5	6,7
Area_Copa	21,55	65,50	8,09	37,55	2,8	42,7
Diam_Tallo	62,82	462,91	21,51	34,24	14	120,7

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la información anterior, sobresale que las variables que presentan una mayor variación son la longitud de pedicelo, área de copa y diámetro de tallo, es decir, fueron las variables que mayor diferencia tuvieron con respecto a sus valores mínimos y máximos; por ejemplo, diámetro de tallo tuvo un valor mínimo de 14 cm y un valor máximo de 120,7 cm, lo que quiere decir que hubo arboles con un diámetro de tallo muy delgado (14 cm) y otros que fueron muy gruesos (120 cm). Este tipo de variables actúan como variables discriminatorias. Por otro lado, también se encontraron variables que no mostraron una variación alta como lo fueron forma del receptáculo (min: 3,6 y max: 6,3) y ancho de lámina foliar (min: 3,9 y max: 6,7).

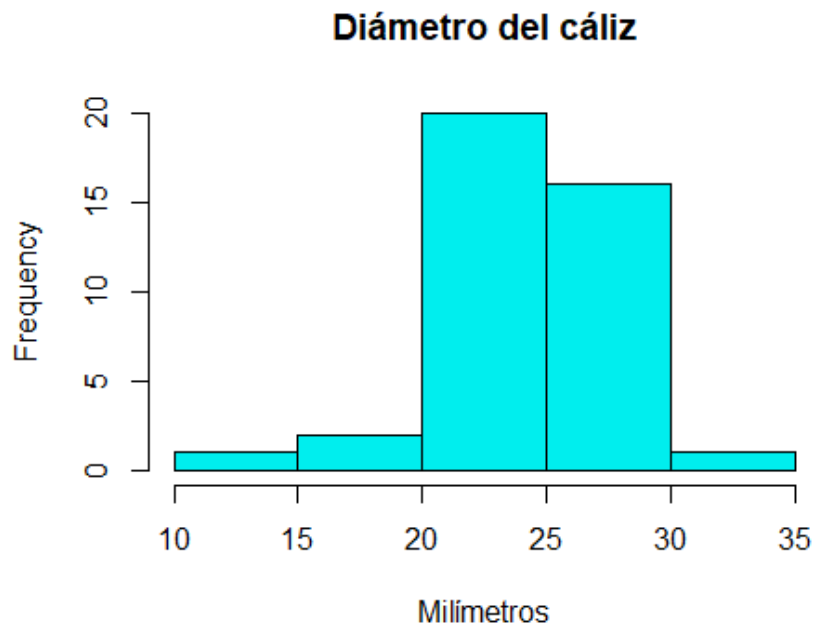
Desde la **Figura 4** hasta la **Figura 17**, se pueden observar las distintas distribuciones que tienen todas las variables cuantitativas medidas a las plantas pertenecientes al banco de germoplasma de Guayaba. Visualmente comparando dichas distribuciones con la distribución normal se puede entrever que hubo algunas variables que siguieron la forma de una distribución normal como por ejemplo Tamaño de la flor, longitud del pedicelo, ancho del pétalo y altura de la planta; el resto de las variables no siguieron dicha distribución.

**Figura 4.** Distribución de tamaño de flor



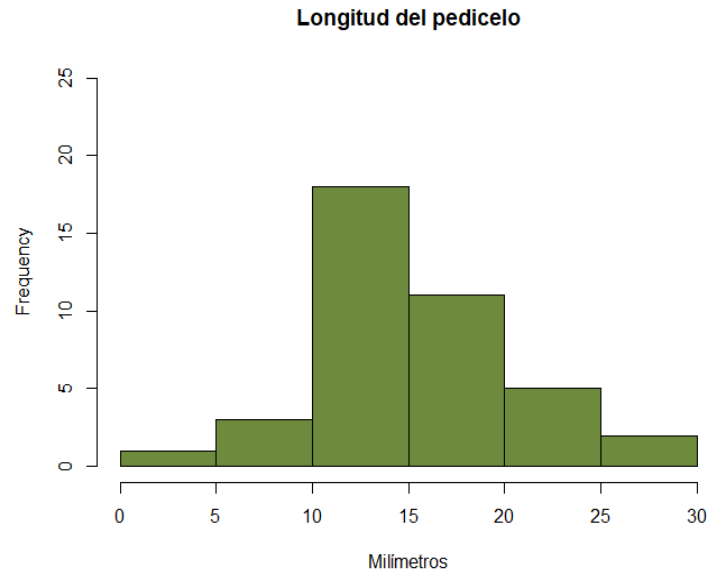
En la **Figura 4** se observa que, 12 genotipos se destacaron con flores de tamaño entre 30 a 35 milímetros, 10 genotipos con flores de tamaño entre 35 a 40 milímetros y 7 genotipos con flores de tamaño entre 40 y 45 milímetros. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 18,72%

**Figura 5.** Distribución de diámetro de cáliz



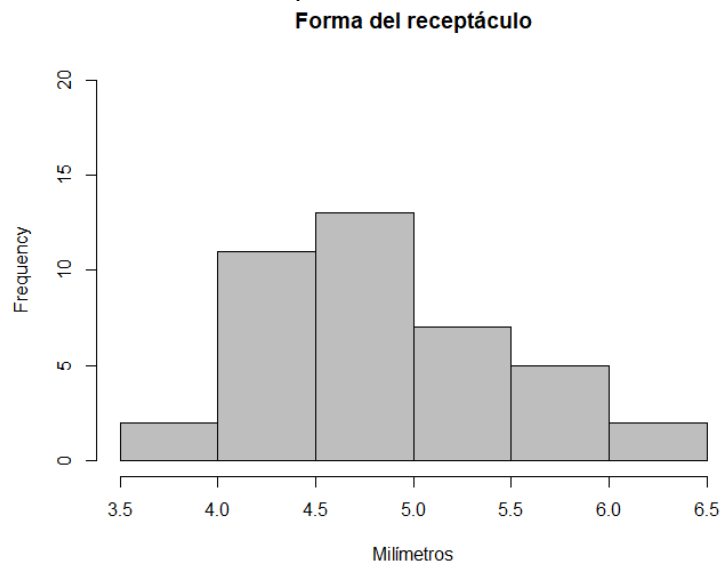
En la **Figura 5** se observa que, 36 genotipos tuvieron un diámetro de cáliz sobresaliente entre 20 y 30 milímetros, 3 genotipos entre 10 y 20 milímetros y solo 1 genotipo tuvo un diámetro de cáliz entre 30 y 35 mm

**Figura 6.** Distribución de Longitud del pedicelo



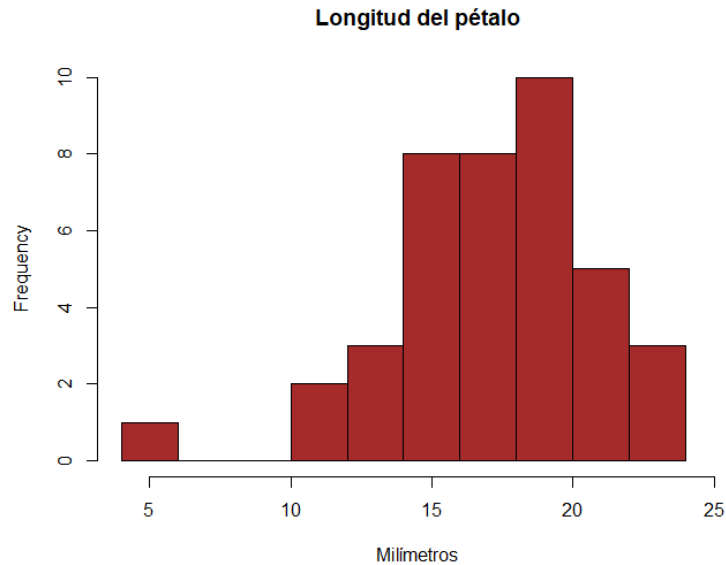
En la **Figura 6** se observa que, 18 genotipos se destacaron por tener una longitud de pedicelo entre 10 y 15 milímetros, 11 entre 15 y 20 milímetros y 5 genotipos entre 20 y 25 milímetros.

**Figura 7.** Distribución de forma de receptáculo



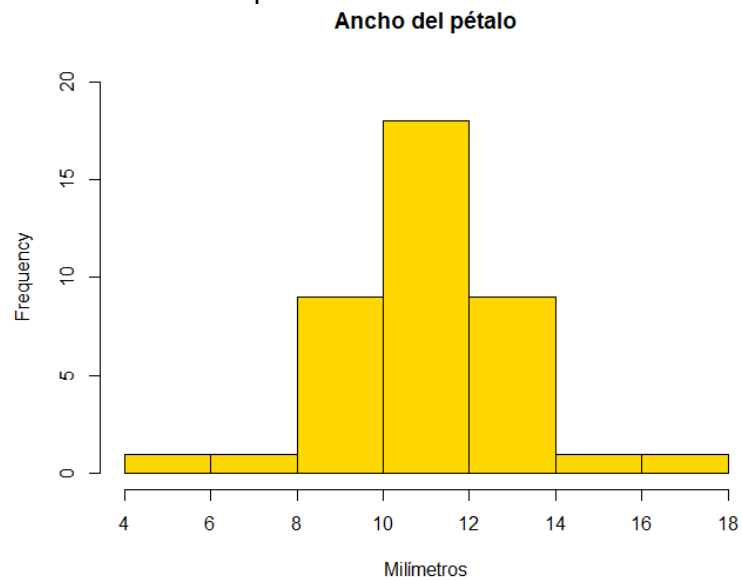
En la **Figura 7** se observa que, 11 genotipos se destacaron por tener una forma de receptáculo entre 4 y 4,5 milímetros, 13 entre 4,5 y 5 milímetros y 7 genotipos entre 5 y 5,5 milímetros.

**Figura 8.** Distribución de longitud del pétalo



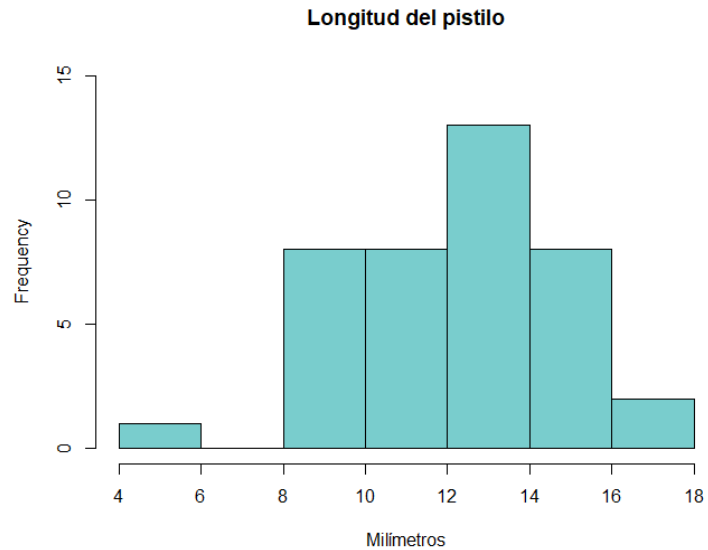
En la **Figura 8** se observa que, ningún genotipo tuvo pétalos de 5 – 10 milímetros, 16 genotipos se destacaron por tener pétalos 15 y 18,5 milímetros de largo y 10 genotipos con pétalos de 19 milímetros.

**Figura 9.** Distribución de ancho de pétalo



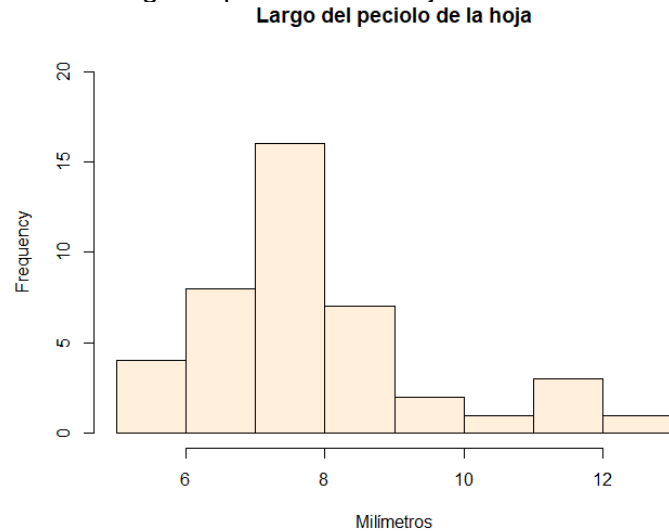
En la **Figura 9** se observa que, 10 genotipos se destacaron por tener un ancho de pétalos entre 8 y 10 milímetros, 18 por tener pétalos entre 10 -12 milímetros y otros 10 genotipos por tener sus pétalos de 12 -14 milímetros de ancho.

**Figura 10.** Distribución de longitud del pistilo



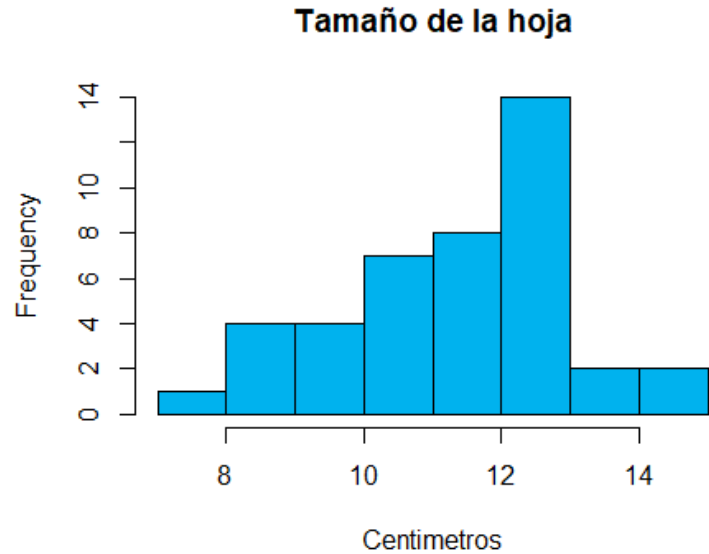
En la **Figura 10** se observa que, 13 genotipos tuvieron una longitud de pistilo sobresaliente entre 12 y 14 milímetros, 16 genotipos entre 8 y 12 milímetros y 8 genotipos entre 14 y 16 milímetros. No hubo genotipos que tuvieran una longitud de pistilo entre 6 y 8 milímetros.

**Figura 11.** Distribución de largo de peciolo de la hoja



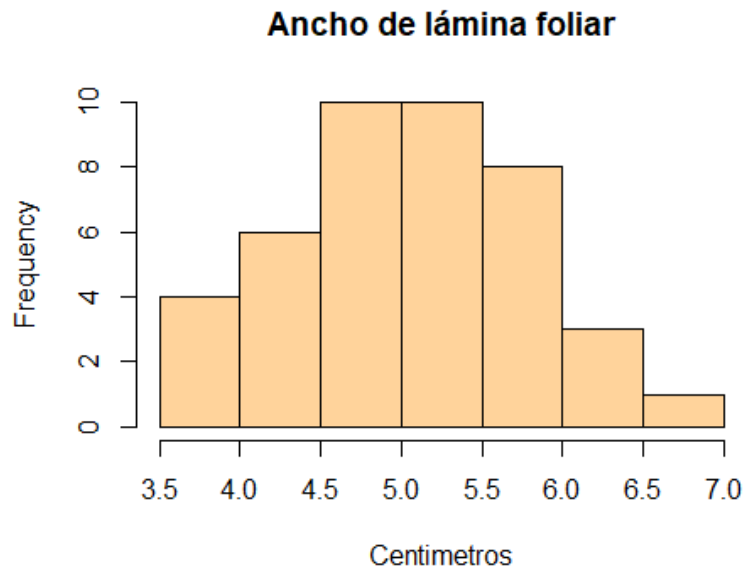
En la **Figura 11** se observa que, 16 genotipos tuvieron largo de peciolo de la hoja sobresaliente entre 7 y 8 milímetros, 8 genotipos entre 6 y 7 milímetros y 7 genotipos entre 8 y 9 milímetros.

**Figura 12.** Distribución de tamaño de la hoja



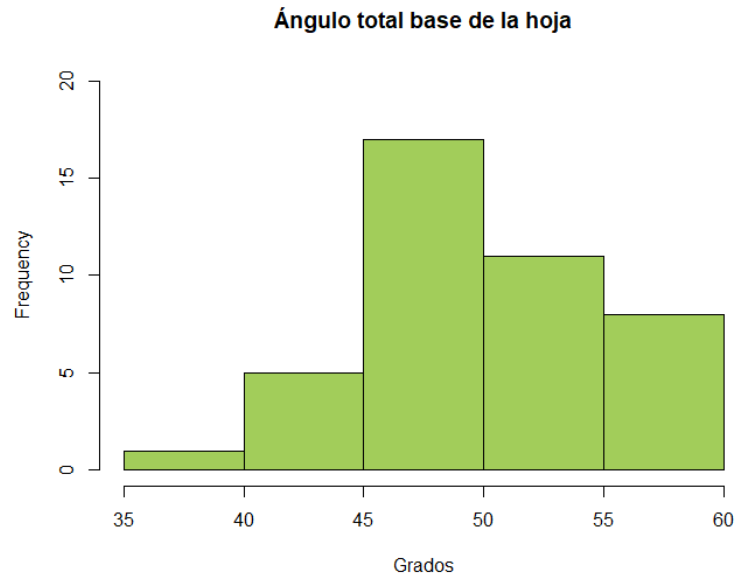
En la **Figura 12** se observa que, 14 genotipos destacaron su tamaño de hoja con medidas entre 12 y 13 milímetros, 8 con medidas entre 11 y 12 milímetros y 7 genotipos con medidas entre 10 y 11 milímetros.

**Figura 13.** Distribución de ancho de lámina foliar



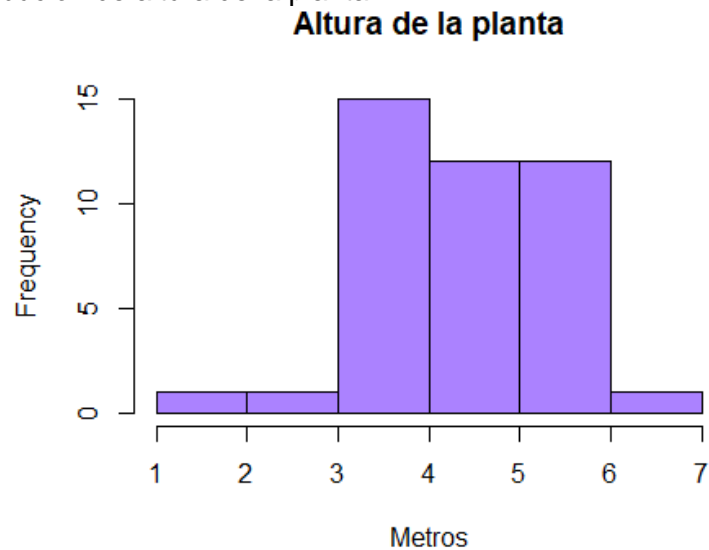
En la **Figura 14** se observa que, 20 genotipos tuvieron un ancho de lámina foliar entre 4,5 y 5,5 centímetros, 8 con medidas entre 5,5 y 6 centímetros y 6 genotipos entre 4 y 4,5 centímetros.

**Figura 14.** Distribución de ángulo total de la hoja



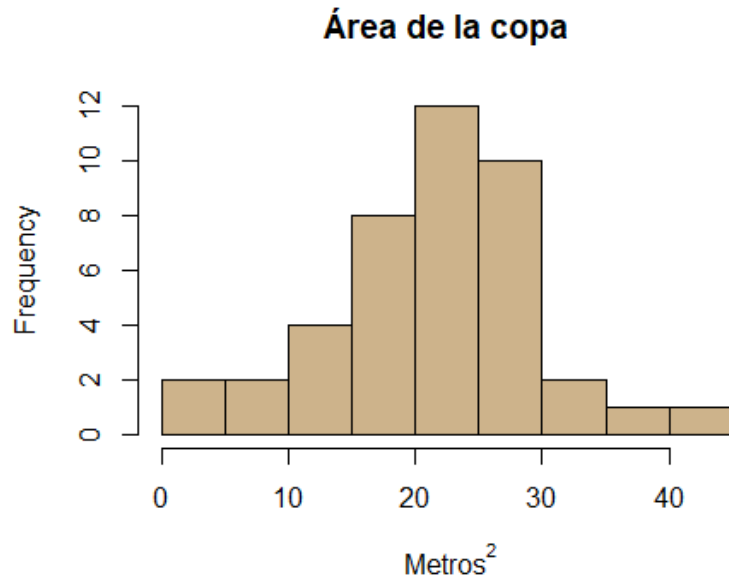
En la **Figura 14** se observa que, 17 genotipos se destacaron por tener un ángulo total de base de la hoja entre 45 y 50 grados, 11 entre 50 y 55 grados y 8 genotipos entre 55 y 60 grados.

**Figura 15.** Distribución de altura de la planta



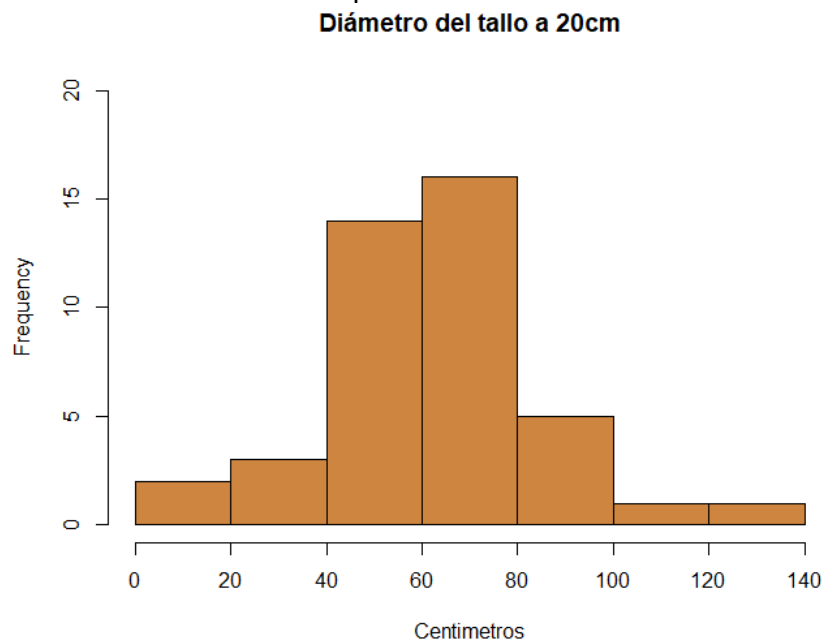
En la **Figura 15** se observa que, 15 genotipos se destacaron por tener entre 3 y 4 metros de altura 24 genotipos tuvieron entre 4 y 6 metros de altura.

**Figura 16.** Distribución de área de la copa



En la **Figura 16** se observa que, 12 genotipos tuvieron un área de la copa sobresaliente entre 20 y 25 metros<sup>2</sup>, 10 entre 25 y 30 metros<sup>2</sup> y 8 genotipos entre 15 y 20 metros<sup>2</sup>.

**Figura 17.** Distribución de área de la copa



En la **Figura 17** se observa que, 16 genotipos destacaron por poseer un diámetro de tallo a 20 centímetros entre 60 y 80 centímetros y 14 genotipos entre 40 y 60 centímetros.

Igualmente se llevó a cabo la prueba de Shapiro Wilk que se usa con el objetivo de contrastar la normalidad de cada conjunto de datos. Esta prueba establece que la hipótesis nula determina la distribución normal de los datos, es decir, aquellos resultados mayores al  $p\text{-value} = 0,05$  corresponden a variables distribuidas normalmente.

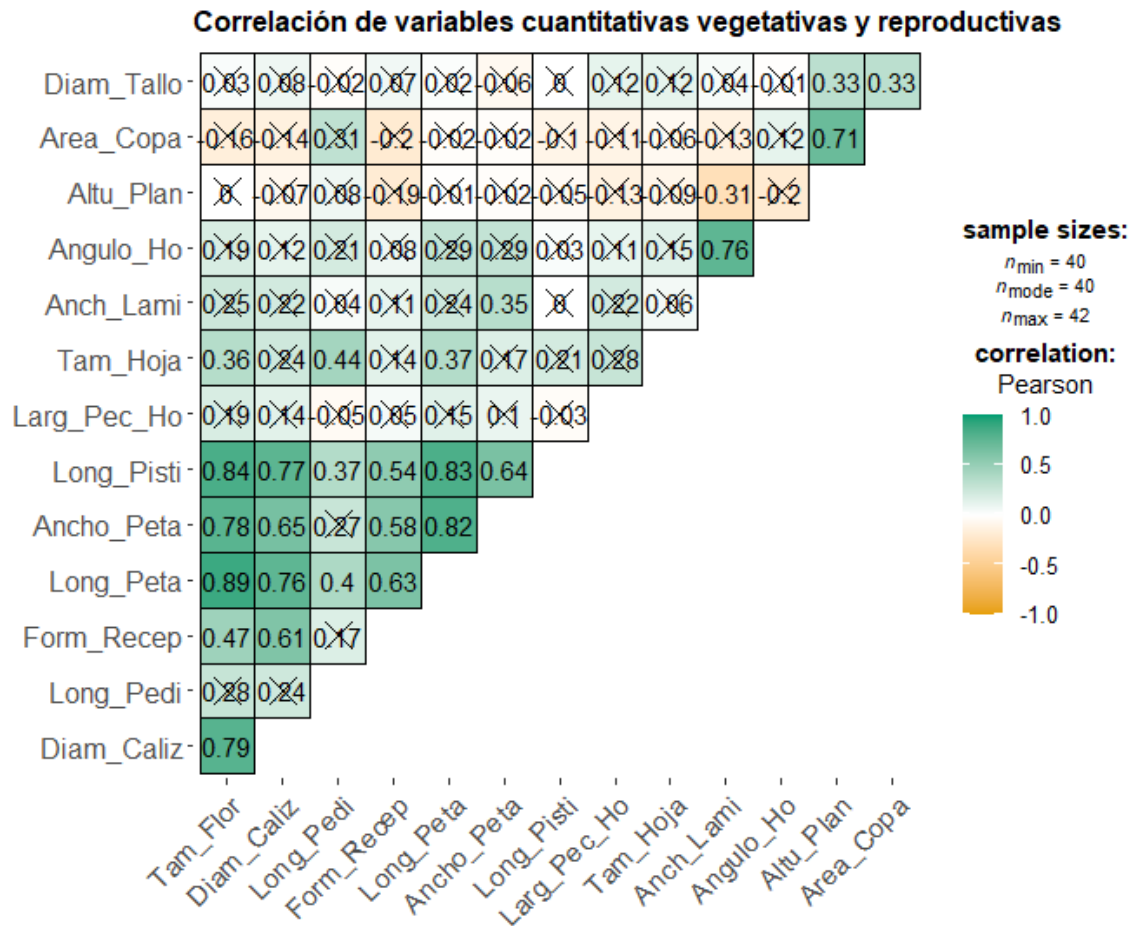
**Tabla 10.** Test de normalidad de las variables cuantitativas.

<b>Variables</b>	<b>Resultado prueba de Shapiro Wilk (p-value)</b>
Tamaño de la flor	0,521
Diámetro del cáliz	0,087
Longitud del pedicelo	0,237
Forma del receptáculo	0,365
Longitud del pétalo	0,209
Ancho del pétalo	0,206
Longitud del pistilo	0,242
Largo del pecíolo hoja	0,004
Tamaño de la hoja	0,224
Ancho de lámina foliar	0,485
Ángulo total base de la hoja	0,278
Altura de la planta	0,594
Área de la copa	0,746
Diámetro del tallo a 20cm	0,506

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la **Tabla 10** se puede concluir que la mayoría de las variables se distribuyen normalmente a excepción de la variable largo del pecíolo de la hoja. Como hubo normalidad se llevó a cabo el procedimiento de correlación de Pearson que se usa para determinar el grado de correlación que tiene cada par de variables cuantitativas. A continuación, en la **Figura 18** se presenta la matriz de correlación de todas las variables señalando en color rojo aquellas correlaciones significativas a un  $\alpha = 0,05$  con una "x".

**Figura 18.** Matriz de correlaciones variables cuantitativas de la planta

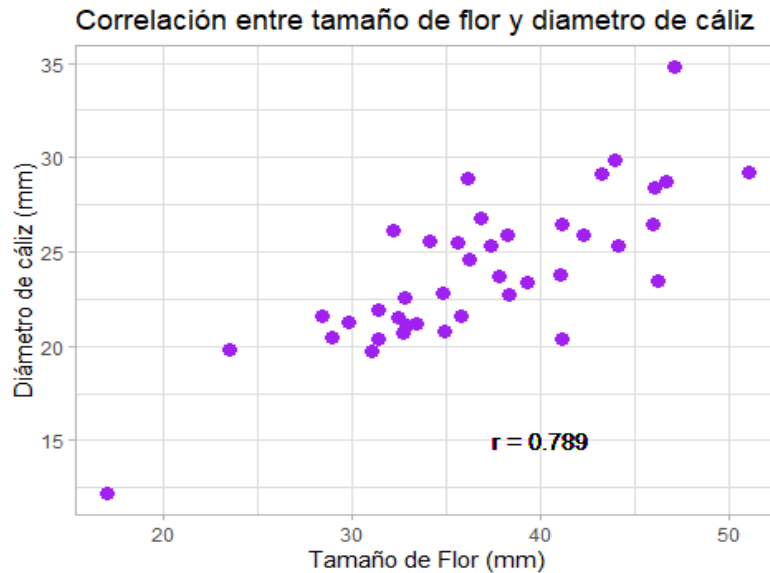


X = non-significant at  $p < 0.05$  (Adjustment: None)

En la matriz anterior, se muestran las diferentes relaciones que se pueden establecer entre todas las variables estudiadas. De acuerdo con el análisis de correlación se encontró que la variable tamaño de flor tiene un correlación significativa y positiva con las variables diámetro de cáliz, forma del receptáculo, longitud de pétalo, ancho de pétalo y longitud de pistilo. La variable diámetro de cáliz tuvo correlación positiva y significativa con las variables forma de receptáculo, longitud de pétalo, ancho de pétalo y longitud de pistilo. La variable forma de receptáculo fue correlacionada significativamente con las variables longitud del pétalo, ancho del pétalo y longitud de pistilo. La variable longitud de pétalo esta correlacionada positivamente con las variables ancho de pétalo y longitud de pistilo. Y la variable ancho de pétalo se correlacionó positivamente con la variable longitud de pistilo. La única variable reproductiva que tuvo poca correlación con el resto de las variables de la flor fue la longitud del pedicelo. En conclusión la variable tamaño de flor fue la variable que

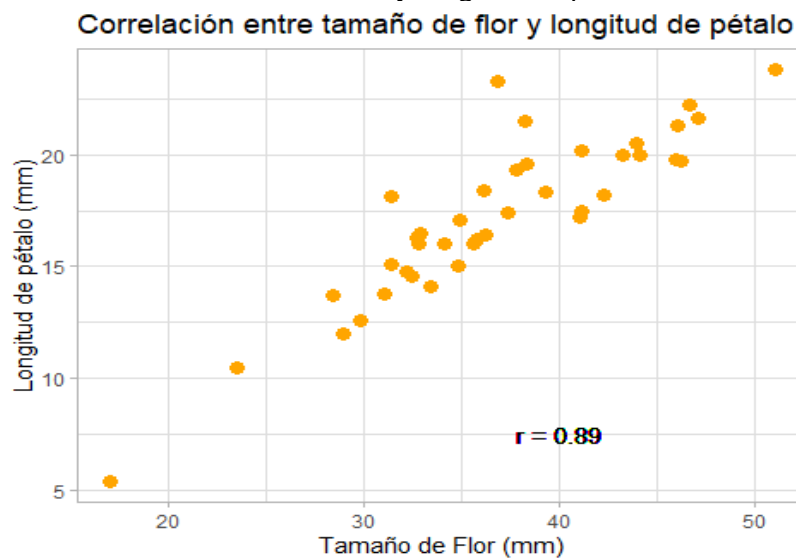
más correlaciones tuvo y por ende puede ser explicada por las variables diámetro de cáliz, longitud de pétalo, ancho del pétalo y longitud de pistilo, con las cuales tiene una alta correlación. Dichas correlaciones se presentan a continuación de forma grafica.

**Figura 19.** Correlación entre tamaño de flor y diámetro de cáliz



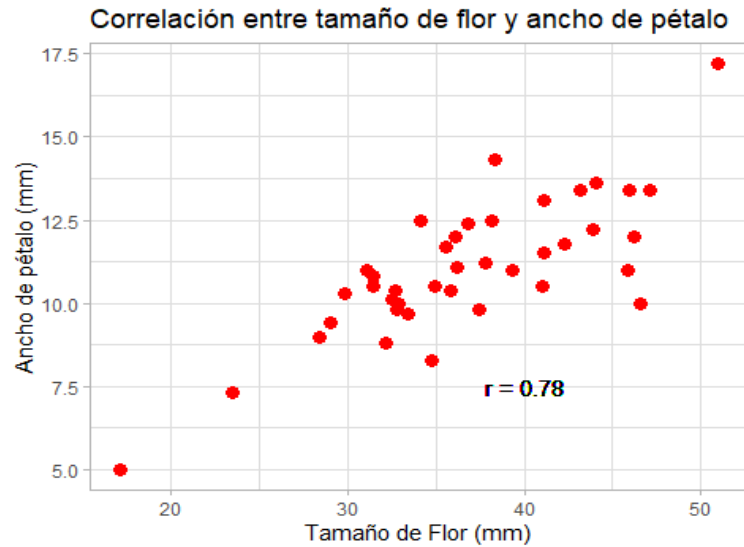
En la **Figura 19** se visualiza la correlación entre las variables tamaño de flor y diámetro de cáliz con una correlación de 0,789, es decir, la variable tamaño de flor puede ser explicada por la variable diámetro de cáliz.

**Figura 20.** Correlación entre tamaño de flor y longitud de pétalo



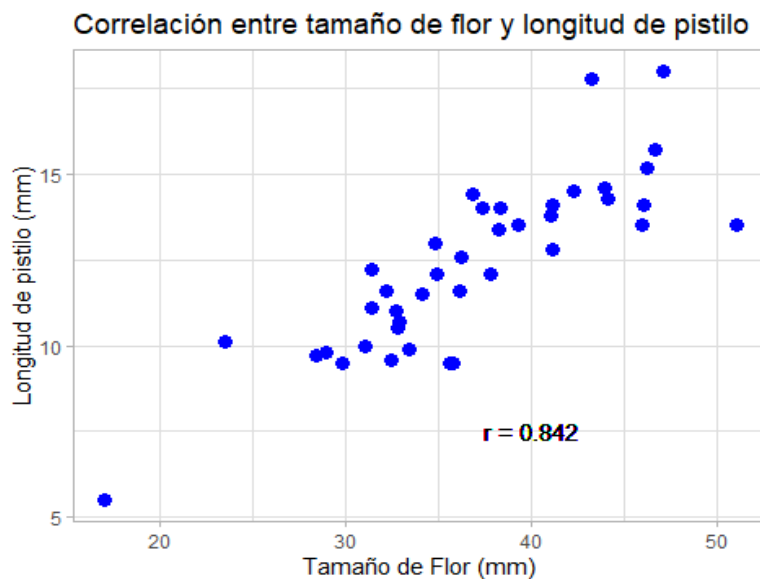
En la **Figura 20** se visualiza la correlación entre las variables tamaño de flor y longitud de pétalo con una correlación de 0,89, es decir, la variable tamaño de flor puede ser explicada por la variable longitud de pétalo.

**Figura 21.** Correlación entre tamaño de flor y ancho de pétalo



En la **Figura 21** se visualiza la correlación entre las variables tamaño de flor y ancho de pétalo con una correlación de 0,78, es decir, la variable tamaño de flor puede ser explicada por la variable ancho de pétalo.

**Figura 22.** Correlación entre tamaño de flor y longitud de pistilo



En la **Figura 22** se visualiza la correlación entre las variables tamaño de flor y longitud de pistilo con una correlación de 0,842, es decir, la variable tamaño de flor puede ser explicada por la variable longitud de pistilo.

Por otro lado, desde el punto vista de variables vegetativas se observó que la variable ancho de lámina foliar se correlacionó positivamente con la variable ángulo total base de la hoja; y la variable altura de planta con la variable área de la copa. El resto de las variables no mencionadas tuvieron correlaciones débiles y no significativas.

Esta información la corrobora, Valderrama y Guchuvo (2015), que manifiesta que el tamaño de la flor presenta una correlación con la longitud del pedicelo, ya que este, es donde se genera el crecimiento de la flor, entonces cuando pedicelo es más grande la capacidad de enviar foto asimilados a la flor es mucho mayor. Valderrama y Guchuvo (2015), también manifiestan que existe una correlación positiva perfecta, ya que existe una dependencia entre el tamaño de la flor y la longitud del pedicelo. Así mismo, expone que para las variables existen correlaciones importantes entre: largo y ancho foliar, tamaño de flor y longitud del pedicelo, longitud del estilo y diámetro polar del fruto – diámetro ecuatorial fruto, grosor del mesocarpio - diámetro polar del fruto – diámetro ecuatorial fruto, ancho y largo de la semilla. Cabe destacar, que en los resultados de la presente investigación no se evidencia una correlación perfecta entre variables.

### **3.1.2 Análisis de componentes principales.**

Para el procesamiento de información de este apartado como se menciona en la metodología se estandarizó los datos en la misma unidad de medida. Se realizó mediante la resta de su media y posterior división con su desviación estándar.

En la **Tabla 11**, se observa la matriz de componentes principales la cual muestra 14 componentes, en los cuales se pueden destacar el primer componente (4,99) explicando el 35,68% de la variabilidad total; seguido de este se encuentra el segundo componente (2,12) explicando el 15,15% de la variabilidad total, y finalmente se encuentra el tercer componente principal (1,75) explicando el 12,53% de la variabilidad total de las variables

medidas, y el 36, 63% restante de la variabilidad de los componentes principales presenta menor variabilidad.

Entre los tres componentes mencionados se logró explicar el 63,37% de la variabilidad total; de esta manera se está alcanzando uno de los objetivos del uso de esta técnica que es reducir la dimensionalidad y explicar la mayor variabilidad posible con la menor cantidad de variables utilizadas. Se escogieron los primeros tres componentes, ya que, su valor es mayor a uno, indicando que estos componentes representan a más de una variable.

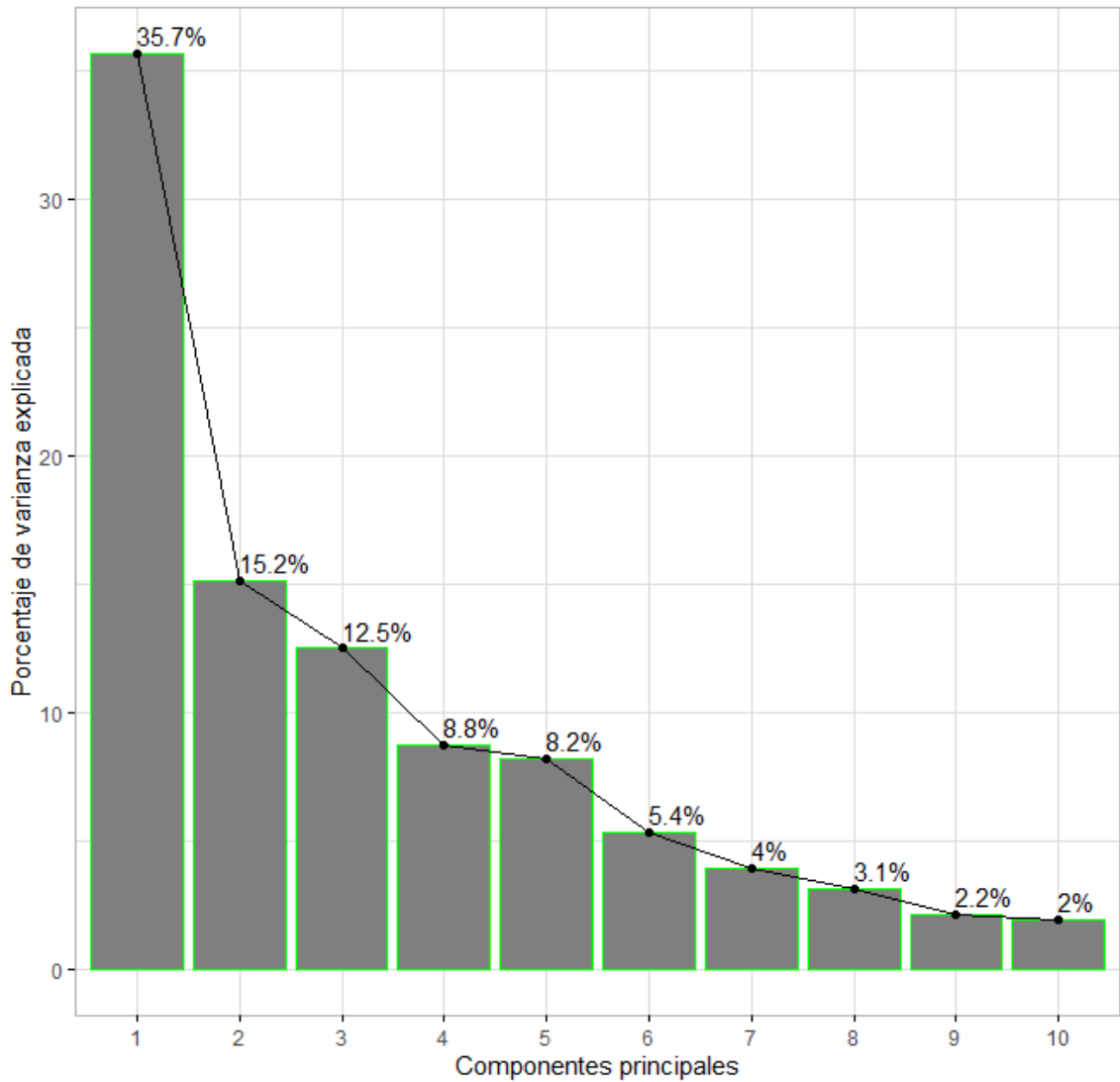
**Tabla 11.** Componentes principales variables cuantitativas de la planta

# Componentes principales	Eigenvalor	Porcentaje de variabilidad explicado (%)	Porcentaje de variabilidad explicado acumulado (%)
Comp 1	4,99	35,68	35,68
Comp 2	2,12	15,15	50,84
Comp 3	1,75	12,52	63,36
Comp 4	1,22	8,77	72,14
Comp 5	1,14	8,21	80,35
Comp 6	0,75	5,36	85,71
Comp 7	0,55	3,96	89,68
Comp 8	0,44	3,14	92,82
Comp 9	0,30	2,17	95,00
Comp 10	0,27	1,97	96,97
Comp 11	0,19	1,39	98,37
Comp 12	0,11	0,79	99,16
Comp 13	0,06	0,49	99,66
Comp 14	0,04	0,34	100

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra la figura de sedimentación o Scree plot que presenta la varianza explicada de cada componente principal. En la **Figura 23**, se puede visualizar la variabilidad o porcentaje de varianza explicada por cada componente principal, la cual explica que donde se produce una estabilización de la varianza explicada (“codo”) indica el número de componentes que se deben escoger. Para este caso, los valores de varianza explicada no cambian del componente cuatro al componente cinco, por lo que utilizar tres componentes es suficiente para su interpretación.

**Figura 23.** Gráfico de sedimentación componentes principales  
Gráfico de sedimentación de variables cuantitativas de la planta



En la figura anterior se puede visualizar la variabilidad o porcentaje de varianza explicada por cada componente principal, la cual explica que donde se produce una estabilización de la varianza explicada (“codo”) indica el número de componentes que se deben escoger. Para este caso los valores de varianza explicada no cambian del componente 4 al componente 5, por lo que utilizando tres componentes es suficiente para su interpretación.

En la siguiente tabla se puede observar la correlación y calidad de representación que tiene cada variable con cada componente principal.

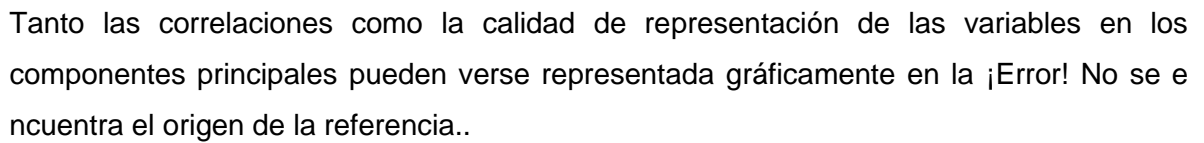
**Tabla 12.** Correlación y calidad de representación de las variables a componentes principales

Variable	Correlación			Calidad de representación		
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Tamaño de la flor	<b>0,91</b>	0,06	-0,08	<b>0,84</b>	0,005	0,007
Diámetro del cáliz	<b>0,85</b>	0,05	-0,15	<b>0,73</b>	0,003	0,024
Longitud del pedicelo	0,42	0,32	0,23	0,17	0,102	0,056
Forma del receptáculo	0,68	-0,03	-0,24	0,47	0,001	0,057
Longitud del pétalo	<b>0,95</b>	0,11	-0,01	<b>0,90</b>	0,014	0
Ancho del pétalo	<b>0,84</b>	0,02	0,01	<b>0,71</b>	0,001	0
Longitud del pistilo	<b>0,84</b>	0,18	-0,30	<b>0,71</b>	0,034	0,093
Largo del pecíolo hoja	0,18	-0,23	0,27	0,03	0,056	0,076
Tamaño de la hoja	0,38	0,02	0,21	0,15	0	0,047
Ancho de lámina foliar	0,34	-0,51	<b>0,66</b>	0,11	0,264	<b>0,441</b>
Ángulo total base de la hoja	0,31	-0,32	0,77	0,10	0,108	0,593
Altura de la planta	-0,12	<b>0,86</b>	0,14	0,01	<b>0,741</b>	0,022
Área de la copa	-0,12	<b>0,77</b>	0,47	0,01	<b>0,598</b>	0,222
Diámetro del tallo a 20cm	0,02	0,44	0,33	0,001	0,196	0,115

En la **Tabla 12**, se puede observar que el primer componente principal tiene una asociación fuerte y positiva con las variables tamaño de la flor, diámetro del cáliz, longitud del pétalo, ancho del pétalo, y longitud del pistilo. Esto es consistente con el análisis de la matriz de correlación; por lo tanto, el componente principal uno, puede interpretarse como un eje de variación en el tamaño de la flor de los árboles.

El segundo componente tiene una asociación positiva con la altura de la planta y con el área de la copa; lo que interpreta al componente principal dos como de variación del tamaño de la planta. Y finalmente el componente principal tres tiene asociación positiva con la variable ancho de lámina foliar.

En cuanto la Calidad de representación de las variables en los componentes principales nuevamente se destacan las variables relacionadas con la flor, es decir, las variables que más contribuyeron al primer componente principal fueron Tamaño de la flor, Diámetro del cáliz, Longitud del pétalo, Ancho del pétalo y Longitud del pistilo. Las variables altura de la planta área de la copa son las que mejor representación poseen en el segundo componente principal.

Tanto las correlaciones como la calidad de representación de las variables en los componentes principales pueden verse representada gráficamente en la . No se encuentra el origen de la referencia..

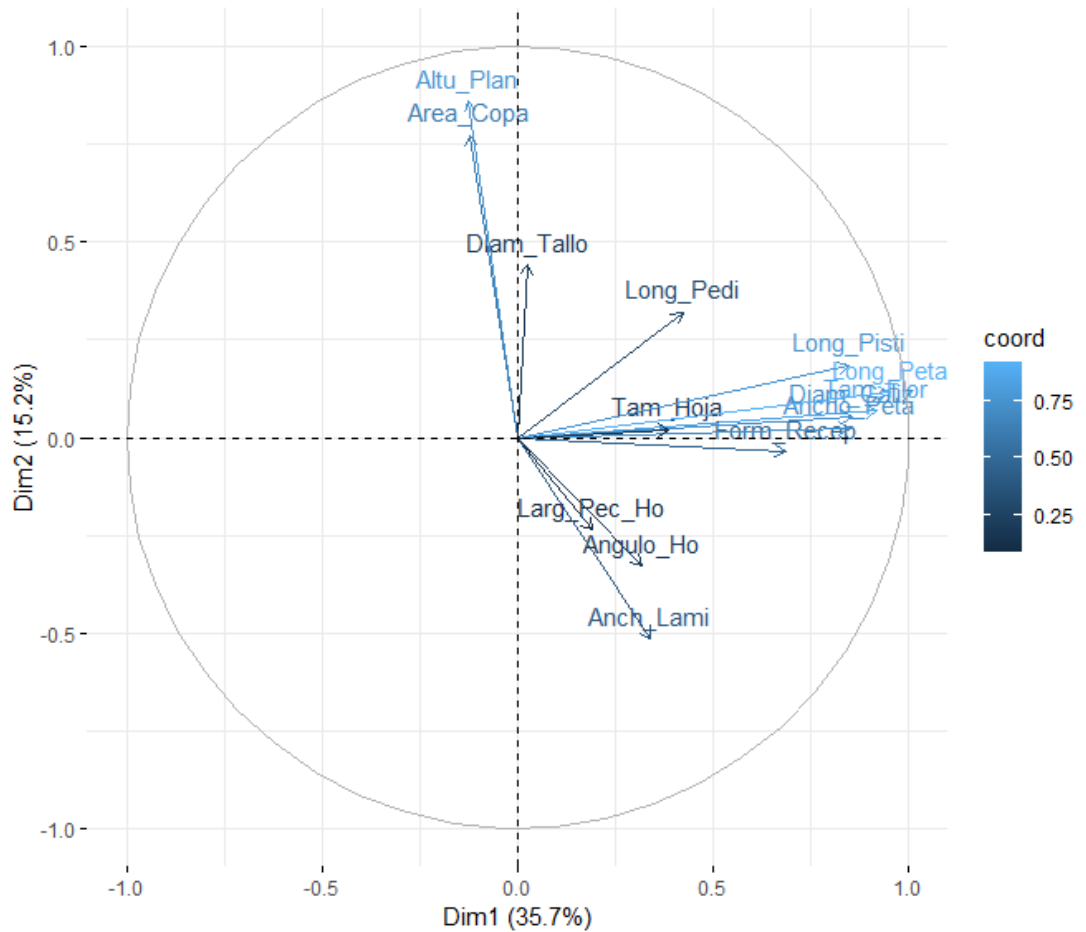
En la **Figura 24**, se pueden observar las distintas correlaciones que tienen las variables tanto para el primer componente como para el segundo componente principal. Aquellas variables que más se correlacionan entre sí son aquellas que forman un ángulo menor a  $90^\circ$ , por otro lado, se puede distinguir qué altura de planta y área de la copa están fuertemente correlacionadas entre sí. Igualmente se observa con las variables tamaño de la flor, diámetro del cáliz, longitud del pétalo, ancho del pétalo, longitud del pistilo y forma del receptáculo que se encuentran en el cuadrante cuatro. También se encuentran fuertemente correlacionadas las variables longitud del peciolo de la hoja, ángulo total base de la hoja y ancho de lámina foliar (Tamaño de la hoja).

Las variables menos correlacionadas entre sí son aquellas que forman un ángulo entre ellas cercano a  $180^\circ$ . Así pues, las variables menos correlacionadas entre sí son las variables correspondientes al tamaño de la planta (altura de la planta y área de la copa) con las variables referidas al tamaño de la hoja (longitud del peciolo de la hoja, ángulo total base de la hoja y ancho de lámina foliar); refiriéndose así a que aquellas plantas sobresalientes en altura y área de copa tienen hojas más pequeñas.

Adicionalmente, se puede ver la calidad de la representación de cada una de las variables tanto en el primer componente como en el segundo componente principal. La calidad de la representación hace referencia al  $\cos^2$  del ángulo existente entre la variable y el componente principal, siendo las que tienen valores cercanos a uno como las variables con mejor calidad de representación. Las variables con mayor calidad de representación en el componente principal dos, son las variables Altura de la planta ( $\cos^2(0,741) = 0,999$ ) y Área de la copa ( $\cos^2(0,598) = 0,999$ ) con calidades cercanas a uno.

Las variables con mejor representación en el componente principal uno, son tamaño de la flor ( $\cos^2(0,841) = 0,999$ ), diámetro del cáliz ( $\cos^2(0,733) = 0,999$ ), longitud del pétalo ( $\cos^2(0,904) = 0,999$ ), ancho del pétalo ( $\cos^2(0,719) = 0,999$ ) y longitud del pistilo ( $\cos^2(0,717) = 0,999$ ).

**Figura 24.** Gráfico de círculo de correlaciones  
Variables - PCA

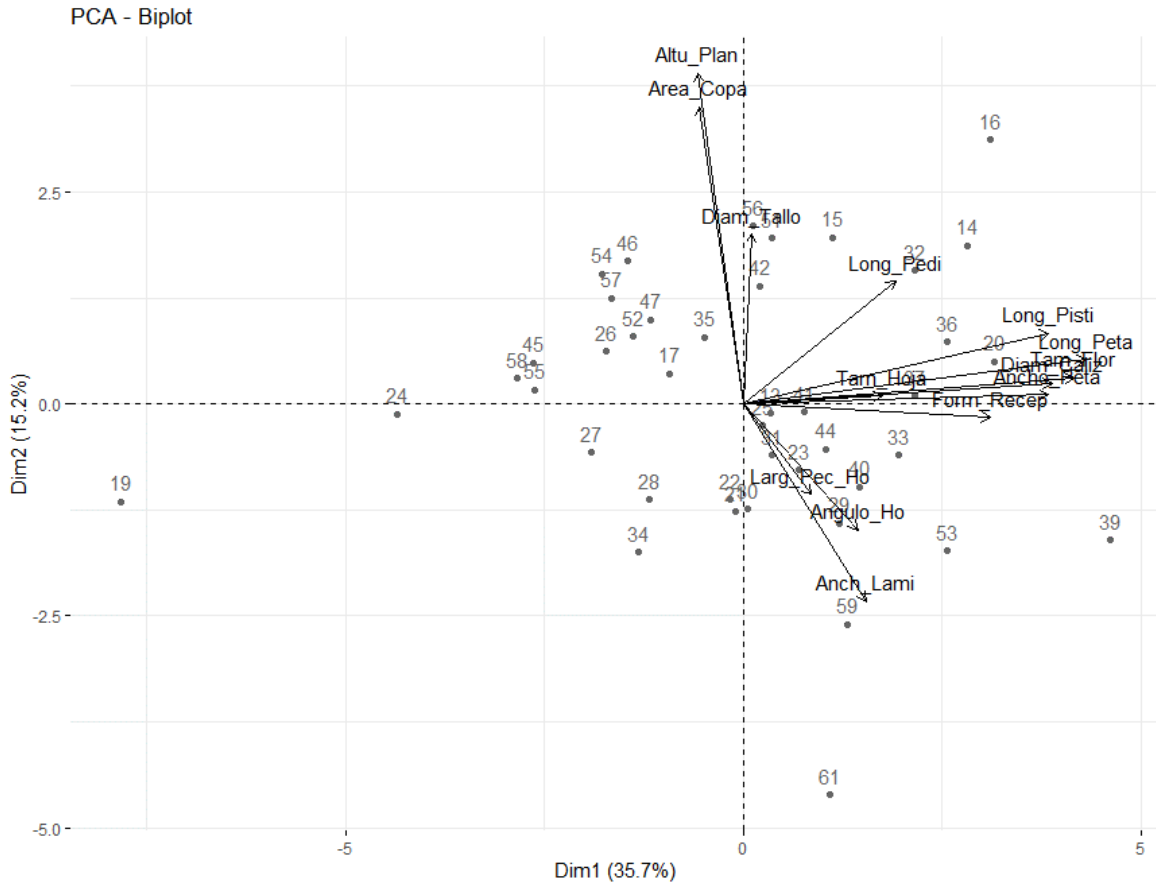


A continuación, se muestra la figura Biplot que hace referencia a la representación gráfica de dos conjuntos de objetos de diferentes formas (Genotipos de guayaba y sus variables). Es importante resaltar, que esta superposición es ficticia puesto que las coordenadas de los genotipos y las coordenadas de las variables no están construidas en el mismo espacio.

En la **Figura 25**, se pueden visualizar los genotipos de guayaba de color en gris para una mejor visualización. Los números son la identificación de los genotipos, mientras que los vectores corresponden a las variables medidas. Los puntos cercanos en el espacio corresponden a genotipos que tienen características similares en cuanto a las variables más cercanas. De esta manera, esta figura permite interpretar la relación entre las variables medidas y los genotipos de forma simultánea. Por ejemplo, aquellos genotipos que se

encuentran hacia el extremo superior izquierdo corresponden a los genotipos de mayor área de copa, mayor altura y mayor diámetro de tallo y adicionalmente son aquellos que poseen un bajo valor para las variables Largo del peciolo de las hojas, ancho de la lámina foliar y ángulo total base de la hoja. Estos genotipos son los que tienen los identificadores 54 (Unal-005), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 57 (Unal-008), 56 (Unal-007) y 42 (Guava Air Layers Red).

**Figura 25.** Biplot de los componentes principales 1 y 2



Es importante mencionar que la técnica de análisis de componentes principales no lleva a cabo una agrupación de las accesiones caracterizadas. Esta es una técnica exploratoria que permite reducir la dimensionalidad del total de los datos tomados.

Visualmente no se pueden identificar muy bien los patrones de agrupamiento de los genotipos de acuerdo a sus variables; por esta razón se decidió llevar a cabo un

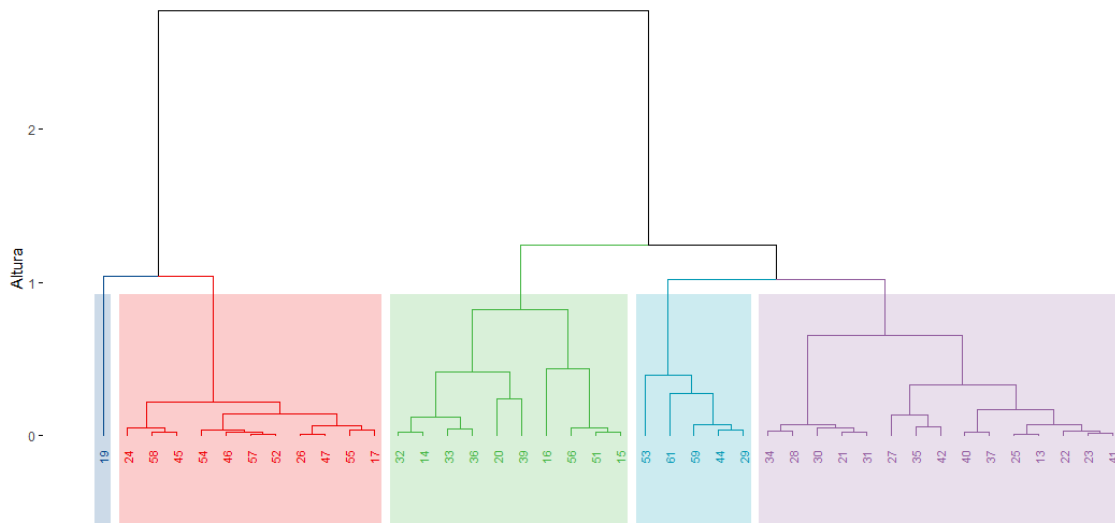
agrupamiento de tipo jerárquico sobre los componentes principales como sigue a continuación.

Agrupamiento jerárquico de los genotipos de guayaba: (A) Agrupamiento jerárquico sobre los ejes principales del Análisis de componentes principales.

En la **Figura 26**, se pueden ver los diferentes tipos de grupos formados por los genotipos de guayaba. En las siguientes tablas se muestra las variables significativas que causaron la agrupación de los genotipos. El agrupamiento de los individuos se llevo a cabo bajo la metodología de distancia mínima de Ward que toma en cuenta en menor incremento de las distancias que hay entre los individuos, es decir, la menor varianza entre los individuos dentro de cada cluster.

**Figura 26.** Dendrograma variables cuantitativas de la planta

A) Dendrograma variables cuantitativas de la planta



En la **Tabla 13**, se puede observar la descripción de cluster 1, formado por el genotipo 71700019. Este genotipo se caracterizó por poseer los valores más bajos de las variables Tam\_Hoja, Long\_Pedi, ángulo\_Ho, Long\_Pisti, Tam\_Flor, Ancho\_Peta, Diam\_Caliz y Long\_Peta. Su morfología es poco o nada parecida al resto de los genotipos del banco de germoplasma, lo que causó que esta no fuera agrupada con ningún otro.

**Tabla 13.** Descripción del cluster 1

Cluster 1				
Variabes	v,test	Promedio del cluster	Promedio general	p.value
Tam_Hoja	-2,1062	7,9	11,414	0,035
Long_Pedi	-2,3609	4,3	15,653	0,018
ángulo_Ho	-2,7942	36,5	50,301	0,005
Long_Pisti	-2,8772	5,5	12,358	0,004
Tam_Flor	-2,9684	17,1	36,825	0,003
Ancho_Peta	-3,0484	5	11,073	0,002
Diam_Calíz	-3,1319	12,2	24,005	0,002
Long_Peta	-3,3728	5,4	17,250	0,001

El cluster 2 está conformado por los genotipos 17 (Polonuevo), 24 (Puerto Rico), 26 (Blanca-1), 45 (Cimpa Roja-C-3), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 47 (Guadalupe Blanca), 52 (Unal-003), 54 (Unal-005), 55 (Unal-006), 57 (Unal-008) y 58 (Unal-009) los cuales se caracterizaron por ser los que más desarrollo vegetativo tenían de acuerdo a sus altos valores en diámetro de tallo y área de copa. Adicionalmente el test indica que estos genotipos fueron los que más bajo valor tuvieron en las variables relacionadas con la flor (**Tabla 14**).

**Tabla 14.** Descripción del cluster 2

Cluster 2				
Variabes	v,test	Promedio del cluster	Promedio general	p.value
<b>Area_Copa</b>	<b>2,647</b>	<b>27,100</b>	<b>21,550</b>	<b>0,008</b>
Altu_Plan	2,341	5,055	4,443	0,019
Anch_Lami	-1,991	4,745	5,124	0,047
Ancho_Peta	-2,506	9,764	11,073	0,012
<b>Long_Pisti</b>	<b>-2,827</b>	<b>10,591</b>	<b>12,358</b>	<b>0,005</b>
<b>Diam_Calíz</b>	<b>-2,967</b>	<b>21,073</b>	<b>24,005</b>	<b>0,003</b>
Long_Peta	-3,055	14,436	17,250	0,002
<b>Tam_Flor</b>	<b>-3,171</b>	<b>31,300</b>	<b>36,825</b>	<b>0,002</b>
Form_Recep	-3,658	4,291	4,896	0,000

El agrupamiento correspondiente al cluster 3, lo conformaron los genotipos 13 (Palmira Ica-1-0393-30-10), 21 (Venezuela-A-10), 22 (Gerlain), 23 (Criolla-13), 25 (Guava Air Layers White-B), 27 (San Jose Roja), 28 (Roja Redonda), 30 (D-14 0662), 31 (Guayaba Trujillo-2-0660), 33 (Guava Air Layers White-0440-M), 34 (Guayaba Roja Africano-0328), 35 (Guava Air Layers White-0440-A), 40 (Puerto Tejada), 41 (Puerto Tejada-0571-25) y 42 (Guava Air Layers Red) que se caracterizaron poseer altos valores en las variables Diámetro del tallo,

Ancho de la lámina foliar y ángulo total de base de la hoja. Igualmente, estos genotipos fueron los tuvieron menor altura (**Tabla 15**).

**Tabla 15.** Descripción del cluster 3

<b>Cluster 3</b>				
<b>Variab</b>	<b>v,test</b>	<b>Promedio del cluster</b>	<b>Promedio general</b>	<b>p.value</b>
Diam_Tallo	3,2295	77,2133	62,829	0,001
Anch_Lami	2,3009	5,4733	5,124	0,021
ángulo_Ho	2,2664	52,6467	50,301	0,023
Altu_Plan	-1,9610	4,0333	4,443	0,050

En la **Tabla 16**, se puede observar la descripción de cluster 4, formado por los genotipos 14 (Guava Air Layers Red Roja Ica-2-0441), 15 (Guayaba Peruana 0381), 16 (Coronilla-0330), 20 (Variegado), 32 (7199-0988-24), 36 (71-99-0988-4), 37 (Africana-1492-10), 51 (S-961 Pulpa Roja) y 56 (Unal-007). Estos genotipos tuvieron la particularidad de poseer altos valores en las variables longitud del pistilo, longitud de los pétalos, tamaño de la flor, longitud del pedicelo, diámetro de cáliz y adicionalmente también fueron genotipos de gran altura en comparación con el resto.

**Tabla 16.** Descripción del cluster 4

<b>Cluster 4</b>				
<b>Variab</b>	<b>v,test</b>	<b>Promedio del cluster</b>	<b>Promedio general</b>	<b>p.value</b>
Long_Pisti	3,614	14,933	12,3575	0,0003
Long_Peta	3,273	20,689	17,2500	0,0011
Tam_Flor	3,230	43,244	36,8250	0,0012
Long_Pedi	2,954	19,900	15,6525	0,0031
Altu_Plan	2,764	5,267	4,4429	0,0057
Diam_Caloz	2,667	27,011	24,0050	0,0077

Finalmente, el cluster 5 está conformado por los genotipos 29 (D-13 0659), 39 (Manzana), 44 (Boliviana), 53 (Coronilla Del Chocó), 59 (Criolla Mediana-2665) y 61 (Paluma), los cuales singularmente fueron los que tuvieron flores de gran tamaño (promedio: 42,10 mm) por encima del promedio de tamaño de flores de todos los genotipos evaluados (36,85 mm), el ancho de sus pétalos también se destacó por estar encima del promedio general de todas los genotipos evaluados (11,07 mm); adicionalmente fueron genotipos de bajo porte ya que tuvieron bajos valores para las variables altura de planta, área de la copa y diámetro de tallo (**Tabla 17**).

**Tabla 17.** Descripción del cluster 5

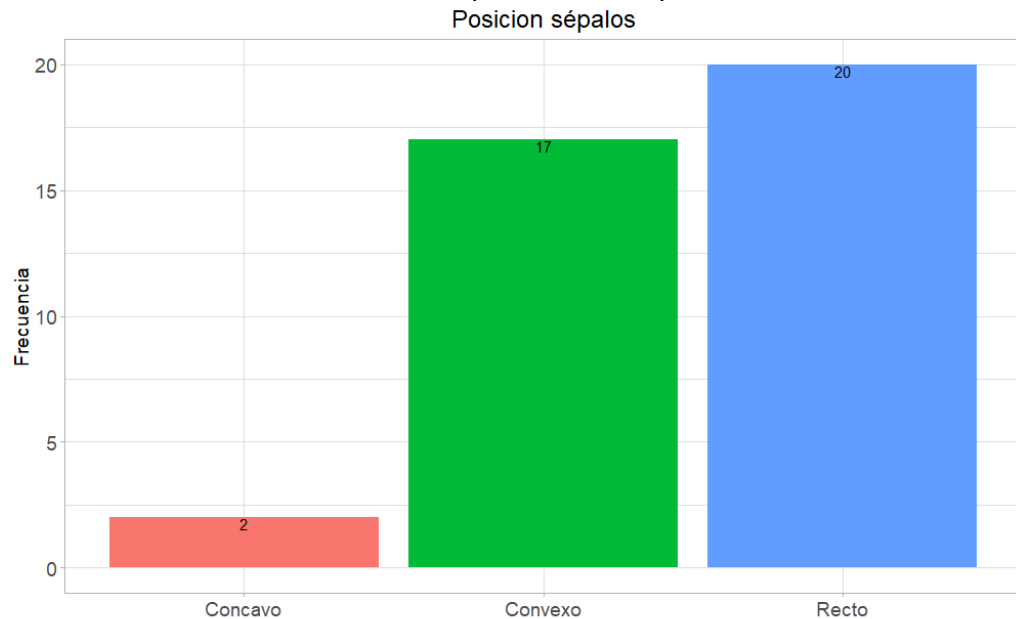
Cluster 5				
Variables	v,test	Promedio del cluster	Promedio general	p.value
Ancho_Peta	2,414	12,912	11,073	1,58E-02
Tam_Flor	2,077	42,104	36,825	3,78E-02
Altu_Plan	-3,478	3,117	4,443	5,05E-04
Area_Copa	-3,863	9,733	21,550	1,12E-04
Diam_Tallo	-3,891	31,183	62,829	9,97E-05

### 3.1.3 Resultados variables cualitativas de la planta

Continuando con la caracterización morfológica de la guayaba, se procede a presentar los datos de las accesiones mediante figuras y tablas.

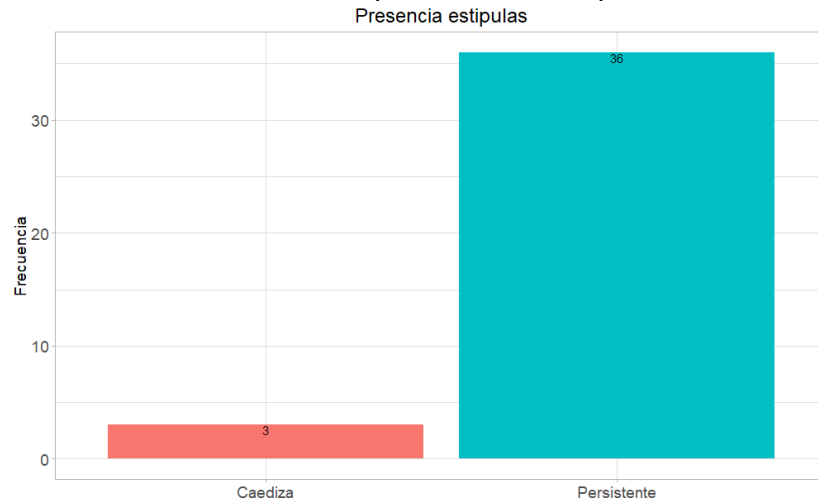
Desde la **Figura 27** hasta la **Figura 42**, se pueden visualizar las frecuencias relativas de las variables cualitativas de los árboles pertenecientes al banco de germoplasma de guayaba. A continuación, se explica cada grafica de frecuencias de variables cualitativas de las accesiones del banco de germoplasma de guayaba.

**Figura 27.** Frecuencias relativas variable posición de sépalos



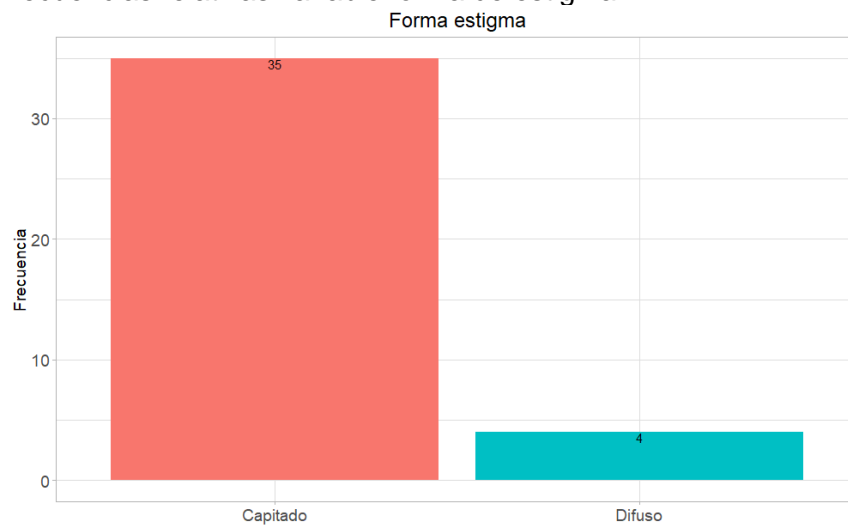
En la **Figura 27** se puede notar que la posición de sépalos más común o que más frecuencia tuvo en el banco de germoplasma fue la posición de sépalos recto con 20 conteos, seguida de convexo con 17 conteos y de último cóncavo con 2 conteos.

**Figura 28.** Frecuencias relativas variable presencia de estípulas



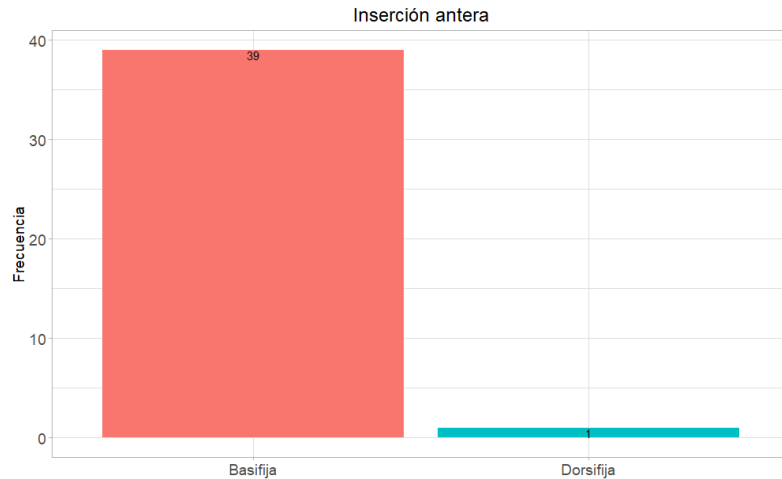
En la **Figura 28** **Figura 29** se puede notar que la presencia de estípulas más frecuente en el banco de germoplasma fue la presencia de estípulas persistente con 36 conteos y de último caediza con 3 conteos.

**Figura 29.** Frecuencias relativas variable forma de estigma



En la **Figura 29** se puede concluir que la forma de estigma más frecuente fue la forma capitado con 35 conteos, seguida de la forma difuso con 4 conteos. No se encontraron flores de árboles con forma de estigma maza ni lobulado

**Figura 30.** Frecuencias relativas variable inserción de antera



En la **Figura 30** se puede ver que el tipo de inserción de antera mas frecuente fue basifija con 39 conteos, seguida de dorsifija con tan solo 1 conteo.

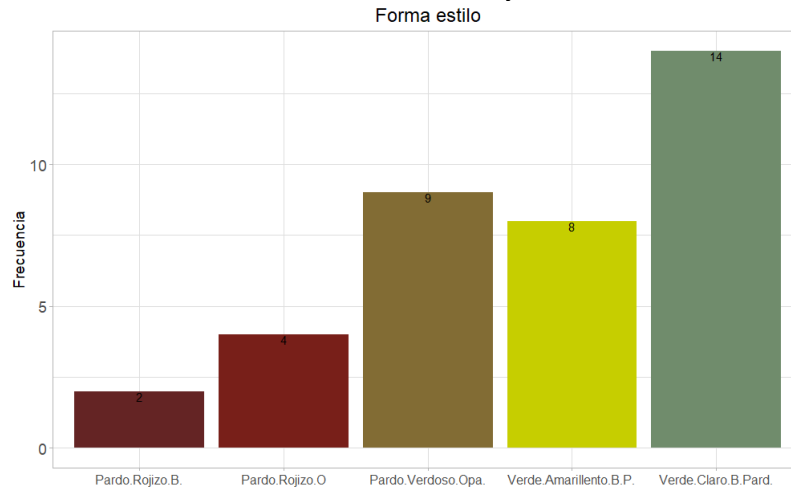
**Figura 31.** Frecuencias relativas variable forma de estilo



En la **Figura 31** se puede visualizar que la forma de estilo cilíndrico fue la única forma registrada en todos los árboles, es decir, que no hubo árboles que tuvieran flores con estilo

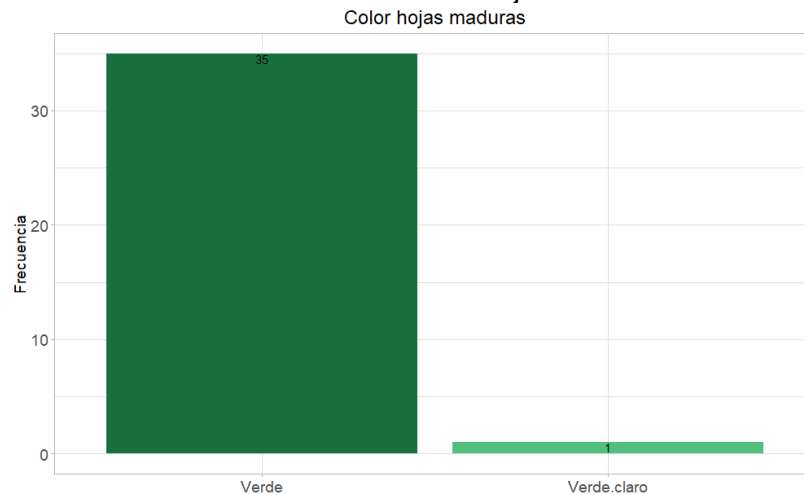
de forma fimbriado ni conduplicado. Se concluye que esta variable no tuvo variación puesto que el 100% de los árboles muestreados tuvieron la misma forma de estilo (cilíndrico); y por tanto esta variable no será tomada en cuenta para el análisis multivariado.

**Figura 32.** Frecuencias relativas variable color de hojas inmaduras



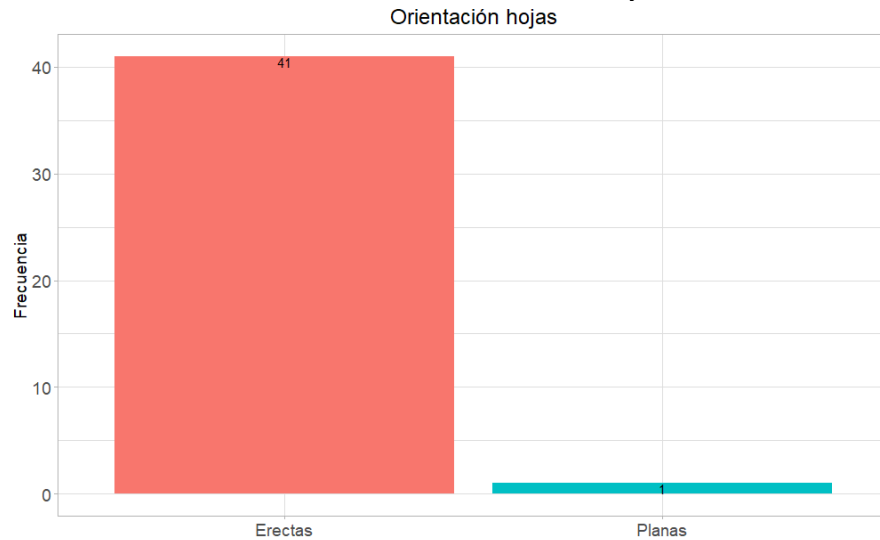
En la **Figura 32** se puede notar la frecuencia de color de hojas inmaduras, en donde se destacó como el color mas frecuente el verde claro brillante pardo con 14 conteos, luego el color pardo verdoso opaco con 9 conteos, seguido del color verde amarillento brillante pardo con 8 conteos, posterior el pardo rojizo opaco con 4 conteos y finalmente el pardo rojizo brillante con 2 conteos.

**Figura 33.** Frecuencias relativas variable color de hojas maduras



En la **Figura 33** se visualizan las frecuencias de color de hojas maduras. El color mas frecuente fue el verde con 35 conteos seguido del verde claro con 1 solo conteo. No hubo arboles con reportes de color de hojas verde oscuro y verde inmadura brillante.

**Figura 34.** Frecuencias relativas variable orientación de hojas



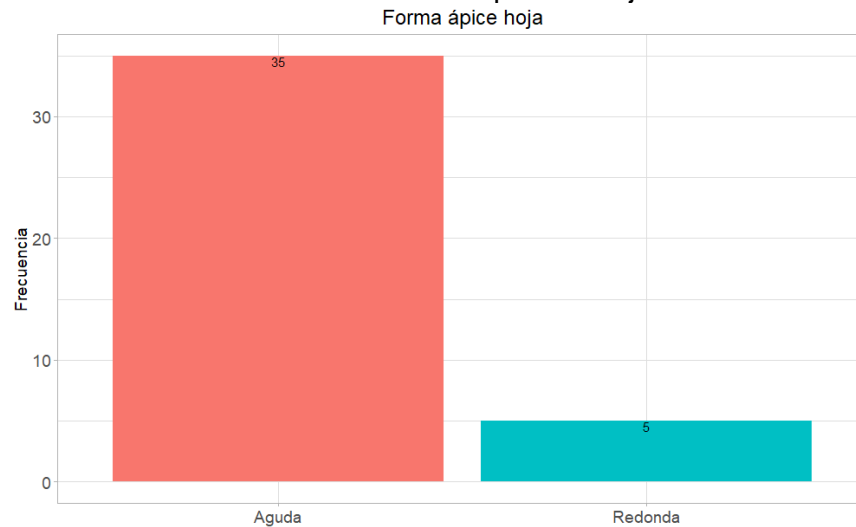
La **Figura 34** muestra las frecuencias de la variable orientación de hojas en la que se destaco la orientación erecta con 41 conteos seguida de la orientación plana con 1 solo conteo. No se encontraron arboles con orientación de hojas caídas.

**Figura 35.** Frecuencias relativas variable disposición hojas en tallo



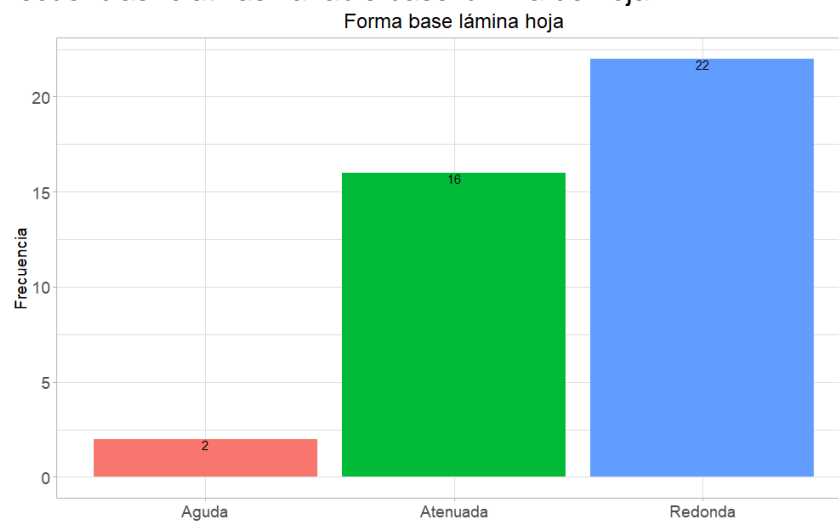
La **Figura 35** muestra que todas las hojas de los arboles pertenecientes al banco de germoplasma tuvieron su disposición en tallo en opuestas decusadas. No se encontraron hojas con disposición opuestas. Se concluye que esta variable no tuvo variación por lo que no se tendrá en cuenta para el análisis multivariado.

**Figura 36.** Frecuencias relativas variable forma ápice de hoja



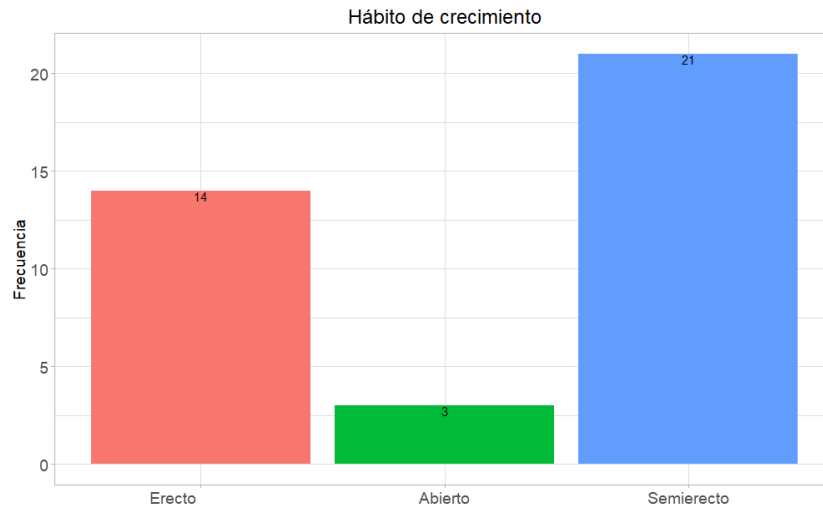
La **Figura 36** muestra las frecuencias para la variable forma de ápice de hoja, en la cual se destacó la forma aguda con 35 conteos, seguida de la forma de redonda con 5 conteos. No se encontraron las siguientes formas de ápice de hoja: obtusa, apiculada y acuminada.

**Figura 37.** Frecuencias relativas variable base lámina de hoja



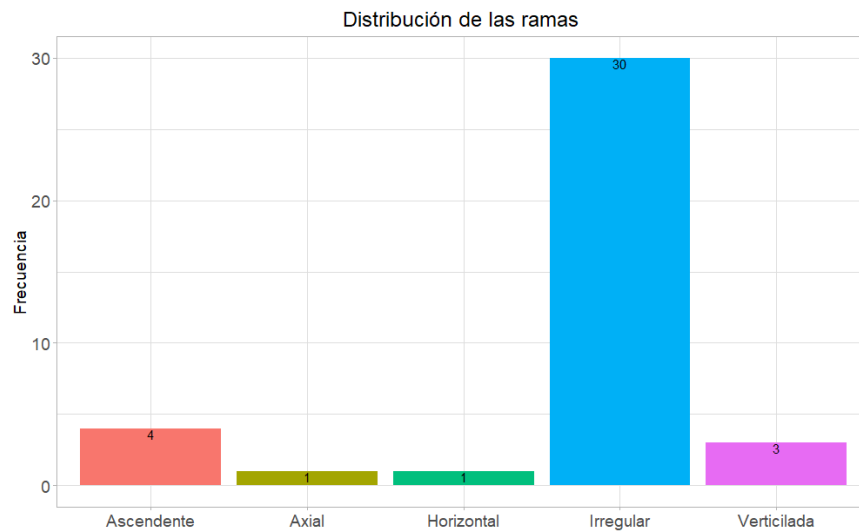
En la **Figura 37** se visualizan las frecuencias de la variable forma de la base de la lámina de la hoja. En dicho grafico se destacó la forma redonda con 22 conteos, seguida de la forma atenuada con 16 conteos y finalizando con la forma aguda con tan solo dos conteos. No se encontraron hojas con forma de base oblicua y cordada.

**Figura 38.** Frecuencias relativas variable hábito de crecimiento



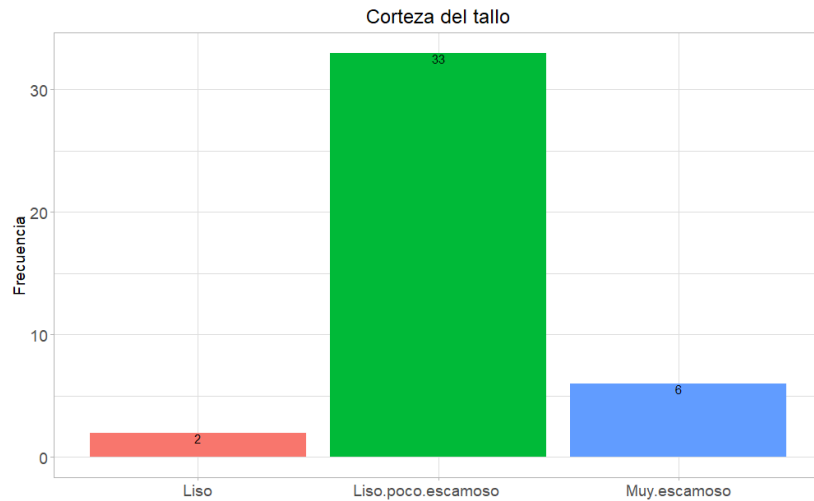
La **Figura 38** presenta las frecuencias de la variable hábito de crecimiento en donde el hábito mas frecuente fue el semierecto con 21 conteos, seguido del erecto con 14 conteos y finalizando con el hábito abierto que tuvo 3 conteos.

**Figura 39.** Frecuencias relativas variable distribución de las ramas



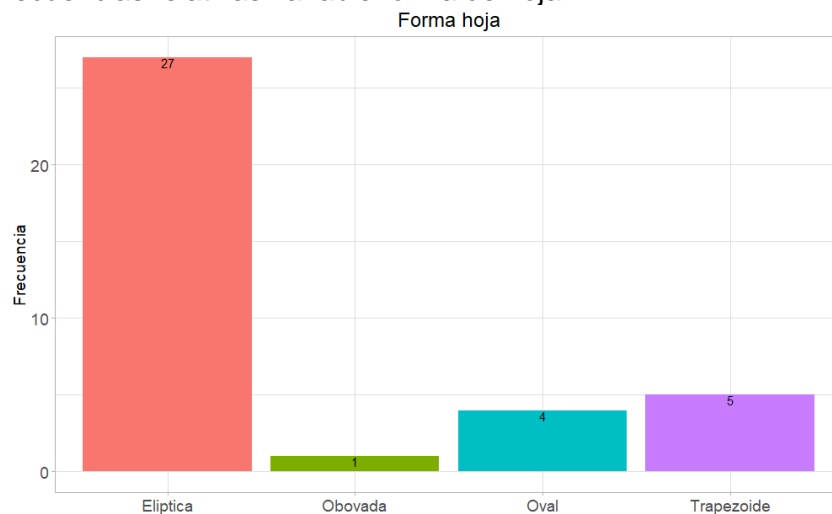
En la **Figura 39** se puede notar las frecuencias relativas de la variable distribución de las ramas. Se pudo notar que la distribución mas frecuente fue la irregular con 30 conteos, seguida de ascendente con 4 conteos, posterior la distribución verticilada con 3 conteos y finalizando con las distribuciones axial y horizontal con tan solo 1 conteo cada una.

**Figura 40.** Frecuencias relativas variable corteza del tallo



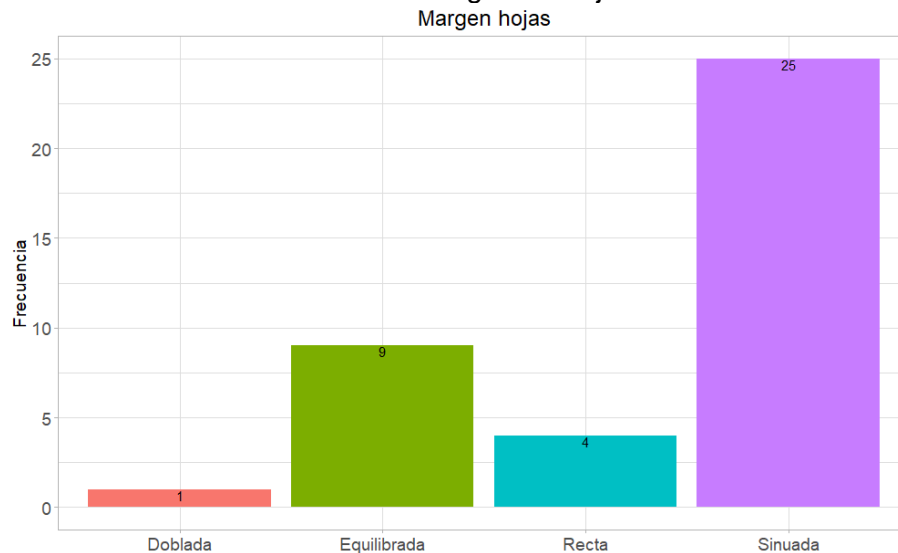
La **Figura 40** muestra las frecuencias relativas de la variable corteza de tallo. Se destacó la corteza lisa poca escamosa con 33 conteos, seguida de la corteza muy escamosa con 6 conteos y finalizando con la corteza lisa que tuvo 2 conteos.

**Figura 41.** Frecuencias relativas variable forma de hoja



Las frecuencias relativas de la variable Forma de hoja pueden verse en el grafico anterior. La forma de hoja elíptica fue la mas frecuente con 27 conteos, seguida de la forma trapezoide con 5 conteos, luego la forma oval con 4 conteos y finalizando con la forma obovada que tuvo tan solo 1 conteo (**Figura 41**).

**Figura 42.** Frecuencias relativas variable margen de hojas



La **Figura 42** muestra las frecuencias relativas de la variable margen hojas, de la cual la margen sinuada fue la mas frecuente con 25 conteos, seguida de la margen equilibrada con 9 conteos. La margen recta fue la cuarta más frecuente con 4 conteos y la margen doblada fue la quinta mas frecuente con tan solo 1 conteo. No se encontraron márgenes que fueran ligeramente curvadas.

Como conclusión de análisis de frecuencias relativas de las variables cualitativas se tuvo las variables disposición hojas en tallo y forma estilo ya no tuvieron variación en todos los árboles muestreados. Dichos árboles se caracterizaron por tener una disposición de hojas en tallo en dirección opuestas decusadas y una forma de estilo cilíndrico. Por lo anterior se decidió llevar a cabo el proceso del análisis estadístico sin la presencia dichas variables ya que no aportan variabilidad al estudio.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de correspondencia múltiple que se le aplicó a la caracterización cualitativa del banco de germoplasma de guayaba. Es importante mencionar que la técnica de análisis de correspondencia múltiple es una técnica que se usa con el objetivo de reducir la dimensionalidad de una base de datos de tipo cualitativo.

En la siguiente tabla se puede visualizar las primeras 6 dimensiones correspondientes al análisis de correspondencia múltiple. Se formaron 14 dimensiones en total (14 dimensiones = 14 variables evaluadas), pero solo se decidió mostrar las primeras 6 ya que estas son las que más variabilidad explican.

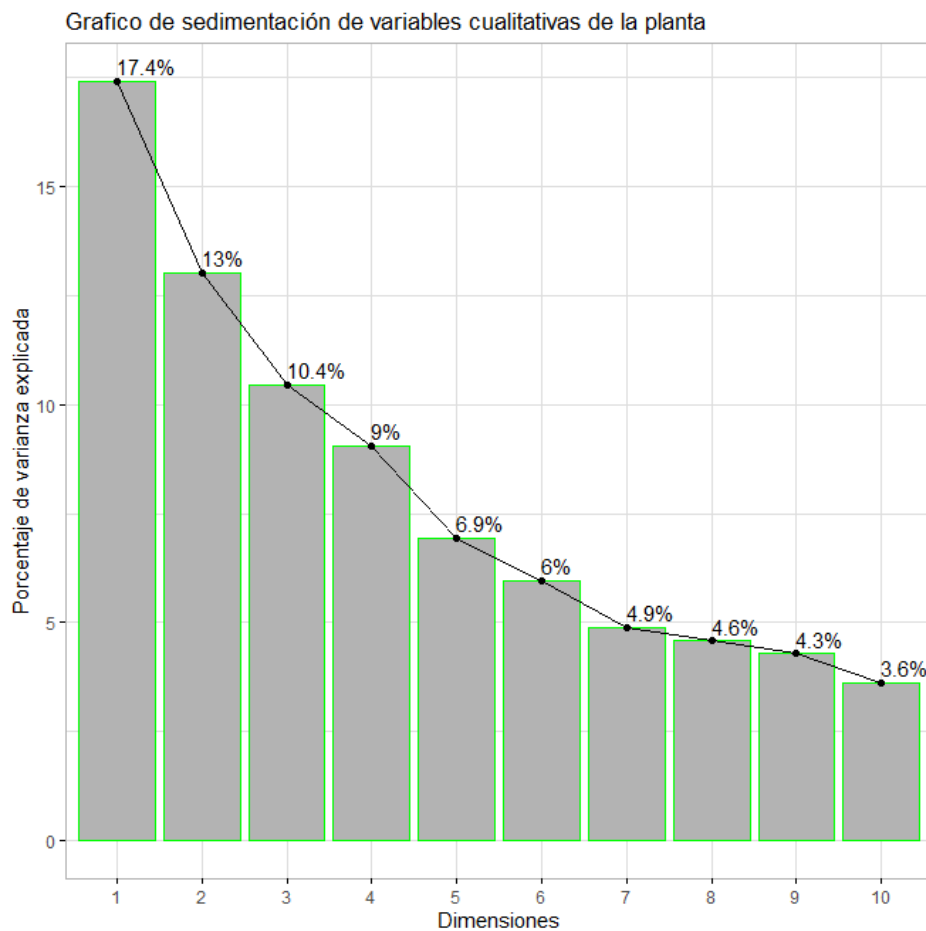
Cuando se está trabajando con variables de tipo cualitativo, su variación explicada es mínima si esta se compara con la variabilidad explicada bajo la técnica de Análisis de componentes principales. El porqué de la respuesta de esta baja explicación se debe a la naturaleza de las variables medidas, es decir, las variables de tipo cualitativo son expresiones que se deben sólo al factor genético, que corresponde tan solo a 1 factor de variación, mientras que las expresiones de variables de tipo cuantitativo se deben básicamente a la interacción de dos factores como lo son el ambiente y la genética correspondiendo a 2 factores de variación. Es por esta razón que la primera dimensión sólo logró explicar el 17,41% de la variación (máxima variabilidad explicada), mientras que la segunda dimensión tan solo explica el 13,01% de variabilidad y la tercera dimensión explica el 10,44% de la variabilidad total. Se escogieron las primeras tres dimensiones ya que con estas se está explicando el 40,87% de la variabilidad total debida al factor genético de la especie (**Tabla 18**).

**Tabla 18.** Dimensiones con sus eigenvalores o valores singulares.

Dimensiones	Eigenvalor	Porcentaje de varianza explicada (%)	Porcentaje acumulado de varianza explicada (%)
dim 1	0,32	17,41	17,41
dim 2	0,24	13,01	30,43
dim 3	0,19	10,44	40,87
dim 4	0,17	9,04	49,92
dim 5	0,13	6,94	56,87
dim 6	0,11	5,97	62,84

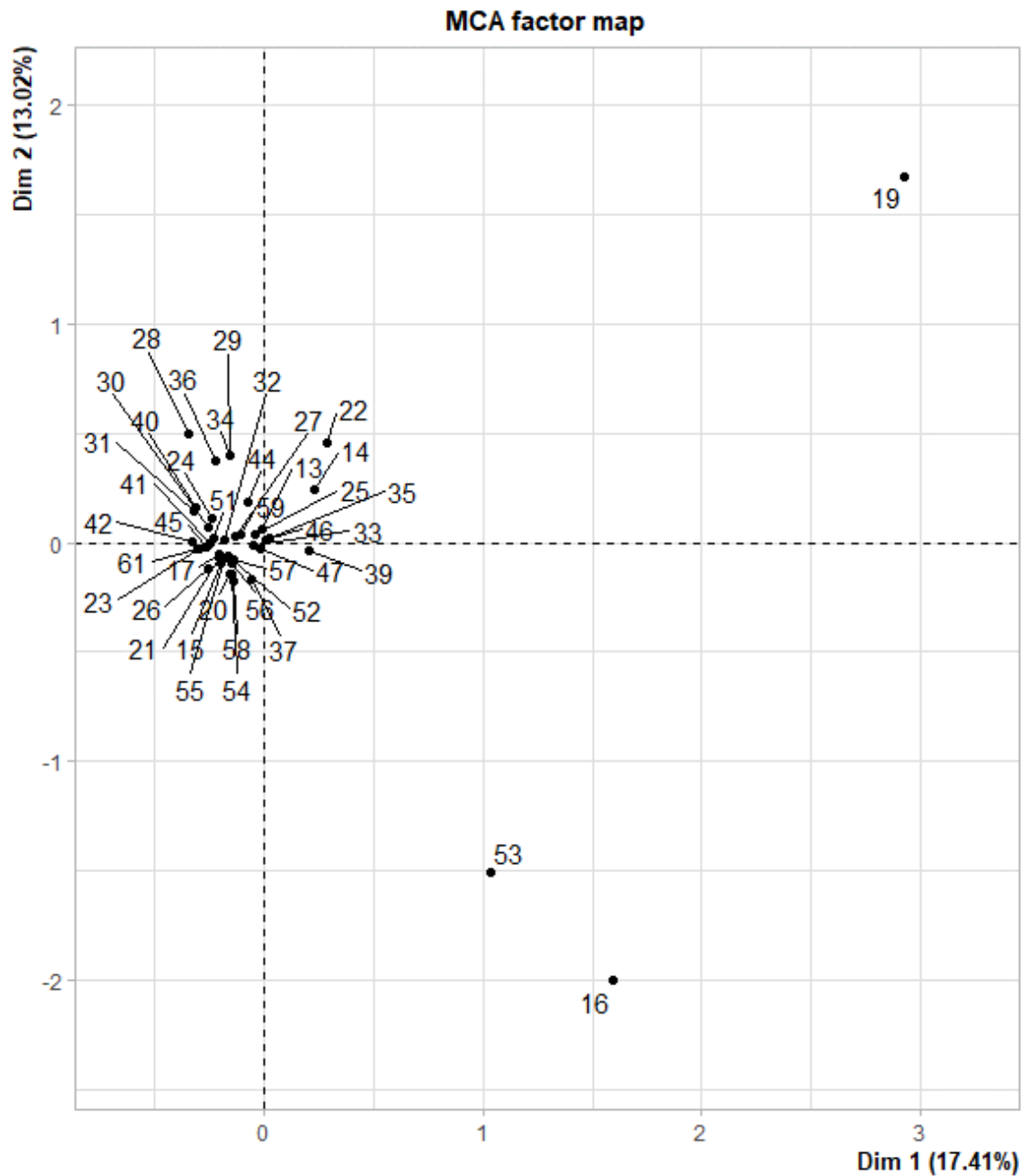
La **Figura 43** corresponde al gráfico de sedimentación de variabilidad explicada por cada dimensión. Como se dijo previamente, este análisis explica poca variación con pocas variables sintéticas que en este caso se llaman dimensiones; debido a lo anterior si se pretendiera explicar un porcentaje similar al explicado bajo la técnica de Análisis de Componentes principales sería necesario retener 10 dimensiones, las cuales estaría explicando el 80,1% de la variabilidad total; este análisis sería poco práctico ya que no estaría cumpliendo con uno de sus objetivos que es la reducción de la dimensionalidad. Es por lo anterior que de acuerdo con lo descrito por García (2012), alcanzar el objetivo de reducción de dimensionalidad y bajo el criterio de variación debido a un solo factor (factor genético), se decidió escoger las primeras 3 dimensiones explican un total del 40,87% de la variación total.

**Figura 43.** Gráfico de sedimentación correspondencia múltiple.



La **Figura 44** ilustra la distancia entre individuos, en el cual se puede notar tres grupos de genotipos definidos. El grupo más grande definido por la mayoría de los genotipos (extremo negativo de la primera dimensión), el segundo grupo denotado por los genotipos 53 (Coronilla Del Chocó) y 16 (Coronilla-0330) y el tercero definido el genotipo 19 (Coronilla Cáscara Roja-1818).

**Figura 44.** Mapa de individuos sobre las dimensiones



A continuación, la **Tabla 19**, muestra la comparación de los genotipos 16 (Coronilla-0330) Y 53 (Coronilla Del Chocó) en donde se visualiza la gran similitud que hay entre ellos.

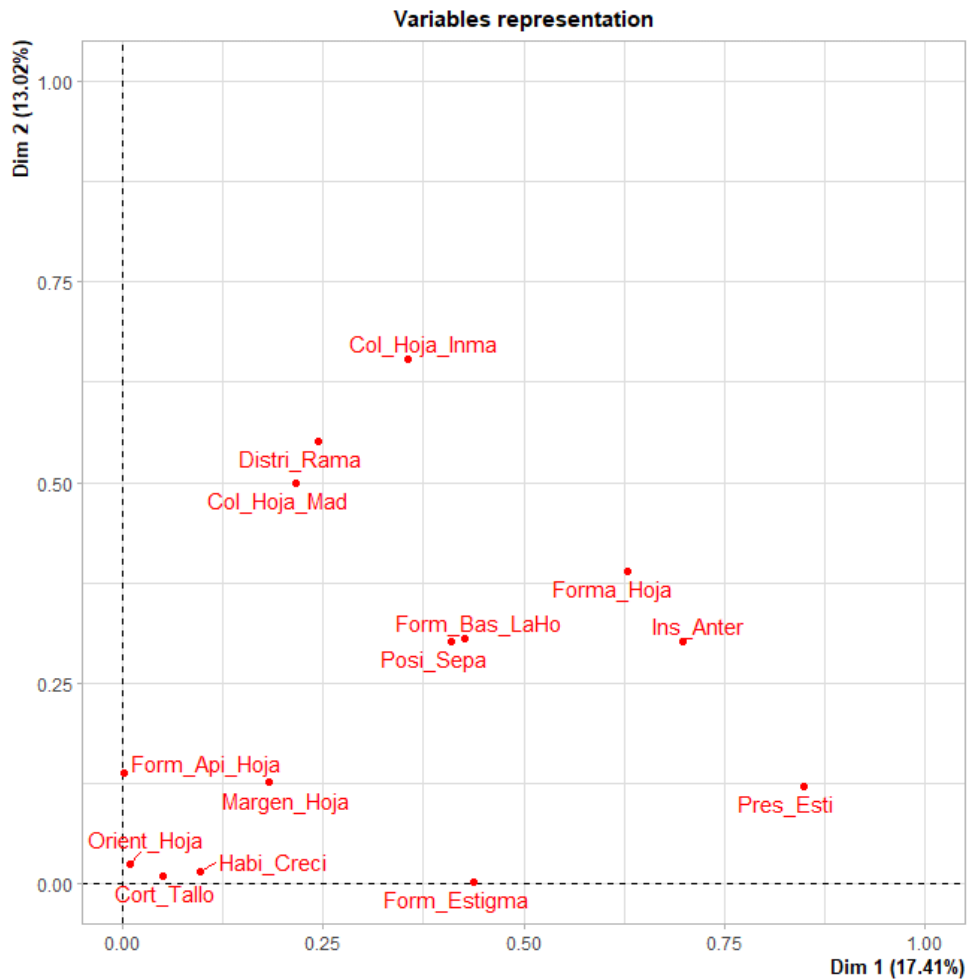
Este tipo de procedimiento exploratorio es complejo puesto que hay demasiados genotipos que se generalizan debido a las diferentes modalidades de las variables.

**Tabla 19.** Comparación de genotipos de guayaba 16 y 53.

<b>Accesion</b>	<b>16</b>	<b>53</b>
Posi_Sepa	Recto	Recto
Pres_Esti	Caediza	Caediza
Ins_Anter	Basifija	Basifija
Form_Estigma	Difuso	Capitado
Form_Estilo	Cilindrico	Cilindrico
Col_Hoja_Inma	Pardo Rojizo.B.	Pardo Rojizo.B.
Col_Hoja_Mad	Verde.claro	.
Disp_Hoja_Tall	Opuestas.decusadas	Opuestas.decusadas
Orient_Hoja	Erectas	Erectas
Forma_Hoja	Eliptica	Eliptica
Margen_Hoja	Sinuada	Sinuada
Form_Api_Hoja	Aguda	Aguda
Form_Bas_LaHo	Atenuada	Atenuada
Habi_Creci	Erecto	Erecto
Distri_Rama	Axial	.
Cort_Tallo	Liso.poco.escamoso	Liso.poco.escamoso

En la **Figura 45** se puede visualizar las diferentes variables medidas al banco de germoplasma, las cuales también pudieron ser agrupadas. Por ejemplo, la distribución de las ramas, color de las hojas maduras y color de las hojas inmaduras están muy vinculadas a la segunda dimensión y poco vinculadas a la dimensión 1. Con el fin de conocer el nivel de agrupamiento, fue necesario construir el gráfico de representación de modalidades que sigue a continuación.

**Figura 45.** Representación de las variables en las dimensiones.

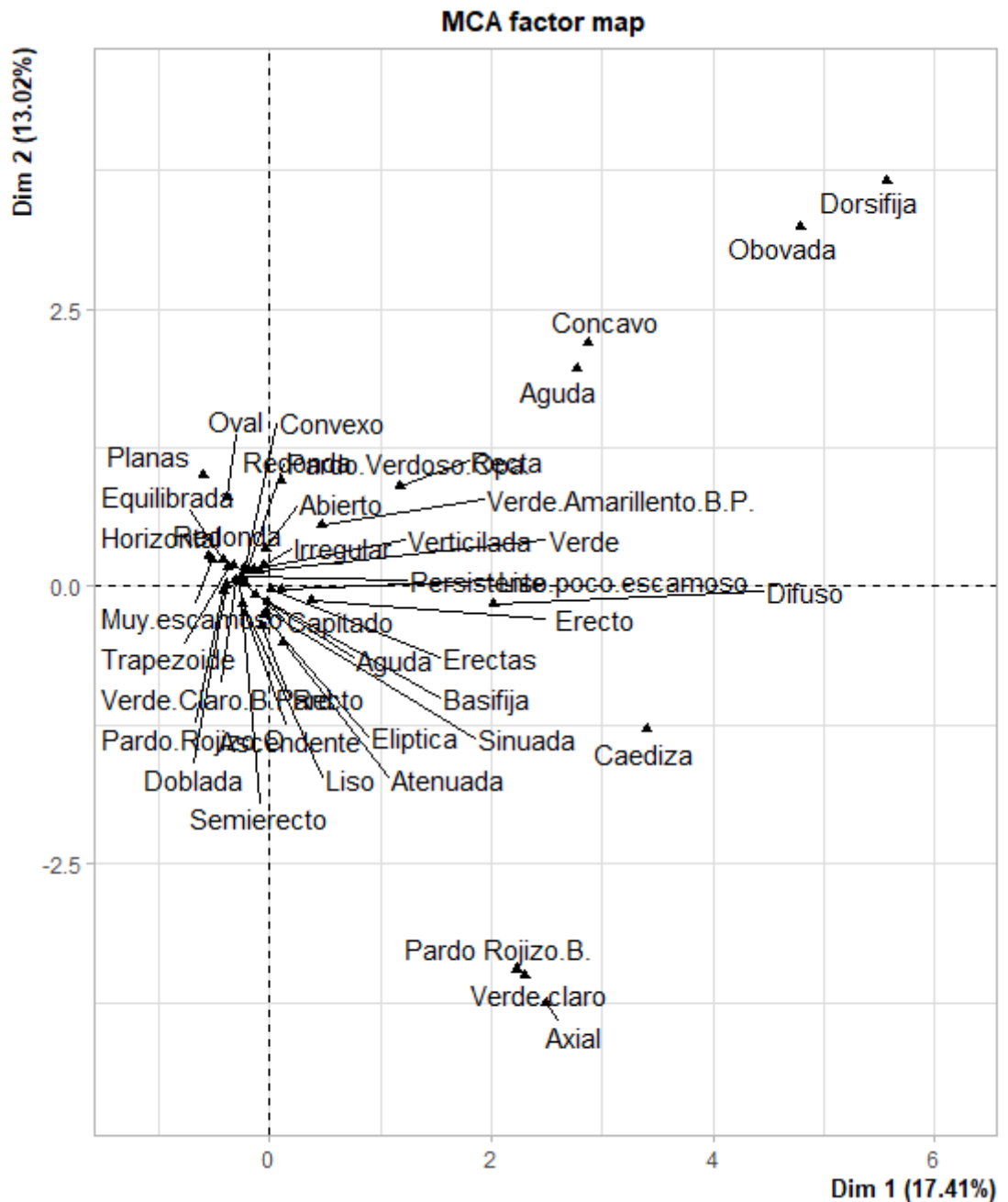


Fernández y Pérez (2015), hacen referencia, a que existe diversidad genética dentro de un mismo país en los que incluían zonas geográficas con múltiples alusiones sobre las variables con mayor incidencia dentro del fruto, de ahí que Gutiérrez (2013), expone que las hojas de color verde y la forma que predomina en el fruto es la esférica de colores verdes ha rojizos, para la zona noroeste del país, donde los altos valores de variabilidad coinciden con los reportados en el Valle del Cauca por Jiménez et al (2009), quienes encontraron los mayores porcentajes de variación para las características peso del fruto y de pulpa.

La figura de las modalidades muestra los dos ejes correspondientes a la primera y segunda dimensión, en el cual el primer eje está distinguiendo las variables dorsifija, obovada,

cóncavo, aguda, difuso, caediza, pardo rojizo B, verde claro y axial; mientras que el segundo eje está distinguiendo las modalidades dorsifija, ovalada, cóncava y aguda (**Figura 46**).

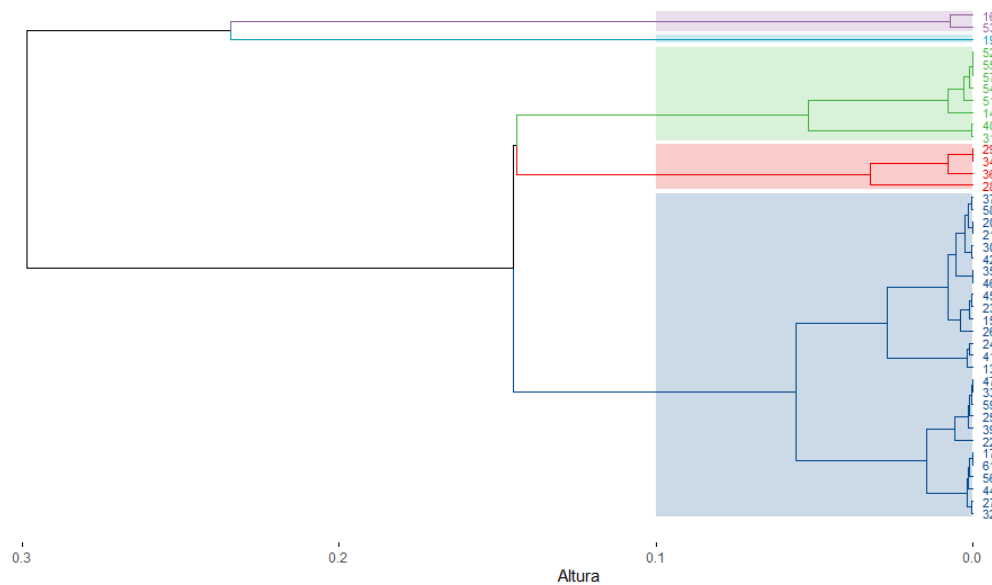
**Figura 46.** Representación plana de la nube de modalidades



A continuación, se presenta el análisis de agrupamiento sobre las dimensiones basado en la distancia mínima de Ward (**Figura 47**).

**Figura 47.** Agrupamiento jerárquico de genotipos

Dendrograma variables cualitativas de la planta



A continuación, se presenta la caracterización de los agrupamientos formados, en el cual se detallan las variables significativas con sus respectivas modalidades.

El primer clúster está conformado por los genotipos 28, 29, 34 y 36 que se caracterizaron por tener forma de hoja oval y por poseer una forma redonda de su ápice (**Tabla 20**).

**Tabla 20.** Descripción del cluster 1

Cluster 1					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Forma_Hoja=Oval	100	100	9,524	0,00001	4,441
Form_Api_Hoja=Form_Api_Hoja_Redonda	80	100	11,905	0,00004	4,082
Forma_Hoja=Elíptica	0	0	64,286	0,01220	-2,506
Form_Api_Hoja=Form_Api_Hoja_Aguda	0	0	83,333	0,00031	-3,605

En la **Tabla 21**, se observa que el segundo clúster está conformado por los genotipos 14, 31, 32, 40, 51, 52, 54, 55, 56 y 57 que tuvieron un color de hojas inmaduras verde claro B. Pard. Y adicionalmente, también se caracterizaron por tener una distribución de ramas ascendente. 57,14% de los genotipos que tuvieron un de color verde claro B. Pard sus hojas inmaduras hacen parte del clúster 2 y el 80% de los genotipos del clúster dos tienen sus hojas inmaduras de color verde claro B. Pard.

**Tabla 21.** Descripción del cluster 2

Cluster 2					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Col_Hoja_Inma=Verde.Claro.B.Pard.	57,143	80,000	33,333	0,001	3,336
Distri_Rama=Ascendente	100,000	40,000	9,524	0,002	3,109
Posi_Sepa=Convexo	47,059	80,000	40,476	0,006	2,758
Distri_Rama=Verticilada	100,000	30,000	7,143	0,010	2,560
Form_Bas_LaHo=Form_Bas_LaHo_Atenuada	6,250	10,000	38,095	0,041	-2,042
Posi_Sepa=Recto	5,000	10,000	47,619	0,008	-2,668
Habi_Creci=Semierecto	4,762	10,000	50,000	0,005	-2,829
Distri_Rama=Irregular	3,333	10,000	71,429	0,000	-4,583

El tercer clúster lo conforman los genotipos 13, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 33, 35, 37, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 58, 59 y 61 que tuvieron distribución de ramas de forma irregular y hábito de crecimiento semierecto (**Tabla 22**).

**Tabla 22.** Descripción del cluster 3

Cluster 3					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Distri_Rama=Irregular	80,00	96	71,429	0,000	4,180
Habi_Creci=Semierecto	85,71	72	50,000	0,001	3,390
Posi_Sepa=Recto	80,00	64	47,619	0,013	2,495
Form_Bas_LaHo=Form_Bas_LaHo_Atenuada	81,25	52	38,095	0,029	2,181
Col_Hoja_Inma=Verde.Claro.B.Pard.	35,71	20	33,333	0,035	-2,110
Distri_Rama=Ascendente	0,00	0	9,524	0,021	-2,303
Forma_Hoja=Oval	0,00	0	9,524	0,021	-2,303
Posi_Sepa=Convexo	35,29	24	40,476	0,011	-2,529
Habi_Creci=Erecto	21,43	12	33,333	0,001	-3,427

El cuarto clúster lo conforman los genotipos 16 y 53 que tuvieron un color de hojas inmaduras pardo. rojizo.B. y presencia de estípulas caediza (**Tabla 23**).

**Tabla 23.** Descripción del cluster 4

Cluster 4					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Col_Hoja_Inma=Pardo.Rojizo.B.	100	100	4,762	0,0012	3,248
Pres_Esti=Caediza	66.66667	100	7,143	0,0035	2,921
Distri_Rama=Axial	100	50	2,381	0,0476	1,981
Col_Hoja_Mad=Verde.claro	100	50	2,381	0,0476	1,981
Col_Hoja_Mad=Verde	0	0	83,333	0,0244	-2,251
Pres_Esti=Persistente	0	0	85,714	0,0174	-2,378

El quinto clúster lo conforman el genotipo 19 que tenía forma de hojas obovada e inserción en la antera dorsifija. (**Tabla 24**).

**Tabla 24.** Descripción del cluster 5

Cluster 5					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Forma_Hoja=Obovada	100	100	2,381	0,0238	2,260
Ins_Anter=Dorsifija	100	100	2,381	0,0238	2,260
Form_Bas_LaHo=Form_Bas_LaHo_Aguda	50	100	4,762	0,0476	1,981
Posi_Sepa=Concavo	50	100	4,762	0,0476	1,981

El análisis anterior, permitió identificar cinco agrupamientos formados donde el primero se destaca por la forma de hoja oval y por poseer una forma redonda de su ápice, el segundo se conformó por los genotipos que tuvieron un color de hojas inmaduras verde claro B. Pard, y ramas ascendentes, el tercer clúster lo conforman los genotipos que tuvieron distribución de ramas de forma irregular y hábito de crecimiento semirecto, en el cuarto lo conforman los genotipos que tuvieron un color de hojas inmaduras Pardo. Rojizo.B. y presencia de estípulas caediza y finalmente la última agrupación se caracterizó por hojas obovada e inserción en la antera dorsifija. Es decir, que las accesiones se caracterizan por el color de hojas inmaduras verde claro B. Pard, hojas inmaduras Pardo. Rojizo.B, ramas de forma irregular, crecimiento semirecto, hojas obovadas e inserción en la antera dorsifija. Esto concuerda con lo expuesto Valderrama y Guchuvo (2015), quien menciona cuatro colores de las hojas inmaduras donde el 44% de las accesiones estudiadas tenían el color verde claro borde pardo y con relación al hábito de crecimiento los autores encontraron un 25,75% a nivel global de accesiones con hábito de crecimiento semirecto en su estudio.

### 3.2 Componentes fisicoquímicos y nutricionales

Continuando con la investigación, en este capítulo se exponen los componentes fisicoquímicos de los frutos de guayaba, para ello fue necesario llevar a cabo pruebas de pH, °Brix, acidez total titulable, entre otros, además de determina los componentes nutricionales del ácido Ascórbico predominante presente en el jugo de la fruta en concentraciones adecuadas bajo condiciones de madurez y las pectinas de las accesiones estudiadas del Banco de Germoplasma.

### 3.2.1 Resultados cuantitativos de frutos

En la **Tabla 25**, se puede visualizar las medidas de tendencia central de las variables cuantitativas medidas a los frutos de las accesiones del banco de germoplasma de guayaba; las variables con mayor variación fueron Porcentaje de materia seca, Titulación diclorofenol y Porcentaje de Vitamina C.

**Tabla 25.** Medidas de tendencia central de variables cuantitativas del fruto.

	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación	min	max
<b>Peso del fruto</b>	188,45 5	5849,085	76,479	40,582	18,848	363,539
<b>Diámetro polar</b>	7,37	2,258	1,503	20,393	3,079	10,595
<b>Diámetro ecuatorial</b>	6,584	1,182	1,087	16,51	3,054	9,111
<b>Diámetro cavidad seminal</b>	4,393	0,458	0,676	15,388	2,326	5,84
<b>Grosor corteza mesocarpio</b>	1,166	0,154	0,392	33,619	0,53	2,491
<b>Peso cavidad seminal</b>	50,767	428,304	20,696	40,767	7,341	126,541
<b>Peso mesocarpio</b>	136,00 2	3637,705	60,313	44,347	12,168	277,736
<b>Peso de semilla en base húmeda</b>	5,325	2,69	1,64	30,798	0,864	7,712
<b>Peso de cáscara en base húmeda</b>	59,715	737,912	27,165	45,491	6,309	137,23
<b>Peso de pulpa en base húmeda</b>	195,72 1	7499,85	86,602	44,248	18,5	415
<b>Porcentaje de materia seca</b>	7,768	25,505	5,05	65,01	2,8	27,4
<b>Porcentaje de semilla</b>	3,119	1,536	1,239	39,724	1,1	6,4
<b>Porcentaje de pulpa</b>	96,881	1,536	1,239	1,279	93,6	98,9
<b>Titulación NaOH</b>	0,572	0,067	0,259	45,28	0,308	1,545
<b>Porcentaje de acidez</b>	1,181	0,286	0,535	45,301	0,64	3,213
<b>Grados Brix</b>	1,834	0,094	0,307	16,739	1,253	2,62
<b>Porcentaje de sólidos solubles</b>	7,298	1,642	1,281	17,553	4,371	10,48
<b>Porcentaje de índice de madurez</b>	7,894	7,993	2,827	35,812	3,059	12,894
<b>pH</b>	3,655	0,089	0,299	8,181	3,038	4,091
<b>Titulación diclorofenol</b>	2,307	1,413	1,189	51,539	1,367	8,282
<b>Porcentaje de Vitamina C</b>	46,684	597,352	24,441	52,354	28,364	172,262

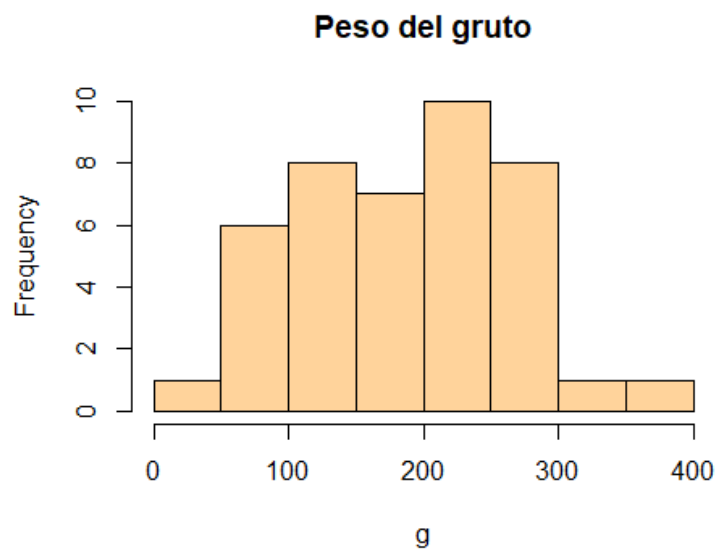
con relación a los componentes fisicoquímicos y nutricionales, se encontró que los grados Brix de las accesiones estudiadas variaron de 1,25 a 2,62 y su mayor contenido es un aspecto relevante en la calidad de la guayaba para su aceptación, ya que, el consumidor prefiere frutos con 5,9 y 9,5 Brix, así lo manifiesta Rojas y Narváz (2009) quienes obtuvieron resultados contrastantes, en su estudio llevado en *Psidium Guajava* L, en Colombia; así mismo el autor al Padilla et al., (2012), obtuvo en su investigación valores

similares para frutos de guayaba de la región de Colombia Calvillo-Cañones. Así mismo, Padilla et al., (2010), también reportó resultados similares para los componentes fisicoquímicos de frutos de guayaba, y contrastaron sus resultados con los frutos que fueron cosechados en época de lluvias y estos mostraron valores bajos.

Igualmente, Gutiérrez (2013), en su estudio obtuvo resultados afines a la presente investigación, donde encontró que el °Brix presentó un valor medio de 8,79%, con un máximo de 11% y un mínimo de 6,80%, resultando inferior al 9,7%, además, con respecto a la acidez titulable promedio para la fracción comestible de los frutos de las diez introducciones de guayaba se encontró que correspondió a 0,82%, con un máximo de 2,23% y finalmente, el valor medio para la variable de calidad Índice de madurez fue 15,32, resultando superior al promedio de 12,46.

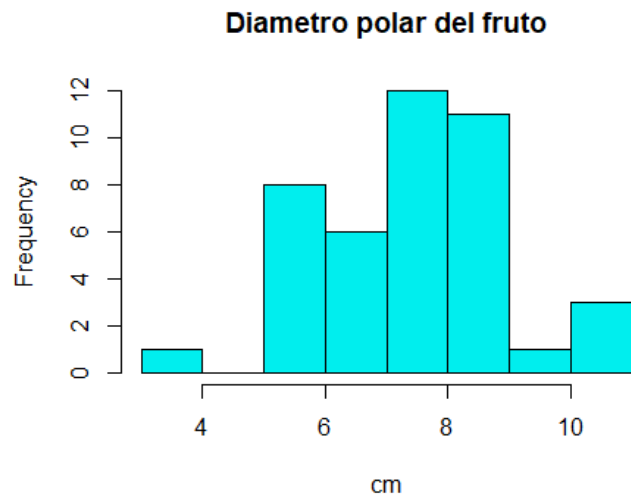
Desde la **Figura 48** hasta la **Figura 68** se pueden observar las distribuciones de cada una de las variables de caracterización cuantitativa de los frutos. Con el objetivo de verificar si las distribuciones seguían la normalidad o no, se llevó a cabo la prueba de normalidad Shapiro Wilk para todas las variables.

**Figura 48.** Distribución de la variable peso del fruto



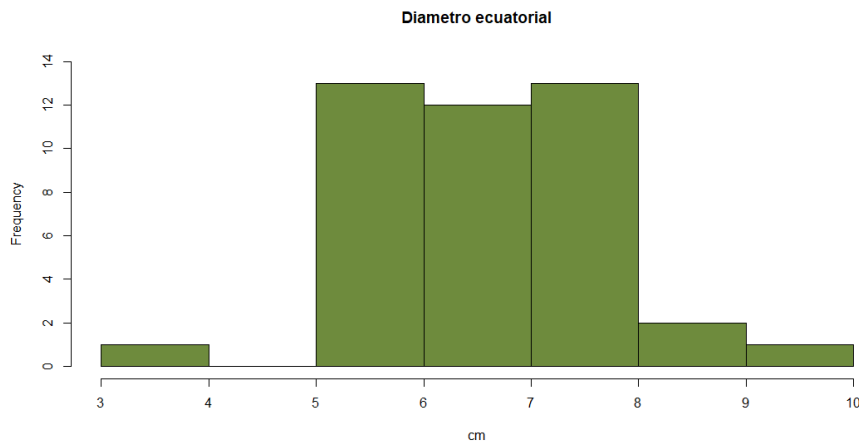
En la **Figura 48** se observa que, 10 genotipos se destacaron por tener frutos con pesos entre 200g y 250g, 8 genotipos con frutos entre 250 y 300g y otros 8 genotipos con frutos entre 100g y 150g. Solo se encontraron 2 genotipos con frutos mayores a 300g y 1 genotipo con frutos menores a 50 g. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 40,582% con un valor mínimo de 18,848g y un valor máximo de 363,539g.

**Figura 49.** Distribución de la variable diámetro polar del fruto



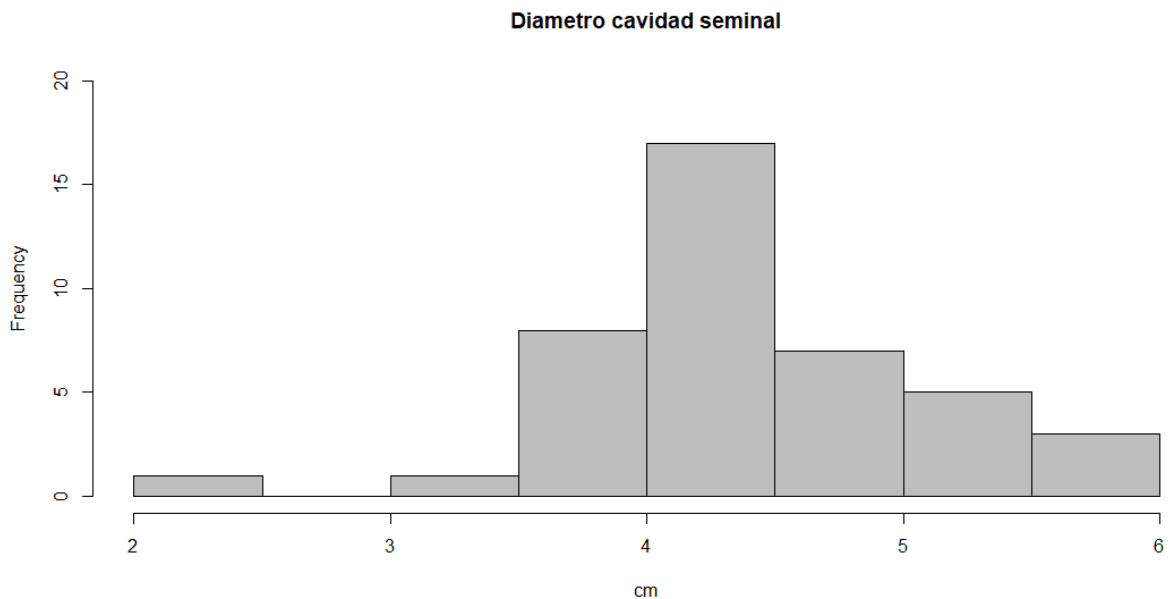
En la **Figura 49** se puede notar que hubo 23 genotipos que se destacaron por poseer frutos con diámetro polar entre 7 y 9 cm, 8 genotipos con diámetro polar entre 5 y 6 cm y tan solo 1 genotipo tuvo frutos con diámetro polar menor a 4 cm. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 20,393% con un valor mínimo de 3,079cm y un valor máximo de 10,595cm

**Figura 50.** Distribución de la variable diámetro ecuatorial



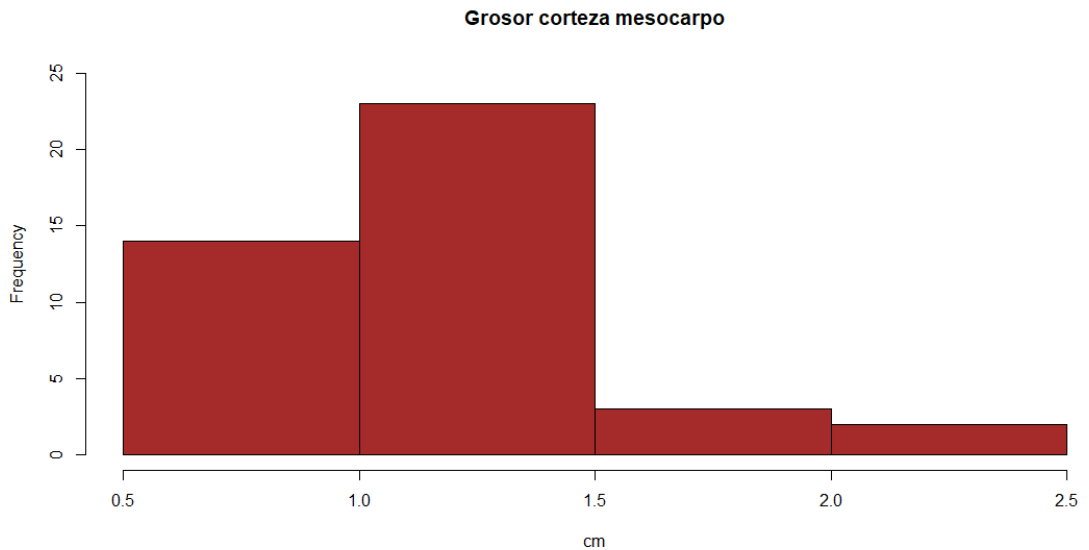
La **Figura 50** muestra que 38 genotipos se tuvieron frutos con un diámetro ecuatorial entre 5 y 8 cm, 3 genotipos se destacaron por tener los frutos con el diámetro ecuatorial más grande entre 8 y 10 cm, y tan solo 1 genotipo tuvo frutos con diámetro ecuatorial menor a 4 cm. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 16,51% con un valor mínimo de 3,054cm y un valor máximo de 9,111cm.

**Figura 51.** Distribución de la variable diámetro cavidad seminal



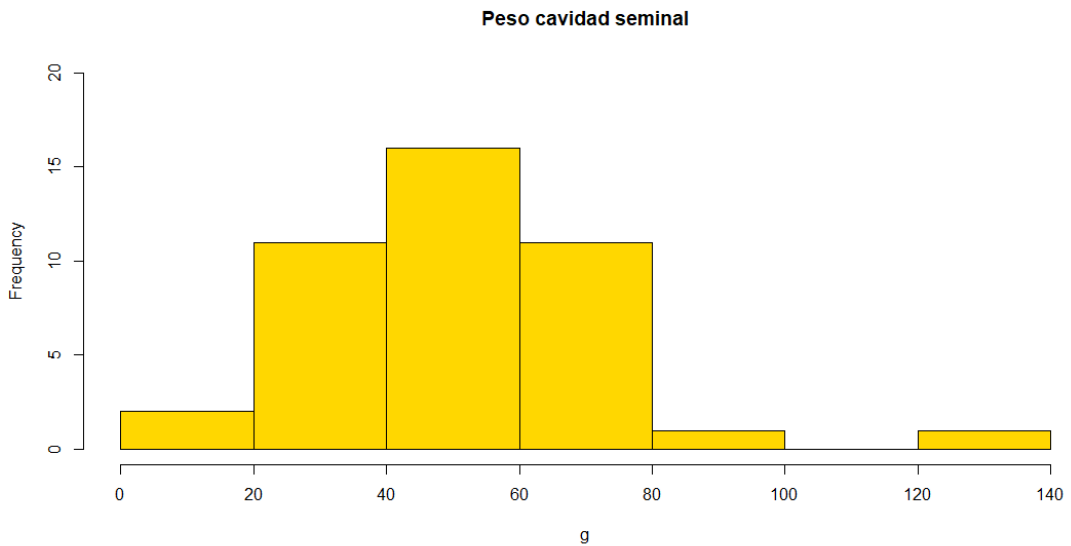
La **Figura 51** muestra la distribución de la variable diámetro de cavidad seminal, en la que se destacaron 7 genotipos por poseer un diámetro de cavidad seminal entre 4,5 y 5 cm, 18 genotipos entre 4 y 4,5 cm y 8 genotipos con un diámetro de cavidad seminal entre 3,5 y 4 cm. Nuevamente en esta variable tan solo se encontró 1 genotipo con diámetro de cavidad seminal menor a 2,5 cm y 3 genotipos con diámetro de cavidad seminal mayor a 5,5 cm. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 15,388%, un valor mínimo de 2,326 cm y un valor máximo de 5,84cm

**Figura 52.** Distribución de la variable grosor corteza de mesocarpo



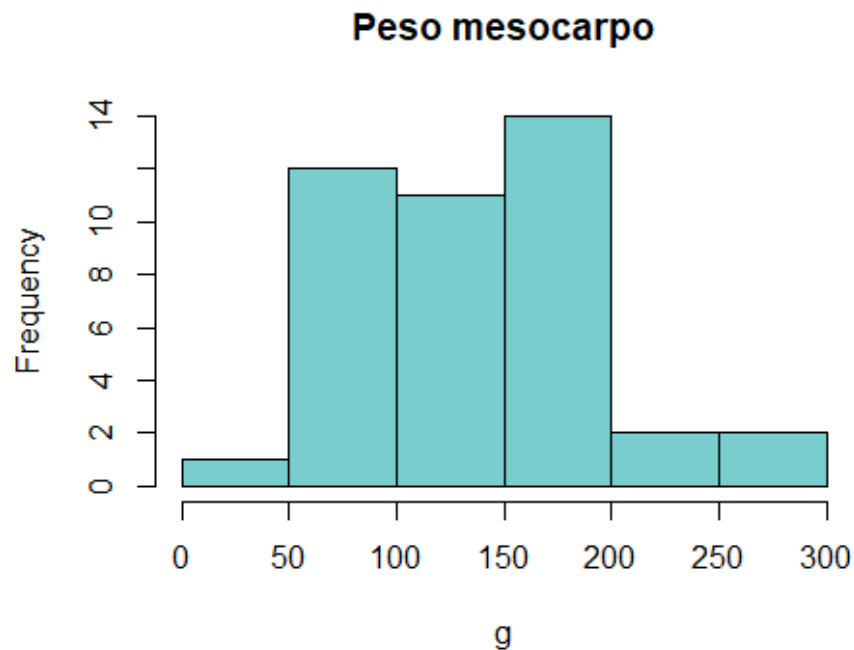
En la **Figura 52** se puede ver la distribución que tuvo la variable grosor de corteza del mesocarpo. Para esta variable se encontraron 24 genotipos que tuvieron un grosor entre 1 y 1,5 cm, 14 genotipos con grosor entre 0,5 y 1 cm y 5 genotipos con un grueso de corteza de mesocarpo entre 1,5 y 2,5 cm. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 33,619%, un valor mínimo de 0,53cm y un valor máximo de 2,491cm.

**Figura 53.** Distribución de la variable peso cavidad seminal



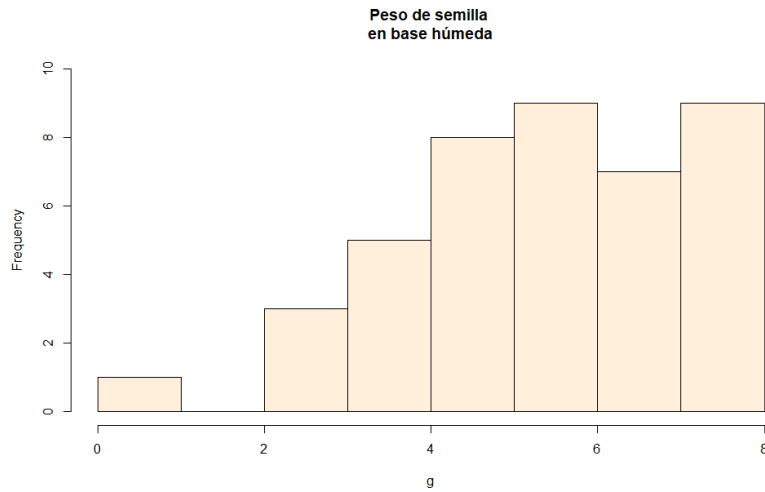
La **Figura 53** muestra la distribución de la variable peso de cavidad seminal. Se puede notar que esta variable sigue una distribución normal a excepción del pico que tuvo entre 120 y 140g. Para esta variable 16 genotipos tuvieron peso de cavidad seminal entre 40 y 60g, 11 genotipos con pesos de cavidad seminal entre 20 y 40g y otros 11 con pesos entre 60 y 80g. El coeficiente de variación para esta variable fue de 40,767%, el valor mínimo de 7,341 g y su valor máximo fue de 126,541g

**Figura 54.** Distribución de la variable peso mesocarpo



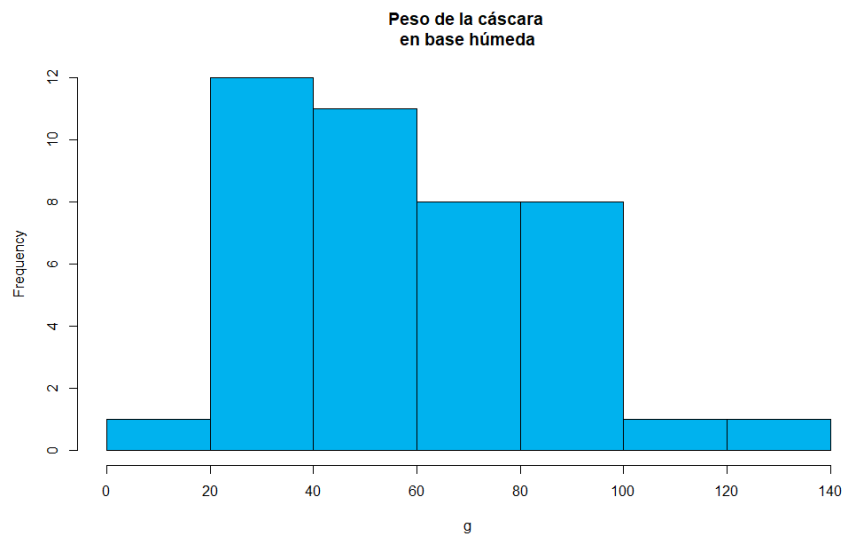
La distribución de la variable peso del mesocarpo esta representada en la figura 54, en la que se destacaron 14 genotipos por poseer los mayores pesos entre 150 y 200g, seguido de otros 13 genotipos con pesos de sus mesocarpos entre 50 y 100g y finalmente 11 genotipos con pesos de mesocarpo en tre 100 y 150g. Se encontro 1 solo genotipo con un bajo peso entre 0 y 50g 4 genotipos con pesos de mesocarpo entre 200 y 300 g. El coeficiente de variación para esta variable fue de 44,347%, con un valor mínimo de 12,168g y un valor máximo de 277,736g (**Figura 54**).

**Figura 55.** Distribución de la variable peso de semilla en base húmeda



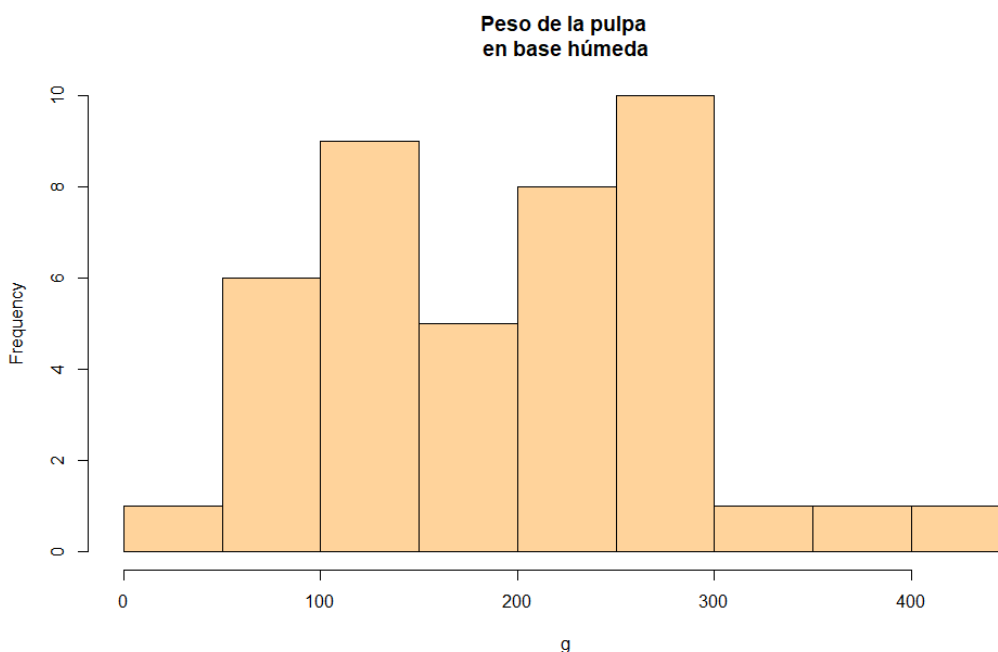
En la **Figura 55** se muestra la distribución de la variable peso de semilla en base húmeda. Se encontraron 16 genotipos que se destacaron por poseer un peso de semillas en base húmeda entre 6 y 8g, 17 genotipos con un peso de semillas en base húmeda entre 4 y 6g. Solo se encontró 1 genotipo con peso de semillas en base húmeda menor a 1g. El coeficiente de variación para esta variable fue 30,798% con un valor mínimo de 0,864g y un valor máximo de 7,712g

**Figura 56.** Distribución de la variable peso de la cáscara en base húmeda



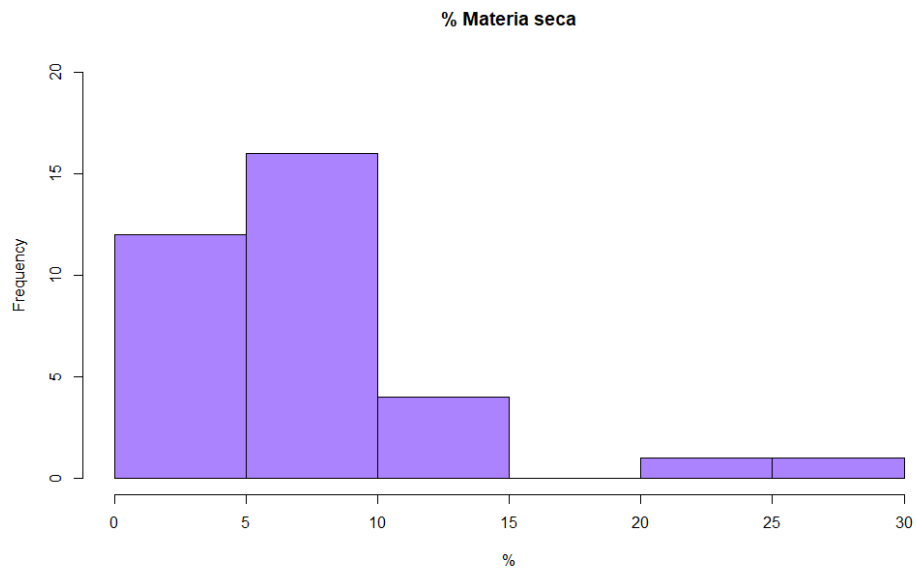
En la **Figura 56** se puede visualizar la distribución de la variable peso de la cáscara en base húmeda en la cual se encontraron 23 genotipos que tuvieron un peso de cáscara en base húmeda entre 20 y 60g, 16 genotipos con peso entre 60 y 100g y 2 genotipos que se destacaron por poseer un alto peso de cáscara en base de húmeda entre 100 y 140 g. Solo se encontró 1 genotipo que tuvo un peso de cáscara en base húmeda menor a 20g. Esta variable tuvo un coeficiente de variación de 45,491% con un valor mínimo de 6,309% y un valor máximo de 137,23%

**Figura 57.** Distribución de la variable peso de la pulpa en base húmeda



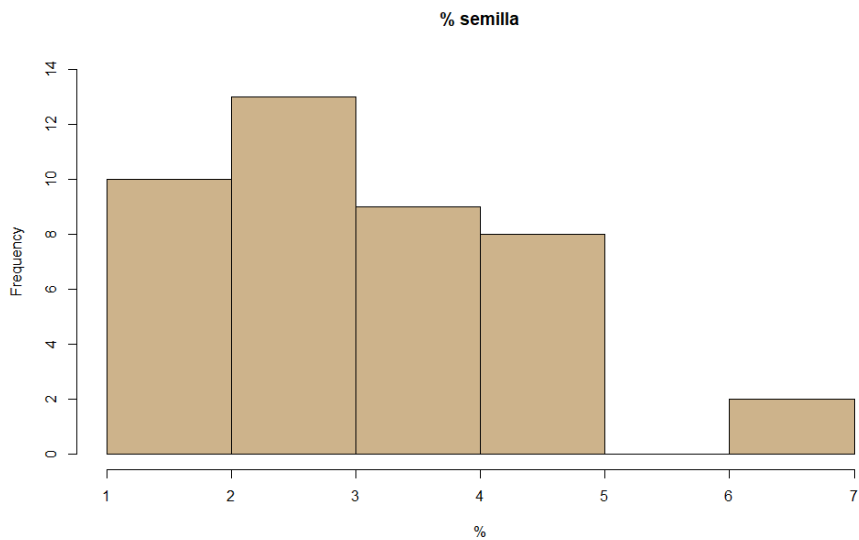
La **Figura 57** presenta la distribución de la variable peso de la pulpa en base húmeda; dicha variable se destacó por poseer 18 genotipos con valores entre 200 y 300g, 14 genotipos entre 100 y 200g, seguido de 6 genotipos entre 50 y 100g y tan solo 1 genotipo con un peso de pulpa en base húmeda menor a 50g. También se encontraron 3 genotipos con los valores mas elevados, los cuales estuvieron entre 300 y 415g. El coeficiente de variación de esta variable fue de 44,248% con un valor mínimo de 18,5g y un valor máximo de 415g.

**Figura 58.** Distribución de la variable % de materia seca



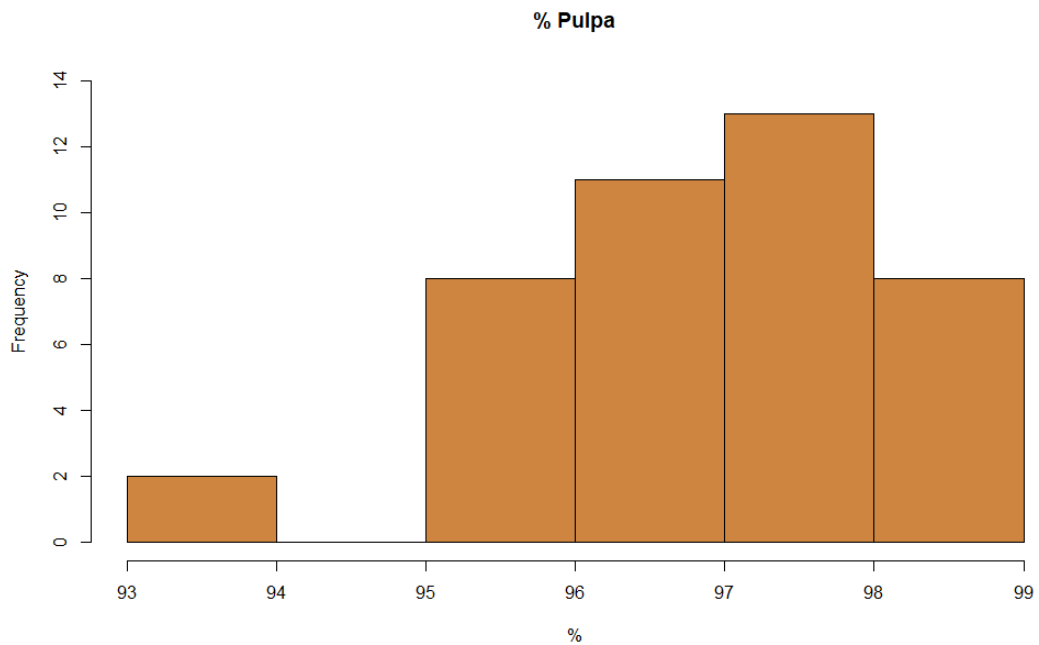
En la **Figura 58** se muestra la distribución de la variable % de materia seca. Se puede notar que no hubo genotipos que presentaran % de materia seca entre 15 y 20%, solo se encontraron 2 genotipos con los mayores % de materia seca entre 20 y 30% y resto de genotipos estuvieron por debajo del 15% de materia seca. El coeficiente variación de esta variable fue de 65,01% con un valor min de 2,8% de materia seca y un valor máximo de 27,4% de materia seca.

**Figura 59.** Distribución de la variable % de semilla



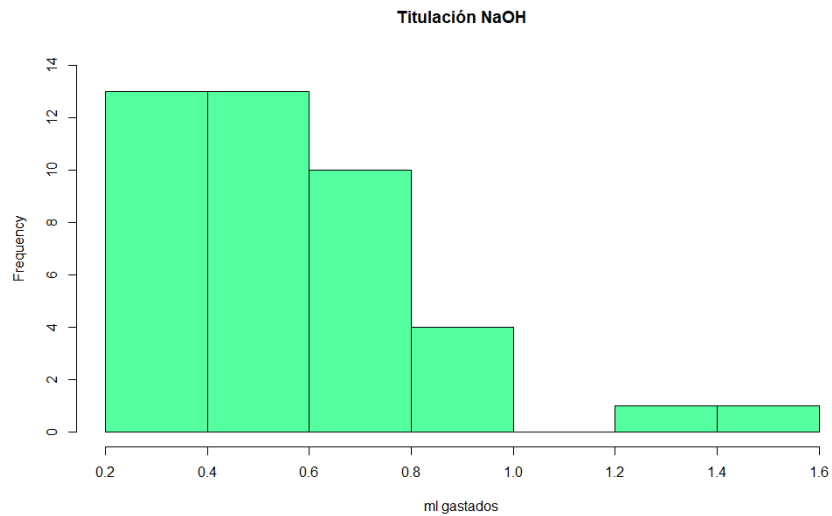
La **Figura 59** muestra la distribución de la variable % de semilla. Dicha variable se caracterizó por poseer dos grupos de genotipos. El primer grupo fue de 40 genotipos el cual tuvo un % de semillas menor al 5%; y el segundo grupo fue de tan solo dos genotipos, los cuales tuvieron un % de semillas entre 6 y 7%. No se encontraron genotipos que tuvieron % de semillas entre 5 y 6%. El valor del coeficiente de variación para esta variable fue de 39,724% con un valor mínimo de 1,1% de semillas y un valor máximo de 6,4% de semillas.

**Figura 60.** Distribución de la variable % pulpa



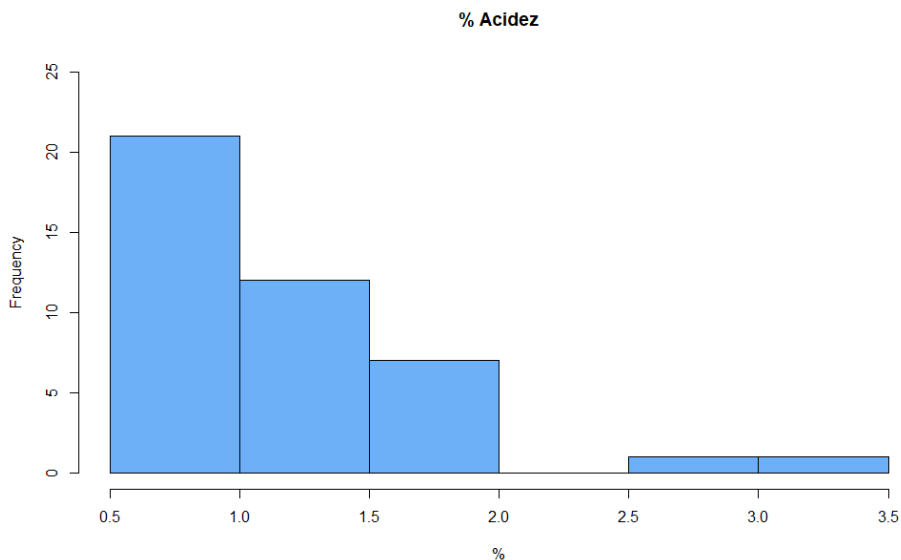
En la **Figura 60** se muestra la distribución de la variable % de pulpa, en la cual 21 genotipos se destacaron por tener valores entre el 97 y 99% de pulpa, seguido de 19 genotipos con valores entre 95 y 97% de pulpa. Solo se encontraron 2 genotipos que tuvieron un % de pulpa entre 93 y 94%. No hubo genotipos con % de pulpa entre 94 y 95%. En conclusión la mayoría de los genotipos se caracterizaron por tener % de pulpa mayores al 95%. El coeficiente de variación para esta variable fue de 1,279% con un valor mínimo de 93,6% de pulpa y un valor máximo de 98,9%.

**Figura 61.** Distribución de la variable titulación NaOH (hidróxido de sodio)



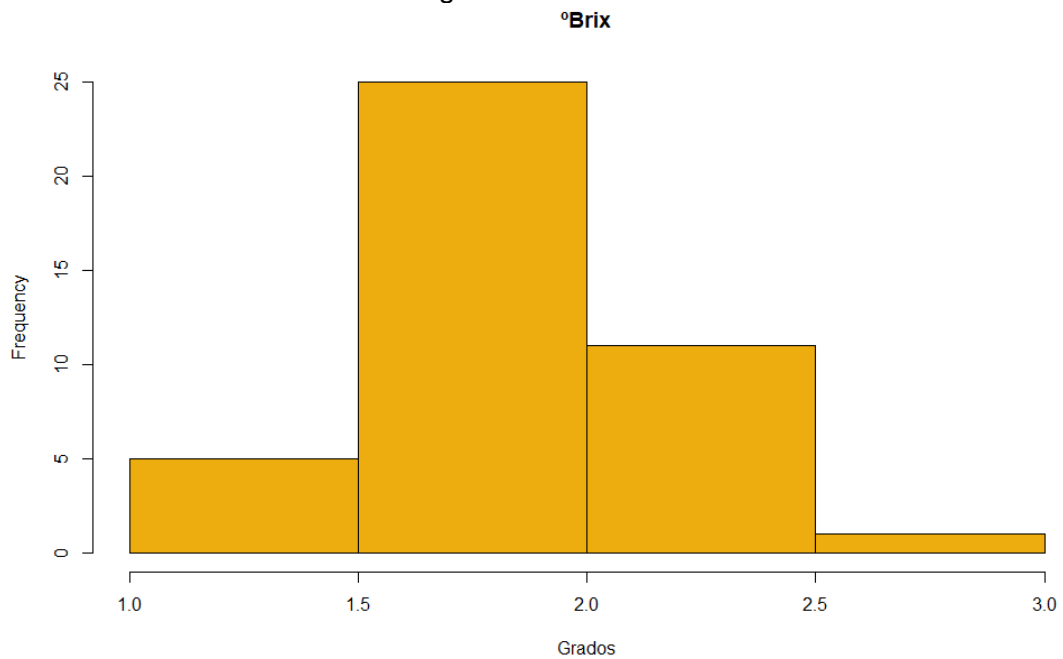
La **Figura 61** muestra la distribución para la variable mililitros de NaOH (hidroxido de sodio) gastados durante la titulación. Se puede notar que 26 genotipos tuvieron una medida entre 0,2 y 0,6 mililitros gastados de NaOH, seguido de 10 genotipos con medidas entre 0,6 y 0,8 mililitros gastados y finalmente 4 genotipos entre 0,8 y 1 ml de NaOH gastado durante la titulación. Solo 2 genotipos gastaron entre 1,2 y 1,6 mililitros de NaOH. No se encontraron genotipos con medidas entre 1 y 1,2 mililitros. El coeficiente de variación para esta variable fue de 45,28% con un valor mínimo de 0,308% y un valor máximo de 1,545%.

**Figura 62.** Distribución de la variable % de acidez



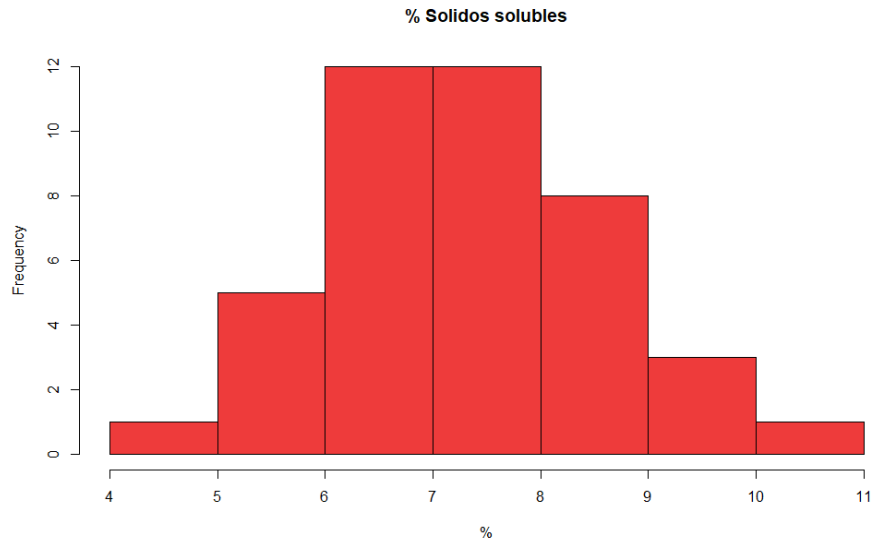
La **Figura 62** muestra la distribución de la variable % de acidez, la cual se destacó por tener 40 genotipos con un porcentaje de acidez menor a 2%. Dentro de esos 40 genotipos con baja acidez, 21 genotipos estuvieron entre 0,5 y 1% y 12 genotipos estuvieron entre 1 y 1,5%. 2 genotipos fueron los más ácidos con un % de acidez entre 2,5 y 3,5%. El coeficiente de variación para esta variable fue de 45,301% con un valor mínimo de 0,64% y un valor máximo de 3,213%.

**Figura 63.** Distribución de la variable grados brix



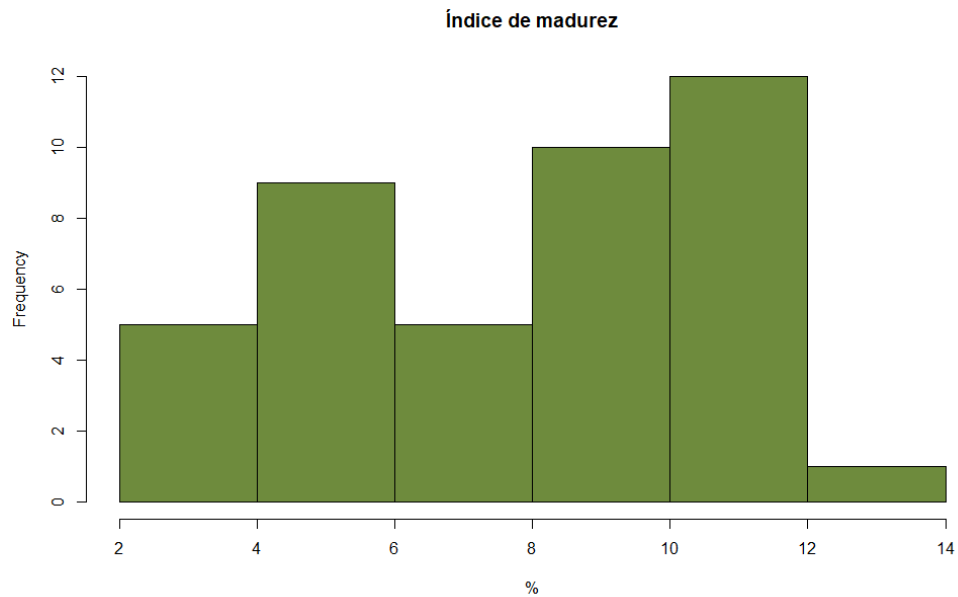
La **Figura 63** está representado gráficamente la distribución de la variable grados brix. Para esta variable se destacaron 25 genotipos que tuvieron entre 1,5 y 2 grados brix, seguido de 11 genotipos con valores entre 2 y 2,5 grados brix y tan solo 1 genotipo con más de 2,5 grados brix. Se encontraron 5 genotipos con los valores más bajos de grados brix que estuvieron entre 1 y 1,5. El valor mínimo de esta variable fue de 1,25° brix y el máximo de 2,62° brix.

**Figura 64.** Distribución de la variable % de solidos solubles



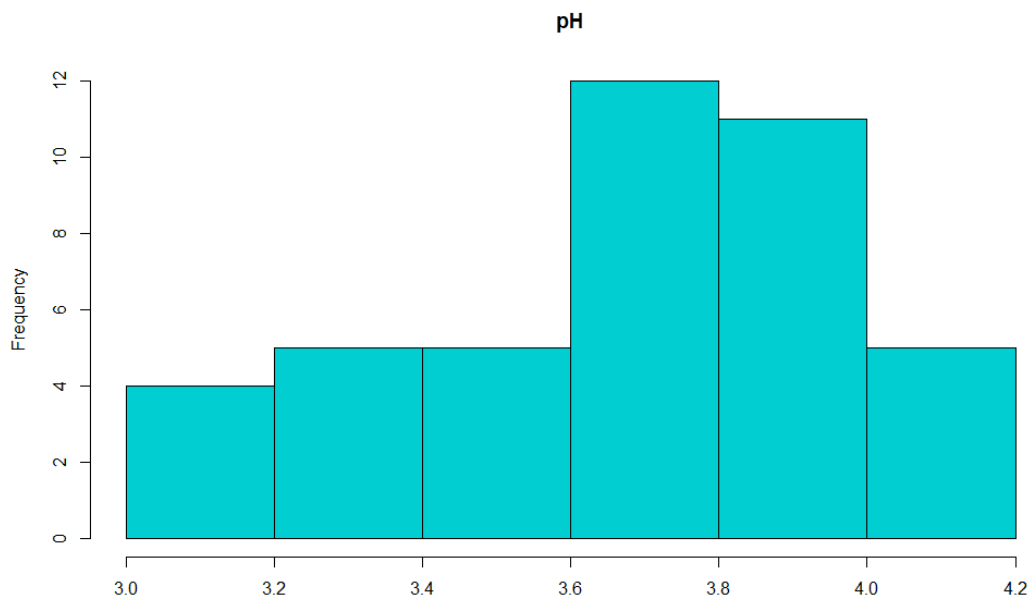
La **Figura 64** muestra la visualización de la distribución de la variable % de solidos solubles, en sobresalieron 24 genotipos que tuvieron valores entre 6 y 8% de solidos solubles, seguido de 8 genotipos con % de solidos solubles en 8 y 9%. El coeficiente de variación para esta variable fue de 17,55% con un valor min de 4,37% de solidos solubles y un valor maximo de 10,48% de solidos solubles.

**Figura 65.** Distribución de la variable índice de madurez



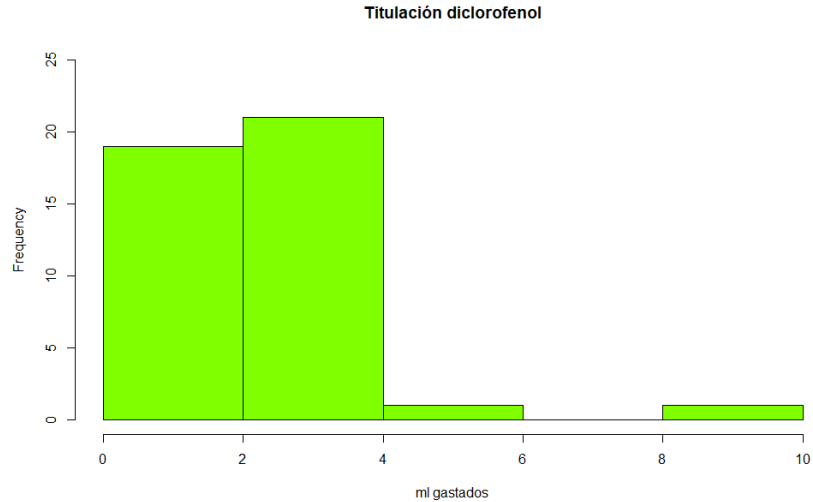
En la **Figura 65** se muestra la distribución de la variable índice de madurez, en la que se puede notar que 22 genotipos tuvieron índices de madurez mas altos entre 8 y 12%, mientras que los valores mas bajos de índice de madures los obtuvieron 5 genotipos con valores entre 2 y 4%; los valores intermedios entre 4 y 8% los obtuvieron 14 genotipos. Solo 1 genotipo tuvo su índice de madurez mayor a 12%. El valor minimo para esta variable fué 3,059% y el maximo fue 12,894%.

**Figura 66.** Distribución de la variable pH (potencial de hidrógeno)



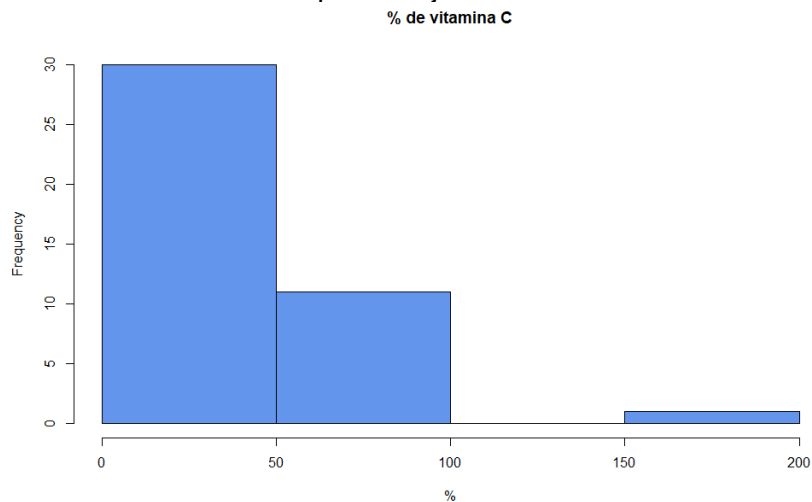
La distribución de la variable pH (potencial de hidrogeno) se representa en la figura 66. Se pudo notar que 23 genotipos tuvieron valores entre 3.6 y 4, mientras que el valor mas alto de pH lo obtuvieron 5 genotipos con valores entre 4 y 4,2. Los 14 genotipos restantes tuvieron valores entre 3 y 3.6. El coeficiente de variación para esta variable fue de 8,18% con un valor minimo de 3,038 y un maximo de 4,091 (**Figura 66**).

**Figura 67.** Distribución de la variable titulación con diclorofenol



La distribución de la variable indirecta titulación con diclorofenol se representa en la figura 67, en donde se destacaron 40 genotipos que gastaron menos de 4 mililitros, 1 genotipo gastó entre 4 y 6 mililitros y ninguno gastó entre 6 y 8 mililitros. El valor mínimo de esta variable fue 1,367 mililitros y valor máximo de 8,282 mililitros (**Figura 67**).

**Figura 68.** Distribución de la variable porcentaje de vitamina C



La **Figura 68** muestra la distribución de la variable % de vitamina C. Se puede notar que la mayoría de los genotipos caracterizados (30 genotipos) tuvieron un % de vitamina C menor al 50%, 11 genotipos tuvieron valores entre 50 y 100% y tan solo 1 genotipo tuvo su % de

vitamina C mayor al 150%. El valor mínimo de esta variable fue 28,364% y el valor máximo fue 172,262%.

Como aspecto a relucir sobre la visualización de la distribución de las variables cuantitativas se pudo observar que para las variables peso del fruto, diámetro polar del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro de cavidad seminal, peso mesocarpo, peso de semilla en base húmeda, peso de la cascara en base húmeda y peso de la pulpa en base húmeda se encontró que en todos los casos hubo 1 solo genotipo que mostró los valores más bajos para cada una de las variables mencionadas.

Por otro lado con el objetivo de verificar si las distribuciones seguían una normalidad, se presenta a continuación los resultados de la prueba de normalidad Shapiro Wilk aplicada a cada variable.

**Tabla 26.** Prueba de Shapiro Wilk (p-value)

<b>Variables</b>	<b>Resultado prueba de Shapiro Wilk (p-value)</b>
Peso del fruto	0,5548
Diámetro polar	0,6076
Diámetro ecuatorial	0,2507
Diámetro cavidad seminal	0,3869
Grosor corteza mesocarpo	0,0554
Peso cavidad seminal	0,2665
Peso mesocarpo	0,3977
Peso de semilla en base húmeda	0,06638
Peso de cáscara en base húmeda	0,1645
Peso de pulpa en base húmeda	0,4107
% de materia seca	0,000010
% de semilla	0,08878
% de pulpa	0,08878
Titulación NaOH	0,000008
% de acidez	0,000007
Grados Brix	0,639
% de sólidos solubles	0,9725
% de índice de madurez	0,1251
pH	0,06518
Titulación diclorofenol	0,00000001
% de vitamina C	0,000000005

La **Tabla 26** presenta los valores de significancia para la prueba de normalidad. Aquellos variables que presentaron valores mayores o iguales a 0,05 son asumidas como variables que siguieron una distribución normal. Como resultado general se concluye que todas las variables siguieron una distribución normal excepto las variables % de materia seca,

titulación NaOH, % de acidez, titulación con diclorofenol y % de vitamina C (valores en amarillo), las cuales no pueden ser analizadas mediante el procedimiento de análisis de correlación de Pearson a menos de que sean transformadas mediante la transformación Log10.

A continuación, se presenta el análisis bivariado en que se muestra la matriz de correlación de Pearson de las variables que siguieron distribución normal. De acuerdo con el análisis de correlación de Pearson se encontró que la variable diámetro polar tiene correlación altamente significativa  $p$  ( $\alpha = 0,05$ ) y positiva con las variables peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro cavidad seminal, grosor corteza mesocarpio, peso cavidad seminal, peso mesocarpio, peso de semilla en base húmeda, peso de cáscara en base húmeda, peso de pulpa en base húmeda, % de pulpa y pH. Esta variable también se encuentra correlacionada de manera significativa y negativamente con las variables % de semilla, Grados Brix y % de sólidos solubles (**Figura 69**).

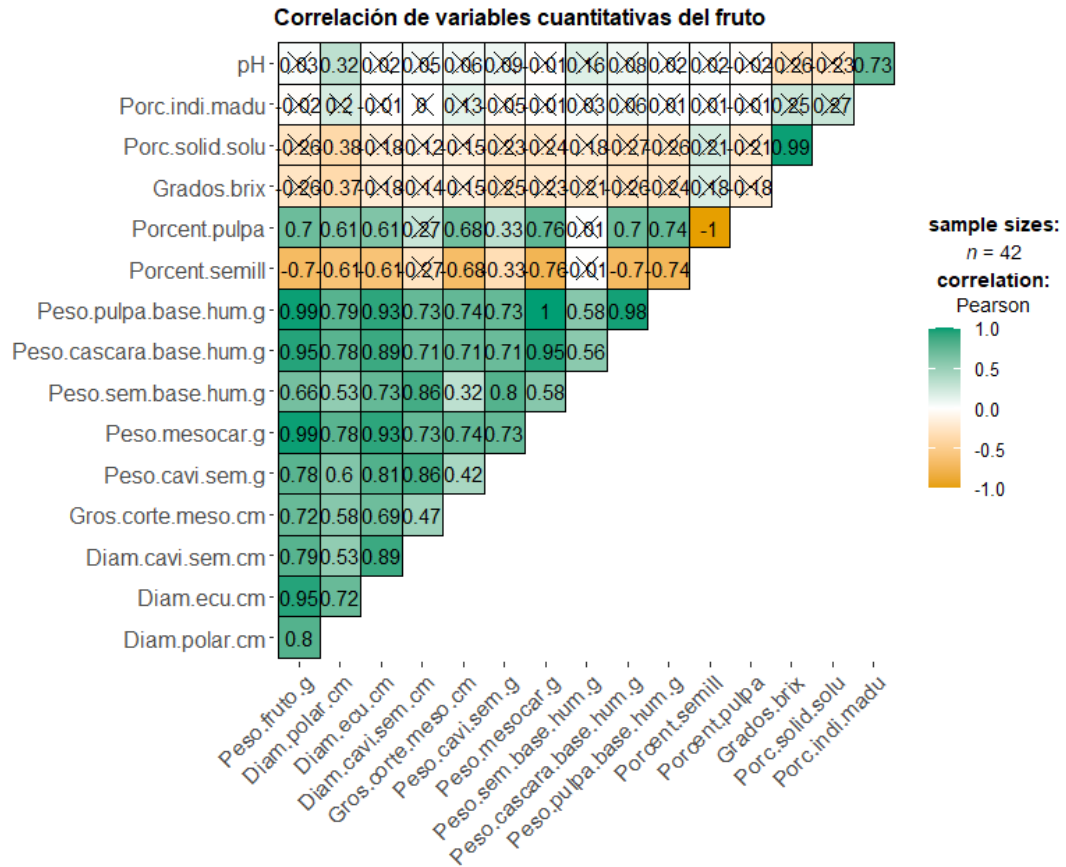
Esto lo corrobora Ramírez et al., (2016), en su estudio donde en la correlación de Brix realizada con la mayoría de las variables expone que resultó negativa y no significativa y que la forma del fruto se correlacionó significativamente con DP y la relación de los diámetros DP/DE, cuya relación indica la forma de este. El resto de las variables cualitativas mostró valores bajos del coeficiente de correlación.

Como conclusión se puede tomar la decisión de no medir esta variable nuevamente en otro estudio de caracterización ya que es una variable que puede ser explicada por las variables con las que tuvo correlaciones altas y significativas (peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro cavidad seminal, grosor corteza mesocarpio, peso cavidad seminal, peso mesocarpio, peso de semilla en base húmeda, peso de cáscara en base húmeda, peso de pulpa en base húmeda, % de pulpa y % de semilla) (**Figura 69**).

Rathore (1976) y Thaipong y Boonprakob, (2006), en sus respectivos estudios manifiestan que los sólidos solubles y grados Brix de la guayaba pueden ser influenciados por aspectos como el clima, la temperatura del aire y humedad del suelo que está presente en la última fase de maduración del fruto, No obstante, Andrade et al., (2009) expresa que la

concentración de sólidos solubles está en el rango de frutos maduro y que la acidez titulable no coincide con la reportada para guayaba.

**Figura 69.** Matriz de correlación variables cuantitativas del fruto



X = non-significant at  $p < 0.05$  (Adjustment: None)

Dentro de las correlaciones de Pearson se encontró que la variable diámetro polar que tuvo una correlación altamente significativa  $p$  ( $\alpha = 0,05$ ) y positiva con las variables peso del fruto ( $r = 0,8$ ), diámetro ecuatorial ( $r = 0,72$ ), diámetro cavidad seminal ( $r = 0,53$ ), grosor corteza mesocarpio ( $r = 0,58$ ), peso cavidad seminal ( $r = 0,6$ ), peso mesocarpio ( $r = 0,78$ ), peso de semilla en base húmeda ( $r = 0,53$ ), peso de cáscara en base húmeda ( $r = 0,78$ ), peso de pulpa en base húmeda ( $r = 0,79$ ), y % de pulpa ( $r = 0,61$ ), sin embargo, con la variable % de semilla resulto tener un correlación negativa y significativa ( $r = -0,61$ ). Otra de las variables más correlacionadas con el resto fue la variable peso del fruto la cual presento correlaciones positivas y significativas con las variables diámetro polar ( $r = 0,8$ ), diámetro ecuatorial ( $r = 0,95$ ), diámetro de la cavidad seminal ( $r = 0,79$ ), grosor corteza del mesocarpio

( $r = 0,72$ ), peso de cavidad seminal ( $r = 0,78$ ), peso del mesocarpo ( $r = 0,99$ ), peso de semilla en base húmeda ( $r = 0,66$ ), peso de la cáscara en base húmeda ( $r = 0,95$ ), peso de la pulpa en base húmeda ( $r = 0,99$ ) y % de la pulpa ( $r = 0,7$ ). También se correlacionó de forma negativa y significativa con la variable con la variable % de semilla ( $r = -0,7$ )

### 3.2.2 Análisis de componentes principales

A continuación se presenta el análisis de los componentes principales encontrados anteriormente.

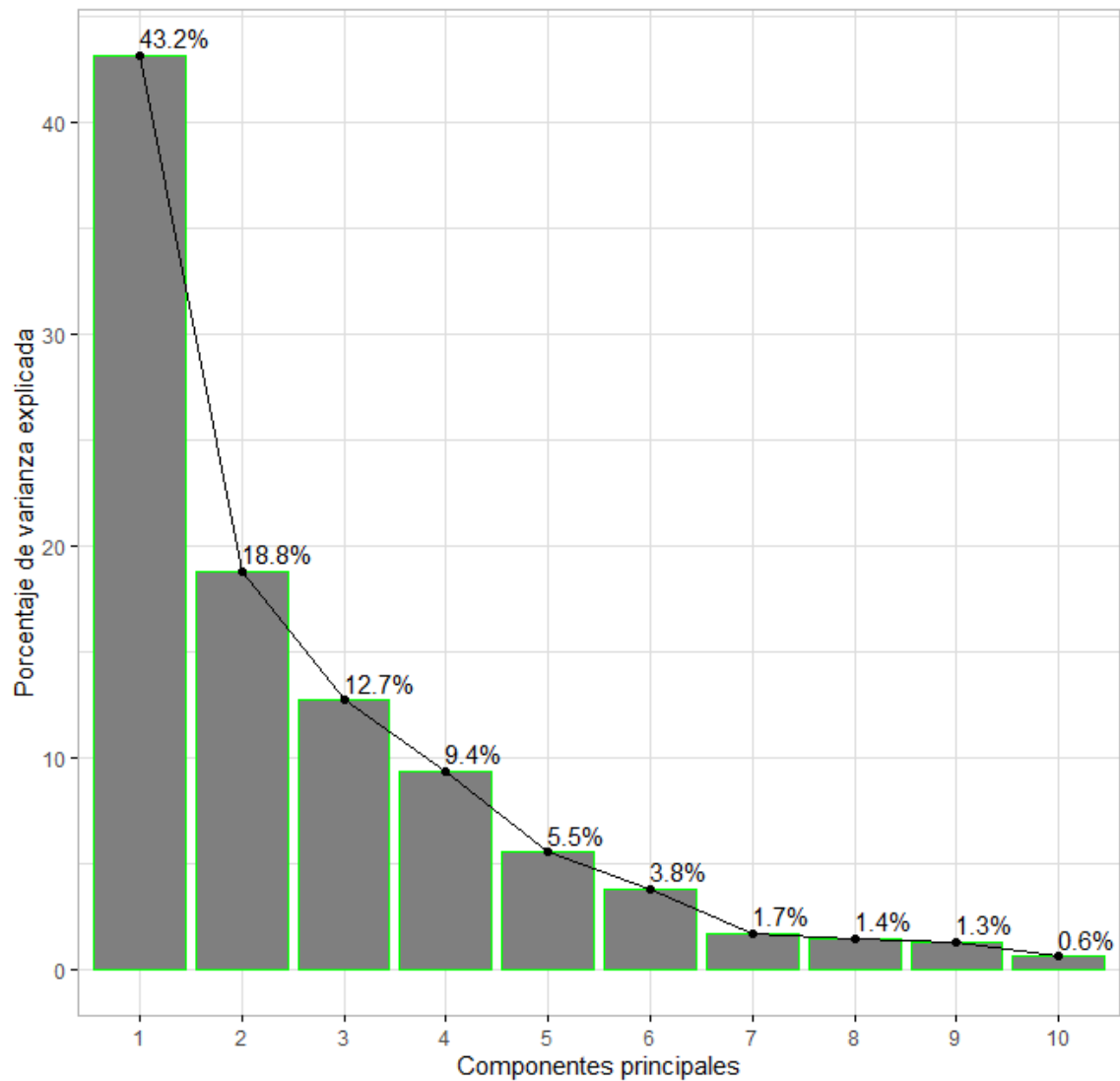
En la **Tabla 27**, se observa la matriz de componentes principales la cual muestra 10 componentes, en los cuales se pueden destacar el primer componente (9,066) explicando el 43,171% de la variabilidad total; seguido de este se encuentra el segundo componente (3,949) explicando el 18,807 % de la variabilidad total, y finalmente se encuentra el tercer componente principal (2,673) explicando el 12,728% de la variabilidad total de las variables medidas. Entre los tres componentes mencionados se logró explicar el 74,706% de la variabilidad total; de esta manera se está alcanzando uno de los objetivos del uso de esta técnica que es reducir la dimensionalidad y explicar la mayor variabilidad posible con la menor cantidad de variables utilizadas. Se escogieron los primeros tres componentes ya que su valor es mayor a 1, sin embargo, es importante mencionar que los primeros 5 componentes cumplen con el criterio para ser retenidos puesto que sus valores propios o eigenvalores son mayores a 1 y entre los 5 se está explicando el 89.636% de la variabilidad total de los datos.

**Tabla 27.** Componentes principales

# componentes principales	Eigenvalor	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada explicada (%)
comp 1	9,066	43,171	43,171
comp 2	3,949	18,807	61,978
comp 3	2,673	12,728	74,706
comp 4	1,971	9,387	84,092
comp 5	1,164	5,544	89,636
comp 6	0,798	3,799	93,435
comp 7	0,365	1,737	95,172
comp 8	0,303	1,444	96,616
comp 9	0,276	1,313	97,929
comp 10	0,133	0,631	98,56

Adicionalmente a continuación se muestra la gráfica de sedimentación que muestra la varianza explicada de cada componente principal y también es uno de los criterios de selección de componentes principales. En la **Figura 70** se puede visualizar la variabilidad o porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Según el criterio de selección del gráfico de sedimentación para este caso los valores de varianza explicada no cambian del componente 7 al componente 8, por lo que utilizar tres componentes es suficiente para su interpretación.

**Figura 70.** Gráfico de sedimentación componentes principales  
Gráfico de sedimentación de variables cuantitativas de la planta



Con relación a las variables evaluadas se puede analizar la correlación que tiene cada variable con cada componente principal y su correspondiente calidad de representación en cada componente principal (siguiente tabla).

En la **Tabla 28**, se puede observar que el primer componente principal tiene una asociación fuerte y positiva con las variables Peso del fruto ( $r = 0,98$ ), Diámetro polar ( $r = 0,844$ ), Diámetro ecuatorial ( $r = 0,947$ ), Peso mesocarpio ( $r = 0,97$ ), Peso de cáscara en base húmeda ( $r = 0,948$ ) y Peso de pulpa en base húmeda ( $r = 0,973$ ), dados estos resultados se puede concluir que el componente principal número 1 está interpretando toda la variación de los frutos debido al tamaño de los mismos.

El segundo componente tiene una asociación fuerte y positiva con las variables Titulación NaOH ( $r = 0,919$ ) y Porcentaje de acidez ( $r = 0,915$ ). Se puede concluir que este componente está interpretando la variación debida a la acidez de los frutos. Y finalmente el componente principal tres tiene asociación positiva con la variable Porcentaje de sólidos solubles ( $r = 0,743$ ) y grados brix ( $r = 0,77$ )

La calidad de representación de las variables en los componentes principales se interpreta como que tan bien representadas están las variables en los componentes principales y entre más cercano esté su valor a 1 es porque es una variable muy bien representada. Para el caso del primer componente se puede notar que las variables con más calidad de representación son peso del fruto, diámetro ecuatorial, peso mesocarpio, peso de cáscara en base húmeda y peso de pulpa en base húmeda.

En el segundo componente las variables mejor representadas Titulación NaOH y Porcentaje de acidez.

**Tabla 28.** Correlación y calidad de variables a componentes principales

Variable	Correlación			Calidad de representación		
	Comp, 1	Comp, 2	Comp, 3	Comp, 1	Comp, 2	Comp, 3
Peso del fruto	0,98	0,103	0,083	0,96	0,011	0,007
Diámetro polar	0,844	-0,202	0,004	0,712	0,041	0
Diámetro ecuatorial	0,947	0,124	0,058	0,896	0,015	0,003
Diámetro cavidad seminal	0,792	0,054	-0,071	0,627	0,003	0,005
Grosor corteza mesocarpio	0,75	0,038	0,179	0,562	0,001	0,032
Peso cavidad seminal	0,796	0,019	-0,068	0,634	0	0,005
Peso mesocarpio	0,97	0,12	0,139	0,94	0,014	0,019
Peso de semilla en base húmeda	0,663	-0,078	-0,237	0,44	0,006	0,056
Peso de cáscara en base húmeda	0,948	0,027	0,081	0,899	0,001	0,006
Peso de pulpa en base húmeda	0,973	0,092	0,122	0,947	0,008	0,015
Porcentaje de materia seca	0,317	-0,352	-0,093	0,101	0,124	0,009
Porcentaje de semilla	-0,709	-0,174	-0,301	0,502	0,03	0,09
Porcentaje de pulpa	0,709	0,174	0,301	0,502	0,03	0,09
Titulación NaOH	-0,167	0,919	0,23	0,028	0,845	0,053
Porcentaje de acidez	-0,176	0,915	0,233	0,031	0,837	0,054
Grados Brix	-0,348	0,04	0,77	0,121	0,002	0,593
Porcentaje de sólidos solubles	-0,353	0,028	0,743	0,125	0,001	0,553
Porcentaje de índice de madurez	0,06	-0,888	0,25	0,004	0,789	0,063
pH	0,149	-0,854	-0,245	0,022	0,729	0,06
Titulación diclorofenol	0,106	0,494	-0,676	0,011	0,244	0,456
Porcentaje de vitamina C	0,04	0,467	-0,71	0,002	0,218	0,504

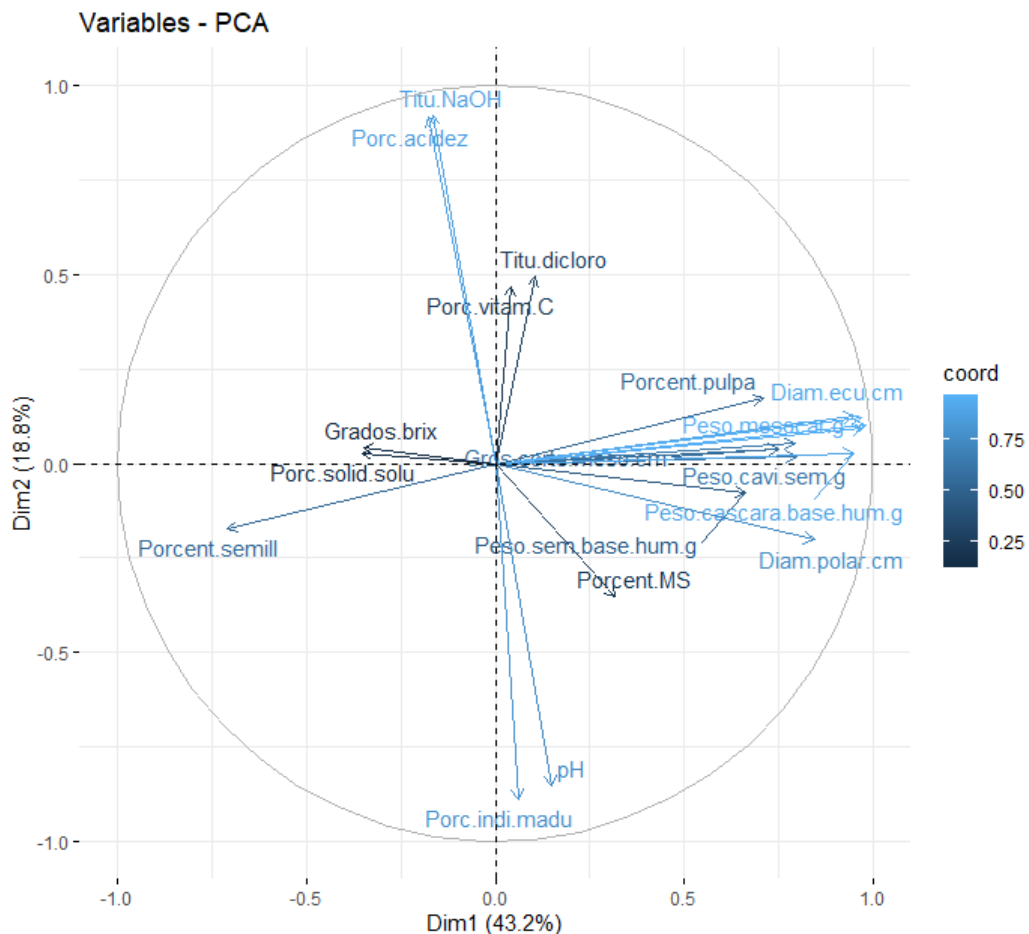
Tanto las correlaciones como la calidad de representación de las variables en los componentes principales uno y dos pueden verse representada gráficamente en la siguiente gráfica de círculo de correlaciones.

En la **Figura 71** se observa el círculo de correlaciones donde se pueden observar las distintas correlaciones que tienen las variables tanto para el primer componente como para el segundo componente principal. Se entiende que una alta correlación entre variables se da cuando forman un ángulo menor a  $90^\circ$  entre sí. Por ende se puede distinguir que el % de acidez y titulación NaOH se encuentran fuertemente correlacionadas entre sí muy bien representadas por el componente dos; adicionalmente las variables Titulación con diclorofenol y porcentaje de vitamina C también se encuentran estrechamente correlacionadas, pero cuentan con una baja calidad de representación por el componente 2. Las variables peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso mesocarpio, peso

de cáscara en base húmeda y Peso de pulpa en base húmeda están correlacionadas entre sí y simultáneamente poseen una buena calidad de representación por el componente principal 1. Las variables Porcentaje de índice de madurez y pH están correlacionadas entre ellas con una buena calidad de representación por parte del componente principal 2. Las variables Grados brix, porcentaje de sólidos solubles y porcentaje de semillas también se encuentran estrechamente correlacionadas entre ellas.

Por otro lado las variables menos correlacionadas entre sí son aquellas que forman un ángulo entre ellas cercano a 180°. Así pues, las variables menos correlacionadas entre sí fueron las variables correspondientes a la alta acidez del fruto (titulación NaOH, % de acidez, titulación con diclorofenol y % Vitamina C) con las variables referidas a la baja acidez del fruto (% de índice de madurez y pH).

**Figura 71.** Gráfico de círculo de correlaciones

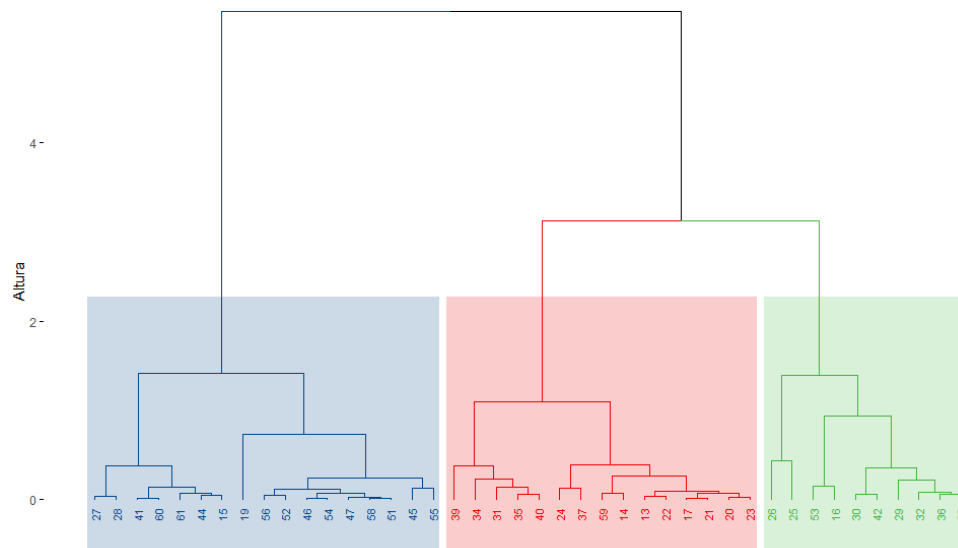




Los frutos de las accesiones 56 (Unal-007), 26 (Blanca-1), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 58 (Unal-009) y 55 (Unal-006) fueron los frutos que más porcentaje de semillas tuvieron y adicionalmente fueron estos los frutos con más contenido de sólidos solubles y con más grados brix (frutos dulces).

Visualmente no se pueden identificar muy bien los patrones de agrupamiento de los genotipos de acuerdo con sus variables; por esta razón se decidió llevar a cabo un agrupamiento de tipo jerárquico sobre los componentes principales como sigue a continuación.

**Figura 73.** Agrupamiento jerárquico de los frutos de las accesiones de guayaba  
Dendrograma variables cuantitativas del fruto



En **Figura 73** se pueden ver los diferentes tipos de grupos formados debido a las variables cuantitativas medidas a los frutos de las accesiones del banco de germoplasma de guayaba.

En las siguientes tablas se muestra las variables significativas que causaron la agrupación de las accesiones.

El clúster 1 está conformado por las accesiones 19 (Coronilla Cáscara Roja-1818), 26 (Blanca-1), 27 (San Jose Roja), 28 (Roja Redonda), 41(Puerto Tejada-0571-25), 45 (Cimpa

Roja-C-3), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 47 (Guadalupe Blanca), 51 (S-961 Pulpa Roja), 52 (Unal-003), 54 (Unal-005), 55 (Unal-006), 56 (Unal-007), 58 (Unal-009) y 60 (Palmira Ica-1) caracterizados por ser los más altos en porcentaje de semilla contenido de sólidos solubles (frutos con bastantes semillas y muy dulces). Adicionalmente de acuerdo al valor del v.test se puede concluir que estos frutos fueron los que menor medidas tuvieron en peso de pulpa en base húmeda, peso del fruto, peso mesocarpio (frutos livianos y pequeños) (**Tabla 29**).

**Tabla 29.** Descripción del clúster 1

Clúster 1				
Variables	v,test	Promedio del clúster	Promedio general	p valor
Porcentaje de semilla	4,317	4,227	3,119	1,6E-05
Porcentaje de sólidos solubles	1,996	7,827	7,298	4,6E-02
Peso de semilla en base húmeda	-3,221	4,232	5,325	1,3E-03
Diámetro cavidad seminal	-3,710	3,873	4,393	2,1E-04
Peso cavidad seminal	-3,908	34,024	50,767	9,3E-05
Grosor corteza mesocarpio	-4,124	0,831	1,166	3,7E-05
Porcentaje de pulpa	-4,317	95,773	96,881	1,6E-05
Diámetro polar	-4,407	5,999	7,370	1,0E-05
Peso de cáscara en base húmeda	-4,676	33,416	59,715	2,9E-06
Diámetro ecuatorial	-4,925	5,476	6,584	8,4E-07
Peso de pulpa en base húmeda	-5,112	104,080	195,721	3,2E-07
Peso del fruto	-5,214	105,898	188,455	1,8E-07
Peso mesocarpio	-5,233	70,666	136,002	1,7E-07

El grupo conformado por el clúster 2 está conformado por los frutos de las accesiones 16, 25, 29, 30, 32, 36, 42, 53, los cuales se caracterizaron por ser los frutos más ácidos, puesto que mostraron altos valores en Titulación con NaOH, porcentaje de acidez, porcentaje de vitamina C y titulación con diclorofenol; adicionalmente debido a su alta acidez, estos también mostraron bajos valores de pH y porcentaje de índice de madurez (frutos ácidos y poco maduros) (**Tabla 30**).

**Tabla 30.** Descripción del clúster 2

Clúster 2				
Variables	v,test	Promedio del cluster	Promedio general	p,valor
Titulación NaOH	4,636	0,954	0,572	3,5E-06
Porcentaje de acidez	4,548	1,955	1,181	5,4E-06
Porcentaje de vitamina C	2,945	69,583	46,684	3,2E-03
Titulación diclorofenol	2,799	3,365	2,307	5,1E-03
pH	-3,778	3,296	3,655	1,6E-04
Porcentaje de índice de madurez	-4,456	3,886	7,894	8,4E-06

En la **Tabla 31**, se pueden ver las diferentes características propias de este agrupamiento. Las accesiones de este grupo son 13 (Palmira Ica-1-0393-30-10), 14 (Guava Air Layers Red Roja Ica-2-0441), 15 (Guayaba Peruana 0381), 17 (Polonuevo), 20 (Variegado), 21 (Venezuela-A-10), 22 (Gerlain), 23 (Criolla-13), 24 (Puerto Rico), 31 (Guayaba Trujillo-2-0660), 33 (Guava Air Layers White-0440-M), 34 (Guayaba Roja Africano-0328), 35 (Guava Air Layers White-0440-A), 37 (Africana-1492-10), 39 (Manzana), 40 (Puerto Tejada), 44 (Boliviana) Y 59 (Criolla Mediana-2665) se caracterizaron por ser las accesiones con los frutos más grandes, más dulces y más maduros de todo el banco de germoplasma. Dichas accesiones tuvieron altos valores para las variables peso del fruto, peso mesocarpio, peso de pulpa en base húmeda, peso de cáscara en base húmeda, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso cavidad seminal, grosor corteza mesocarpio, diámetro cavidad seminal, peso de semilla en base húmeda, porcentaje de pulpa, pH y porcentaje de índice de madurez. Adicionalmente sus valores más bajos fueron en las variables porcentaje de acidez, titulación NaOH y porcentaje de semilla (frutos poco ácidos).

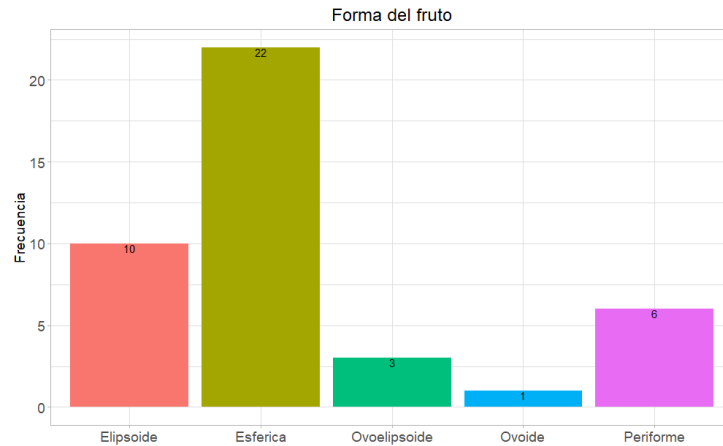
**Tabla 31.** Descripción del clúster 3

<b>Cluster 3</b>				
<b>Variables</b>	<b>v,test</b>	<b>Promedio del cluster</b>	<b>Promedio general</b>	<b>p,valor</b>
Peso del fruto	4,805	250,839	188,455	1,5E-06
Peso mesocarpio	4,754	184,684	136,002	2,0E-06
Peso de pulpa en base húmeda	4,749	265,542	195,721	2,0E-06
Peso de cáscara en base húmeda	4,583	80,849	59,715	4,6E-06
Diámetro polar	4,542	8,529	7,370	5,6E-06
Diámetro ecuatorial	4,312	7,380	6,584	1,6E-05
Peso cavidad seminal	4,193	65,498	50,767	2,8E-05
Grosor corteza mesocarpio	3,957	1,429	1,166	7,6E-05
Diámetro cavidad seminal	3,569	4,803	4,393	3,6E-04
Peso de semilla en base húmeda	3,509	6,302	5,325	4,5E-04
Porcentaje de pulpa	3,192	97,553	96,881	1,4E-03
pH	2,150	3,764	3,655	3,2E-02
Porcentaje de índice de madurez	2,115	8,909	7,894	3,4E-02
Porcentaje de acidez	-2,515	0,953	1,181	1,2E-02
Titulación NaOH	-2,519	0,461	0,572	1,2E-02
Porcentaje de semilla	-3,192	2,447	3,119	1,4E-03

### 3.2.3 Resultados cualitativos de frutos

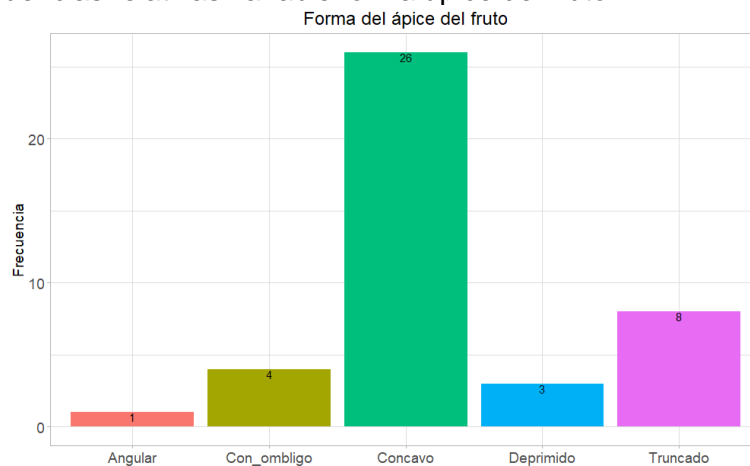
Desde la **Figura 74** hasta la **Figura 83** se pueden ver las tablas de frecuencias para las variables cualitativas del fruto. Se notó gran variabilidad en todas las variables evaluadas, excepto por la variable Textura del epicarpio que tuvo 22 frutos con textura lisa y 20 con textura rugosa.

**Figura 74.** Frecuencias relativas variable forma de fruto



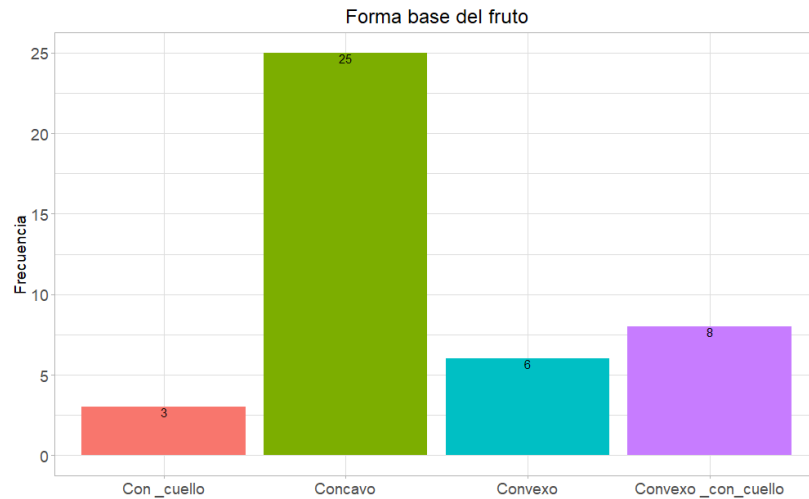
En la **Figura 74** previa se puede ver las frecuencias relativas de la variable forma del fruto, en donde la forma más frecuente fue la esférica con 22 conteos, seguido de la forma elipsoide con 10 conteos. La forma ovoelipsoide obtuvo 3 conteos, la periforme 6 conteos y la ovoide tan solo 1 conteo.

**Figura 75.** Frecuencias relativas variable forma ápice del fruto.



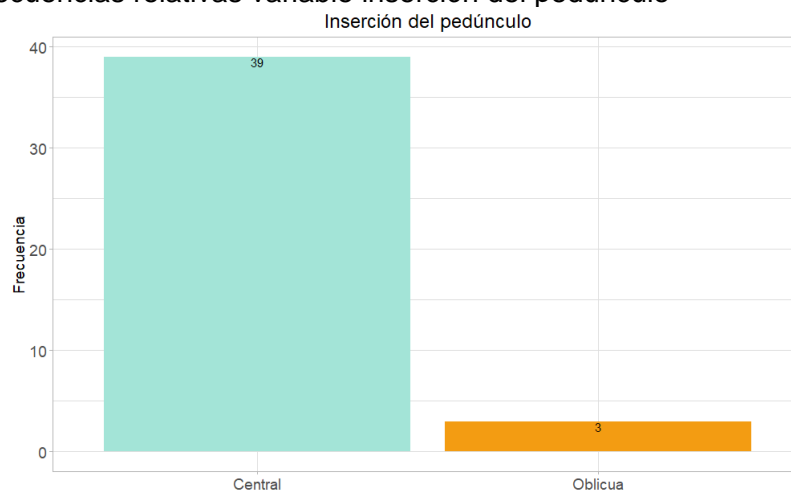
La **Figura 75** esta mostrando las frecuencias de la variable forma del ápice del fruto. La forma mas frecuente fue la forma concavo con 26 conteos y la segunda mas frecuente fue la truncado con 8 conteos. La forma menos frecuente fue la angular con una frecuencia de 1 conteo.

**Figura 76.** Frecuencias relativas variable forma base del fruto



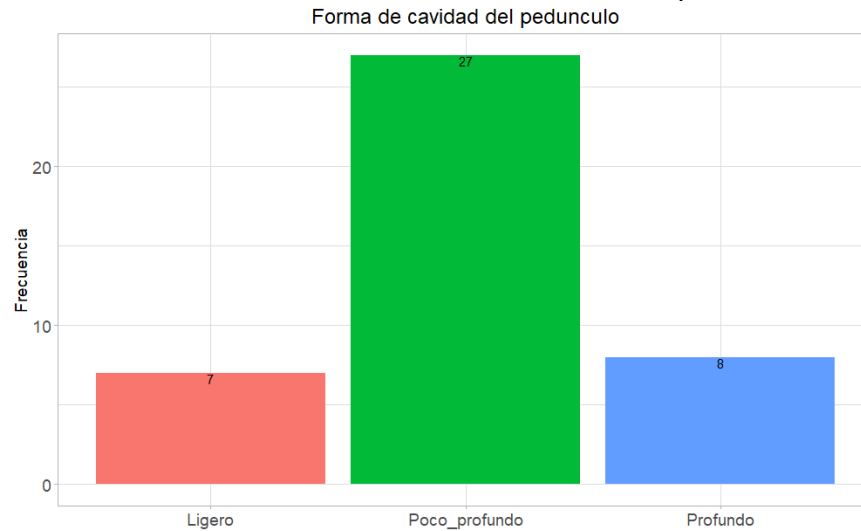
Las frecuencias relativas de la variable forma base del fruto esta representada en la **Figura 76**; en la cual la forma concavo fue la mas frecuente con 25 conteos, seguida de la forma convexo con cuello que obtuvo 8 conteos. La forma convexo obtuvo 6 conteos y finalmente la forma con cuello fue la menos frecuente con 3 conteos.

**Figura 77.** Frecuencias relativas variable inserción del pedúnculo



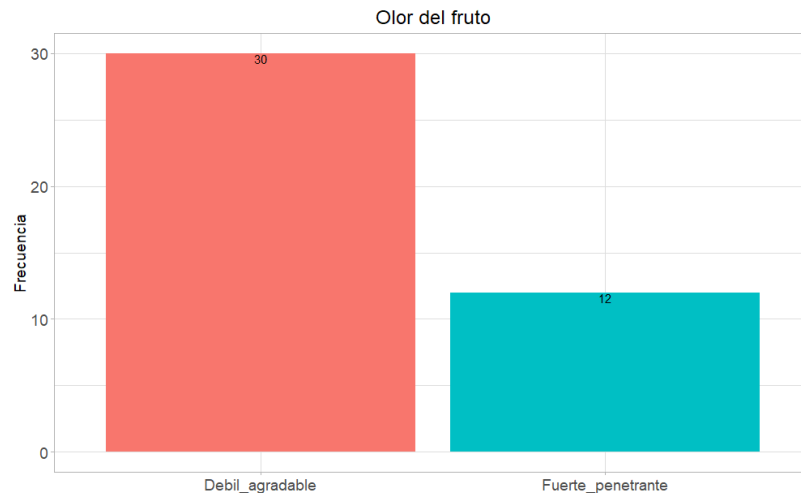
La **Figura 77** representa la visualización de las frecuencias relativas de la variable inserción del pedúnculo. La inserción mas frecuente fue la central con 39 conteos seguida de la inserción oblicua con 3 conteos.

**Figura 78.** Frecuencias relativas variable forma de cavidad del pedúnculo



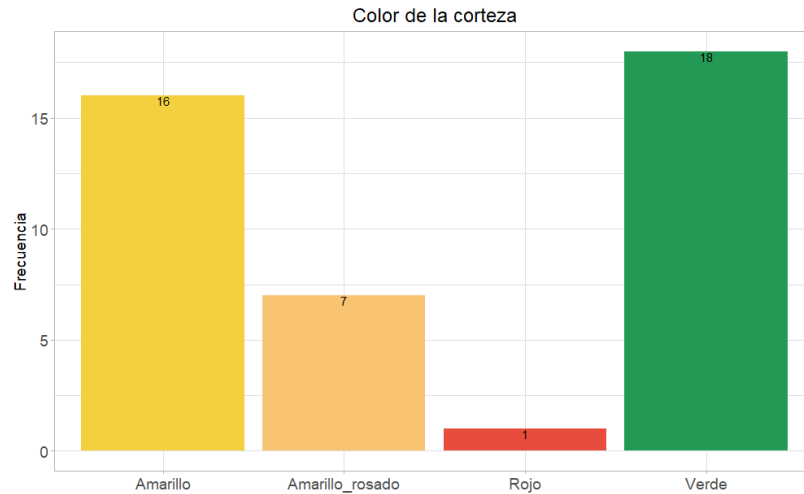
En la **Figura 78** se muestran las frecuencias relativas de la variable forma de cavidad de pedúnculo. La forma mas frecuente fue la poco profundo con 27 conteos, seguido de la forma profundo con 8 conteos y finalmente la forma ligero con 7 conteos. No se encontraron genotipos con frutos clasificados dentro de la modalidad "ausente".

**Figura 79.** Frecuencias relativas variable forma olor del fruto



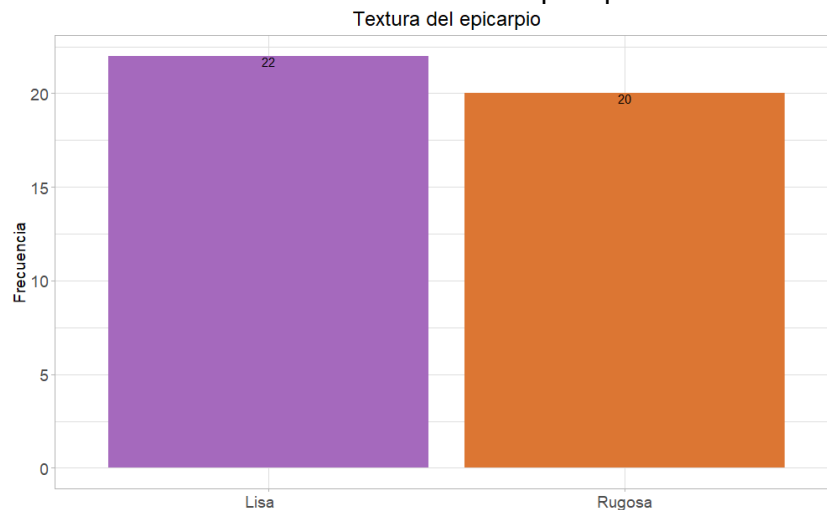
La **Figura 79** representa graficamente las frecuencias relativas de la variable olor del fruto, para la cual el olor debil y agradable clasifiko a 30 genotipos, mientras que para el olor fuerte y penetrante solo se clasificaron 12 genotipos.

**Figura 80.** Frecuencias relativas variable forma color de la corteza



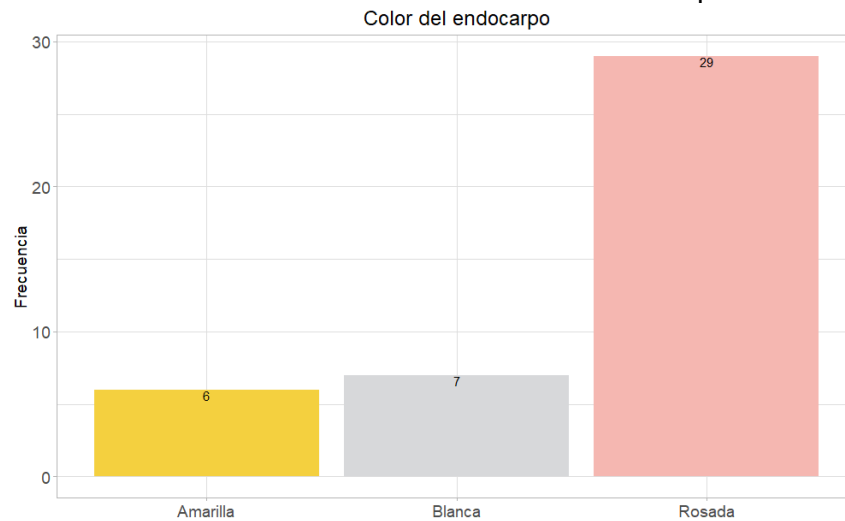
La **Figura 80** muestra las frecuencias relativas de la variable color de la corteza de los frutos. El color de corteza mas común fue el verde con 18 conteos, seguido del color amarillo con 16 conteos y el amarillo rosado con 7 conteos. Solo se encontró un genotipos con frutos de color rojo.

**Figura 81.** Frecuencias relativas variable textura del epicarpio



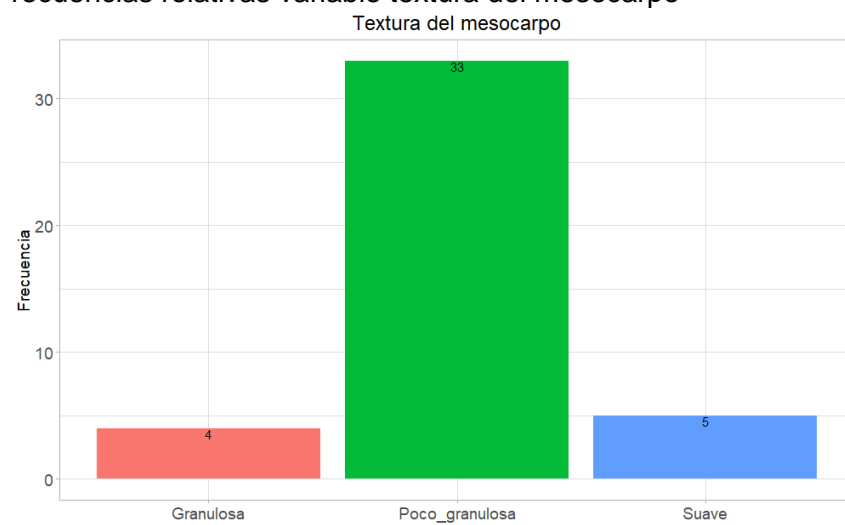
Las frecuencias de la variable textura del epicarpio se muestran en la figura 81. La textura mas frecuente fue la textura lisa con 22 conteos, seguida de la textura rugosa con 20 conteos (**Figura 81**).

**Figura 82.** Frecuencias relativas variable forma color del endocarpo



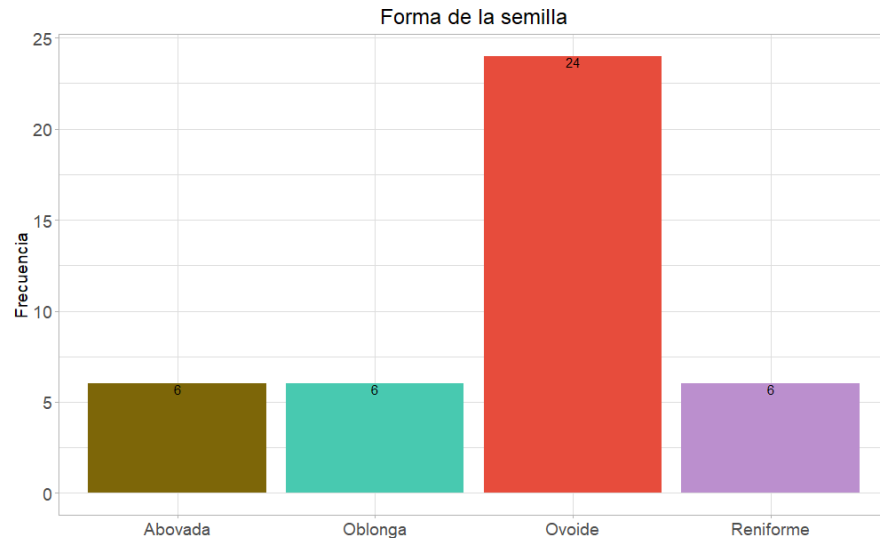
La variable color del endocarpo se clasifico en 4 modalidades: amarilla, blanca, rosada y roja; para las cuales la modalidad rosada fue la mas frecuente con 29 conteos, seguida de la blanca con 7 conteos y finalmente la amarilla con 6 conteos. No se encontraron genotipos que tuvieran frutos con color de endocarpo rojo (**Figura 82**).

**Figura 83.** Frecuencias relativas variable textura del mesocarpo



Las frecuencias de la variable textura del mesocarpo se presentan en **Figura 83**. La textura mas frecuente fue la textura poco granulosa con 33 conteos, seguida de la textura granulosa con 4 conteos y por ultimo la menos frecuente fue la textura suave con 5 conteos.

**Figura 84.** Frecuencias relativas variable forma de la semilla



La variable forma de la semilla se visualiza en la **Figura 84** en donde se muestran sus frecuencias relativas. La forma mas frecuente fue la ovoide con 24 conteos, seguido de las formas abovada, oblonga y reniforme con 6 conteos cada una. No se encontraron genotipos con semillas de las siguientes formas: fusiforme, clavada, cuniforme, deltada, globoide y eliptica.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de correspondencia múltiple que se le aplicó a la caracterización cualitativa de los frutos del banco de germoplasma de guayaba.

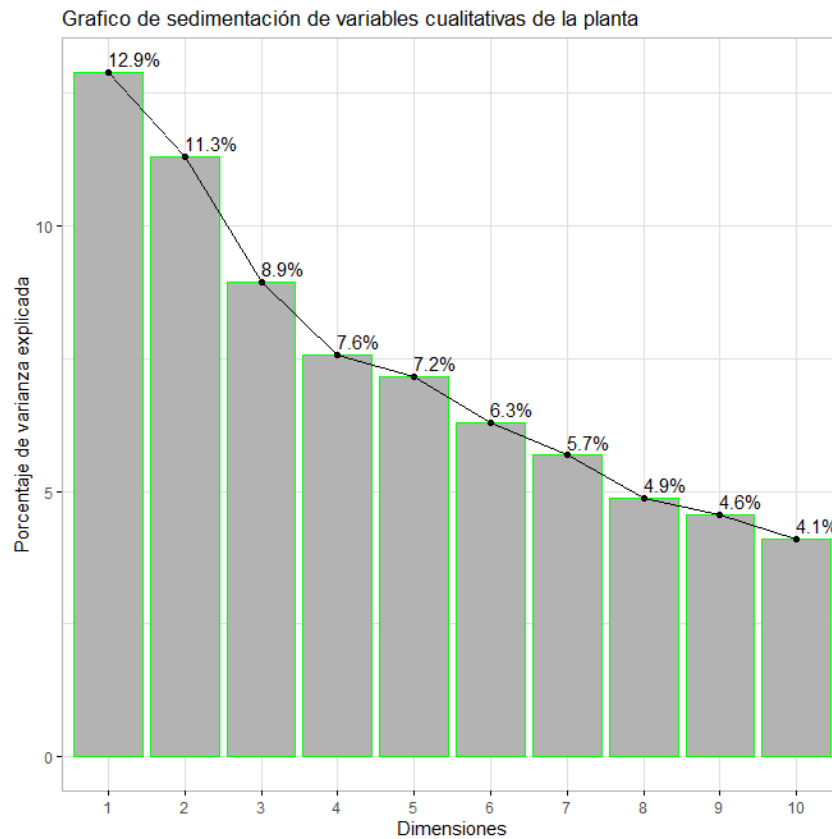
En la **Tabla 32**, se muestran las primeras 6 dimensiones correspondientes a las más explicativas. La dimensión uno está explicando el 12,88% de la variabilidad total; la dimensión dos explica el 11,296% y la dimensión tres explica un 8,932% de la variabilidad total de los datos tomados. Entre las primeras tres dimensiones se está logrando reducir la dimensionalidad de la base de datos y adicionalmente se está explicando el 33,115% la variabilidad debida a las características categóricas de los frutos del banco de germoplasma de guayaba.

**Tabla 32.** Dimensiones con sus eigenvalores o valores singulares.

Dimensiones	Eigenvalor	Porcentaje de varianza explicada (%)	Porcentaje acumulado de varianza explicada (%)
Dim 1	0,305	12,888	12,888
Dim 2	0,267	11,296	24,184
Dim 3	0,211	8,932	33,115
Dim 4	0,179	7,562	40,677
Dim 5	0,169	7,156	47,833
Dim 6	0,149	6,299	54,132

La siguiente figura corresponde al gráfico de sedimentación de varianza explicada por cada dimensión, el cual ayuda a tener el suficiente criterio de una correcta retención de dimensiones. La **Figura 85** ilustra las diferentes dimensiones junto con su varianza explicada. En este caso se deben escoger las dos primeras dimensiones con una explicación de varianza de 24,18%.

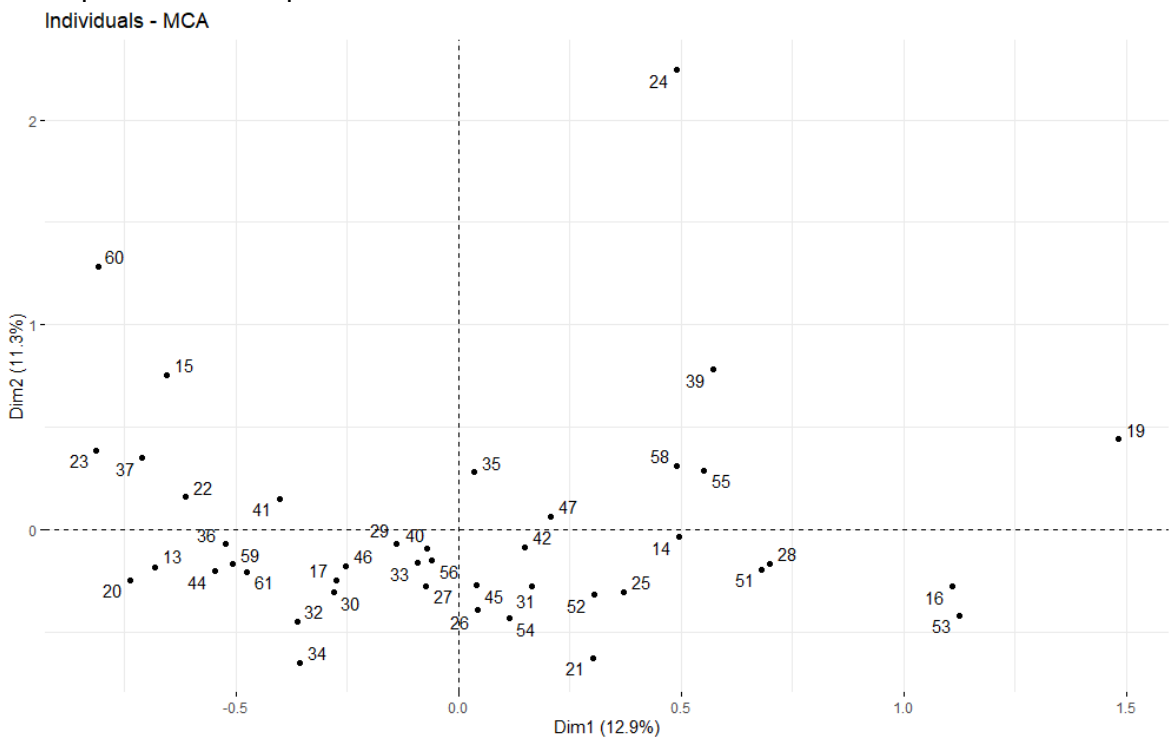
**Figura 85.** Sedimentación correspondencia múltiple



A continuación, se muestra un mapa de individuos sobre las dos primeras dimensiones (12,9% y 11,3%), donde se muestra la distancia entre los mismos.

La **Figura 86** ilustra la distancia entre individuos, en el cual se puede notar algunas cortas distancias indicando similitud entre individuos (accesiones). Por ejemplo, la accesión 60 y 24 posiblemente formen un grupo ya que se encuentran separados de la nube general de individuos y simultáneamente existe poca distancia entre ellos.

**Figura 86.** Mapa de individuos sobre las variables sintéticas del análisis de correspondencia múltiple



A continuación, se presenta tabla de datos categóricos de las accesiones 60 (Palmira Ica-1) y 24 (Puerto Rico) con el objetivo de ver sus similitudes.

En la **Tabla 33**, se puede notar la razón de porque las accesiones 24 (Puerto Rico) y 60 (Palmira Ica-1) tienen una corta distancia entre ellas. Estas dos accesiones comparten categorías para las variables forma de fruto (piriforme) y forma base del fruto (con cuello).

Este tipo de procedimiento exploratorio es algo incómodo puesto que hay demasiados genotipos que se generalizan debido a las diferentes modalidades de las variables.

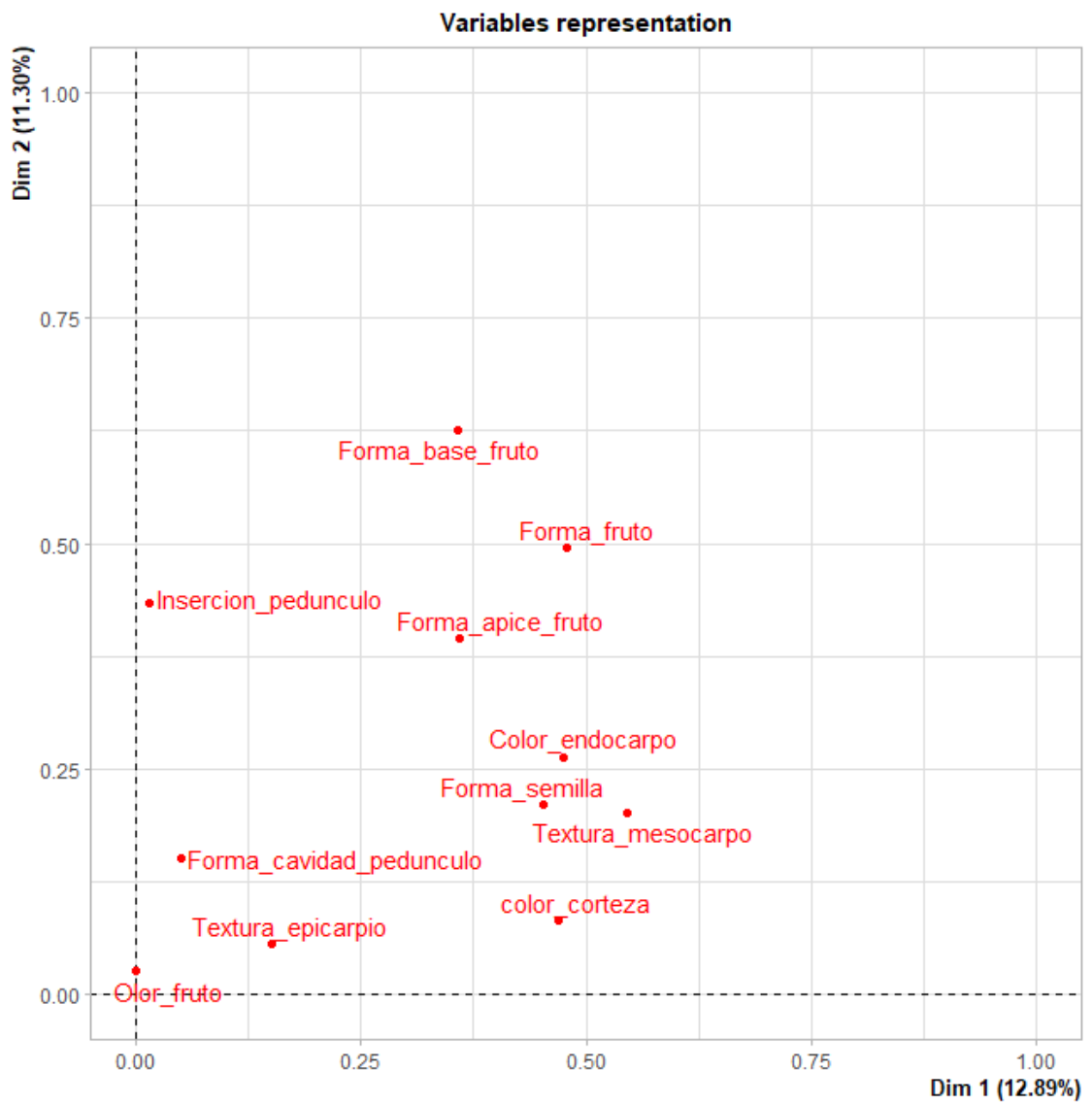
**Tabla 33.** Comparación de genotipos de guayaba 24 y 60

Accesión	24	60
<b>Forma_fruto</b>	Periforme	Periforme
<b>Forma_apíce_fruto</b>	Deprimido	Concavo
<b>Forma_base_fruto</b>	Con_cuello	Con_cuello
<b>Insercion_pedunculo</b>	Oblicua	Oblicua
<b>Forma_cavidad_pedunculo</b>	Profundo	Poco_profundo
<b>Olor_fruto</b>	Debil_agradable	Fuerte_penetrante
<b>color_corteza</b>	Amarillo	Verde
<b>Textura_epicarpio</b>	Lisa	Lisa
<b>Color_endocarpo</b>	Blanca	Rosada
<b>Textura_mesocarpo</b>	Suave	Poco_granulosa
<b>Forma_semilla</b>	Oblonga	Reniforme

En la **Figura 87**, se puede ver la contribución de las variables en cada una de las dos dimensiones, las cuales también pueden ser agrupadas. Las variables color corteza, textura mesocarpo y color endocarpo están medianamente vinculadas a la primera dimensión. Las variables, forma base del fruto, forma fruto, inserción pedúnculo y forma ápice fruto están vinculadas a la segunda dimensión; mientras que las variables olor fruto, textura epicarpio y forma cavidad pedúnculo no están vinculadas con ninguna de las dos primeras dimensiones (variables cercanas al punto de origen). Con la finalidad de saber el por qué se agrupan es necesario mostrar el gráfico de representación de modalidades que sigue a continuación.

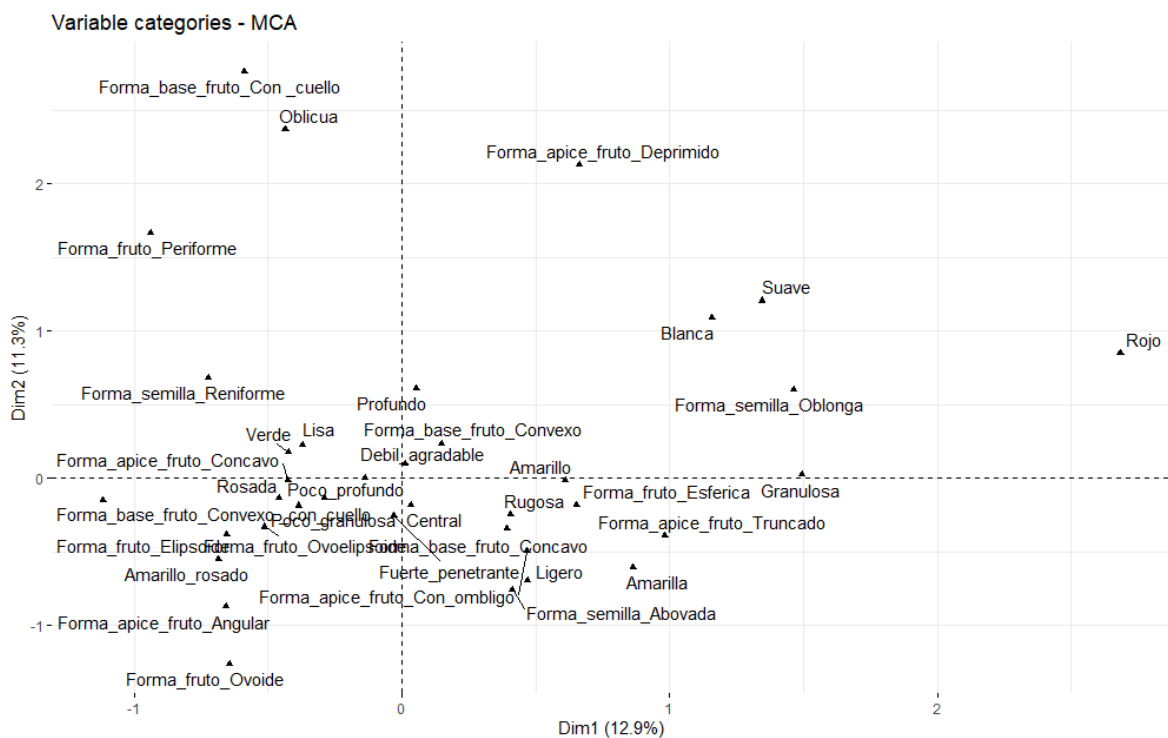
En contraste, Jiménez et al., (2009), en su investigación encontraron una alta variabilidad en las variables cualitativas de descriptores del fruto como la longitud del fruto, diámetro, acidez, entre otros. Rojas et al., (2004) manifiesta que las variaciones para la forma de los frutos dentro de una misma planta, principalmente se debe a la expansión que experimentan estos a causa del incremento en el volumen celular. Así mismo, expone que los frutos de una misma variedad en su mayoría se pueden hallar dentro de un rango de formas y tamaños.

**Figura 87.** Representación de las variables en las dimensiones



La figura de nube las modalidades muestra los dos ejes correspondientes a la primera y segunda dimensión, en donde el primer eje está distinguiendo las modalidades forma fruto esférica, forma ápice fruto truncado, forma ápice fruto con ombligo, forma base fruto cóncavo, textura del mesocarpo granulosa, forma semilla oblonga y color de corteza rojo; mientras que el segundo eje está distinguiendo las modalidades forma fruto piriforme, forma base fruto con cuello, forma ápice fruto deprimido e inserción del pedúnculo oblicua (**Figura 88**).

**Figura 88.** Representación plana de la nube de modalidades



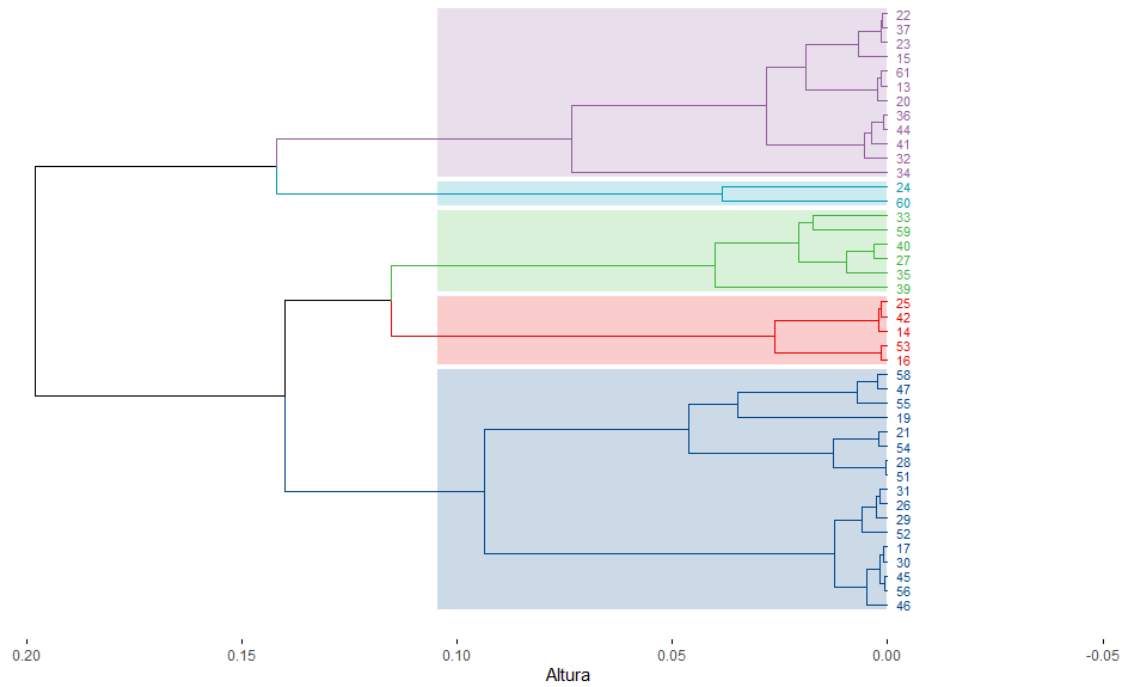
A continuación, se presenta el análisis de agrupamiento sobre las dimensiones.

(A) Agrupamiento jerárquico sobre los ejes principales del Análisis de componentes principales, (B) Componentes principales donde se muestran los grupos formados por el agrupamiento, (C) Dendrograma superpuesto sobre los componentes principales en las 3 primeras dimensiones.

En la **Figura 89**, se puede observar el resultado del análisis de cluster que muestra los diferentes grupos de accesiones formados.

**Figura 89.** Agrupamiento jerárquico sobre dimensiones

Dendrograma variables cualitativas del fruto



En las siguientes tablas se muestra las modalidades que causaron la agrupación de los genotipos.

En la

**Tabla 34**, se puede observar la descripción de clúster 1 formado por 12 accesiones. Este grupo se caracterizó por tener una forma de base de fruto convexo con cuello, color de endocarpo rosado y color de corteza verde. Este cluster agrupó al 100% de las accesiones con forma de base de fruto convexo con cuello, el 44.82% de las accesiones que mostraron un color de endocarpo rosado y 55.55% de los frutos que tuvieron la corteza de color verde.

**Tabla 34.** Descripción del cluster 1

Clúster 1					
Variable / Modalidad	Cla/M		Global	p,value	v,test
	od	Mod/Cla			
Forma_base_fruto=Convexo_con_cuello	100	61,538	19,048	1,09E-05	4,398
Color_endocarpo=Rosada	44,82	100	69,048	2,66E-03	3,005
color_corteza=Verde	55,55	76,923	42,857	4,19E-03	2,863
Forma_fruto=Elipsoide	70	53,846	23,810	5,00E-03	2,807
Textura_mesocarpio=Poco_granulosa	39,39				
	4	100	78,571	2,25E-02	2,282
Forma_base_fruto=Concavo	16	30,769	59,524	1,59E-02	-2,412
Color_corteza=Amarillo	0	0	38,095	4,08E-04	-3,535
Forma_fruto=Esferica	4,545	7,692	52,381	1,15E-04	-3,857

El segundo agrupamiento correspondiente al clúster 2 está conformado por solo dos accesiones (24 - Puerto Rico y 60- Palmira ICA-1). Este agrupamiento retuvo al 66,7% de las accesiones tuvieron una inserción de pedúnculo oblicua y al 66,7% de los frutos que tuvieron cuello en su forma de base de fruto (**Tabla 35**).

**Tabla 35.** Descripción del clúster 2

Cluster 2					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
Insercion_pedunculo=Oblicua	66,667	100	7,143	0,0035	2,921
Forma_base_fruto=Con_cuello	66,667	100	7,143	0,0035	2,921
Forma_fruto=Forma_fruto_Periforme	33,333	100	14,286	0,0174	2,378
Insercion_pedunculo=Central	0	0	92,857	0,0035	-2,921

Cluster 3 formado por las accesiones 33 (Guava Air Layers White-0440-M), 59 (Criolla Mediana-2665), 40 (Puerto Tejada), 27 (San Jose Roja), 35 (Guava Air Layers White-0440-A) y 39 (Manzana) las cuales se caracterizaron por poseer forma de base de fruto convexo, forma de ápice del fruto deprimido y forma de fruto Ovoelipsoide (**Tabla 36**).

**Tabla 36.** Descripción del clúster 3

Cluster 3					
Variable / Modalidad	Cla/M od	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
Forma_base_fruto=Convexo	66,66	100	14,28	0,0001	3,818
Forma_apice_fruto=Deprimido	66,66	50	7,14	0,0205	2,316
Forma_fruto=Ovoelipsoide	66,66	50	7,14	0,0205	2,316

Forma_base_fruto=Concavo	0	0	59,52	0,021	-2,303
--------------------------	---	---	-------	-------	--------

El clúster 4 lo conforman 17 accesiones caracterizadas por tener una forma esférica en sus frutos, por poseer una base de fruto de forma cóncava y por tener sus semillas de forma abovada. Este cluster agrupó al 83.3% de las accesiones que tenían semilla de forma abovada, al 60% de las accesiones que tenían una forma de base del fruto cóncavo y al 63.63% de las accesiones que tuvieron una forma de fruto esférica (**Tabla 37**).

**Tabla 37.** Descripción del clúster 4

Cluster 4					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
color_corteza=Amarillo	75	70,588	38,095	5,38E-04	3,461
Forma_fruto=Esferica	63,636	82,353	52,381	1,70E-03	3,139
Forma_base_fruto=Concavo	60	88,235	59,524	2,03E-03	3,086
Forma_semilla=Abovada	83,333	29,412	14,286	3,42E-02	2,118
Forma_fruto=Periforme	0	0	14,286	3,38E-02	-2,123
Forma_cavidad_pedunculo=Profundo	0	0	19,048	9,16E-03	-2,606
Forma_base_fruto=Convexo_con_cuello	0	0	19,048	9,16E-03	-2,606
color_corteza=Verde	5,556	5,882	42,857	5,47E-05	-4,035

La última agrupación correspondiente al cluster 5 esta conformada por las accesiones 16 (Coronilla-0330), 53 (Coronilla Del Chocó), 14 (Guava Air Layers Red Roja Ica-2-0441), 42 (Guava Air Layers Red) y 25 (Guava Air Layers White-B) las cuales se caracterizaron por tener semillas de forma oblonga, color de endocarpo amarillo, textura del mesocarpio granulosa y forma de ápice de sus frutos con ombligo (**Tabla 38**).

**Tabla 38.** Descripción del clúster 5

Cluster 5					
Variable / Modalidad	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p,value	v,test
Forma_semilla=Oblonga	66,667	66,667	14,286	0,002	3,108
Color_endocarpo=Amarilla	66,667	66,667	14,286	0,002	3,108
Textura_mesocarpio=Granulosa	75	50	9,524	0,007	2,711
Forma_apice_fruto=Con_ombligo	75	50	9,524	0,007	2,711
Forma_base_fruto=Concavo	24	100	59,524	0,034	2,123
Forma_apice_fruto=Concavo	3,846	16,667	61,905	0,025	-2,246

Entre las variables cualitativas se observó que las características más comunes de acuerdo a las agrupaciones, como: forma convexa con cuello, además, el color de endocarpo rosa y color de corteza verde, inserción de pedúnculo oblicua, cuello en su forma de base de

fruto, semillas de forma oblonga, color de endocarpo amarillo, textura del mesocarpio granulosa y forma de ápice de sus frutos con ombligo, sin embargo, investigaciones como la de (Rathore, 1976; Thaipong y Boonprakob, 2006) sobresale variables de los frutos de forma ovoide, color externo verde-amarillo, con textura semirugosa, presencia de costillas de prominencia débil, con ausencia del borde alrededor del cáliz, color de pulpa crema uniforme y jugosidad media.

## 4 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

Las variables cualitativas y cuantitativas evaluadas para la caracterización morfológica de las accesiones que hacen parte del germoplasma de guayaba de AGROSAVIA C.I. Palmira, permitieron identificar diferentes características del fruto y agrupaciones, destacando la forma convexa y color de endocarpio amarillo, textura del mesocarpio granulosa y forma de ápice de sus frutos con ombligo. Con respecto a la parte cuantitativa sobresale que las variables que presentan una mayor variación en las tendencias central son la longitud de pedicelo, área de copa y diámetro de tallo, así mismo, se encontraron variables que tuvieron una distribución normal como el tamaño de la flor, longitud del pedicelo, ancho del pétalo y altura de la planta; el resto de las variables no siguieron dicha distribución.

Con respecto a las variables cuantitativas tomadas en el fruto se obtuvo que la variable diámetro polar puede ser una variable que no sea tenida en cuenta para una próxima caracterización de banco de germoplasma de guayaba. Dicha variable puede ser explicada por las variables peso del mesocarpio, peso de la cascara en base húmeda y peso de la pulpa en base húmeda.

Con respecto a los resultados cualitativos, sobresalió los genotipos que se caracterizan por tener forma de hoja oval y por poseer una forma redonda de su ápice, así mismo se encontro otro grupo de genotipos que se caracterizo por tener el color de hojas inmaduras verde claro B. Pard. Y adicionalmente también se caracterizaron por tener una distribución de ramas ascendente. Cabe señalar que, las variables de tipo cualitativo son expresiones que se deben sólo al factor genético (1 factor de variación), mientras que variables de tipo cuantitativo se deben básicamente a la interacción de dos factores como lo son el ambiente y la genética (2 factores de variación), por ello en los resultados cualitativos se encontró que al comparar los genotipos, el genotipo 16 (Coronilla-0330) y 53 (Coronilla Del Chocó) presentan una gran similitud entre ellos.

Las variables acidez total titulable e índice de madurez, seguidas por variables de rendimiento del fruto, presentaron los mayores coeficientes de variación en el análisis descriptivo, por lo tanto, son las que más aportan a la variabilidad de los materiales. Con relación a los componentes fisicoquímicos y nutricionales, se encontró que los grados Brix de las accesiones estudiadas variaron de 4,3 a 10,48, además, se encontró que la variable diámetro polar tiene correlación altamente significativa  $p$  ( $\alpha = 0.05$ ) y positiva con las variables peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro cavidad seminal, grosor corteza mesocarpio, y más variables. No obstante, con los grados de Brix resultó negativa y no significativa. Entonces, las variables de calidad fisicoquímica, las diferencias estadísticas encontradas se deben principalmente a la genética de las introducciones, seguida por el efecto ambiental.

También se encontró que la variable diámetro polar tiene una correlación altamente significativa con las demás variables, excepto con los grados de Brix resultó negativa y no significativa. Además, se distinguió que el % de acidez y titulación NaOH y están fuertemente correlacionadas entre sí; adicionalmente, las variables titulación con diclorofenol y porcentaje de vitamina C se encuentren estrechamente correlacionadas. Las accesiones 53 (Coronilla Del Chocó), 16 (Coronilla-0330) y 29 (D-13 0659) fueron las que más bajo pH porcentaje de índice de madurez tuvieron (frutos ácidos) y los frutos de las accesiones 56 (Unal-007), 26 (Blanca-1), 46 (Guadalupe Roja-C-4), 58 (Unal-009) y 55 (Unal-006) fueron los frutos que más porcentaje de semillas tuvieron y adicionalmente fueron estos los frutos con más contenido de sólidos solubles y con más grados brix (frutos dulces). Por otro lado, cualitativamente se encontró que las accesiones 24 (Puerto Rico) y 60 (Palmira Ica-1) tienen una corta distancia entre ellas, reflejando que estas dos accesiones comparten categorías para las variables forma de fruto (piriforme) y forma base del fruto (con cuello), así mismo, se evidenció que las accesiones 24 - Puerto Rico y 60- Palmira ICA-1, accesiones tuvieron una inserción de pedúnculo oblicua (66,7%) y los frutos tuvieron cuello en su forma de base de fruto (66,7%). Igualmente, las variables color corteza, textura mesocarpio y color endocarpio están medianamente vinculadas a la primera dimensión. Las variables, forma base del fruto, forma fruto, inserción pedúnculo y forma ápice fruto están vinculadas a la segunda dimensión; mientras que las variables olor fruto, textura epicarpio y forma cavidad pedúnculo no están vinculadas con ninguna de las dos primeras dimensiones (variables cercanas al punto de origen).

Dentro de los componentes fisicoquímicos de los frutos de guayaba sobresale los sólidos solubles y grados Brix, dichas variables son apreciadas como atributos deseados para el desarrollo de nuevas variedades. Además, los componentes fisicoquímicos de las guayabas se encuentran dentro del rango encontrado en otras investigaciones realizadas.

## 4.2 Recomendaciones

- Profundizar en genotipos que presentaron condiciones bastante diferentes a las esperadas para el género *Psidium*, las cuales puedan correspondan a una especie diferente a *Psidium guajava*, en el sentido de que es posible que se esté frente a otros genotipos intraespecíficos o intergenéricos, lo cual requiere a un estudio taxonómico detallado de estas accesiones.
- En el establecimiento de los bancos de germoplasma de cualquier especie, es adecuado dejar trazados y diseñados dichos lotes con la distribución espacial y de individuos donde se cumpla con las condiciones mínimas para un diseño de experimento en campo.
- Realizar estudios más detallados en los individuos con mejor comportamiento en término de las variables más deseadas en el mejoramiento genético para la propuesta de nuevas variedades, variables como: vitamina C, grados Brix, acidez titulable y color de la pulpa.
- Realizar estudios a profundidad de las variables fisicoquímicas del fruto de la guayaba en relación con las actividades agronómicas realizadas en campo de forma comercial, específicamente en su contenido de vitamina C y grados Brix.
- Las variables relacionadas con las flores están directamente correlacionadas entre si, por lo que se recomienda que para futuros estudios de caracterización no se las tenga en consideración, pues no tienen mucha variación entre los diferentes genotipos evaluados.

- Efectuar un estudio de profundización en el genotipo 71700019; los resultados reflejaron que su caracterización presenta una morfología con poco o nada de similitud al resto de los genotipos del banco de germoplasmas estudiados.

Consideración final: Como evaluador considero que este texto tiene demasiados errores en su redacción y contenidos, los cuales deben ser corregidos por el estudiante antes de la sustentación.

## Referencias

- Aguilera, G., Rodriguez, E., Chaparro, H y Orduz, J. (2020). Estado actual de la investigación para el cultivo de guayaba en Colombia. *Agrom. Mesoam*, 31 (3), 845 – 860. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i3.40207>
- Agronegocios. (2019). La guayaba es colombiana y tiene futuro. *Universidad de los andes*. Disponible en: <https://bit.ly/30SMWmM>
- Arias, F. (2019): La guayaba es COLOMBIANA y tiene futuro. *Agronegocios e industria de alimentos*, Disponible en: <https://cutt.ly/3rVZSP0>
- Aserca: estudios del mercado mundial de la guayaba (1996). La guayaba en México un largo camino por recorrer. *Revista claridades agropecuarias* (14), p. 3-14.
- Baquera, D; Narváez, C. (2009). Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Química Nova*, 32(9), P.2336-2340.
- Bejarano, A; y Arenas, R. (2003). pymes de producción y comercialización de guayaba pera en Colombia. Universidad de la sabana: Bogotá.
- Carmen, H., Melo, Y., y Mera, E. (2012). Descripción de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de guayaba *Psidium guajava* L. Corpoica C.I Palmira. Disponible en: <https://bit.ly/2V02RfK>
- Carmen, H., y Ocampo, L. (2011). Mejores clones y variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.) Identificados en fase de establecimiento de cultivo. Colombia. Corpoica C.I Palmira.
- Castaño, J., y Montes, J. (2014). *Estudio integral de Psidium guajava en un sistema Silcopastoril en el municipio de Turbo Antioquia* (Tesis). Universidad Nacional abierta

y a distancia UNAD. Escuela de ciencias Agrarias. Programa de ingeniería Agroforestal. Turbo. Disponible en: <https://bit.ly/3die4i6>

Castillo, G. (2015). Dirección de cadenas productivas organización cadena agroalimentaria de La guayaba y su industria. (2010). Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural: Bogotá.

Cifuentes, J; Ordoñez, P; Rivera, A. (2017). La demanda de guayaba en Colombia. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria* 18(1).25-45.

Cifuentes, J; Ordoñez, P; y Rivera, A. (2017). La demanda de guayaba en Colombia. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*,18(1), P. 25-45.

Concha, M. (2012). *Estudio del proceso de rehidratación de la guayaba (Psidium guajava) deshidratada* (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad De Ciencias Escuela De Bioquímica Y Farmacia. Ecuador. Disponible en: <https://bit.ly/2Yg4bNx>

Contreras, J. (2013). Factibilidad de crear una empresa productora, comercializadora y exportadora de bocadillo (dulce de guayaba), —bocadillo candelareño hacia Miami – Estados Unidos (Trabajo de Grado). Universidad de San Buenaventura Cali.

Cuellar, C. (2018). Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba (psidium guajava) en el municipio de Pitalito, huila Colombia (Trabajo de Grado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Escobar, W. (2005). *Evaluación de la colección de trabajo de guayaba Psidium guajava L. del ICA-CORPOICA en Palmira*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.

Espinal, M. (2010). Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba palmira ICA I (psidium guajava) (Trabajo de grado). Universidad Nacional De Colombia.

- Fajardo, A; Legaria, J; Granados, J; Martínez, J., Celis, A. (2019). Caracterización morfológica y bioquímica de los tipos de guayaba (*Psidium Guajava L.*) recolectados en Sumapaz, Colombia. *Revista Fitotecnia Mexicana*, (42) 3, P. 289-299.
- Fernández, E., y Pérez, L. (2015). Mejoramiento genético de guayabo (*Psidium guayaba L.*). *Cultivos tropicales*, (36), 96-110. Disponible en: <https://bit.ly/31QrvC2>
- Franco, T.; Hidalgo, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- García, M. (2010). Guía técnica del cultivo de la guayaba, El salvador: (CENTA) Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria Y Forestal.
- Gutiérrez, A. (2013). *Evaluación de la calidad de frutos de Guayaba Psidium guajava L. del bando de Germoplasma de Corpoica Palmira* (Trabajo Grado). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. Disponible en: <https://bit.ly/2YfVlDd>
- Heuzé, v; Tran, G; Bastianelli, D y Lebas, F. (2017). guayaba (*Psidium guajava*), Feedipedia, U.S.A., INRA CIRAD AFZ and FAO. Disponible en: <https://www.feedipedia.org/node/111>
- Hidalgo, D. (2013). La guayaba puede ser de exportación. *La patria* (10), p.18.
- Intagri (2016). Podas en los cultivos. Intagri. <https://bit.ly/3firqyT>
- Jiménez, L; Almanza, M, y Muñoz, Jaime. (2009). Caracterización morfológica de accesiones silvestres de guayaba. *Acta Agronómica*, 58(2),69-73.
- Jiménez, L., Almanza, M., y Muñoz, J. (2009). Caracterización morfológica de accesiones silvestres de guayaba. *Acta Agron*, 58 (2), 69-73

- Lozano, J, C; Toro, C; García, R; y Tafur, R. (2002). Fruticultura Colombiana. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali: Autónoma del Valle.
- MinAgricultura. (2018). *Cadena de Guayaba indicadores e instrumentos septiembre 2018*. Sioc minagricultura. <https://bit.ly/2QQdBOR>
- Morton, J. (1987). Guava. *Fruit of warm climates*, 352-363
- Padilla R.J.S., González G.E. (2010). Collection and characterization of Mexican guava (*Psidium guajava* L.) germplasm. *Acta Hort.* 849: 49-54.
- Padilla, R.J.S., González G.E., Rodríguez M.V.M., Cortés P.C. de J., Sánchez R.T. (2014). Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. Folleto Técnico No. 58. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 32 pp.
- Parra, A. (2014). Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8 (2), 314-327. Disponible en: <https://bit.ly/3gTvJzl>
- Rathore D.S. (1976). Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *J. Hort. Sci.* 51: 41-47.
- Rodríguez, N., Valdés, J., Keb Llanes, M., O'Connor, A., & Rohde, W. (2010). Estudio de diversidad de accesiones de guayabo (*Psidium guajava* L.) mediante el marcador molecular ISTR. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 113-123.
- Rojas, D., y Narváez, C. (2009). Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante De frutas de guayaba (*psidium guajava* l.) Cultivadas en colombia. *Quim. Nova*, 32 (9), 2336-2340. Disponible en: <https://bit.ly/3kH6gez>
- Rueda, Antoni y Palacio-Mejía, Juan & Muñoz, J. & Saavedra, R & Bravo, E. (2006). Caracterización molecular del banco de germoplasma de guayaba *Psidium* spp. Centro de Investigación Corpoica-Palmira. *Fitotecnia Colombiana*. 6. 26-32.

- Sanabria, H; García, M; Díaz, H., y Muñoz, J. (2005). Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 54 (4). pp. 1-6.
- Thaipong K., Boonprakob U. (2006). Repeatability, optimal sample size of measurement and phenotypic correlations of quantitative traits in guava. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 40: 11-19
- Toro, J. (2000). Estado del arte análisis y perspectivas sobre las producciones frutales en el occidente colombiano, Cali, Colombia: PRONATTA de occidente,
- Torres, M; Moreno, S. (2001). Caracterización mediante marcadores moleculares Basados en ADN. Publicaciones Inea: Valladolid
- Urdaneta, A; y Valdivia, C. (2011). Descriptor morfológico para la caracterización del género *Psidium*. *Fac. Agronómica (LUZ)*, 28, P. 303-343.
- Valdez, J; Nerdo, N; Velázquez, j; Gaspar, D; Gonzales, G; Rodríguez, J; &. Rohde, W. (2012). Herramientas para un programa de mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. *Agronomía Costarricense* 36(2), 111-129
- Villano, M. (2013). Determinaciones de acidez total titulable. Slideshare. <https://bit.ly/3vqUSIY>
- Yam, J; Villaseñor, C; Romantchik, E; Soto, M, y Peña, M. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 19(4), p.74-82.
- Zaccari, F., Del puerto, M., Vignale, B., y Pritsch, C. (2017). Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo [*Acca sellowiana* (Berg) Burret]. *Agrociencia Uruguay*, 2 (21), 23-30. Disponible en: <https://bit.ly/3iCgcUN>