

**CRIA OCCIDENTE**

**Cadena del Aguacate (*Persea americana Mill*)**

**Caracterización in situ morfológica y físico-química de aguacates  
nativos (*Persea americana Mill*) en dos localidades de la región  
Huista, Huehuetenango.**

Carlos Ernesto López Monzón  
Aroldo Roderico García Vásquez  
Hugo Giovanni Martínez García

Huehuetenango, octubre de 2019.



Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## **SIGLAS Y ACRONIMOS**

CRIA	Consortios regionales de investigación Agropecuaria
CUNOROC	Centro Universitario de Noroccidente
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA	Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Marco conceptual	2
2.1.1 Origen y distribución geográfica	2
2.1.2 Características botánicas y morfológica	2
2.1.2.1 Sistema radicular	2
2.1.2.2 Tallo	2
2.1.2.3 Hojas	2
2.1.2.4 Flores	3
2.1.2.5 Fruto	3
2.1.2.6 Semilla	4
2.1.2.7 Importancia Nutricional	4
2.1.3 Clasificación botánica	5
2.1.4 Razas o grupos ecológicos	5
2.1.5 Requerimientos climáticos y edáficos	5
2.1.5.1 Clima	5
2.1.5.1.1 Temperatura	6
2.1.5.1.2 Radiación solar	6
2.1.5.1.3 Humedad relativa	6
2.1.5.1.4 Precipitación	6
2.1.5.1.5 Viento	6
2.1.5.2 Suelo	7
2.1.6 Diversidad genética del aguacate	7
2.1.7 Erosión genética y extinción de especies de aguacate	7
2.1.8 Conservación de germoplasma de aguacate	8
2.1.9 Caracterización morfológica	8
2.1.10 Descripción de características y sus objetivos	9
2.1.11. Definición y uso de los descriptores	9
2.1.12. Análisis bromatológico	10
2.2 Marco referencial	12
2.2.1 Municipio de San Antonio Huista	12
2.2.2 Municipio de Jacaltenango	13
2.2.3 Antecedentes sobre trabajos realizados en aguacate	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. General	15
3.2. Específicos	15
4. HIPÓTESIS	15
5. METODOLOGÍA	16
5.1 Fase 1 (Disponer de un mapa de ubicación de aguacates nativos)	16
5.2 Fase 2 (Caracterización in situ Morfológica)	17
5.3 Fase 3 (Análisis Físico-químico)	26
6. RESULTADOS	28
6.1. Ubicación de aguacates nativos de acuerdo a su identificación y georreferenciación en dos localidades de la región Huista	28

6.1.1.	Municipio de San Antonio Huista	28
6.1.2.	Municipio de Jacaltenango	31
6.2	Caracterización in situ morfológica de aguacates nativos procedentes de dos localidades de la región Huista de Huehuetenango	33
6.2.1.	Municipio de San Antonio Huista	34
6.2.1.1.	Análisis de conglomerados	34
6.2.1.2.	Análisis de componentes	37
6.2.1.2.1.	Análisis de componentes principales para porta injertos del municipio de San Antonio Huista	39
6.2.1.2.2.	Análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de San Antonio Huista	41
6.2.2.	Municipio de Jacaltenango	44
6.2.2.1.	Análisis de conglomerados	44
6.2.2.2.	Análisis de componentes principales	47
6.2.2.2.1.	Análisis de componentes principales para porta injertos del municipio de Jacaltenango	50
6.2.2.2.2.	Análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de Jacaltenango	52
6.3	Características físico-químicas de aguacates nativos mediante análisis morfológico y bromatológico	53
6.3.1.	Aguacates Nativos seleccionados del municipio de San Antonio Huista	53
6.3.2.	Aguacates nativos seleccionados del municipio de Jacaltenango	54
6.4	Elaboración de un semillero de aguacates nativos en el municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango	55
7.	CONCLUSIONES	57
8.	RECOMENDACIONES	59
9.	BIBLIOGRAFÍA	60
10.	ANEXOS	64

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Análisis del contenido de pulpa de aguacate Hass.	4
<b>Cuadro 2.</b> Contenido de vitaminas y ácidos grasos.	4
<b>Cuadro 3.</b> Nutrientes a determinar en análisis bromatológico.	11
<b>Cuadro 4.</b> Ubicación y georreferenciación de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango.	28
<b>Cuadro 5.</b> Ubicación y georreferenciación de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango, Huehuetenango.	31
<b>Cuadro 6.</b> Características que diferenciaron a los grupos formados en el análisis de conglomerados de 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.	35
<b>Cuadro 7.</b> Lista de valores propios de los dos componentes principales a partir de 21 variables en 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.	37
<b>Cuadro 8.</b> Características de cultivares de San Antonio Huista.	41
<b>Cuadro 9.</b> Características de cultivares de San Antonio Huista para uso de variedades de consumo	43
<b>Cuadro 10.</b> Diferencias morfológicas en los grupos formados en el análisis de conglomerados de 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.	45
<b>Cuadro 11.</b> Lista de valores propios de los dos componentes principales a partir de 21 variables en 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.	47
<b>Cuadro 12.</b> Características de cultivares de Jacaltenango para uso de porta injertos.	51
<b>Cuadro 13.</b> Características de cultivares de Jacaltenango para uso de variedades de consumo.	53
<b>Cuadro 14.</b> Características físico-químicas de frutos de aguacates nativos por 100 gramos de pulpa, procedentes del municipio de San Antonio Huista.	54
<b>Cuadro 15.</b> Características físico-químicas de frutos de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Tipos de floración en el aguacate.	<b>3</b>
<b>Figura 2.</b> Formas de árbol de aguacate.	<b>19</b>
<b>Figura 3.</b> Formas de hojas de aguacate.	<b>20</b>
<b>Figura 4.</b> Formas de los frutos de aguacate.	<b>21</b>
<b>Figura 5.</b> Formas del pedicelo de aguacates.	<b>22</b>
<b>Figura 6.</b> Formas de las semillas de aguacates.	<b>24</b>
<b>Figura 7.</b> Mapa del municipio de San Antonio Huista, mostrando la ubicación de aguacates nativos.	<b>30</b>
<b>Figura 8.</b> Mapa del municipio de Jacaltenango, mostrando la ubicación de aguacates nativos.	<b>33</b>
<b>Figura 9.</b> Fenograma de 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.	<b>34</b>
<b>Figura 10.</b> Relación de variables con 16 cultivares de aguacates nativos en función de sus componentes principales procedentes del municipio de San Antonio Huista.	<b>38</b>
<b>Figura 11.</b> Análisis de componentes principales para cultivares considerados para uso de patrones de San Antonio Huista.	<b>40</b>
<b>Figura 12.</b> Componentes principales para variedades de consumo del municipio de San Antonio Huista.	<b>42</b>
<b>Figura 13.</b> Fenograma de 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.	<b>44</b>
<b>Figura 14.</b> Relación de variables con 20 cultivares de aguacates nativos en función de sus componentes principales, procedentes del municipio de Jacaltenango.	<b>48</b>
<b>Figura 15.</b> Análisis de componentes principales para cultivares considerados para uso de patrones de Jacaltenango.	<b>50</b>
<b>Figura 16.</b> Componentes principales para variedades de consumo del municipio de Jacaltenango.	<b>52</b>



## RESUMEN

La investigación se realizó en los municipios de San Antonio Huista y Jacaltenango del departamento de Huehuetenango. Se caracterizaron in situ morfológica 36 cultivares nativos de aguacate, ubicados en alturas desde 1,620 a 1,850 msm. Se realizaron análisis físico-químicos, enviando muestras de frutos al Laboratorio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-.

En la caracterización in situ morfológica, se empleó el descriptor de aguacate desarrollado por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI (1995), modificado según código establecido en la Tabla Munsell de colores para plantas, considerando 21 variables. A través de análisis de conglomerados se estableció variabilidad. Se realizaron análisis de componentes principales, para establecer cultivares sobresalientes para uso en porta injertos y variedades de consumo; como también, análisis físico-químico. Finalmente se estableció un banco de germoplasma en San Antonio Huista, para conservar los genotipos.

Los análisis de conglomerados en 36 cultivares de aguacates, marco variabilidad en: altura, edad y forma de los árboles, diámetro de troncos, forma y longitud de frutos, forma del pedicelo, color y grosor de cáscara, fibra en pulpa y forma de semillas. El análisis de componentes principales realizado a cultivares de aguacate de San Antonio Huista, indicó que: SA-06 y SA-16, sobresalieron para uso de patrones; y, para uso de variedades de consumo: SA-01, SA-05, SA-06 y SA-15. Para Jacaltenango destacaron: JA-14, JA-18 y JA-19 para uso de patrones; y para uso de variedades de consumo: JA-01, JA-15 y JA-17. En el análisis físico-químico sobresalieron: SA-01, SA-08, SA-15, JA-01, JA-12, JA-15 y JA-17 respectivamente.

Se recomendaron para portainjertos los cultivares SA-06, SA-16, JA-14, JA-18 y JA-19; así como, promover el consumo de los cultivares: SA-01, SA-05, SA-06, SA-15, JA-12, JA-15 y JA-17; sobresalientes en características como: proporción pulpa, fibra cruda, poca fibra en pulpa, contenido de grasa, proteína y grosor de cáscara, aportando beneficios a la salud.

**In situ morphological and physical-chemical characterization of native avocados  
(*Persea americana* Mill) in two locations in the Huista region, Huehuetenango**

Carlos Ernesto López Monzón  
Aroldo Roderico García Vásquez  
Hugo Giovani Martínez García

**ABSTRACT**

The research was conducted in the municipalities of San Antonio Huista and Jacaltenango in the department of Huehuetenango. A total of 36 native avocado cultivars were characterized in situ, located at heights from 1,620 to 1,850 meters. Physical-chemical analyzes were performed, sending fruit samples to the Laboratory of the Institute of Nutrition of Central America and Panama -INCAP-.

In the morphological in situ characterization, the avocado descriptor developed by the International Institute of Plant Genetic Resources IPGRI (1995) was used, modified according to the code established in the Munsell Table of colors for plants, considering 21 variables. Variability was established through cluster analysis. Principal component analyzes were performed to establish outstanding cultivars for use in graft holders and varieties of consumption; as well as physical-chemical analysis. Finally, a germplasm bank was established in San Antonio Huista, to conserve genotypes.

Cluster analysis in 36 avocado cultivars, variability framework in: height, age and shape of trees, diameter of trunks, shape and length of fruits, shape of pedicel, color and thickness of shell, fiber in pulp and seed shape. The principal component analysis performed on avocado cultivars from San Antonio Huista, indicated that: SA-06 and SA-16, stood out for pattern use; and, for use of consumer varieties: SA-01, SA-05, SA-06 and SA-15. For Jacaltenango, the following stand out: JA-14, JA-18 and JA-19 for the use of patterns; and for use of consumer varieties: JA-01, JA-15 and JA-17. In the physical-chemical analysis, the following stand out: SA-01, SA-08, SA-15, JA-01, JA-12, JA-15 and JA-17 respectively.

Cultivars SA-06, SA-16, JA-14, JA-18 and JA-19 were recommended for rootstocks; as well as promoting the consumption of cultivars: SA-01, SA-05, SA-06, SA-15, JA-12, JA-15 and JA-17; outstanding in characteristics such as: pulp ratio, raw fiber, low fiber in pulp, fat content, protein and shell thickness, providing health benefits.

## 1. INTRODUCCIÓN

La sub-área de Frutales Deciduos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, inició trabajos en otros frutales fuera de los deciduos, a partir de 1987, debidos a que por haber microclimas con gran potencial frutícola en diferentes regiones del altiplano guatemalteco.

De esa cuenta fue que, en el año de 1988, cuando se inició la investigación aplicada en aguacate, principalmente en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, Sololá, San Marcos y El Quiché. El énfasis de los trabajos se dio en la caracterización de aguacates criollos.

Hasta el momento solo se conoce que en el año 2000 se publicó un documento sobre una investigación sobre aguacate desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), este estudio realizado se concentró en tres municipios de Totonicapán (Momostenango, Santa María Chiquimula y San Bartolo).

De acuerdo al diagnóstico realizado en el año 2016 por el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIA- en lo que respecta a la Agrocadena del Aguacate, una de las prioridades manifestadas con la participación de los investigadores y actores locales en el eslabón de insumos, correspondió a que no existe certeza con respecto a la variabilidad y calidad de los materiales, los cuales se han empleado como portainjertos en la propagación de la especie.

En el departamento de Huehuetenango que constituye una región potencial dada a sus características climáticas y edáficas para explotación de la especie, actualmente se desconoce la ubicación de los árboles de aguacates nativos en la región Huista, así como también si existirán diferencias y similitudes fenotípicas en los aguacates nativos; y principalmente si éstos diferirán en sus componentes bromatológicos en variedades que pueden ser utilizadas para el consumo y que pueden ser de mucha importancia para la dieta alimenticia de las personas.

De acuerdo a lo anterior, el presente estudio planteó realizar una Caracterización in situ morfológica y físico-química de aguacates nativos en dos localidades de la región Huista del departamento de Huehuetenango, con el propósito de poder ubicar los árboles de aguacates nativos, además justificar la existencia de variabilidad morfológica a través de sus diferencias y similitudes fenotípicas, generando con ello la base para mejoramiento de la especie; a su vez si éstos tendrán variaciones en sus épocas de floración y fructificación base importante para la cosecha, comercialización y consumo del producto; así como, el determinar sus componentes físico-químicos como fuente de calidad nutricional a través de su grasa natural, proteínas, vitaminas y minerales que sea utilizadas como variedades para consumo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1. Origen y distribución geográfica

El termino aguacate se deriva del vocablo "ahuácatl " de la lengua náhuatl con que los aztecas designaban a este fruto, el aguacate es originario de las regiones tropicales, subtropicales cálidas y cálidas – templadas, de Centroamérica y México. Investigaciones hechas por Vavilov (1,931), indican que México y el norte de América Central (Mesoamérica), han sido los focos de domesticación de diversas plantas cultivadas, convirtiéndose en el origen de la diversidad genética más importante de América (Hernández y León, 1992). Desde su centro de origen, el aguacate se dispersó hacia Norteamérica por México hasta el sudeste de los EEUU; hacia Las Antillas, todo Centroamérica y gran parte de Sudamérica: Colombia, Venezuela, Las Guayanas, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. El aguacate lleo a España en 1,600; Sudáfrica, 1,904; Israel 1,931 (Téliz et al., 2,000)

#### 2.1.2. Características botánicas y morfológica

##### 2.1.2.1. Sistema radicular

El árbol de aguacate presenta un sistema radicular poco profundo, la raíz principal es corta y débil, como la mayoría de las especies arbóreas, originaria de ambientes ricos en agua durante su periodo vegetativo (Calabrese, 1992) alcanzando profundidades de 1 a 1.5 m. El sistema radicular tiene un patrón de crecimiento horizontal.

##### 2.1.2.2. Tallo

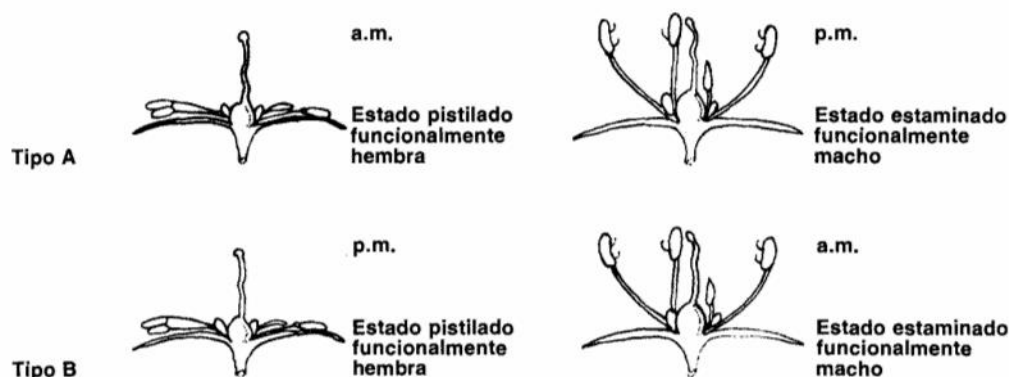
La corteza de este es suave y tiende a desprenderse con facilidad, lisa y en ocasiones se agrieta, presenta una abundante ramificación muy susceptibles a quebraduras por acción del viento o quemaduras por sobre exposición al sol (Anacafé, 2004).

##### 2.1.2.3. Hojas

Con inserción peciolada, con epidermis pubescente, al llegar a la madurez se tornan lisas, estas son simples, alternas enteras, elípticas alargadas y con nervadura pinnadas, verdes que han cumplido su ciclo. El árbol se desfolia cuando existe renovación de ramas y hojas (ANACAFÉ, 2004).

#### 2.1.2.4. Flores

Flores perfectas en racimos subterminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de aguacate es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B (Anacafé, 2004).



**Figura 1.** Tipos de floración en el aguacate.

Fuente: IPGRI (1995).

#### 2.1.2.5. Fruto

El fruto del aguacate es una baya carnosa (Lagos, 1997; Aparicio, 1990) de forma periforme, ovoide, globular o alargada. El color de la cáscara varía de verde claro a verde oscuro y de violeta a negro.

El fruto del aguacate ha sido considerado por algunos autores como una drupa, entre otros están Ruiz (1912) y Cañizares (1973). De acuerdo con Roth (1977) el fruto del aguacatero algunas veces es incorrectamente llamado drupa. Esto es debido a que en la envoltura de la semilla se encuentra un estrato de esclerénquima que se confunde frecuentemente con el endocarpio y que corresponde a la testa, por lo que el aguacate es una baya monosperma. Por otra parte, Schroeder (1985) indicó que algunos investigadores han interpretado la morfología del fruto de aguacate como una drupa; sin embargo, la naturaleza frágil del endocarpio y el hecho de que el fruto sigue una curva de crecimiento simple sigmoide (Schroeder, 1953 y 1958; Blumenfeld y Gazit, 1974) y no la doble sigmoide común de las drupas, sugieren que el aguacate debe ser considerado como una baya (Barrientos Priego, AF.; García Villanueva, E.; Avitia García, E. 2007).

### 2.1.2.6. Semilla

La pulpa encierra a una sola semilla que a su vez da origen a un solo embrión. En algunas ocasiones, se originan frutos partenocárpicos, que no tienen semilla (Aparicio, 1990; Samson, 1991). La semilla es ovalada; en el grupo racial antillano posee una cubierta de medianamente gruesa a gruesa y membranosa. En otros grupos raciales es delgada.

### 2.1.2.7. Importancia nutricional del aguacate

El succulento fruto de aguacate, cuyo uso es tan frecuente en la preparación de ensaladas, tiene un cierto valor alimenticio que lo hace comparable con la manzana, la papa y el trigo. Se han efectuado análisis comparativos de la parte comestible de estos frutos, indicando que estos poseen un gran porcentaje de sustancias altamente nutritivas. Estos resultados manifiestan la gran proporción de materia que contiene la pulpa del aguacate, la que además de darle el sabor delicado, le da la consistencia especial, por la que se le ha llamado en muchas ocasiones mantequilla vegetal (FHIA, 2008).

**Cuadro 1.** Análisis del contenido de pulpa de aguacate Hass

Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (gr)
Calcio	24	Fibra	0.4
Hierro	0.5	Carbohidratos	5.9
Zinc	0.42	Proteínas	1.8
Magnesio	45	Grasa	18.4
Sodio	4.0		
Potasio	604		

**Fuente:** FHIA (2008).

**Cuadro 2.** Contenido de vitaminas y ácidos grasos

Vitaminas	Contenido	Ácidos Grasos	Contenido
A	85.00 ug	Saturados	3.0 gr
D	10.00 ug	Monoinsaturados	8.9 gr
E	1.53 mg	Poliinsaturados	2.0 gr
K	8.0 ug		
B1	17 mg		
B2	0.10 mg		
B6	0.25 mg		
C	15.00 mg		
Niacina	1.8 mg		
Ácido Pantoténico	0.87 mg		
Retinol	17 mg		
Ácido Fólico	32.00 ug		

**Fuente:** FHIA (2008).

### 2.1.3. Clasificación botánica

El aguacate (*Persea americana* Mill) se clasifica botánicamente de la siguiente manera:

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Magnoliidae
<b>Orden</b>	Laurales
<b>Familia</b>	Lauraceae
<b>Tribu</b>	Perseae
<b>Género</b>	<i>Persea</i>
<b>Especie</b>	<i>Persea americana</i> (Mill., 1768)

El aguacate pertenece a la familia de las Lauráceas, la cual está formada por 52 géneros y cerca de 3,500 especies; esta es una de las familias más primitivas de las dicotiledóneas (Garbanzo, 2010; Sánchez, 1999).

### 2.1.4. Razas o grupos ecológicos

El termino raza se utiliza porque estas presentan características específicas, que se propagan y se fijan espontáneamente por semilla (Calabrese, 1992). En la actualidad se distinguen tres tipos diferentes a nivel mundial de *P. americana* (Bergh, 1992).

<i>Persea americana</i>	}	Especie drimifolia: aguacate mexicano
		Especie guatemalensis: aguacate guatemalteco
		Especie americana: aguacate antillano

Conocidos como razas o grupos ecológicos (Bergh, 1992). Estas tres razas no son lo suficientemente diferentes para ser consideradas especies, pero si como para separarlas como subespecies o variedades botánicas (Bergh y Ellastrand, 1986).

### 2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos

#### 2.1.5.1. Clima

La influencia de este sobre el cultivo del aguacate solo se puede analizar en relación con las razas ya que sus requerimientos son específicos para cada una (Samson, 1991). A continuación, se describe de forma general sus requerimientos generales del cultivo:

#### **2.1.5.1.1. Temperatura**

La temperatura incide directamente en la duración del periodo de floración y fructificación, el cual se alarga a medida que esta disminuye. En el caso de las zonas frías, dura de 10-14 meses, mientras en las zonas cálidas oscila entre los 5-8 meses. En las variedades criollas los rangos de temperatura oscilan entre 19-30 °C (Barcenás, 2000).

#### **2.1.5.1.2. Radiación solar**

Las ramas demasiado sombreadas son improductivas, por eso son importantes las densidades de plantas la exposición completa a la luz solar es benéfica al cultivo, sin embargo, el tallo y las ramas primarias son susceptibles a las quemaduras del sol (Barcenás, 2000).

#### **2.1.5.1.3. Humedad relativa**

La presencia de mucha humedad en el ambiente, puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas, o enfermedades fungosas que afectan al follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos y en casos extremos, con un ambiente excesivamente seco, provoca la muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos. La humedad relativa óptima para el cultivo de aguacate oscila entre 75 y 80% para lograr un mejor prendimiento y cuaje de la flor (FHIA, 2008).

#### **2.1.5.1.4. Precipitación**

Requiere regímenes pluviales de 1000-2000 milímetros bien distribuidas a lo largo del año (FHIA, 2008).

#### **2.1.5.1.5. Viento**

El cultivo es susceptible a vientos fuertes, tanto desecantes como fríos que inhiben la polinización y la fructificación, causando fuertes daños y caída de ramas, flores y frutos; además, produce lesiones por rozamiento entre frutos y ramas (FHIA, 2008).



### **2.1.5.2. Suelo**

El aguacate se desarrolla muy bien en suelos de texturas medias: franco arenoso, franco arcillo arenoso, profundos y con buen drenaje que evita la aparición de enfermedades fúngicas en la raíz. La profundidad debe andar 0.8 a 2 metros en terrenos planos y de 1 metro en inclinados. Las variedades mexicanas prefieren pH ácidos de 6 - 7 e incluso se desarrollan bien en pH alcalinos hasta de 8; las variedades guatemaltecas y antillanas se desarrollan bien en pH ácidos de 5.5 y 6.5 (FHIA, 2008).

### **2.1.6. Diversidad genética del aguacate**

En el área de origen del aguacate con sus tres razas, se ha dado a través de miles de años un proceso que ha generado una gran diversidad genética (Ben Ya'acov, 1992), decenas de miles de árboles silvestres provenientes de semillas (francos) existen actualmente bajo condiciones ecológicas muy variadas; la selección natural principalmente y la acción (selección) del hombre durante miles de años, ha producido tipos adaptados a esas regiones (Ben Ya'acov, 1992; Gama y Gómez, 1992).

Por ser el aguacate una especie de polinización abierta contiene una gran variabilidad genética con posibilidades casi ilimitadas para su aprovechamiento (Bergh, 1992, Zentmyer y Schieber, 1992). Una amplia diversidad de germoplasma permite el avance del conocimiento botánico y agronómico, así como el desarrollo de nuevos cultivares. Varios problemas prácticos y restricciones en la producción de aguacate, tales como enfermedades, salinidad, producción, calidad, precocidad a madurez, entre otros, quizás pudiera encontrarse en los recursos genéticos de *Persea* (Browman y Scora, 1992).

La utilización de la diversidad genética existente ya sea como variedades, portainjerto y en general para el mejoramiento de la especie, es invaluable para el desarrollo del aguacate bajo condiciones de estrés (Ben Yaacov, 1992; Gama y Gómez, 1992). La utilización de parientes botánicos del aguacate para la obtención de genotipos mejorados, ha puesto al descubierto un amplio rango de materiales vegetales que como el aguacate tienen frutos y plantas útiles (Schroeder, 1990).

### **2.1.7. Erosión genética y extinción de especies de aguacate.**

Según Browman y Scora (1992). La extinción del bosque tropical con la familia de las lauráceas, incluyendo parientes del aguacate es especialmente trágica. Según Barrientos et al, 1992; Ben Ya'acov, 1992; Browman y Scora, 1992 para el género *Persea* y especies relacionadas, las principales causas de pérdidas de nuestros recursos genéticos son: 1) El derribo de bosque para apertura de nuevas áreas a la agricultura y la ganadería. 2) El sobre pastoreo. 3) Los incendios forestales, 4) El avance de áreas urbanas. 5) El uso de la madera. 6) Injertación con otras variedades.

### **2.1.8. Conservación de Germoplasma de aguacate.**

Según Browman y Scora (1992) la conservación in situ de poblaciones naturales en su lugar de origen de los parientes silvestres del aguacate, aún en los considerados seguros para la investigación y el mejoramiento se requiere acceso frecuente, rápido y fácil. Pero según Ben Ya'acov (1992); Browman y Scora (1992), debido a la acelerada destrucción de esos hábitats, es necesario preceder a su rescate para su preservación ex situ bajo un programa de administración de colecciones de recursos fitogenéticos que contemple las necesidades actuales y futuras, asociadas a las facilidades de investigación. Según Browman y Scora (1992) la colección de germoplasma como el aguacate por consideraciones prácticas, se requiere que el material sea mantenido como árboles sexualmente maduros en un campo o área protegida.

Por lo tanto señala urgentemente la necesidad de constitución de bancos de germoplasma adecuados, los cuales no pueden ser sustituidos por métodos emergentes como la micro propagación ni la crio conservación, sino más bien serian apoyo para incrementar la efectividad por lo que se hace necesario el uso de la caracterización como un método para conocer y determinar los recursos genéticos de un lugar determinado.

### **2.1.9. Caracterización morfológica.**

Una característica es un atributo de un organismo y es el producto de la interacción de uno o más genes en el ambiente los cuales a su vez se dividen en características cualitativas y cuantitativas (Engels, 1974). IPGRI (s/f) indica que la caracterización es la descripción de los atributos de un genotipo considerados invariables. Representan una actividad muy importante en la cual se pueden extraer una serie de características cualitativas como: color de frutos, flor, corteza, sabor de la pulpa y de características cuantitativas como: peso, altura, diámetro, entre otros. La caracterización es la descripción de una variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente. La caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie (Tabare, 2000). Según Engels (1980) la elaboración de listas de caracterización por cultivo o grupos de cultivos relacionados son importantes ya que ayudan a uniformizar y estandarizar la caracterización asimismo la facilitan y posibilitan; permitiendo intensificar el intercambio de datos entre instituciones nacionales y extranjeras. Las caracterizaciones han tenido como objetivo principal crear un conocimiento básico para la conservación y uso de las especies, particularmente selección de material para colecciones ex situ, seleccionar las zonas más aptas para la conservación in situ por su alta diversidad y finalmente seleccionar materiales promisorios (IPGRI, s/f).

Según Arce Portugués (1984), la caracterización de materiales considerados con potencial fitogenético en un banco de germoplasma es de mucha importancia, puesto que permite la selección y posterior utilización del material en programa de mejoramiento genético o de otra naturaleza. Una de las tareas asociadas a los bancos de

germoplasma es que facilitan en gran medida la utilización de los materiales, la adecuada descripción de los mismos. En la descripción de las colecciones se distinguen normalmente dos aspectos; la caracterización y la evaluación. La caracterización tiene como objetivo principal identificar entradas y se refiere principalmente a los atributos cualitativos que pueden considerarse invariables (color de la flor, forma de semilla, forma de los frutos, entre otras).

La evaluación persigue fundamentalmente determinar caracteres de interés agronómico que normalmente se ven influenciadas por las condiciones ambientales (precocidad, contenido de proteínas, resistencia de plagas y enfermedades, requerimiento agro ecológicos de clima y suelo) (Martínez, 2002).

#### **2.1.10. Descripción de características y sus objetivos.**

##### **Definición.**

Según Astorga y Seideqitz (1983), un descriptor es el nombre que se le da a una característica, o bien, es la denominación asignada a un fenómeno que se presenta en una determinada planta el cual se quiere medir; además en el contenido de los descriptores y sus respectivos estados se debe reconocer lo siguiente: a) Los descriptores son nociones para llamar a las características, para evaluar la diversidad genética por lo tanto resulta ilógico hablar de una evaluación de descriptores, b) El descriptor se compone de uno o más términos se refiere a una característica evaluable en un momento determinado.

Los descriptores se deben de presentar en forma gramatical correcta, utilizando para ello las preposiciones necesarias a fin de darle sentido gramatical estricto.

##### **Objetivos que persigue la descripción de plantas de una determinada especie.**

Según Chang (1976), los principales objetivos son: a) Clasificar variedades, clones y otros, tomando en cuenta criterios relevantes. b) Identificar entradas con características deseables c) Identificar líneas para el mejoramiento. d) Diferenciar entre varias entradas con nombres semejantes o idénticas. e) Establecer afinidades entre las características de un cultivo y entre grupos geográficos de variedades. f) Hacer una estimación del grado de variación dentro de una colección vegetal.

#### **2.1.11. Definición y uso de los descriptores**

El IPGRI utiliza las siguientes definiciones en la documentación de recursos fitogenéticos:

**Descriptores de pasaporte:** proporcionan la información básica que se utiliza para el manejo general de la accesión (incluido el registro en el banco de germoplasma y cualquier otra información de identificación) y describen los parámetros que se deberían observar cuando se recolecta originalmente la accesión.

**Descriptores de caracterización:** permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular.

Las normas aceptadas internacionalmente para la recolección de datos, codificación y registro de los estados de los descriptores son las siguientes:

- a. Se utiliza el sistema internacional de unidades (Système International d'Unités, SI).
- b. Las unidades que han de aplicarse aparecen entre corchetes al lado del nombre del descriptor.
- c. Se recomienda enfáticamente el uso de escalas normalizadas de colores para todos los caracteres de color, como la Royal Horticultural Society Colour Chart, el Methuen Handbook of Colour o las Munsell Color Charts for Plant Tissues, (la escala que se utilice deberá especificarse en la sección donde se usa).
- d. Utilizar las abreviaturas de tres letras del *Código para los nombres de países*, de la Organización Internacional de Normalización (ISO).
- e. Muchos caracteres cuantitativos que son continuamente variables se registran en una escala del 1 al 9, donde:

- 1 Muy bajo
- 2 Muy bajo a bajo
- 3 Bajo
- 4 Bajo a intermedio
- 5 Intermedio
- 6 Intermedio a alto
- 7 Alto
- 8 Alto a muy alto
- 9 Muy alto

Es la expresión de un carácter. Los autores de esta lista a veces han descrito sólo una selección de los estados, por ejemplo 3, 5 y 7, para dichos descriptores. Cuando ha ocurrido esto, la gama completa de códigos está disponible para su uso, utilizando la ampliación de los códigos dados o mediante la interpolación entre ellos (IPGRI, 1995).

### 2.1.12. Análisis bromatológico

Del griego *brom-atos*: alimento, y *logía*: estudio. La bromatología o conocidos también como análisis físico-químicos es la disciplina científica que estudia íntegramente los alimentos, y a la cual le aportan otras áreas como la química, física y la biología.

Con la bromatología se pretende hacer el análisis químico, físico, higiénico (microorganismos y toxinas), hacer el cálculo de las dietas en las diferentes especies y ayudar a la conservación y el tratamiento de los alimentos. La bromatología se divide en:

- **Antropobromatología:** estudio de los alimentos destinados al consumo humano.
- **Zoobromatología:** estudio del alimento destinado al consumo de las diferentes especies de animales.\*

### ¿Para qué sirve?

Un alimento es una sustancia que posee los principios nutritivos que el animal necesita para su crecimiento-producción-reproducción. A partir de esto el alimento debe cumplir con los requerimientos nutricionales que el animal necesita.

Es importante conocer los usos del análisis bromatológico, pues este nos ayuda de manera directa o indirecta en la nutrición y salud, en especial los destinados a la producción de proteína. \*

### Propósitos del análisis bromatológico

Conocer la composición cualitativa y cuantitativa (composición química y calidad) tanto del alimento como de las materias primas, y así analizar lo que se están consumiendo, y que tan benéfico puede ser para su nutrición.

### Cuadro 3. Nutrientes a determinar en análisis bromatológico.

Nutrientes	Determinación
Agua (humedad)	Materia seca (MS)
Carbohidratos estructurales	Fibra cruda (FC)
Carbohidratos solubles	Extracto libre de nitrógeno (ELN)
Lípidos	Grasa cruda
Proteínas	Proteína cruda (PC)
Minerales	Ceniza
Vitaminas	No hay determinación

Fuente: Cid JM. (2011)

### Toma de muestras

La muestra extraída debe ser representativa y ella puede obtenerse como unidades o fracciones del alimento total o la materia prima. Donde la muestra original (materias primas) comprende los productos contenidos en recipientes como costales, cajas, frascos, potes, entre otros (\*Cid JM., 2011).

## **2.2. Marco referencial.**

### **2.2.1 Municipio de San Antonio Huista.**

#### **2.2.1.1. Localización.**

La cabecera municipal de San Antonio Huista está localizada a 374 kilómetros de la Ciudad Capital y 98 kilómetros de la cabecera departamental por la ruta Interamericana, está situado a una latitud de 15° 30' 04" y una longitud de 91° 46' 15".\*

#### **2.2.1.2. Altitud.**

Está ubicado a 850 metros sobre el nivel del mar.\*

#### **2.2.1.3. Suelos.**

San Antonio Huista posee tres series de suelos: la serie Chixoy está en el 53% de su territorio, la serie Nentón en el 28% y la serie Coatán en el 19% del territorio, estas se caracterizan por ser suelos superficiales o poco profundos, pH ligeramente alcalino y recomendados para pastos o producción de bosque. La serie Coatán permite granos básicos en relieves planos o suavemente inclinados.\*

#### **2.2.1.4. Clima.**

El clima del municipio es variado, existen sectores que por su localización geográfica son cálidos, como en el caso de aldea San José el Tablón, caserío Tablón Viejo y caserío Los Mangalitos, cuya temperatura oscila entre 24 y 30 grados centígrados. No obstante, en la aldea Rancho Viejo, caserío Laguna Seca, Ixmal, La Estancia y Cajuil, la temperatura es de 18 a 24 grados centígrados y una temperatura de 12 a 18 grados centígrados en aldea el Pajal, Reforma, aldea Coyegual, Nojoyá y caseríos Los Cipresales, Chalum, La Haciendita y Cieneguita.\*

#### **2.2.1.5. Hidrología.**

En el Municipio existen siete ríos, los más importantes por el caudal de sus aguas son: río Capulín que atraviesa el área urbana del Municipio, el cual nace en el lugar denominado el Aguacate jurisdicción municipal de Jacaltenango, y río Grande el cual corre dentro del Municipio, proviene de las cumbres de Todos Santos y San Pedro Necta, también recibe el nombre de Rancho Viejo, hasta llegar a terrenos de Santa Ana Huista; asimismo cuenta con cinco nacimientos, los cuales se ubican en la población central, Cantón Esquipulas, Cantón Recreo y Cantón la Independencia (\*SEGEPLAN, 2010).

## **2.2.2 Municipio de Jacaltenango.**

### **2.2.2.1 Localización.**

El municipio de Jacaltenango está situado en el Noroccidente del departamento de Huehuetenango. En promedio, a una latitud de 15° 14' 00' y longitud de 91° 42' 45'', dista de la ciudad capital a 365 kilómetros. Extensión territorial 206 kilómetros cuadrados.\*

### **2.2.2.2 Altitud.**

Está ubicado a 1437 metros sobre el nivel del mar.\*

### **2.2.2.3 Clima.**

La precipitación media anual es de 1,344 milímetros. La temperatura media anual es de 19° y los promedios de máxima anual son de 23.2° centígrados y la mínima 15.1° centígrados.\*

### **2.2.2.4 Suelo.**

Jacaltenango posee cuatro series de suelos (Nentón 58%, Coatán 36%, Quixal 4% y Jacaltenango 2%), la serie Nentón es la que ocupa mayor área, se caracteriza por poseer suelos profundos y drenados, con afloramientos rocosos en la superficie, se recomienda para uso forestal. El resto de series tienen similares recomendaciones de uso y manejo, la serie Jacaltenango se diferencia por su pH ácido (5.0 a 6.5).\*

### **2.2.2.5 Hidrología.**

De acuerdo a la división de cuencas del país la subcuenca del Río Azul del municipio de Jacaltenango, perteneciente a la cuenca del Río Nentón. La microcuenca de Meste' es utilizada por la población de Jacaltenango ya que de ahí traen el agua potable que se utiliza para consumo. El río Azul es de gran utilidad para las aldeas de la parte baja ya que la están utilizando para riego (\*SEGEPLAN, 2010).

## **2.2.3 Antecedentes sobre trabajos realizados en aguacates criollos**

La sub-área de Frutales Deciduos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA, inició trabajos en otros frutales fuera de los deciduos, a partir de 1987, debidos a que por haber microclimas con gran potencial frutícola en diferentes regiones del altiplano guatemalteco.

De esa cuenta fue que, en el año de 1988, cuando se inició la investigación aplicada en aguacate, principalmente en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, Sololá, San Marcos y El Quiché. El énfasis de los trabajos se dio en la caracterización de aguacates criollos.



Hasta el momento solo se conoce que en el año 2000 se publicó un documento sobre una investigación sobre aguacate y que lleva por nombre “Caracterización Agronómica y Físicoquímica del Aguacate Nativo en el Altiplano Occidental Guatemalteco”, que fue realizado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), este estudio realizado se concentró en tres municipios de Totonicapán (Momostenango, Santa María Chiquimula y San Bartolo).

Se conoce también del Diagnóstico realizado en el año 2016 por el Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria -CRIIA- en lo que respecta a la Agrocadena del Aguacate, en la que se expone las deficiencias que existen en el estudio del aguacate.

Son escasos los estudios realizados en los que se refiere a Caracterización morfológica de aguacates nativos en Centroamérica, pero en El Salvador se realizó en el año 2006 una tesis en la cual los autores son César Orlando Avalos Erroa, Juan Luís Quijada Rodríguez y Margarito Beltrán Aranzamendi que lleva por título “Caracterización de los aguacates criollos del campus de la universidad de El Salvador y la estación experimental de la Facultad de Ciencias Agronómicas”.

Flores Morán 2011 realizó un estudio con el objetivo de identificar germoplasma de aguacate criollo adaptado a la zona costera de El Salvador, efectuó giras de colecta para caracterizar los árboles *in situ* y comenzar un proceso de conservación *ex situ*, con la facilidad de disponerlos como selecciones promisorias. La toma de datos se realizó en árboles, frutos, hojas, semillas, flores y ramas de aguacate, analizando la información con estadística descriptiva. De un total de once árboles evaluados, cinco de ellos tenían frutos a los cuales se les realizaron análisis bromatológicos, cada individuo fue codificado y sometido a una caracterización morfo agronómica con base caracteres establecidos de los descriptores para aguacate del IPGRI, generando expedientes para cada árbol; estos se geo referenciaron para ubicarlos geográficamente y zonificar los lugares de presencia de la especie, como también zonas potenciales para el cultivo en la zona costera del país.

Gutiérrez Barrientos y Rodríguez García (2012) realizaron un estudio sobre materiales criollos en el Salvador. De acuerdo con Larios Guzmán et al 2011 la fruticultura ha tomado un gran auge a nivel mundial debido a que constituye una actividad que es remunerativa y con un alto potencial para su producción, constituyéndose en una buena alternativa para los agricultores.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. General

Generar información sobre la variabilidad in situ morfológica y físico-química de aguacates nativos (*Persea americana* Mill) en dos localidades de la región Huista de Huehuetenango.

#### 3.2. Específicos

**3.2.1.** Disponer de un mapa que ubique aguacates nativos de acuerdo a su identificación y georreferenciación en dos localidades de la región Huista.

**3.2.2.** Establecer diferencias y similitudes fenotípicas de aguacates nativos mediante su caracterización in situ morfológica.

**3.2.3.** Determinar características físico-químicas de aguacates nativos mediante análisis morfológico y bromatológico.

### 4. HIPÓTESIS

**H<sub>a1</sub>:** Al menos uno de los aguacates nativos caracterizados procedentes de dos localidades de la región Huista presentará diferencias morfológicas.

**H<sub>o1</sub>:** Ninguno de los aguacates nativos caracterizados procedentes de dos localidades de la región Huista presentará diferencias morfológicas.

**H<sub>a2</sub>:** Al menos uno de los aguacates nativos presentará diferencias físico-químicas, mediante análisis morfológico y bromatológico.

**H<sub>o2</sub>:** Ninguno de los aguacates nativos presentará diferencias físico-químicas, mediante análisis morfológico y bromatológico.

**H<sub>a3</sub>:** Algunos de los aguacates nativos se identificarán como materiales promisorios para su uso como portainjertos y como variedades de consumo.

**H<sub>o3</sub>:** Ninguno de los aguacates nativos se identificará como material promisorio para su uso como portainjertos y como variedades de consumo.

## 5. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo en comunidades de los municipios de San Antonio Huista (caserío Reforma, aldea El Pajal, caserío Las Lajas) y Jacaltenango (Cerro Actaj, Buena Vista, Ich Ul, Jalanwitz, Yulcaj) del departamento de Huehuetenango.

La investigación fue del tipo Exploratoria Cuantitativa no experimental. Esta se realizó en tres fases, la primera consistió en la ubicación de productores de aguacate nativo, georreferenciación de los sitios y la recolección de los cultivares a caracterizar; la segunda fase consistió en la caracterización in situ morfológica y la tercera fase fue la de análisis físico-químico de los cultivares promisorios. A continuación, se da a conocer la metodología para cada una:

### 5.1 Metodología

#### Fase 1 (Disponer de un mapa de ubicación de aguacates nativos)

Se procedió a realizar contacto con las asociaciones incluidas en el presente estudio, con la finalidad de contactar productores de aguacates nativos, georreferenciar los lugares de procedencia y de seleccionar aquellos de acuerdo a aspectos de interés y muestra poblacional.

#### 5.1.1 Identificación de aguacates nativos

La identificación de aguacates nativos, se efectuó considerando los municipios de San Antonio Huista y Jacaltenango reportados en el Informe de Análisis de la cadena de Aguacate Región Occidente de Guatemala del año 2016, para lo cual nos avocamos a la Asociación Integral Agrícola Sostenible (Café/Aguacate) del municipio de San Antonio Huista y la Asociación La Asunción del municipio de Jacaltenango, con la finalidad de que nos proporcionarán contactos con productores que tuvieran cultivares promisorios de aguacate.

Se realizaron caminamientos acompañados por personas conocedoras de los lugares y contratados como jornales, esto con el objetivo de contactar productores que contarán con árboles de aguacates nativos.

Una vez identificados los árboles de aguacates nativos, el criterio de discriminación para selección de los cultivares a ser considerados en el estudio, se consideraron los siguientes aspectos:

- Nombre del cultivar
- Forma del árbol
- Forma del fruto
- Forma de hojas
- Color y superficie de la cáscara
- Sanidad del árbol
- Vigorosidad del árbol.

### 5.1.2 Georreferenciación de procedencia de los aguacates nativos

Para georreferenciar la ubicación de cada uno de los cultivares de aguacate en su lugar exacto de colecta y caracterización, se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con el cual se registraron datos de altitud, latitud y longitud. Así mismo, con la ayuda del software ArcGIS 9x, se realizaron mapas de ubicación de los cultivares encontrados en cada una de las localidades. También nos apoyamos con boletas elaboradas en las cuales se indicaba el nombre del productor, lugar de procedencia y cantidad de árboles establecidos.

#### Características

- Altitud (msnm)
- Latitud (UTM)
- Longitud (UTM)
- Nombre local
- Topografía del lugar
- Tipo de suelo
- Disponibilidad de agua

### 5.1.3 Análisis de la información

Con la información recopilada de los árboles de aguacates nativos procedentes de los municipios de San Antonio Huista y Jacaltenango. Se procedió a emplear el software ArcGIS 9x, para elaborar mapas digitales para cada uno de los municipios en donde se indicaron los puntos donde se encontraron dichos cultivares; así también se elaboraron tablas en donde se le asignó un número y un código a cada material, indicando el nombre del productor, lugar de procedencia, altitud y coordenadas geográficas.

## 5.2 Metodología Fase 2 (Caracterización in situ morfológica)

La fase 2 del presente estudio, consistió en la caracterización in situ morfológica de aguacates nativos, mediante el empleo del descriptor de aguacate desarrollado por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI (1995), con la finalidad de establecer la variabilidad de la especie existente en el área de estudio mediante sus diferencias y similitudes fenotípicas; dicho descriptor fue modificado en relación a las variables cualitativas según el código establecida en la Tabla Munsell de colores para plantas.

### 5.2.1 Caracterización in situ morfológica de aguacates nativos

Una vez establecida la cantidad de cultivares de aguacates nativos, considerando su variabilidad fenotípica, la caracterización in situ morfológica se realizó basándonos en variables del descriptor del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI (1995). Para lo cual se consideraron las siguientes características por árbol:

#### **Variables**

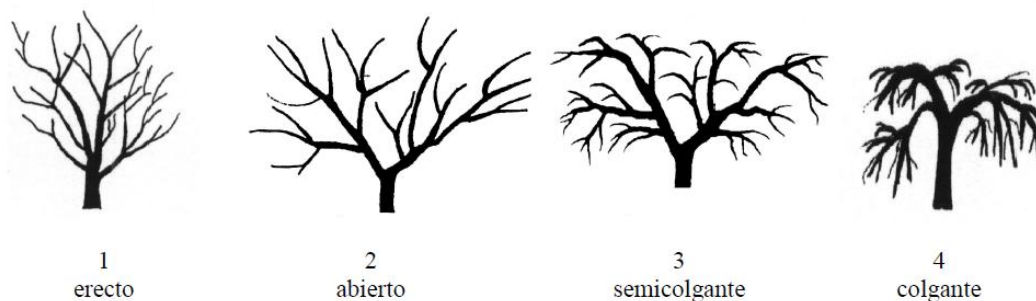
- Altura del árbol (metros)
- Forma del árbol
- Diámetro del tronco a la altura del pecho (centímetros)
- Edad del árbol (años)
- Color de la rama joven
- Forma de la hoja
- Forma del fruto
- Longitud de fruto (centímetros)
- Forma del pedicelo
- Color de la cáscara
- Superficie de la cáscara
- Color de pulpa cercana a la cáscara
- Color de pulpa cercana a la semilla
- Fibra en la pulpa
- Forma de semilla
- Sanidad de campo
- Tamaño del fruto
- Producción
- Grosor de la cáscara (mm)
- Longitud de la semilla
- Vigorosidad del árbol

#### **a) Altura del árbol**

Para esta variable nos apoyamos del instrumento denominado Hipsómetro, la altura fue tomada en metros, midiendo desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

#### **b) Forma del árbol**

Para establecer la forma del árbol nos guiamos de las siguientes ilustraciones:



**Figura 2.** Formas de árbol de aguacate.

**Fuente:** IPGRI (1995).

**c) Diámetro del tronco a la altura del pecho**

El diámetro de los árboles, se tomó a la altura del pecho aproximadamente 1.50 metros sobre el nivel del suelo, mediante el empleo de una cinta diamétrica que se pasó sobre el tronco de los árboles.

**d) Edad del árbol**

Para establecer la edad de los árboles en la caracterización in situ morfológica, esta información se obtuvo a través de entrevistas con los propietarios, registrando dicha información en años.

**e) Color de la rama joven**

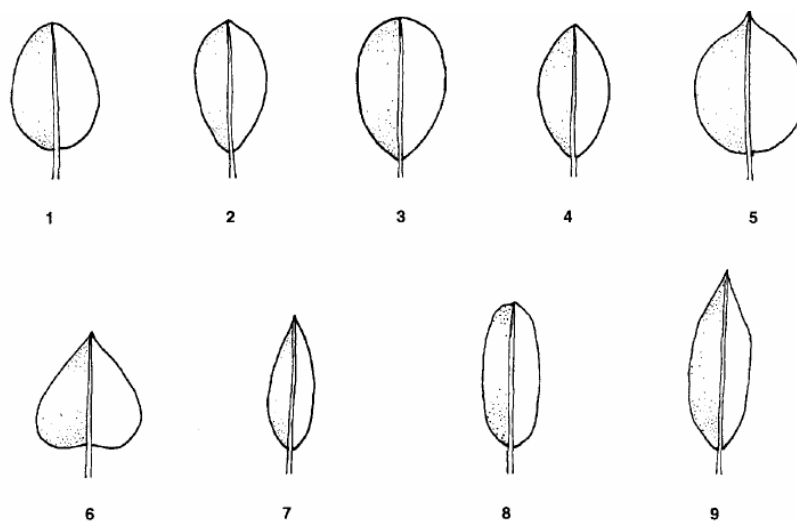
Para determinar el color de la rama joven nos apoyamos de una Tabla de colores Munsell para plantas, considerándose las hojas jóvenes de la punta de la rama, contándose con los siguientes estados:

1. 5 GY 6/4 (verde-amarillo moderado)
2. 5 GY 5/6 (verde-amarillo moderado)
3. 5 GY 5/8 (verde-amarillo pálido)
4. 5 GY 6/6 (verde-amarillo moderado)

**f) Forma de la hoja**

Para la forma de la hoja nos basamos en los siguientes estados:

- 1 Ovada
- 2 Obovada-angosta
- 3 Obovada
- 4 Oval
- 5 Redondeada
- 6 Cordiforme
- 7 Lanceolada
- 8 Oblonga
- 9 Oblonga-lanceolada
- 10 Otra (especificar)



**Figura 3.** Formas de hojas de aguacate.

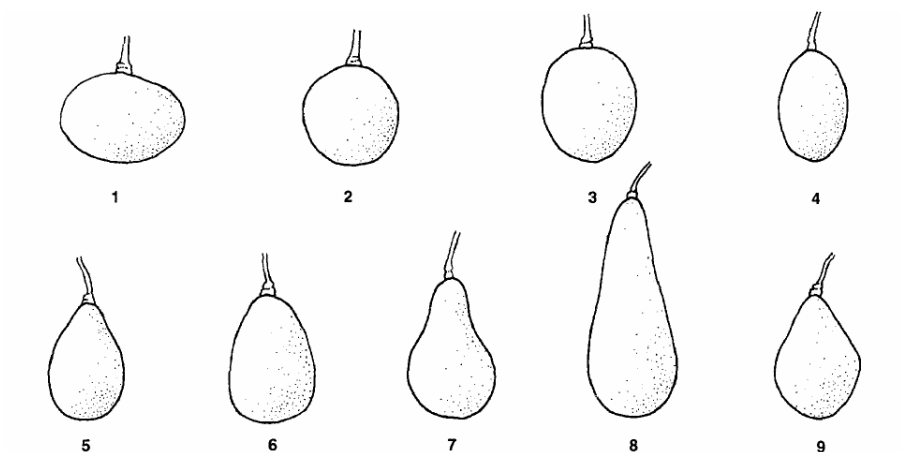
**Fuente:** IPGRI (1995).

**g) Forma de los frutos**

Para la forma de los frutos se seleccionaron un total de cinco frutos por cultivo y/o árbol, obteniéndose de la parte superior, media e inferior del árbol de forma al azar, considerando los siguientes estados:

- 1 Oblata
- 2 Esferoide
- 3 Esferoide alto
- 4 Elipsoide

- 5 Obovado-angosto
- 6 Obovado
- 7 Piriforme
- 8 Claviforme
- 9 Romboidal
- 10 Otro (especificar)



**Figura 4.** Formas de los frutos de aguacate.

**Fuente:** IPGRI (1995).

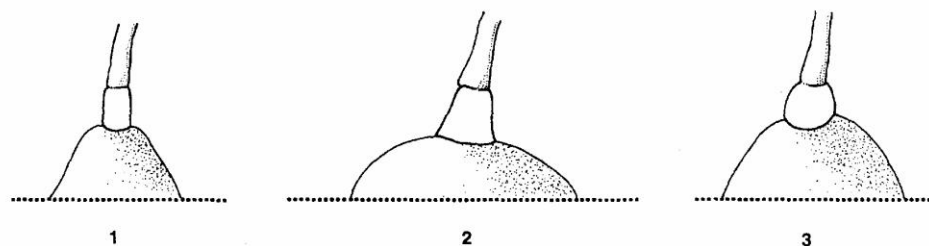
#### **h) Longitud del fruto**

Para la variable longitud del fruto nos apoyaremos de un calibrador Vernier electrónico y la medida se dio en centímetros, para lo cual tomamos cinco frutos de muestra por cada cultivar, procediendo a medir desde su base hasta su ápice respectivamente.

#### **i) Forma del pedicelo**

Respecto a la forma del pedicelo nos basamos en los siguientes estados:

- 1 Cilíndrico
- 2 Cónico
- 3 Redondeado
- 4 Otro (especificar)



**Figura 5.** Formas del pedicelo de aguacates.

**Fuente:** IPGRI (1995).

#### **j) Color de la cáscara**

Para el color de la cáscara se seleccionaron cinco frutos maduros, con la ayuda de una tabla de colores Munsell para plantas, contando con los siguientes estados:

1. 7.5 GY 8/6 (verde-amarillo claro)
2. 7.5 GY 8/8 (verde-amarillo brillante)
3. 7.5 GY 5/2 (verde-amarillo grisáceo)
4. 7.5 GY 8/4 (verde-amarillo claro)
5. 2.5 G 8/2 (verde muy pálido)
6. 2.5 GY 5/4 (verde-amarillo moderado)
7. 5 RP 3/6 (rojo-violáceo oscuro)

#### **k) Color de la pulpa cercana a la cáscara**

En cuanto al color de pulpa cercana a la cáscara, se consideraron cinco frutos maduros, con la ayuda de una tabla de colores Munsell para plantas de acuerdo a los siguientes estados:

1. 2.5 GY 6/10 (verde-amarillo fuerte)
2. 5 GY 7/6 (verde-amarillo moderado)
3. 2.5 GY 8/4 (verde-amarillo claro)
4. 5 GY 7/8 (verde-amarillo fuerte)
5. 5 GY 5/8 (verde-amarillo fuerte)
6. 5 GY 7/4 (verde-amarillo moderado)
7. 2.5 GY 8/2 (verde-amarillo pálido)
8. 2.5 GY 5/2 (verde-amarillo grisáceo)



### l) Color de pulpa cercana a la semilla

Respecto al color de pulpa cercana a la semilla, se consideraron cinco frutos maduros, apoyándonos con una Tabla de colores Munsell para plantas de acuerdo a los siguientes estados:

1. 2.5 GY 8/4 (verde-amarillo claro)
2. 2.5 GY 8/2 (verde-amarillo pálido)
3. 2.5 GY 8/6 (verde-amarillo claro)
4. 2.5 GY 7/10 (verde-amarillo fuerte)
5. 5 Y 8/2 (Amarillo pálido)

### m) Fibra en la pulpa

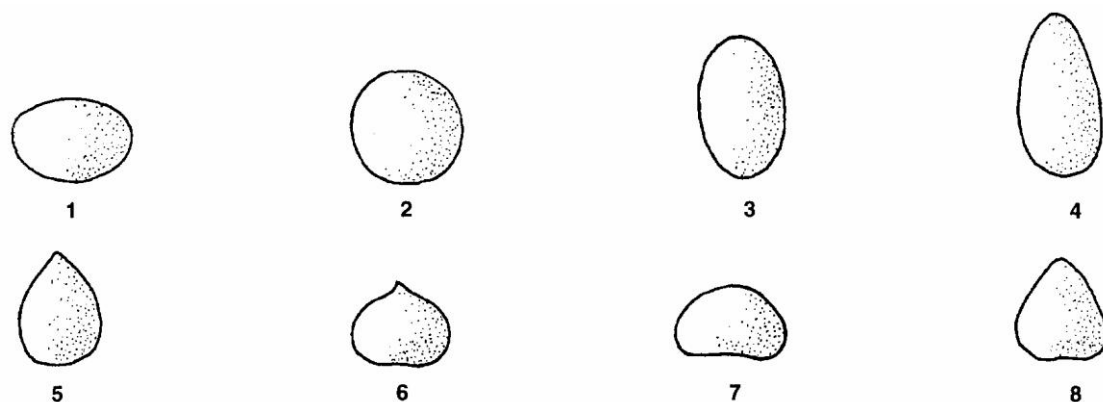
En cuanto a la característica de fibra en la pulpa, está se analizó mediante la observación visual de cinco frutos en estado de madurez de consumo, contando con los siguientes estados:

- 20%** **Poca** (cuando cubra una mínima parte de una cara del fruto partido por la mitad).
- 50%** **Intermedia** (cuando cubra la mitad de una cara del fruto partido por la mitad).
- +50%** **Mucha** (cuando cubra la mayor parte de una cara del fruto partido por la mitad).

### n) Forma de la semilla

Para la forma de la semilla, se tomó como muestra cinco frutos por cultivar considerando los siguientes estados:

- 1 Oblata
- 2 Esferoide
- 3 Elipsoide
- 4 Ovada
- 5 Obovada-ancha
- 6 Cordiforme
- 7 Base aplanada, ápice redondeado
- 8 Base aplanada, ápice cónico
- 9 Otro (especificar)



**Figura 6.** Formas de las semillas de aguacates.

**Fuente:** IPGRI (1995).

### ñ) Sanidad de campo

La lectura se realizó visualmente, tomando en cuenta que el árbol no manifestara síntomas de problemas de plagas y enfermedades tanto en lo que respecta a su tallo, ramas, hojas y frutos.

- |   |            |
|---|------------|
| 1 | Mala       |
| 2 | Intermedia |
| 3 | Buena      |

### o) Tamaño del fruto

El criterio que se consideró para esta variable, fue en función de la longitud de los frutos dada en centímetros y se tomó en cuenta los siguientes estados.

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1 | Pequeño (menor a 11 cm) |
| 2 | Grande (11 cm o más)    |

### p) Producción

Se tomó en cuenta de una manera visual, que la producción se distribuyera de una manera uniforme en el árbol.

- |   |            |
|---|------------|
| 1 | Mala       |
| 2 | Intermedia |
| 3 | Buena      |

**q) Grosor de la cáscara (mm)**

El grosor de la cáscara, se midió con el apoyo de un calibrador Vernier electrónico y fue dada en milímetros.

**r) Superficie de la cáscara**

Para determinar la superficie del epicarpio se tomó en cuenta que no poseyera ninguna imperfección o abultamiento con los siguientes estados:

- |   |        |
|---|--------|
| 1 | Lisa   |
| 2 | Rugosa |

**s) Longitud de la semilla (cm)**

Para la variable longitud de la semilla nos apoyamos de un calibrador Vernier electrónico y la medida se dio en centímetros, para lo cual se tomaron cinco semillas de muestra por cada cultivar, procediendo a medir desde su base hasta su ápice respectivamente.

**t) Vigorosidad del árbol**

La variable de vigorosidad del árbol fue tomada de manera visual, tomando en cuenta los siguientes estados:

- |   |            |
|---|------------|
| 1 | Mala       |
| 2 | Intermedia |
| 3 | Buena      |

## **5.2.2 Análisis de la información**

Una vez caracterizados morfológicamente los aguacates nativos, se procedió a realizar una matriz básica de datos en Excel conteniendo las variables estudiadas. Para el caso de la abscisa (eje x) se incluyeron las variables tanto cuantitativas como cualitativas de acuerdo al descriptor; mientras que en la ordenada (eje y) se ingresarán el número total de árboles de aguacates nativos caracterizados morfológicamente, esta matriz se elaboró una para cada localidad.

Posteriormente, con cada matriz básica de datos, se le realizó una estandarización, la cual consistió en eliminar aquellas variables que mostraron similitud y que no marcaron diferencia fenotípica.

Una vez estandarizada la matriz básica, ésta se ingresó al programa estadístico InfoStat para realizar los análisis de conglomerados (Clúster) y establecer la variabilidad en bases a sus diferencias y similitudes fenotípicas mediante la conformación de grupos.

Así mismo, se realizó un análisis de componentes principales, con el objeto de establecer las características sobresalientes que marcaron la variabilidad de aguacates nativos.

Considerando los análisis anteriores (conglomerados y componentes principales), se hizo una selección de aquellos cultivares nativos que fueron sobresalientes en características ideales para empleo de portainjertos y variedades de consumo.

### **7.3. Metodología Fase 3 (Análisis físico-químico)**

La fase 3 del presente estudio consistió en realizar un análisis físico-químico de los aguacates nativos promisorios, la selección se efectuó en base a los grupos formados en el análisis de conglomerados de la fase 2, con la finalidad de establecer características físicas sobresalientes y sus aportes nutricionales de variedades que puedan utilizarse para el consumo.

#### **7.3.1 Determinación físico-químico de aguacates nativos**

El análisis físico-químico, partió de la selección de frutos de aguacates nativos, en base a los grupos formados en el análisis de conglomerados, seleccionando 6 accesiones del municipio de San Antonio Huista y 7 del municipio de Jacaltenango, tomando en cuenta aquellos que se consideraron promisorios para su aprovechamiento en la dieta alimenticia.

Posteriormente, éstos se enviaron al laboratorio del Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP), el cual solicitó como muestra 5 frutos por árbol y/o cultivar, éstos se colocaron en bolsas de papel con su identificación respectiva para ser emitidos al laboratorio en mención.

#### **Variables**

- Peso promedio del fruto (gramos)
- Peso promedio de la cáscara (gramos)
- Peso de la pulpa (gramos)
- Peso promedio de semilla (gramos)
- Grosor de cáscara (milímetros)
- Potencial de hidrógeno
- Proteína (g/100 g)
- Grasa cruda (g/100g)
- Fibra cruda (g/100g)

### **5.3.2 Análisis de la información**

De acuerdo a los resultados físico-químicos, obtenidos del Laboratorio del INCAP de los frutos de aguacates nativos, se procedió a realizar una agrupación de aquellos que reportaron mejores características para su manejo (peso del fruto y grosor de cáscara) y para consumo (contenido de proteína, contenido de grasa, fibra cruda y potencial de hidrógeno) respectivamente.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Ubicación de aguacates nativos de acuerdo a su identificación y georreferenciación en dos localidades de la región Huista.

A continuación, se presentan las referencias de cada uno de los cultivares de aguacates nativos encontrados en dos municipios de la región Huista del departamento de Huehuetenango, indicando en cada uno de ellos su propietario, localidad, coordenadas geográficas, altitud y tipo de suelo. Tal como se detalla a continuación:

#### 6.1.1. Municipio de San Antonio Huista

**Cuadro 4.** Ubicación y georreferenciación de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango.

No.	Código	Productor	Localidad	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)	Tipo de suelo
				Latitud	Longitud		
1	SA-01	Jaime Velásquez	Caserío Reforma	15°37.305'	91°48.659'	1818	arcillo-arenoso
2	SA-02	Jaime Velásquez	Caserío Reforma	15°37.293'	91°48.658'	1817	arcillo-arenoso
3	SA-03	Jaime Velásquez	Caserío Reforma	15°37.362'	91°48.485'	1756	arcilloso
4	SA-04	Alberto Méndez	Aldea El Pajal	15°37.417'	91°48.772'	1797	arcilloso
5	SA-05	Alberto Méndez	Aldea El Pajal	15°37.438'	91°48.723'	1777	arcilloso
6	SA-06	Paulina Hernández	Caserío Las Lajas	15°37.495'	91°48.084'	1620	arcillo-arenoso
7	SA-07	Mario Méndez	Caserío Las Lajas	15°37.449'	91°48.101'	1643	arcillo-arenoso
8	SA-08	Filiberto Méndez	Caserío Las Lajas	15°37.428'	91°48.073'	1654	arcillo-arenoso
9	SA-09	Ovidio Mazariegos	Caserío Las Lajas	15°37.468'	91°48.112'	1631	arcillo-arenoso
10	SA-10	Ovidio Mazariegos	Caserío Las Lajas	15°37.457'	91°48.126'	1634	arcillo-arenoso
11	SA-11	Andrés Méndez	Aldea El Pajal	15°37.656'	91°48.524'	1745	arcillo-arenoso
12	SA-12	Andrés Méndez	Aldea El Pajal	15°37.642'	91°48.550'	1761	arcillo-arenoso
13	SA-13	Andrés Méndez	Aldea El Pajal	15°37.643'	91°48.555'	1764	arcillo-arenoso
14	SA-14	Lázaro Mazariegos	Caserío Reforma	15°37.430'	91°48.239'	1698	arcilloso
15	SA-15	Lázaro Mazariegos	Caserío Reforma	15°37.437'	91°48.257'	1698	arcilloso
16	SA-16	Juana Pérez	Caserío Las Lajas	15°37.348'	91°48.179'	1710	arcillo-arenoso

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Según el cuadro 4, se localizaron y georreferenciaron un total de 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista, del departamento de Huehuetenango, situados en alturas comprendidas desde los 1,620 hasta los 1,818 metros sobre el nivel del mar, lo que indica su amplio rango de adaptación para su establecimiento.

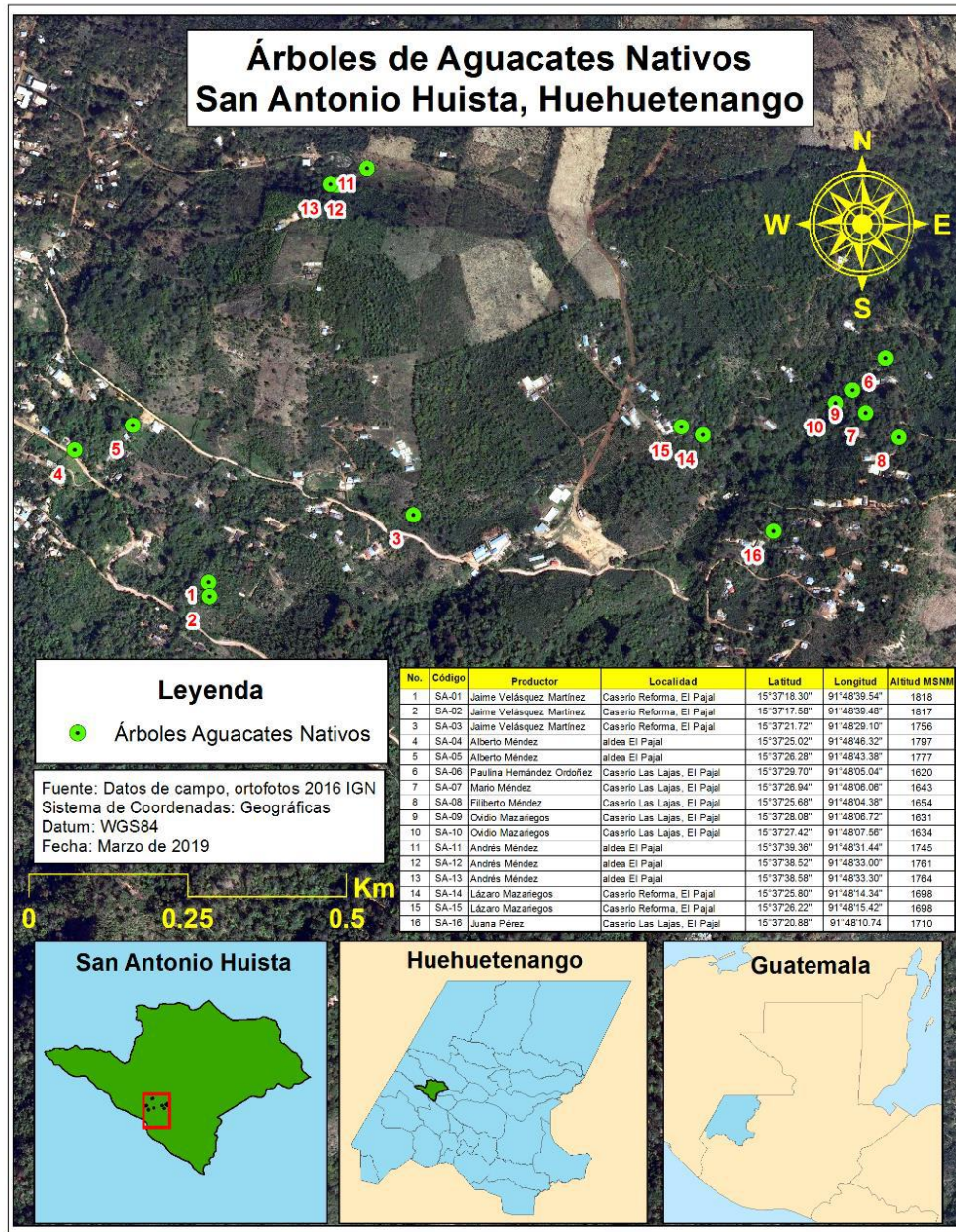
Entre algunas de sus características de sitio, podemos decir que la topografía de sus suelos fue muy variable, con pendientes comprendidas desde el 1 hasta 25 %, ya que los terrenos donde se encontraron establecidos los árboles de aguacate con cada agricultor y/o propietario, iban desde planos hasta quebrados, evidenciando que el aguacate puede adaptarse a estas condiciones irregulares de topografía.

Respecto a la textura, un 68.75 % correspondió a un arcilloso-arenoso y el restante 31.25% a suelos arcillosos, considerándose aceptables por la retención de la humedad y buena filtración; ya que, según información proporcionada por los agricultores, respecto a la disponibilidad de agua, ésta solo es aprovechada durante la época lluviosa, considerándose del tipo temporal respectivamente.

En lo referente a los árboles de aguacates nativos ubicados en San Antonio Huista, la época de floración dio inicio en los meses de enero y febrero de 2018 según la información proporcionada por los propietarios, mientras que los frutos para la cosecha estuvieron listos en los meses de febrero, marzo y primera quincena de abril de 2019.

A continuación, en la siguiente figura, se presenta el mapa del municipio de San Antonio Huista, en donde se observa la distribución de los 16 cultivares de aguacates nativos; así como, el punto cardinal donde más se concentraron.





**Figura 7.** Mapa del municipio de San Antonio Huista, mostrando la ubicación de aguacates nativos.

**Fuente:** Datos de campo CRIA-CUNOROC (2019).

De acuerdo al mapa anterior, se muestra la distribución de los cultivares de aguacates nativos, ubicados en el municipio de San Antonio Huista, del departamento de Huehuetenango, en donde en su mayoría se localizaron en la parte sur del municipio en mención.



### 6.1.2. Municipio de Jacaltenango

**Cuadro 5.** Ubicación y georreferenciación de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango, Huehuetenango.

No.	Código	Productor	Localidad	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)	Topografía (%)	Tipo de suelo
				Latitud	Longitud			
1	JA-01	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.448'	91°44.407'	1821	1-25%	arcilloso
2	JA-02	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.445'	91°44.404'	1823	1-25%	arcilloso
3	JA-03	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.438'	91°44.416'	1825	1-25%	arcilloso
4	JA-04	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.435'	91°44.419'	1825	1-25%	arcilloso
5	JA-05	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.431'	91°44.428'	1831	1-25%	arcilloso
6	JA-06	Baldomero Rojas	Cerro Actaj	15°38.450'	91°44.409'	1822	1-25%	arcilloso
7	JA-07	Pedro Carmelo	Cerro Actaj	15°38.483'	91°44.547'	1830	1-25%	areno-arcilloso
8	JA-08	Feliciano Silvestre	Cerro Actaj	15°38.564'	91°44.639'	1798	1-25%	areno-arcilloso
9	JA-09	Feliciano Silvestre	Cerro Actaj	15°38.576'	91°44.634'	1791	1-25%	areno-arcilloso
10	JA-10	Ignacio Silvestre	Cerro Actaj	15°38.573'	91°44.651'	1790	1-25%	areno-arcilloso
11	JA-11	Cornelio López	Cerro Actaj, Buena Vista	15°38.571'	91°44.825'	1850	25-50%	arcillo-arenoso
12	JA-12	Tadeo López	Cerro Actaj, Buena Vista	15°38.561'	91°44.971'	1744	1-25%	arcillo-arenoso
13	JA-13	Manuel Silvestre	Ich Ul	15°38.612'	91°43.121'	1777	25-50%	areno-arcilloso
14	JA-14	Manuel Silvestre	Ich Ul	15°38.600'	91°43.106'	1810	1-25%	areno-arcilloso
15	JA-15	Manuel Silvestre	Ich Ul	15°38.602'	91°43.118'	1821	1-25%	areno-arcilloso
16	JA-16	Manuel Silvestre	Ich Ul	15°38.618'	91°43.102'	1829	1-25%	areno-arcilloso
17	JA-17	Modesto Jacinto	Jalanwitz	15°40.451'	91°45.354'	1630	25-50%	areno-arcilloso
18	JA-18	Modesto Jacinto	Jalanwitz	15°40.430'	91°45.553'	1643	1-25%	areno-arcilloso
19	JA-19	Modesto Jacinto	Jalanwitz	15°40.353'	91°45.471'	1688	1-25%	areno-arcilloso
20	JA-20	José Ramírez	Yulcaj	15°40.119'	91°44.321'	1725	25-50%	areno-arcilloso

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

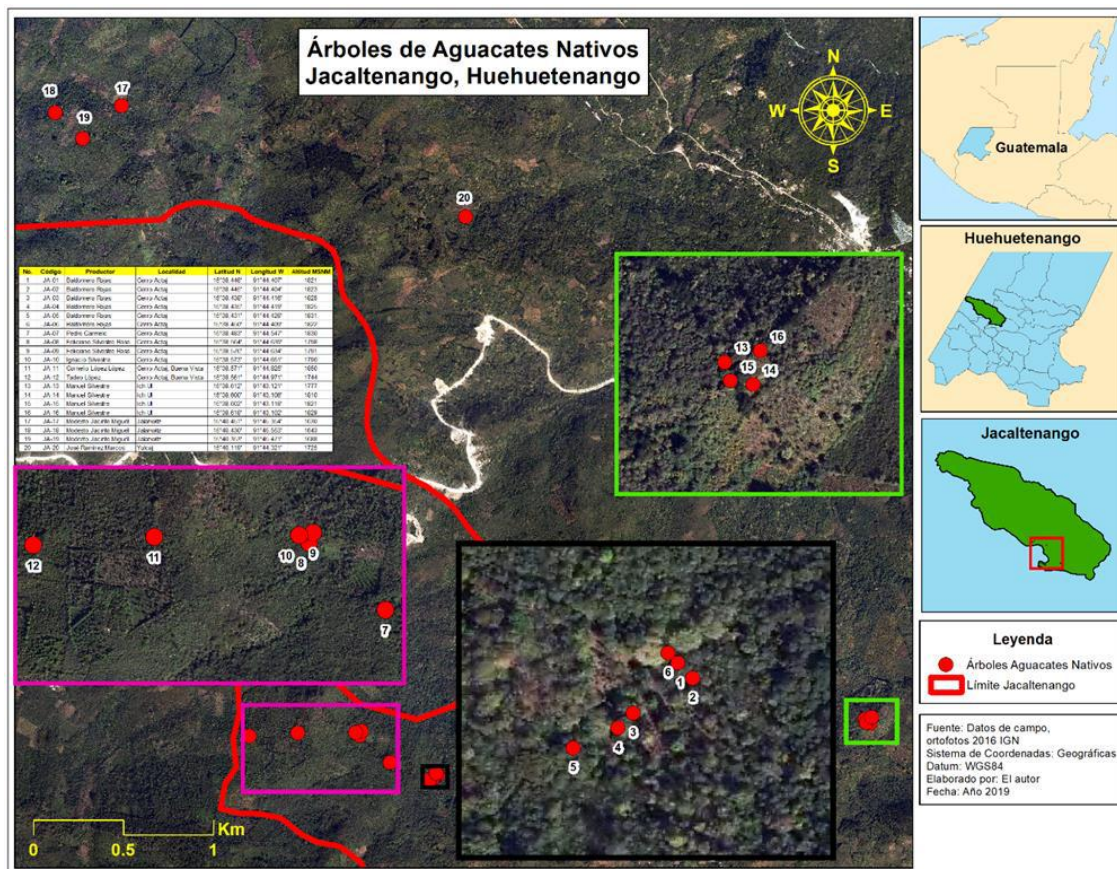
Según el cuadro 5, se localizaron y georreferenciaron un total de 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango, del departamento de Huehuetenango, situados en alturas comprendidas desde los 1,630 hasta los 1,850 metros sobre el nivel del mar, lo que indica al igual que los cultivares del municipio de San Antonio Huista su amplio rango de adaptación para su establecimiento.

Entre algunas de sus características de sitio, podemos decir que la topografía de sus suelos fue muy variable, con pendientes comprendidas desde el 1 a 25 % la que se encontró en un mayor número, y del 25 hasta el 50% respectivamente; por lo tanto, los terrenos donde se encontraron establecidos los árboles de aguacate iban desde planos hasta quebrados y algunos considerándose tipo barranco, demostrando su adaptación a estas condiciones extremas de topografía.

Respecto a la textura, un 70 % correspondió a un arcilloso-arenoso y el restante 30 % a suelos arcillosos, considerándose aceptables por la retención de la humedad y buena filtración; ya que, según información proporcionada por los agricultores, respecto a la disponibilidad de agua, ésta solo es aprovechada durante la época lluviosa, considerándose del tipo temporal respectivamente.

En lo referente a los árboles de aguacates nativos de Jacaltenango, la época de floración dio inicio en los meses de enero, febrero y marzo de 2018 para algunos de los materiales (JA-01, JA-02, JA-03, JA-04, JA-05, JA-06, JA-07, JA-08, JA-09, JA-10, JA-11, JA-12, JA-17, JA-18, JA-19, JA-20), mientras que para otros esta comenzó en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2017 (JA-13, JA-14, JA-15, JA-16) según lo que indicaron los propietarios, mientras que los frutos para la cosecha estuvieron listos en los meses de febrero, marzo y la primera quincena de abril de 2019, esto para todos los materiales.

A continuación, en la siguiente figura, se presenta el mapa del municipio de Jacaltenango, en donde se observa la distribución de los 20 cultivares de aguacates nativos; así como, el punto cardinal donde más se concentraron.



**Figura 8.** Mapa del municipio de Jacaltenango, mostrando la ubicación de aguacates nativos.

**Fuente:** Datos de campo CRIA-CUNOROC (2019).

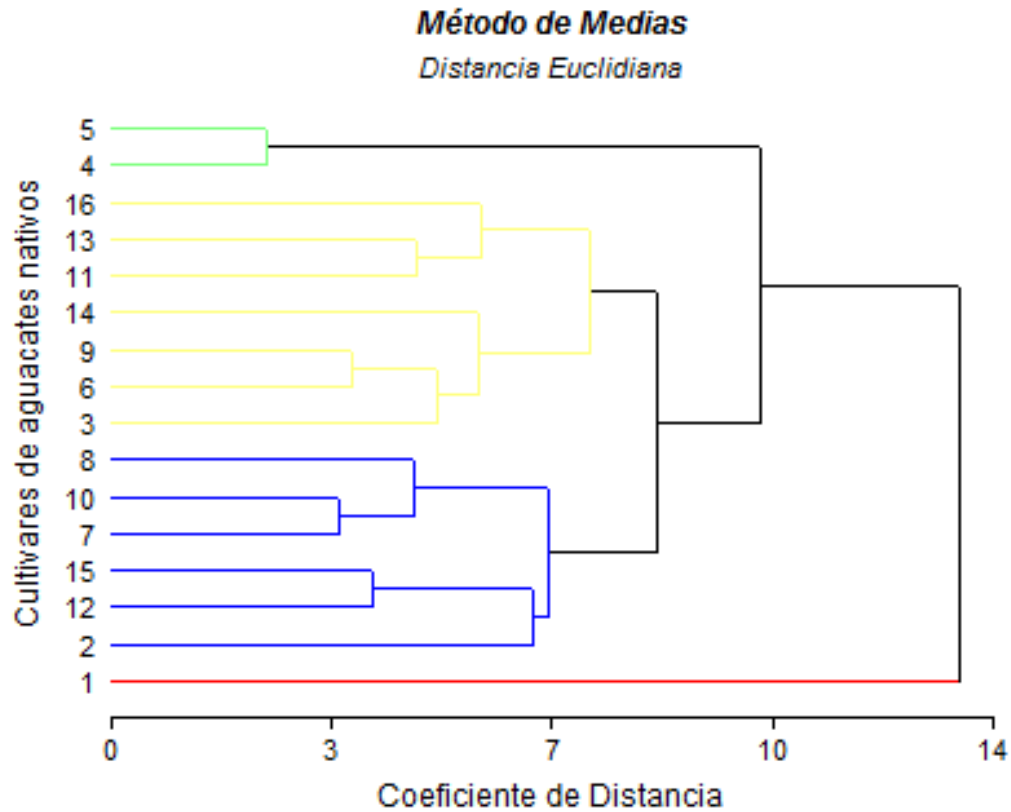
De acuerdo al mapa anterior, se muestra la distribución de los cultivares de aguacates nativos, ubicados en el municipio de Jacaltenango, del departamento de Huehuetenango, en donde en su mayoría se localizaron en la parte sur del municipio en mención.

## 6.2. Caracterización in situ morfológica de aguacates nativos procedentes de dos localidades de la región Huista de Huehuetenango.

En la caracterización in situ morfológica de aguacates nativos procedentes de dos localidades de la región Huista, se analizaron un total de 21 características, mismas que se tomaron en cuenta para el análisis Conglomerados y Componentes Principales, para la conformación de grupos y establecer sus diferencias y similitudes fenotípicas.

**6.2.1. Municipio de San Antonio Huista**

**6.2.1.1. Análisis de conglomerados**



**Figura 9.** Fenograma de 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se puede observar en la figura 9, se logró determinar que a un coeficiente de distancia de 8.5, se formaron tres grupos y un cultivar aislado. El primer grupo estuvo integrado por dos cultivares (SA-04 y SA-05), el segundo grupo se conformó por siete cultivares (SA-16,SA-13, SA-11, SA-14, SA-09, SA-06 y SA-03), el grupo tres por seis cultivares (SA-08, SA-10, SA-07, SA-15, SA-12 y SA-02); finalmente un cultivar aislado (SA-01), para hacer un total de 16 cultivares.

**Cuadro 6.** Características que diferenciaron a los grupos formados en el análisis de conglomerados de 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.

No.	Características	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Cultivar aislado
1	Altura del árbol (m)	21	14.43	9.50	14
2	Forma del árbol	erecto, abierto	erecto, abierto, semicolgante	erecto, abierto, semicolgante	semicolgante
3	Diámetro del troco (cm)	44.95	36.71	22.58	27.70
4	Edad del árbol (años)	27.50	19.85	7.83	30
5	Color de rama joven	verde amarillo moderado 5 GY 5/6	verde-amarillo moderado 5 GY 6/4	verde-amarillo moderado 5 GY 5/6	verde-amarillo moderado 5 GY 6/4
6	Forma de la hoja	Oblonga-lanceolada	Oblonga-lanceolada	Oblonga-lanceolada	Lanceolada
7	Forma del fruto	Obovado-angosto	Obovado-angosto, Obovado	Esferoide	Piriforme
8	Longitud del fruto (cm)	6.82	8.41	6.86	15.04
9	Forma del pedicelo	cónico	cónico	cónico	cilíndrico
10	Color de la cáscara	verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6 verde-amarillo brillante 7.5 GY 8/8	verde-amarillo grisáceo 7.5 GY 5/2	verde-amarillo brillante 7.5 GY 8/8	verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6
11	Superficie de la cáscara	rugosa	rugosa	rugosa	lisa
12	Color pulpa cercana a la cáscara	verde-amarillo moderado 5 GY 7/6	verde-amarillo moderado 5 GY 7/6	verde-amarillo moderado 5 GY 7/6 verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4 verde -amarillo fuerte 5 GY 5/8	verde-amarillo fuerte 2.5 GY 6/10
13	Color pulpa cercana a la semilla	verde-amarillo pálido 2.5 GY 8/2	verde-amarillo fuerte 2.5 GY 7/10	verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4	verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4
14	Fibra en la pulpa	mucha	poca	poca	poca
15	Forma de la semilla	esferoide	ovada	oblata	base aplanada-ápice cónico
16	Sanidad de campo	intermedia	buena	intermedia	buena
17	Tamaño del fruto	pequeño	pequeño	pequeño	grande
18	Producción	mala	buena	intermedia, buena	buena
19	Grosor cáscara (mm)	2.93	2.42	2.19	1.62
20	Longitud semilla (cm)	3.38	4.07	3.4	6.27
21	Vigorosidad del árbol	intermedia	buena	intermedia, buena	buena

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

El primer grupo se caracterizó por presentar los árboles más altos, con una altura promedio de 21 metros; así como también, de mayores diámetros con promedio de 44.95 cm en sus troncos, con forma erecta y abierta, registrando una edad promedio de 28 años. Manifestaron ser de mala producción y con una sanidad de campo y vigorosidad intermedia.



Sus frutos presentaron una forma obovada angosta, con una longitud promedio de 6.82 cm obteniendo un tamaño pequeño. Presentaron mucha presencia de fibra en la pulpa a diferencia del resto de cultivares, el color de la pulpa cercana a la cáscara adquirió una tonalidad verde-amarillo moderado 5 GY 7/6. Sus hojas obtuvieron una forma oblonga lanceolada.

El pedicelo presentó una forma cónica; así mismo, el color de la cáscara se tornó de dos tonalidades (verde amarillo claro 7.5 GY 8/6 y verde amarillo brillante 7.5 GY 8/8), de superficie rugosa y gruesa (2.93 mm). Sus semillas adquirieron forma esferoide a diferencia del resto de cultivares, y fueron las de menor longitud con un promedio de 3.38 centímetros.

El segundo grupo registró árboles con una altura promedio de 14.43 metros, con diámetros en sus troncos de 36.71 cm. con variación en su forma, tales como: erecta, abierta y semicolgante, registrando una edad promedio de 20 años. Se caracterizaron por ser de buena producción, sanidad de campo y vigorosidad respectivamente.

Sus frutos presentaron forma obovado angosto y obovado, con una longitud promedio de 8.41 cm, obteniendo un tamaño pequeño. Presentaron poca presencia de fibra en la pulpa, el color de la pulpa cercana a la cáscara adquirió una tonalidad verde-amarillo moderado 5 GY 7/6. Sus hojas obtuvieron una forma oblonga lanceolada.

El pedicelo presentó una forma cónica; el color de la cáscara se tornó de un verde amarillo grisáceo 7.5 GY 5/2, de superficie rugosa y gruesa (2.42 mm). Sus semillas adquirieron forma ovada a diferencia del resto de cultivares, registrando una longitud promedio de 4.07 cm.

El tercer grupo se caracterizó por presentar árboles de menor altura (9.50 m) y diámetro en sus troncos (22.58 cm); con formas erecta, abierta y semicolgante, registrando los árboles más jóvenes con edad promedio de 8 años. Manifestaron una producción y vigorosidad de intermedia a buena y de sanidad intermedia respectivamente.

Los frutos presentaron una forma esferoide a diferencia del resto de cultivares, con una longitud promedio de 6.86 cm obteniendo un tamaño pequeño. Presentaron poca presencia de fibra en la pulpa, el color de la pulpa cercana a la cáscara obtuvo tres tonalidades. Sus hojas obtuvieron una forma oblonga lanceolada.

El pedicelo presentó una forma cónica; así mismo, el color de la cáscara se tornó de una tonalidad verde amarillo brillante 7.5 GY 8/8, de superficie rugosa y gruesa (2.19 mm). Sus semillas adquirieron forma oblata a diferencia del resto de cultivares, con una longitud con un promedio de 3.40 cm. respectivamente.

El cultivar aislado se caracterizó por presentar árboles con una altura de 14 metros, de forma semicolgante con diámetro del tronco de 27.70 cm, reportando ser los de mayor edad con 30 años. Manifestando buena sanidad de campo; así como, en vigorosidad y producción respectivamente.

Sus frutos presentaron una forma piriforme, siendo los de mayor longitud (15.04 cm) y tamaño en relación al resto de cultivares. Presentaron poca presencia de fibra en la pulpa y el color de la pulpa cercana a la cáscara adquirió una tonalidad verde-amarillo fuerte 2.5 GY 6/10. Sus hojas obtuvieron una forma lanceolada.

Su pedicelo presentó una forma cilíndrica a diferencia del resto de cultivares; así mismo, el color de la cáscara se tornó de un verde amarillo claro 7.5 GY 8/6, de superficie lisa y delgada (1.62 mm). Las semillas adquirieron forma de base aplanada con ápice cónico y fueron las de mayor longitud con 6.27 cm.

### 6.2.1.2. Análisis de componentes principales

Con base en la matriz básica de datos, se realizó el análisis de componentes principales considerando un total de 21 variables.

A continuación, se presenta el cuadro 7, los valores propios de las variables o características que componen a cada componente principal.

**Cuadro 7.** Lista de valores propios de los dos componentes principales a partir de 21 variables en 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista.

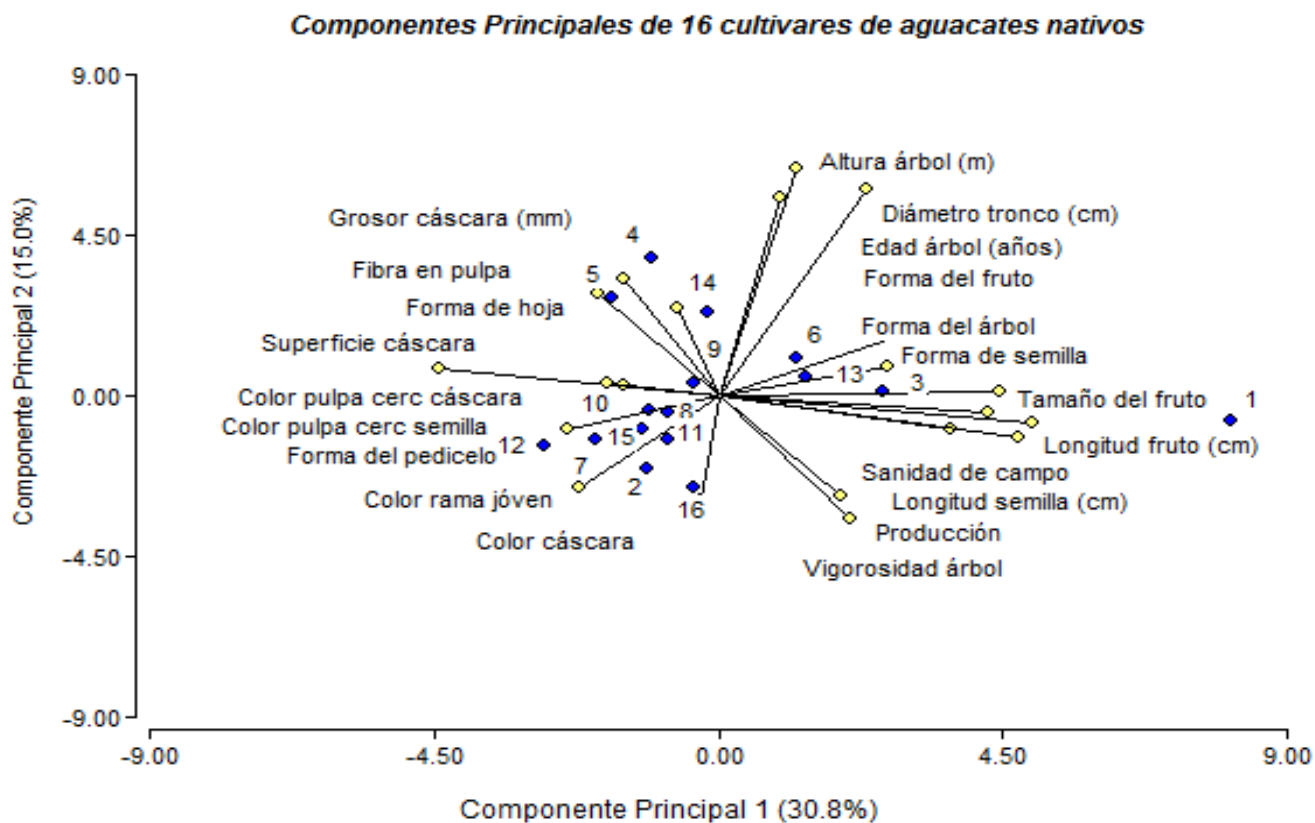
No.	Variables	Componente Principal 1	Componente Principal 2
1	Altura del árbol (metros)	0.24	0.86
2	Forma del árbol	0.52	0.11
3	Diámetro del tronco (cm)	0.19	0.75
4	Edad del árbol (años)	0.45	0.78
5	Color de la rama joven	-0.42	-0.35
6	Forma de la hoja	-0.12	0.33
7	Forma del fruto	0.60	0.25
8	Longitud del fruto (cm)	0.96	-0.10
9	Forma del pedicelo	-0.46	-0.12
10	Color de la cáscara	-0.06	-0.39
11	Superficie de la cáscara	-0.85	0.10
12	Color pulpa cercana a cáscara	-0.29	0.04
13	Color pulpa cercana a semilla	-0.34	0.05
14	Fibra en la pulpa	-0.37	0.38
15	Forma de la semilla	0.86	0.01
16	Sanidad de campo	0.71	-0.13
17	Tamaño del fruto	0.82	-0.06
18	Producción	0.37	-0.38
19	Grosor de la cáscara (mm)	-0.29	0.44
20	Longitud de la semilla (cm)	0.92	-0.16
21	Vigorosidad del árbol	0.40	-0.46

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se puede observar en el cuadro 7, las características que conforman el componente principal uno (el eje “x” de la figura 10), y que mayor efecto ejerció sobre la variabilidad de los 16 cultivares de aguacates nativos (*Persea americana* L.) evaluados (30.80 % de la variación) fueron: longitud del fruto (cm), superficie de la cáscara, forma de la semilla, sanidad de campo, tamaño del fruto y longitud de la semilla (cm).

El segundo componente, que explicó 15.0 % de la variación (ver figura 10) de la variabilidad en los 16 cultivares de aguacates nativos, estuvo conformado por las variables: altura del árbol (m), diámetro del tronco (cm), y la edad del árbol (años).

En la siguiente figura 10, se muestra la gráfica de componentes principales, en la cual se muestran la relación de las variables con los cultivares, producto de la caracterización agromorfológica.



**Figura 10.** Relación de variables con 16 cultivares de aguacates nativos en función de sus componentes principales procedentes del municipio de San Antonio Huista.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).



En la figura 10, se puede observar que los primeros dos componentes principales, explican el 45.8 % de la variabilidad en los 16 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de San Antonio Huista del departamento de Huehuetenango.

El porcentaje de variación indica la proporción de variabilidad con los 16 cultivares de aguacates nativos, está contenida o explicada por cada componente principal, lógicamente el componente principal uno, es el que explica la mayor variabilidad en comparación con el componente principal dos.

Se observa en la figura 10 que el cultivar SA-01 se aisló al igual que en el análisis de conglomerados, procedente del Caserío La Reforma El Pajal, existiendo una correlación entre las variables, tales como: edad del árbol ya que reportó ser uno de los más antiguos con 30 años; así mismo, presento buena sanidad en campo, vigorosidad y producción. Se caracterizó por presentar cáscara lisa y delgada, sus frutos fueron largos y grandes en tamaño.

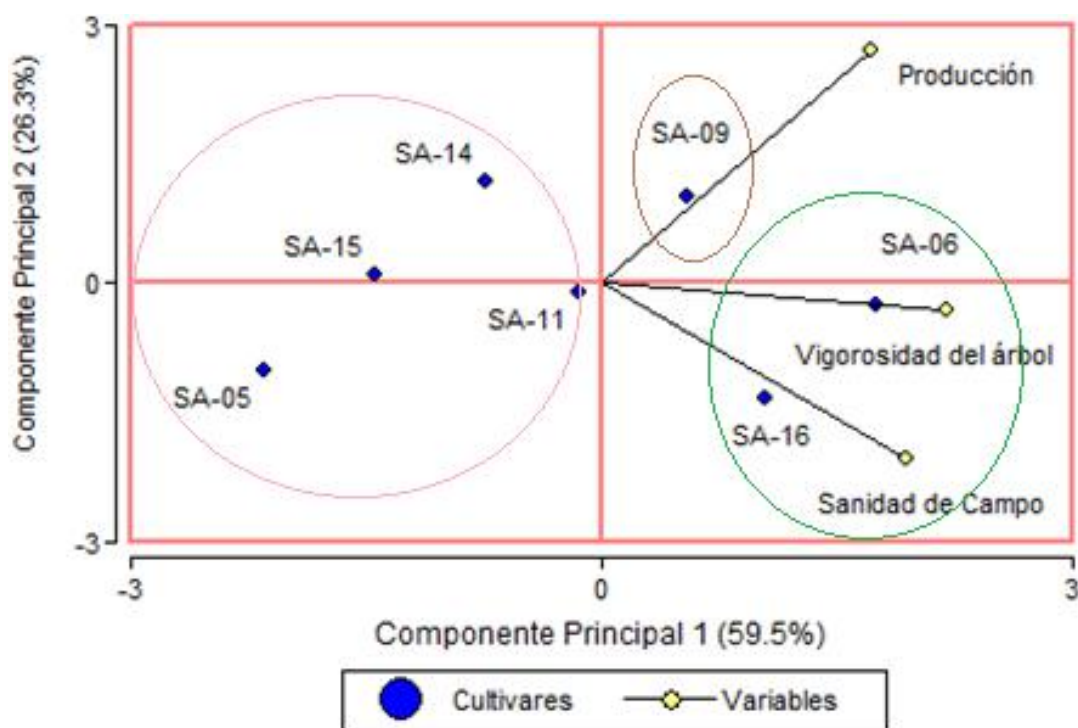
Por su parte los cultivares SA-06, SA-13 y SA-03, que integraron el grupo dos en el análisis de conglomerados, estuvieron correlacionados con las variables altura, caracterizándose por poseer árboles altos entre 15 y 20 metros, troncos gruesos de acuerdo a sus diámetros, y principalmente manifestaron buena sanidad de campo y vigorosidad.

Los cultivares SA-04 y SA-05, quienes conformaron el primer grupo en el análisis de conglomerados, estuvieron correlacionados por ser árboles grandes entre 20 y 22 metros de altura, sus frutos se caracterizaron por presentar cáscara rugosa y gruesa; así como, el de poseer mucha presencia de fibra en la pulpa respectivamente.

En la figura 10, se observa también que los cultivares SA-09 y SA-14 manifestaron una correlación, caracterizándose por presentar cáscara de superficie rugosa y gruesa; así como también, poca presencia de fibra en la pulpa de sus frutos.

#### **6.2.1.2.1. Análisis de componentes principales para porta injertos del municipio de San Antonio Huista.**

Se realizó un análisis de componentes principales, para cultivares a emplearse como porta injertos. Las características tomadas en cuenta fueron: sanidad de campo, producción y vigorosidad del árbol.



**Figura 11.** Análisis de componentes principales para cultivares considerados para uso de patrones de San Antonio Huista.

Como se puede observar en la figura 11, el componente principal uno, marcó la mayor variabilidad con un 59.50%, y las características que lo integraron fueron sanidad de campo y vigorosidad del árbol. El segundo componente que explicó el 26.30% de variabilidad de los cultivares, estuvo conformado por la característica producción.

Se observa que, los cultivares que presentaron características aceptables para uso de patrones, fueron: SA-06 y SA-16, le siguió el cultivar SA-09. Los cultivares ubicados al lado izquierdo del eje “Y” no son muy recomendables para uso de patrones, puesto que pueden presentar alguna característica no deseable.

Las características para uso de patrones, se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8.** Características de cultivares de San Antonio Huista

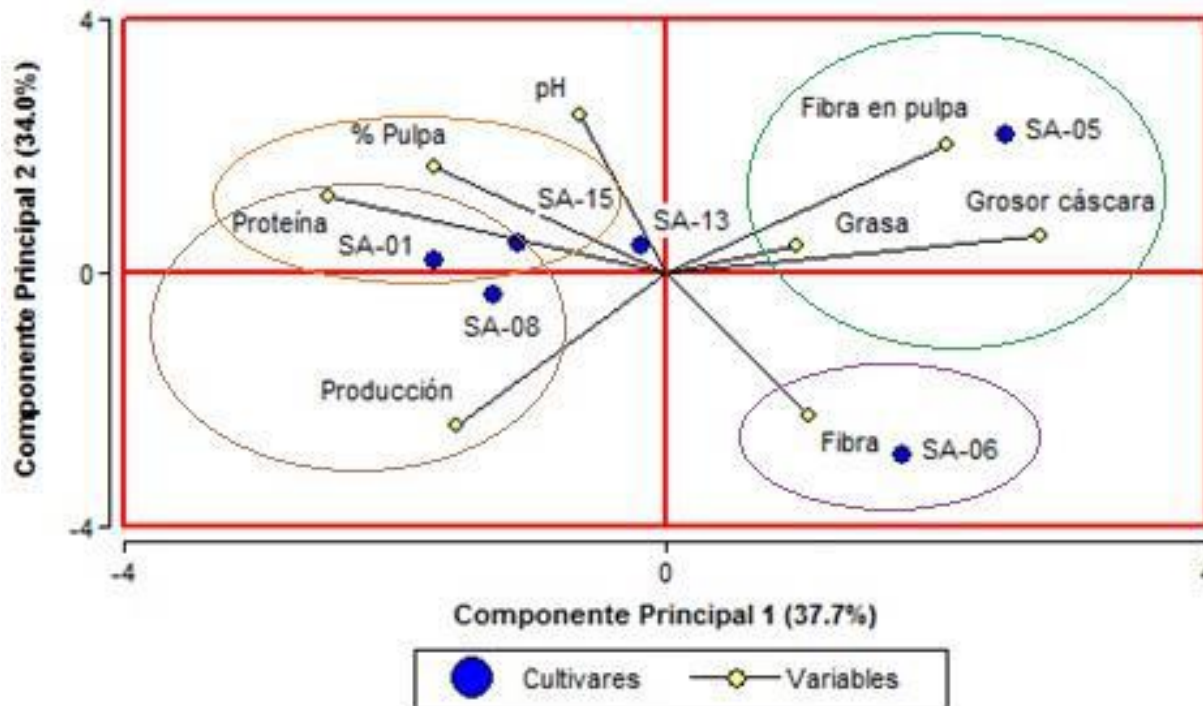
<b>Cultivares</b>	<b>Sanidad de campo</b>	<b>Producción</b>	<b>Vigorosidad del árbol</b>
SA-01	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-02	<b>Media</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-03	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-04	Media	Mala	Media
SA-05	Media	Mala	Media
SA-06	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-07	<b>Media</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-08	Media	Buena	Media
SA-09	<b>Media</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
SA-10	Media	Media	Buena
SA-11	Media	Media	Buena
SA-12	Media	Media	Media
SA-13	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Buena</b>
SA-14	Media	Buena	Media
SA-15	Media	Media	Media
SA-16	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Buena</b>

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en el cuadro 8, sobresale el cultivar SA-06 procedente del Caserío Las Lajas, el cual posee buenas características respecto a sanidad de campo, producción y vigorosidad del árbol, seguido del cultivar SA-16 también procedente del caserío Las Lajas; el resto de cultivares el mismo programa los discriminó, aunque algunos manifestaron buenas características, tales como, el cultivar SA-01, SA-03, entre otros.

#### **6.2.1.2.2. Análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de San Antonio Huista.**

Los frutos de aguacates nativos empleados para realizar el análisis de componentes principales para variedades de consumo fueron: SA-01, SA-05, SA-06, SA-08, SA-13 y SA-15, a quienes se les realizó el análisis químico bromatológico, en base a la representación de grupos en el análisis de conglomerados. Las características consideradas para este análisis fueron: rendimiento de pulpa, grasa, fibra cruda, proteína, pH, producción, grosor del epicarpio (mm) y fibra en la pulpa. Tal como, se observa en la siguiente figura:



**Figura 12.** Componentes principales para variedades de consumo del municipio de San Antonio Huista.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en la figura 12, el componente principal uno marcó mayor variabilidad con un 37.70 % de las características relacionadas para variedades de consumo, siendo éstas: porcentaje de pulpa, fibra en la pulpa, proteína y grosor de cáscara. El segundo componente explicó el 34% de la variabilidad de los cultivares, el cual estuvo conformado por las variables fibra cruda pH y producción respectivamente.

El cultivar SA-05 estuvo relacionado con las variables grosor de cáscara, fibra en la pulpa y contenido de grasa. Así también, el cultivar SA-06 se relacionó con la variable fibra cruda. Le siguieron los cultivares SA-01 y SA-15 con las variables porcentaje de pulpa y contenido de proteína respectivamente.

Finalmente, vemos que el cultivar SA-08 estuvo relacionado con las variables contenido de proteína y producción.

A continuación, en el cuadro 9, se presentan las características de para los seis cultivares incluidos en el análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de San Antonio Huista.

**Cuadro 9.** Características de cultivares de San Antonio Huista para uso de variedades de consumo.

Código fruto	Proporción Pulpa	Grasa total (g/100g)	Fibra cruda (g/100g)	Proteína (g/100g)	pH	Producción	Grosor del epicarpio (mm)	Fibra en la pulpa
SA-01	73.42	13.72	9.16	2.57	6.86	Buena	1.62	Poca
SA-05	70.64	19.53	9.36	2.34	6.85	Mala	2.95	Mucha
SA-06	65.93	15.88	14.53	2.13	6.19	Buena	2.50	Poca
SA-08	70.02	21.31	9.21	2.73	6.49	Buena	1.55	Poca
SA-13	70.83	15.06	11.62	2.51	7.05	Media	2.16	Poca
SA-15	77.77	12.45	11.69	2.62	6.69	Media	2.09	Poca

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en el cuadro 9, el cultivar SA-05 presentó buena proporción de pulpa (70.64%), aceptable contenido de grasa y buen grosor de epicarpio (2.50 mm), ideal para el transporte. Así mismo, se observa también que el cultivar SA-06, manifestó buen contenido de fibra cruda, buena producción, aceptable grosor de epicarpio y poca fibra en la pulpa ideal para consumo.

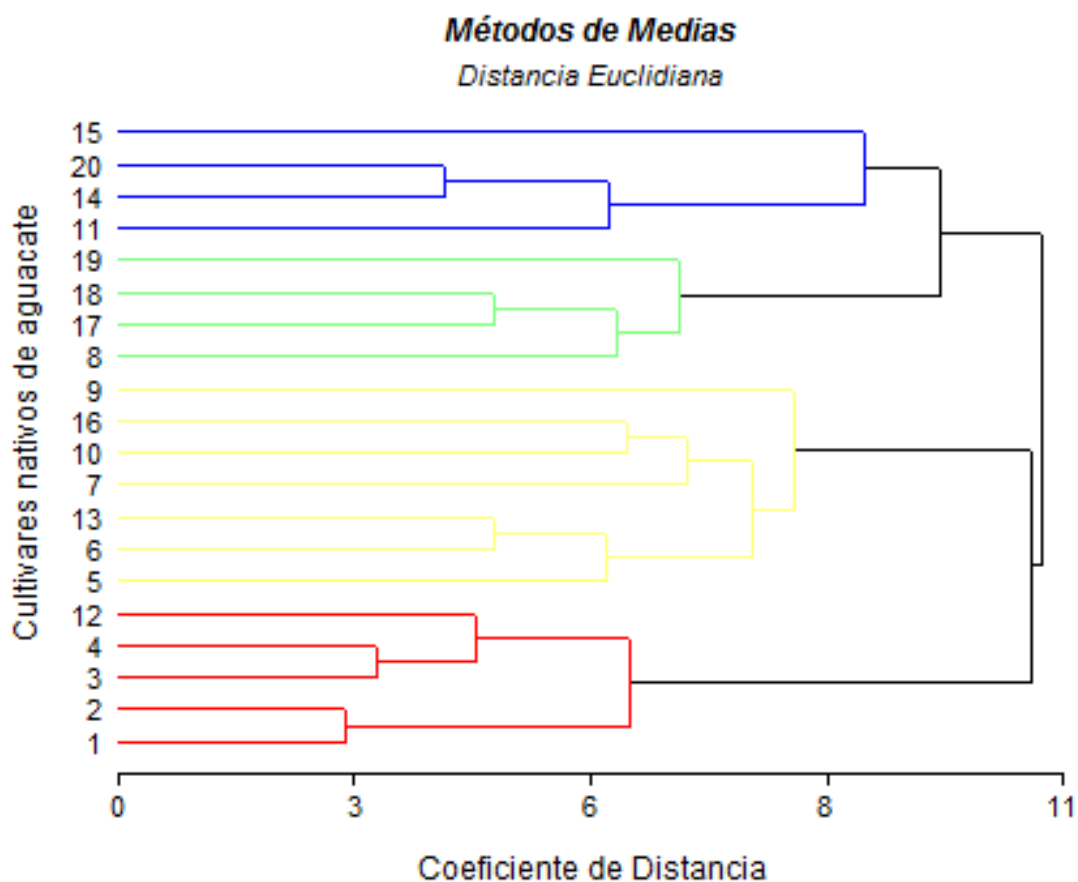
Por su parte, los cultivares SA-01 y SA-15 reportaron buen porcentaje de pulpa, contenido de proteína y poca fibra en la pulpa, destacando que el cultivar SA-01 resultó ser buen productor.

Destaca también, el cultivar SA-08, el cual resultó ser el más alto en contenido de grasa (21.31) y en proteína (2.73), caracterizándose por ser buen productor y sus frutos con poco contenido de fibra respectivamente.

En síntesis, los cultivares SA-05, SA-06 y SA-01, presentaron las características más sobresalientes para consumo, tomando en cuenta la relación establecida con las variables en el análisis de componentes principales.

## 6.2.2. Municipio de Jacaltenango

### 6.2.2.1. Análisis de conglomerados



**Figura 13.** Fenograma de 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se puede observar en la figura 13, se estableció que a un coeficiente de distancia de 9.5, se formaron cuatro grupos. El primer grupo estuvo integrado por cuatro cultivares (JA-15, JA-20, JA-14 y JA-11), el segundo grupo se conformó por cuatro cultivares (JA-19, JA-18, JA-17 y JA-08), el grupo tres por siete cultivares (JA-09, JA-16, JA-10, JA-07, JA-13, JA-06 y JA-05); finalmente el cuarto grupo integrado por cinco cultivares (JA-12, JA-04, JA-03, JA-02 y JA-01), para hacer un total de 20 cultivares.

Las características por las cuales se diferenciaron, se presentan a continuación en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Diferencias morfológicas en los grupos formados en el análisis de conglomerados de 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.

No.	Característica	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1	Altura del árbol (m)	8.25	13.38	16.71	13.6
2	Forma del árbol	erecto, abierto	erecto	semicolgante	erecto
3	Diámetro del troco (cm)	30.48	33.11	51.41	22.39
4	Edad del árbol (años)	15.75	17.25	27.71	10.2
5	Color de rama joven	verde-amarillo moderado 5 GY 6/4	verde-amarillo moderado 5 GY 5/6	verde-amarillo moderado 5 GY 6/6	verde-amarillo moderado 5 GY 6/4 verde-amarillo pálido 5 GY 5/8
6	Forma de la hoja	oblonga-lanceolada	oblonga-lanceolada	oblonga-lanceolada	obovada-angosta, oblonga-lanceolada
7	Forma del fruto	obovado	esferoide	esferoide	obovado-angosto
8	Longitud del fruto (cm)	9.19	8.38	8.34	7.68
9	Forma del pedicelo	redondeado	cónico	cónico, redondeado	cónico
10	Color de la cáscara	verde-amarillo claro 7.5 GY 8/4	verde muy pálido 2.5 GY 8/2	verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6	verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6
11	Superficie de la cáscara	lisa	lisa, rugosa	rugosa	rugosa
12	Color pulpa cercana a la cáscara	verde-amarillo fuerte 5 GY 7/8	verde-amarillo moderado 5 GY 7/6 verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4 verde-amarillo fuerte 5 GY 7/8 verde-amarillo grisáceo 2.5 GY 5/2	verde-amarillo moderado 5 GY 7/6	verde-amarillo fuerte 5 GY 7/8
13	Color pulpa cercana a la semilla	verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4	verde-amarillo pálido 2.5 GY 8/2	verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4	verde-amarillo claro 2.5 GY 8/4
14	Fibra en la pulpa	poca	intermedia	poca	poca
15	Forma de la semilla	oblata, esferoide, base aplanada-ápice redondeado	oblata	oblata	oblata
16	Sanidad de campo	intermedia	intermedia, buena	intermedia	buena
17	Tamaño del fruto	pequeño	pequeño	pequeño	pequeño
18	Producción	buena	intermedia	intermedia	buena
19	Grosor cáscara (mm)	1.76	2.19	2.01	2.39
20	Longitud semilla (cm)	3.99	3.63	3.65	3.88
21	Vigorosidad del árbol	buena	buena	intermedia	buena

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).



El primer grupo se caracterizó por presentar árboles pequeños, de forma erecta y abierta respectivamente; manifestando una sanidad de campo intermedia, con buena vigorosidad y producción, promediando una edad de 16 años.

Sus frutos presentaron una forma obovada de gran longitud (9.19 cm), pero pequeños en tamaño, con poca presencia de fibra en la pulpa.

Su pedicelo presentó una forma redondeada a diferencia del resto de cultivares; así mismo, el color de la cáscara se tornó de un verde amarillo claro 7.5 GY 8/4, de superficie lisa y delgada (1.76 mm). Presentó variaciones en la forma de sus semillas (oblata, esferoide, base aplanada ápice redondeado) y éstas promediaron la mayor longitud (3.99 cm).

El segundo grupo entre sus principales características, se tienen las siguientes: los árboles promediaron una edad de 17 años, con alturas de 13.38 metros, considerándose altos, de forma erecta y con diámetros de tronco de 33.11 cm, manifestando una sanidad de campo de intermedia a buena, con buena vigorosidad y producción.

Sus frutos presentaron una forma esferoide con una longitud promedio de 8.38 cm, de tamaño pequeño con una presencia intermedia de fibra en la pulpa, el color de la pulpa cercana a la cáscara fue muy variable manifestando cuatro tonalidades.

El pedicelo reportó una forma cónica, el color de la cáscara registro una tonalidad verde muy pálido 2.5 GY 8/2, de superficies lisa y rugosa. La forma de sus semillas fue oblata, reportando longitudes pequeñas en relación con el resto de cultivares con un promedio de 3.63 cm.

El tercer grupo, se caracterizó por presentar los árboles más altos, con una altura promedio de 16.71 metros, con diámetros de 51.41 cm., de forma semicolgante; así mismo, fueron los de mayor edad con un promedio de 28 años. Manifestaron una sanidad de campo, vigorosidad y producción intermedia.

Sus frutos presentaron una forma esferoide, promediando una longitud de 8.34 cm., de tamaño pequeño, con poca presencia de fibra en la pulpa, el color de pulpa cercana a la cáscara obtuvo una tonalidad de verde-amarillo moderado 5GY 7/6.

El pedicelo reportó formas cónica y redondeada, el color de la cáscara obtuvo una tonalidad verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6, de superficie rugosa y gruesa con promedio de 2.01 mm. Las semillas presentaron una forma oblata, con longitud promedio de 3.65 cm.

El cuarto grupo se caracterizó por presentar una altura promedio de 13.60 metros, obteniendo los diámetros más pequeños (22.39 cm), de forma erecta; con una edad promedio de 10 años. Manifestaron buena sanidad de campo; así como, vigorosidad y producción.

Sus frutos presentaron forma obovada-angosta, promediando una longitud de 7.68 cm. siendo los más pequeños en relación al resto de cultivares, con poca presencia de fibra en la pulpa, el color de pulpa cercana a la cáscara obtuvo una tonalidad verde-amarillo fuerte 5GY 7/8.



El pedicelo adquirió una forma cónica, el color de la cáscara fue verde-amarillo claro 7.5 GY 8/6, de superficie rugosa y gruesa con promedio de 2.39 mm. Las semillas presentaron una forma oblata con una longitud promedio de 3.88 cm.

### 6.2.2.2. Análisis de componentes principales

Con base en la matriz básica de datos, se realizó el análisis de componentes principales considerando un total de 21 variables.

A continuación, se presenta el cuadro 6, los valores propios de las variables o características que componen a cada componente principal.

**Cuadro 11.** Lista de valores propios de los dos componentes principales a partir de 21 variables en 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.

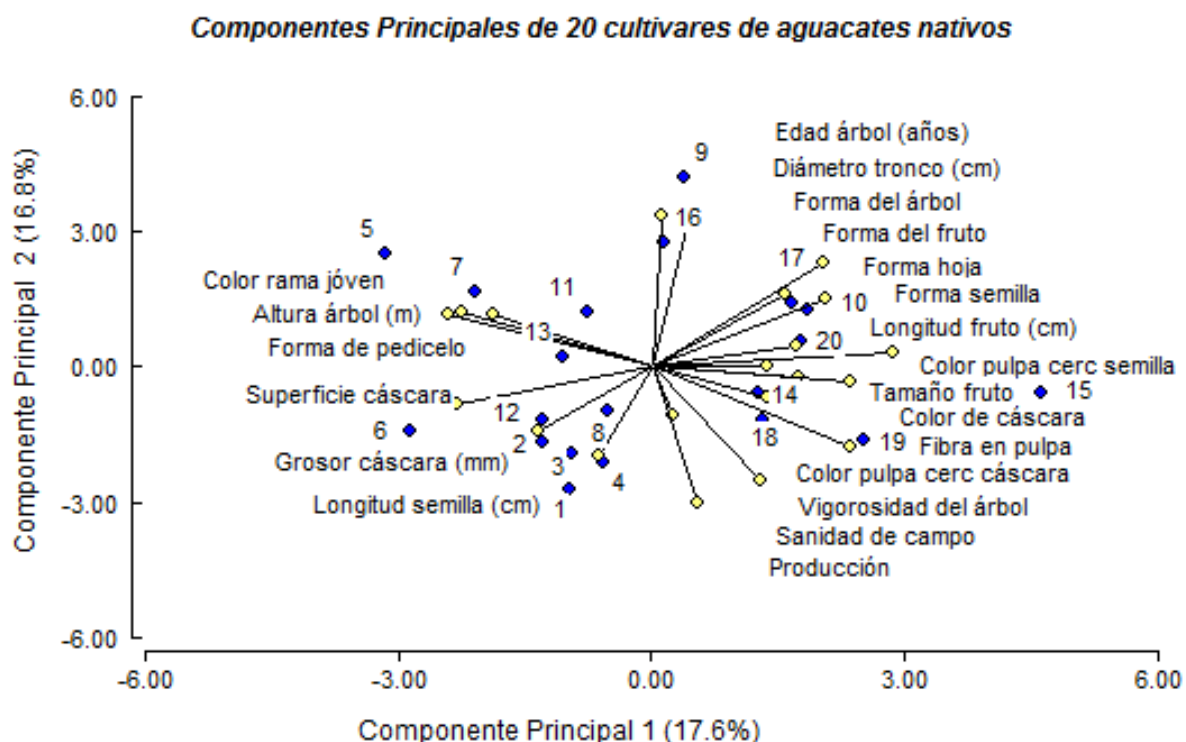
No.	Variables	Componente Principal 1	Componente Principal 2
1	Altura del árbol (metros)	-0.54	0.29
2	Forma del árbol	0.49	0.54
3	Diámetro del tronco (cm)	0.11	0.77
4	Edad del árbol (años)	0.03	0.79
5	Color de la rama joven	-0.45	0.28
6	Forma de la hoja	0.50	0.36
7	Forma del fruto	0.38	0.38
8	Longitud del fruto (cm)	0.69	0.08
9	Forma del pedicelo	-0.58	0.27
10	Color de la cáscara	0.42	-0.05
11	Superficie de la cáscara	-0.55	-0.19
12	Color pulpa cercana a cáscara	0.06	-0.26
13	Color pulpa cercana a semilla	0.33	0.01
14	Fibra en la pulpa	0.33	-0.16
15	Forma de la semilla	0.41	0.11
16	Sanidad de campo	0.31	-0.59
17	Tamaño del fruto	0.56	-0.07
18	Producción	0.13	-0.71
19	Grosor de la cáscara (mm)	-0.33	-0.33
20	Longitud de la semilla (cm)	-0.15	-0.46
21	Vigorosidad del árbol	0.57	-0.42

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se puede observar en el cuadro 11, las características que conforman el componente principal uno (el eje “x” de la figura 14), y que mayor efecto ejerció sobre la variabilidad de los 20 cultivares de aguacates nativos (*Persea americana Mill*) evaluados (17.60 % de la variación) fueron: altura del árbol (metros), longitud del fruto (cm), forma del pedicelo, superficie de la cáscara, tamaño del fruto y vigorosidad.

El segundo componente, que explicó 16.80 % de la variación (ver figura 6) de la variabilidad en los 20 cultivares de aguacates nativos, estuvo conformado por las variables: forma del árbol, diámetro del tronco (cm), edad del árbol (años), sanidad de campo y producción.

En la siguiente figura 14, se muestra la gráfica de componentes principales, en la cual se muestran la relación de las variables con los cultivares, producto de la caracterización agromorfológica.



**Figura 14.** Relación de variables con 20 cultivares de aguacates nativos en función de sus componentes principales, procedentes del municipio de Jacaltenango.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

En la figura 14, se puede observar que los primeros dos componentes principales, explican el 34.40 % de la variabilidad en los 20 cultivares de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango del departamento de Huehuetenango.

El porcentaje de variación indica la proporción de variabilidad con los 20 cultivares de aguacates nativos, está contenida o explicada por cada componente principal, lógicamente el componente principal uno, es el que explica una leve mayor variabilidad en comparación con el componente principal dos.

Como se observa en la figura 14, los cultivares JA-14 y JA-15 que integraron el grupo uno en el análisis de conglomerados, en los componentes principales estuvieron correlacionados con las variables forma de las hojas siendo éstas oblonga lanceoladas, reportaron frutos largos, el color de la pulpa cercana a la cáscara se tornó de un verde amarillo fuerte, manifestó poca presencia de fibra en la pulpa; sin embargo, reportaron obtener buena producción y vigorosidad respectivamente.

Los cultivares JA-18 y JA-19, se caracterizaron por reportar árboles jóvenes, con edades comprendidas entre los 10 y 12 años. La forma de sus hojas fue oblonga lanceoladas, presentaron una intermedia presencia de fibra en la pulpa. Sus frutos fueron de un tamaño pequeño. Así mismo, manifestaron buena sanidad de campo y vigorosidad.

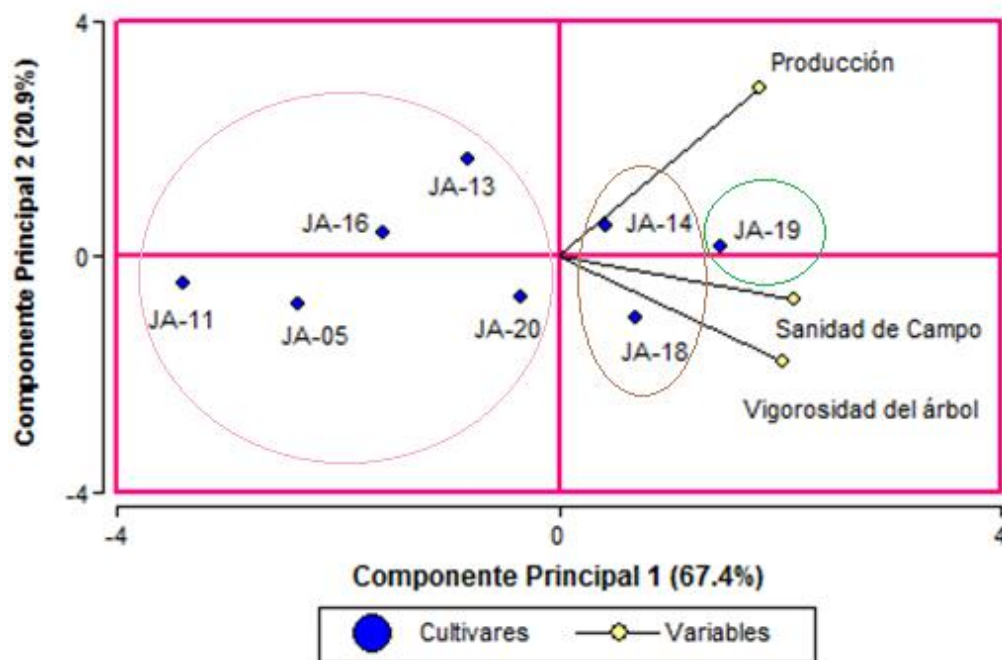
Así También, en la figura 14 de componentes principales, se observa que los cultivares JA-10, JA-17 y JA-20; se caracterizaron por presentar árboles grandes entre 10 y 18 metros de altura, con troncos bastantes gruesos de acuerdo a sus diámetros. La forma de sus hojas fue oblonga lanceoladas, el color de la pulpa cercana a la cáscara se tornó de un verde amarillo fuerte. Sus frutos se catalogan como pequeños en tamaño. Su producción fue intermedia y sus árboles manifestaron buena vigorosidad.

Respecto a los cultivares JA-01, JA-02, JA-03, JA-04, JA-06, JA-08 y JA-12, de acuerdo a la figura 14, se caracterizaron por presentar cáscara de superficie rugosa y gruesa. Sus semillas se catalogaron como largas, y la forma de los árboles fue erecta, según sus variables correlacionadas.

Finalmente se aprecia en la figura 14, que los cultivares JA-09 y JA-56, estuvieron correlacionados con las variables: edad del árbol, considerándose bastante antiguos, oscilando entre los 35 y 40 años de edad, y que por consiguiente sus troncos fueron gruesos según sus diámetros.

### 6.2.2.2.1. Análisis de componentes principales para porta injertos del municipio de Jacaltenango

Se realizó un análisis de componentes principales para cultivares a emplearse como porta injertos. Las características tomadas en cuenta fueron: sanidad de campo, producción y vigorosidad del árbol.



**Figura 15.** Análisis de componentes principales para cultivares considerados para uso de patrones de Jacaltenango.

**Fuente:** Elaborador por los Autores (2019).

Como se puede observar en la figura anterior, el componente principal uno, marcó la mayor variabilidad con un 67.40%, y las características que lo integraron fueron sanidad de campo y vigorosidad del árbol. El segundo componente que explicó el 20.90% de variabilidad de los cultivares, estuvo conformado por la característica producción.

Se observa que, los cultivares que presentaron características aceptables para uso de patrones, fueron: JA-14, JA-18 y JA-19, los cuales estuvieron muy relacionados con las variables sanidad de campo, vigorosidad del árbol y producción, a diferencia del resto de cultivares. Es importante destacar, que para establecer los cultivares sobresalientes para uso de patrones, se consideraron todos los 20 cultivares de aguacates caracterizados; sin embargo, el programa de componentes principales, discriminó un total de 12, y dentro de los ocho restantes seleccionados por el programa, tres cultivares, como los indicados anteriormente, fueron los más sobresalientes para esta característica.

**Cuadro 12.** Características de cultivares de Jacaltenango para uso de porta injertos.

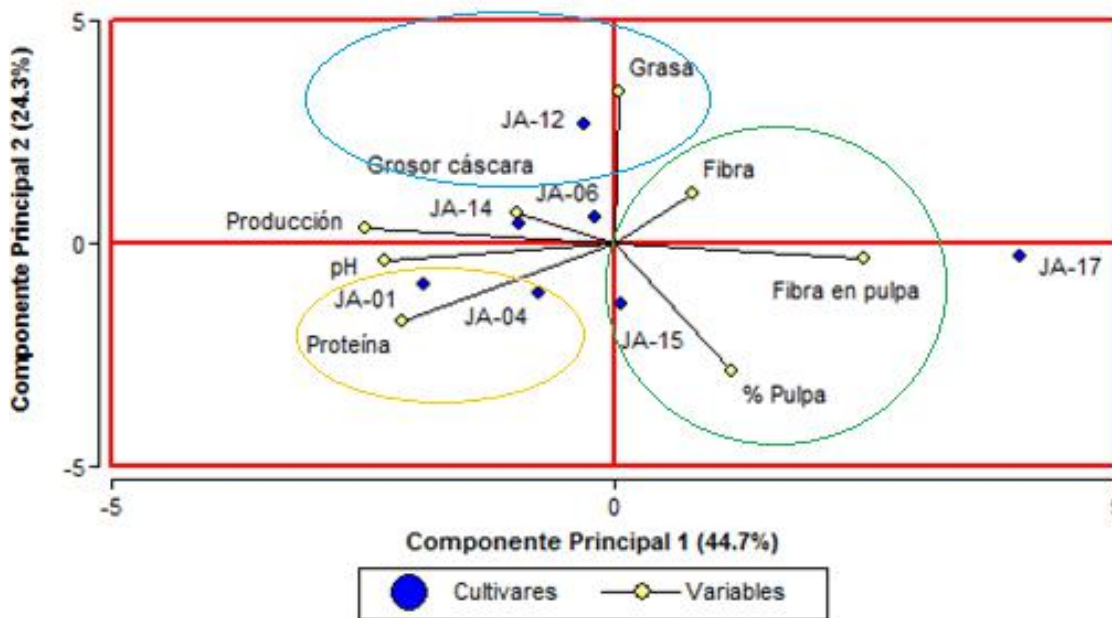
<b>Cultivares</b>	<b>Sanidad de campo</b>	<b>Producción</b>	<b>Vigorosidad del árbol</b>
JA-01	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-02	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-03	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-04	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-05	Media	Mala	Media
JA-06	Media	Buena	Media
JA-07	Media	Media	Media
JA-08	Buena	Media	Media
JA-09	Media	Media	Buena
JA-10	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Buena</b>
JA-11	Mala	Mala	Buena
JA-12	<b>Media</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-13	Media	Buena	Media
JA-14	<b>Media</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-15	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-16	Media	Media	Media
JA-17	Media	Media	Buena
JA-18	<b>Buena</b>	<b>Media</b>	<b>Buena</b>
JA-19	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>
JA-20	Media	Media	Buena

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en el cuadro 12, sobresale el cultivar JA-19 procedente de la comunidad Jalanwitz, el cual posee buenas características respecto a sanidad de campo, producción y vigorosidad del árbol, seguido de los cultivares JA-14 y JA-18 respectivamente; el resto de cultivares el mismo programa los discriminó, aunque algunos manifestaron buenas características, tales como, el cultivar JA-01, JA-02, JA-03, JA-04 y JA-15, entre otros.

**6.2.2.2. Análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de Jacaltenango**

Los frutos de aguacates nativos empleados para realizar el análisis de componentes principales para variedades de consumo fueron: JA-01, JA-04, JA-06, JA-12, JA-14, JA-15 y JA-17, a quienes se les realizó el análisis químico bromatológico, en base a la representación de grupos en el análisis de conglomerados. Las características consideradas para este análisis fueron: rendimiento de pulpa, grasa, fibra cruda, proteína, pH, producción, grosor del epicarpio (mm) y fibra en la pulpa. Tal como, se observa en la siguiente figura:



**Figura 16.** Componentes principales para variedades de consumo del municipio de Jacaltenango.

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en la figura 16, el componente principal uno marcó mayor variabilidad con un 44.70 % de las características relacionadas para variedades de consumo, siendo éstas: proteína, pH, producción, fibra en pulpa y grosor de cáscara. El segundo componente explicó el 24.30% de la variabilidad de los cultivares, el cual estuvo conformado por las variables % de proteína, grasa y fibra cruda, respectivamente.

Los cultivares JA-15 y JA-17, estuvieron relacionados con las variables % de pulpa, fibra cruda y fibra en pulpa. Le siguió el cultivar JA-12 relacionado con las variables grasa total y grosor de cáscara. Por su parte los cultivares JA-01 y JA-04 se relacionaron con la variable contenido de proteína respectivamente.

A continuación, en el siguiente cuadro 13, se presentan las características de para los siete cultivares incluidos en el análisis de componentes principales para variedades de consumo del municipio de Jacaltenango.

**Cuadro 13.** Características de cultivares de Jacaltenango para uso de variedades de consumo.

Código fruto	Proporción de Pulpa	Grasa total (g/100g)	Fibra cruda (g/100g)	Proteína (g/100)	pH	Producción	Grosor epicarpio (mm)	Fibra en la pulpa
JA-01	79.26	9.69	6.96	3.7	6.69	Buena	3.07	Poca
JA-04	83.43	13.72	6.71	3.25	6.52	Buena	1.81	Poca
JA-06	79.68	17.74	6.71	2.11	6.41	Buena	1.70	Poca
JA-12	75.84	23.6	8.99	2.1	6.29	Buena	2.47	Poca
JA-14	80.91	17.89	9.12	2.86	7.14	Buena	1.82	Poca
JA-15	86.33	10.47	9.15	2.64	6.63	Buena	1.60	Poca
JA-17	84.54	14.06	8.48	1.59	5.51	Media	1.90	Media

**Fuente:** Elaborado por los Autores (2019).

Como se observa en el cuadro 13, el cultivar JA-15 presentó buena proporción de pulpa (86.33%), buen contenido de fibra cruda (9.15 g/100g), aceptable contenido de proteína, manifestó ser buen productor y poseer poca fibra en la pulpa. El cultivar JA-17, presentó buena proporción de pulpa (84.54%), buen contenido de fibra cruda (8.48 g/100g), reportó pH ácido, siendo el más bajo (5.51), ideal para procesos de oxidación y vida en anaquel del producto. Así mismo, el cultivar JA-12 sobresalió al poseer el contenido más alto de grasa total (23.60), grosor de cáscara (2.47 mm); además, también fue buen productor y con presencia de poca fibra en la pulpa ideal para el consumidor.

Finalmente, se observa en el cuadro anterior, que también sobresale el cultivar JA-01, al reportar el contenido más alto en proteína (3.70), resultó ser buen productor; como también, presentó el mayor grosor de cáscara (3.07 mm) característica ideal para el transporte, y poca fibra en pulpa, ideal para el consumo.

### 6.3. Características físico-químicas de aguacates nativos mediante análisis morfológico y bromatológico.

#### 6.3.1. Aguacates nativos seleccionados del municipio de San Antonio Huista.

Producto del análisis de conglomerados. Se formaron tres grupos y un cultivar aislado, conformado por: grupo 1 (color verde), grupo 2 (color amarillo), grupo 3 (color azul) y el cultivar aislado (color rojo). De estos grupos se seleccionaron cultivares representantes para realizarles el análisis físico-químico, tomando como criterio, aquellos que presentaran buena relación pulpa semilla; seleccionando el cultivar SA-05 del grupo uno (conglomerado rojo), cultivares SA-06 Y SA-13 del grupo dos (conglomerado amarillo), cultivares SA-08 y SA-15 del grupo tres (conglomerado azul), y el cultivar aislado SA-01 (color rojo en conglomerado). Los resultados se presentan en el siguiente cuadro 14:



**Cuadro 14.** Características físico-químicas de frutos de aguacates nativos por 100 gramos de pulpa, procedentes del municipio de San Antonio Huista.

Código fruto	Proporción Pulpa	Proteína (g/100g)	Grasa total (g/100g)	pH	Peso fruto (g)	Peso semilla (g)	Peso cáscara (g)	Grosor cáscara (mm)	Peso pulpa (g)	Fibra cruda (g/100g)
SA-01	73.42	2.57	13.72	6.86	360.58	78.53	64.89	1.62	216.88	9.16
SA-05	70.64	2.34	19.53	6.85	131.58	30.84	49.92	2.95	74.2	9.36
SA-06	65.93	2.13	15.88	6.19	186.5	46.7	49.9	2.50	90.39	14.53
SA-08	70.02	2.73	21.31	6.49	171.3	35.3	51.59	1.55	82.45	9.21
SA-13	70.83	2.51	15.06	7.05	301.45	68.61	66.42	2.16	166.57	11.62
SA-15	77.77	2.62	12.45	6.69	252.02	42.15	62.08	2.09	147.43	11.69

**Fuente:** Laboratorio de INCAP (2019).

De acuerdo a los resultados proporcionados en el cuadro anterior, se observa, que los cultivares SA-01, SA-08 y SA-15, sobresalieron en características tales como: proporción de pulpa y contenido de proteína, ésta última de aporte importante para ayudar a los riñones para eliminar toxinas y el crecimiento celular.

En contenido de grasa, destacaron los cultivares SA-05, SA-06 y SA-08 (19.53, 15.88 y 21.31 g/100g, de gran beneficio, ya que la grasa de origen vegetal, está constituida por ácidos grasos insaturados, que poseen propiedades saludables, controlando niveles de colesterol en la sangre, buena circulación sanguínea y evitando problemas cardiovasculares.

Respecto a grosor de cáscara, sobresalieron los cultivares SA-05 y SA-06 (2.95 y 2.50 mm), característica de suma importancia para el transporte y comercializaron del fruto, ya que esto evita que los frutos sufran daños, además la pulpa se encuentra protegida. En contenido de fibra cruda, sobresalieron los frutos SA-06 y SA-15 (14.53 y 11.69 g/100 g), la cual es de gran beneficio en la defecación y mantenimiento de la microflora del colon; así como, ayuda a controlar la diabetes y obesidad.

### 6.3.2. Aguacates nativos seleccionados del municipio de Jacaltenango.

En lo que respecta a los cultivares seleccionados del análisis de conglomerado que agrupo cuatro grupos del municipio de Jacaltenango, quedaron de la siguiente forma: cultivares JA-14 y JA-15 del grupo uno (conglomerado azul), cultivar JA-17 del grupo dos (conglomerado verde), cultivar JA-06 del grupo tres (conglomerado amarillo), y cultivares JA-01 y JA-04 del grupo cuatro (conglomerado rojo), respectivamente. Los resultados del análisis físico-químico, se presentan en el siguiente cuadro 15:



**Cuadro 15.** Características físico-químicas de frutos de aguacates nativos procedentes del municipio de Jacaltenango.

Código fruto	% Pulpa	Proteína (g/100g)	Grasa total (g/100g)	pH	Peso fruto (g)	Peso semilla (g)	Peso cáscara (g)	Peso pulpa (g)	Grosor cáscara (mm)	Fibra cruda (g/100g)
JA-01	79.26	3.7	9.69	6.69	215.97	56.5	74.62	85.27	3.07	6.96
JA-04	83.43	3.25	13.72	6.52	170.95	33.95	34.82	101.51	1.81	6.71
JA-06	79.68	2.11	17.74	6.41	233.26	58.37	50.79	124.17	1.70	6.71
JA-12	75.84	2.1	23.6	6.29	175.61	55.93	44.52	76.75	2.47	8.99
JA-14	80.91	2.86	17.89	7.14	207.32	48.91	40.72	115.38	1.82	9.12
JA-15	86.33	2.64	10.47	6.63	338.88	53.66	51.53	163.87	1.60	9.15
JA-17	84.54	1.59	14.06	5.51	268.84	49.15	58.61	159.43	1.90	8.48

**Fuente:** Laboratorio de INCAP (2019).

Según los resultados del cuadro 15, indicó que todos los frutos analizados, reportaron buen porcentaje de pulpa por arriba del 70%; así como de proteína. Destacaron los cultivares JA-15 y JA-17, en cuanto a peso del fruto (338.88 y 268.84 g), peso de pulpa (163.87 y 159.43 g), y fibra cruda (9.15 y 8.48 g/100g).

El contenido de proteína más alto (3.70 g/100g), lo obtuvo el cultivar JA-01; así mismo, fue el que obtuvo el mayor grosor de cáscara (3.07 mm); mientras que, en contenido de grasa, destacó el cultivar JA-12, quién reportó el mayor valor (23.60 g/100g) respectivamente.

Finalmente, el cultivar JA-17, fue el único que reportó pH ácido (5.1), ideal para retrasar procesos de oxidación, de una manera lenta a temperatura ambiente, influyendo en el proceso de descomposición.

#### 6.4 Elaboración de un semillero de aguacates nativos en el municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango.

- a) **Material:** se realizó la selección de las semillas tomando en cuenta las condiciones de viabilidad que estas presentaban, se descartaron las semillas que presentaron muerte del embrión (secas); de 36 accesiones caracterizadas se instalaron 24.
- b) **Selección del área:** El terreno que se utilizó para el establecimiento del banco de germoplasma es propiedad del agricultor Tadeo López ubicado en la cabecera municipal de San Antonio Huista, el cual presta un espacio físico para realizar dicha actividad, ubicado en las coordenadas N 15°39'23'' y W 91°45'48'' a una altura de 1398 msnm.
- c) **Limpia del terreno:** Se seleccionó el área y se hizo la eliminación de malezas que se encontraban en el lugar.
- d) **Preparación del Sustrato:** Se usó tierra del mismo lugar y arena blanca (se adquirió en otro lugar) en proporciones 1:2 (2 quintales de tierra por 6 quintales de arena).

- e) **Desinfección del sustrato:** Se utilizaron 2 libras aproximadamente de ceniza como fungicida, también se aplicó RIDOMIL GOLD<sup>®</sup> MZ 68 (2 galones de agua/2 medidas Bayer de RIDOMIL).
- f) **Elaboración de tablón:** Se elaboró el tablón con las medidas siguientes: 4 m de largo x 1.5 m de ancho y 0.20 m de altura.
- g) **Escarificación:** Se hizo un corte en la parte superior de la semilla para agilizar la salida de la plúmula, no se hizo el corte en la parte inferior de la semilla debido a que el cotiledón lo presentaba muy abajo.
- h) **Siembra:** La siembra se realizó 3 días después de la desinfección, esto en el tablón y por recomendaciones del propietario del lugar ya que él también se dedica al cultivo del aguacate y cuenta con experiencia en el tema. Enterrando la semilla y con un distanciamiento de siembra de 0.10 x 0.10 m, posteriormente se le colocó mulch natural, con el objetivo de mantener la humedad.
- i) La germinación y emergencia de las plántulas tiene aproximadamente una duración de 40 a 45 días. Después son trasplantadas en bolsas para que continúen con su desarrollo vegetativo.

## 7. CONCLUSIONES

- En las dos localidades de la región Huista del departamento de Huehuetenango, que comprendieron los municipios de San Antonio Huista y Jacaltenango, respectivamente, se localizaron, caracterizaron y georreferenciaron un total de 36 cultivares nativos de aguacate, en alturas comprendidas desde los 1,620 hasta los 1,850 metros sobre el nivel del mar.
- Los cultivares de aguacates nativos caracterizados, se encontraron establecidos en suelos de topografía variable de 1 al 50% de pendiente, con texturas arcilloso-arenoso en su mayoría, caracterizándose por su buena retención de humedad y filtración, condición favorable, ya que los agricultores únicamente dependen de la estación lluviosa.
- La caracterización in situ morfológica, a través del análisis de conglomerados en los cultivares del municipio de San Antonio Huista, formó tres grupos y un cultivar aislado, marcándose una variabilidad en: altura, edad y forma de los árboles, diámetro de sus troncos, forma y longitud de los frutos, presencia de fibra en pulpa y forma de las semillas.
- La caracterización in situ morfológica, a través del análisis de conglomerados en los cultivares del municipio de Jacaltenango, formó cuatro grupos, estableciéndose una variabilidad en: altura, forma y edad del árbol, forma de los frutos, forma del pedicelo, color y grosor de la cáscara respectivamente.
- El análisis de componentes principales realizado a 16 cultivares de aguacates nativos del municipio de San Antonio Huista, indicó que el componente principal uno (30.0%), fue el que ejerció mayor efecto sobre la variabilidad, marcando un mayor peso en las variables: longitud del fruto (cm), superficie de la cáscara, forma de la semilla, sanidad de campo, tamaño del fruto y longitud de la semilla (cm).
- El análisis de componentes principales, realizado a 20 cultivares de aguacate nativos del municipio de Jacaltenango, también indicó que el componente uno (17.60%) ejerció variabilidad, considerando las características: altura del árbol (metros), longitud del fruto (cm), forma del pedicelo, superficie de la cáscara, tamaño del fruto y vigorosidad del árbol respectivamente.
- El análisis de componentes principales, realizado a los cultivares de aguacates nativos del municipio de San Antonio Huista, indicó que los cultivares SA-06 y SA-16, reportaron las mejores características para uso de patrones, ya que presentaron buena sanidad de campo, vigorosidad y producción.
- El análisis de componentes principales, realizado a los cultivares JA-14, JA-18 y JA-19 del municipio de Jacaltenango, sobresalieron para ser empleados como portainjertos, sobresaliendo en sanidad de campo, vigorosidad y producción.

- Los cultivares SA-05 y SA-06 del municipio de San Antonio Huista, en el análisis de componentes principales para variedades de consumo, fueron los más sobresalientes, al relacionarse con características tales como: grosor de cáscara, fibra en la pulpa, contenido de grasa y fibra cruda. Seguido de los cultivares SA-01 y SA-15 quienes reportaron buen % de pulpa y contenido de proteína.
- Los cultivares JA-15 y JA-17 del municipio de Jacaltenango, sobresalieron en el análisis de componentes principales para variedades de consumo, al relacionarse con las variables: % de pulpa, fibra cruda y fibra en la pulpa; seguido del cultivar JA-12 quien se relacionó con las variables grasa total y grosor de cáscara respectivamente.
- El análisis físico-químico realizado a los frutos de aguacates nativos del municipio de San Antonio Huista indicó que, SA-01, SA-08 y SA-15 sobresalieron respecto al % de pulpa y contenido de proteína. En cuanto al contenido de grasa, destacaron SA-05 y SA-08 (19.53 y 21.31 g/100g); en grosor de cáscara, SA-05 y SA-06 (2.95 y 2.50 mm), característica de suma importancia para el transporte y comercialización del fruto. En contenido de fibra cruda, sobresalieron los frutos SA-06 y SA-15 (14.53 y 11.69 g/100 g), la cual es de gran beneficio en la defecación y mantenimiento de la microflora del colon.
- El análisis físico-químico, realizado a los frutos de aguacates nativos del municipio de Jacaltenango, indicó que los siete frutos analizados reportaron buen porcentaje de pulpa por arriba del 70%; así como de proteína. Sobresalieron los cultivares JA-15 y JA-17, respecto a peso del fruto (338.88 y 268.84 g), peso de pulpa (163.87 y 159.43 g), y fibra cruda (9.15 y 8.48 g/100g). El contenido de proteína más alto (3.70 g/100g), lo reportó el cultivar JA-01; así mismo, fue el que obtuvo el mayor grosor de cáscara (3.07 mm). En contenido de grasa, el cultivar JA-12, fue quien reportó el mayor valor (23.60 g/100g) respectivamente.
- Se estableció un banco de germoplasma en la cabecera municipal de San Antonio Huista, con un total de 24 accesiones de aguacates nativos procedente de dos localidades de la región Huista a nivel de vivero, para conservar la variabilidad caracterizada y disponer de material para futuras investigaciones.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomiendan los cultivares SA-06, SA-16, JA-14, JA-18 y JA-19, para ser empleados para portainjertos; ya que presentan buenas características en cuanto sanidad de campo, vigorosidad de los árboles y producción, limitante que se evidenció en los cuellos de botella de la agrocadena.
- Promover el consumo, de los cultivares: SA-01, SA-05, SA-06, SA-15, JA-12, JA-15 y JA-17; puesto que sobresalieron en características tales como: proporción pulpa, fibra cruda, poca fibra en pulpa, contenido de grasa, proteína y grosor de cáscara, aportando beneficios a la salud en prevención de enfermedades cardiovasculares, incremento de masa muscular, prevención del estreñimiento, entre otras.
- Realizar estudios de propagación asexual, a través del empleo de patrones con los cultivares sobresalientes en este aspecto y como variedades, los cultivares destacados para consumo, para fines de mejora genética de la especie (*Persea americana* L.).
- Evaluar métodos de escarificación de semilla de aguacate, para acelerar el proceso de germinación; así como, métodos de reproducción por esquejes, acodos, entre otros para disponibilidad de material genético.
- Impulsar a través de la academia (USAC-CUNOROC), instituciones del sector público agrícola -MAGA-, ONGs, capacitaciones y asistencia técnica a los agricultores de la agrocadena de aguacate, con el objetivo de obtener frutos de buena calidad, a través de selección de semilla, podas, fertilizaciones, controles fitosanitarios, entre otros.
- Establecer un canal de comercialización que permita asegurar la venta de la producción a los pequeños y medianos agricultores, y con ello ampliar sus áreas de siembra; como también, definir un precio de venta a los consumidores.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2004. Artículo sobre cultivo de Aguacate: Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. 25p.
2. Aparicio, C; Calderón, R. 1990. El cultivo del aguacate. (Material exaula, cátedra de cultivos perennes). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. El Salvador. 50 p.
3. Arce Portugués, JA. 1984. Caracterización de 81 plantas de Achiote (*Bixa Orellana L*), de la colección CATIE procedente de Honduras y Guatemala y propagación vegetativa por estacas. Universidad de Costa Rica. Tesis de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos naturales, Costa Rica, CATIE.149 p.
4. Avalos Erroa, C; Quijada Rodríguez, J; Beltrán Aranzamendi, M. 2006. Caracterización de los aguacates criollos (*Persea americana Miller*) del campus de la universidad de El Salvador y la estación experimental de la facultad de ciencias agronómicas. Tesis Lic. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 102 p.
5. Barcenás Ortega, AE. 2000. Ecología del aguacate. III seminario taller sobre aguacate. Facultad de Agro biología universidad de Michoacana de San Nicolás Hidalgo Uruapan. Michoacán, México. 40 p.
6. Barrientos Priego, AF; García Villanueva, E; Avitia García, E. 2007. Anatomía del fruto de Aguacate, ¿drupa o baya? (en línea). Departamento de fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. De México. Consultado 15 enero 2018. Disponible en [www.avocadosource.com/Journals/CHAPINGO/1996\\_II\\_2\\_189.pdf](http://www.avocadosource.com/Journals/CHAPINGO/1996_II_2_189.pdf)
7. Ben Ya'acov, A. 1992. A Study of avocado germoplasm resources, 1988 – 1990. 11 – Finding from the central parts of Mexico. Proa. Of second World avocado congreso 1992. 543 p.
8. Bergh, BO. 1992. Avocados: Advances in fruit Breeding J. Janiek and J.N. Moore (Eds). Purdue University press, weyt Lafayettec, in U.S.A. 541- 567 p.
9. Browman, KD; Scora, RW. 1992. The necessity of avocado germoplasm resources. Proc. of second world avocado congreso. 1992. 531-534 p.

10. Calabrese, F. 1992. El aguacate. 2ª Ed., Trad. Javier Calatrava. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 249 p.
11. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2016. Informe análisis de la cadena de aguacate región Occidente de Guatemala. 34 p.
12. Chang, TT. 1976. Manual of genetic conservation of rice germoplasm for evaluation and utilization. Los baños, Filipinas. IRRI. 77 P.
13. Cid, JM. 2011. Análisis Bromatológico (en línea). Consultado 15 feb. 2018. Disponible en [cidjorgemario.blogspot.com/2011/08/analisis-bromatologico.html](http://cidjorgemario.blogspot.com/2011/08/analisis-bromatologico.html)
14. Engels, J. 1974. La documentación en centros de recursos fitogenéticos Turrialba, Costa Rica, CATIE. 12 p.
15. Engels, J. 1980. Sistema de información para centros de recursos fitogenéticos. IICA. Turrialba, Costa Rica. 65 p.
16. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2008. Manual Técnico del cultivo de aguacate Hass *Persea americana* L. (en línea). Consultado 19 febrero de 2018. Disponible en [http://www.mcahonduras.hndocumentos/publicacioneseda/Manuales 20de%20produccion/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Aguacate\\_FHIA\\_09\\_08.pdf](http://www.mcahonduras.hndocumentos/publicacioneseda/Manuales%20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Aguacate_FHIA_09_08.pdf)
17. Gama, CL; Gómez P. 1992. An Ethnoecological Approach for the Study of *persea*: A case Study in the Maya area. Proc. Of second world Avocado congreso. 1992. 11-17 p.
18. Hernández, B; León, J. 1992. Cultivos marginados. Otras perspectivas de 1942. FAO, Jardín botánico de Córdoba, Etnobotanica 92, Colección FAO: Producción y protección vegetal, N° 26, Roma, Italia. 38 – 44 p.
19. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala). 2000. Caracterización Agronómica y fisicoquímica del aguacate nativo en el altiplano occidental guatemalteco. 75 p.
20. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Boletín de mercado del aguacate. Programa frutales, 3: (4) 18 – 19. Nueva San Salvador, El Salvador, C. A. 24 p.

21. IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos). S/f. Diversidad, Conservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos de frutales nativos de América tropical informe final #ATN/SF4356.RG. Cali, Colombia .23 p.
22. IPGRI. (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos). 1995. Descriptores para aguacate (*Persea spp.*). Rome, Italy. 60 p.
23. Lagos, JA. 1983. Compendio de Botánica Sistemática. 2ª. Edición. Dirección de publicaciones. San Salvador, El Salvador, C.A. 318 p.
24. Martínez, L. 2002. Conservación de recursos filogenéticos. (en línea). Consultado 15 enero de 2018. Disponibles en [www.agraria.manresu/f3n/20recursos/fitogen/e9tias.pdf](http://www.agraria.manresu/f3n/20recursos/fitogen/e9tias.pdf).
25. Pérez Rivera RA. 1986. Selección de 20 cultivares de aguacate criollo en El Salvador. CENTA, San Andrés, La Libertad, El Salvador. 68 p.
26. Samson, JA. 1991. Fruticultura tropical. 1ª Ed. Español. Traductora Beatriz Gurza Gonzáles. Revisor Jorge Rodríguez Alcázar. Limaza-Grupo Noriega, México D.F., México. 281-303 p.
27. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Jacaltenango Huehuetenango (en línea). Consultado 10 noviembre de 2017. Disponible en <http://cpdmunijacaltenango.blogspot.com>
28. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Antonio Huista Huehuetenango (en línea). Consultado 10 noviembre de 2017. Disponible en [www.inforpressca.com/sanantoniohuista](http://www.inforpressca.com/sanantoniohuista)
29. Schroeder, CA. 1990. Useful fruits of avocado relatives. California. Avocado Yearbook Society for the year 74: 243-245 p.
30. Tabaré, A. 2000. Caracterización y evacuación de recursos filogenéticos. (en línea). Consultado 15 noviembre de 2017. Disponibles en [WWW.fagro.edu.uy/fitotecnica/documentos/caracterizaciónyevaluaciónderecursosfilogenéticos.pdf](http://WWW.fagro.edu.uy/fitotecnica/documentos/caracterizaciónyevaluaciónderecursosfilogenéticos.pdf).
31. Teliz, D. 2000. El aguacate y su manejo técnico integrado. 1ª Ed. Coordinador editorial Daniel Teliz - prensa, México D.F. México.231 p.





**c. Boleta para toma de datos de análisis físico-químico de aguacates nativos.**

VARIABLES FÍSICO-QUÍMICO DE AGUACATES NATIVOS.		
25	Peso promedio del fruto (gr):	
26	Peso promedio de la cáscara (gr):	
27	Peso de la pulpa (gr):	
28	Peso Promedio de semilla (gr):	
29	Grosor de cáscara (mm):	
30	Potencial de Hidrógeno:	
31	Proteína (g/100g):	
32	Grasa cruda (g/100g):	
33	Fibra cruda (g/100g):	

**Anexo 2.**

**Fase 1: Fotografías de caminamientos para la ubicación y georreferenciación de árboles de aguacates nativos.**



**Actividad:** caminamientos para la ubicación de árboles de aguacate. **En fotografía:** Hugo Martinez.  
**Lugar:** región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** noviembre-diciembre 2018.



**Actividad:** georreferenciación de árboles de aguacates. **En fotografía:** Hugo Martinez. **Lugar:** región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** noviembre-diciembre de 2018.

**Fase 2: Fotografías de la recolección de frutos de aguacates nativos y caracterización morfológica.**



**Actividad:** Recolección de frutos de aguacates nativos. **En fotografía:** N/A **Lugar:** región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** febrero-marzo 2019.





**Actividad:** caracterización morfológica de frutos de aguacates nativos. **En fotografía:** Hugo Martinez **Lugar:** Huehuetenango. **Fecha:** febrero y marzo 2019.



**Actividad:** Toma de variables de árboles de aguacates nativos (diámetro del tronco). **En fotografía:** Hugo Martinez. **Lugar:** región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** mayo-junio 2019.



**Actividad:** toma de variables de árboles de aguacates nativos. **En fotografía:** Hugo Martinez. **Lugar:** Región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** mayo-junio 2019.



**Fase 3: Fotografías de la recolección de frutos de aguacates nativos para envío a laboratorios para análisis físico-química.**



**Actividad:** Recolección de frutos de aguacates nativos para análisis físico-química. **En fotografía:** N/A. **Lugar:** región Huista, Huehuetenango. **Fecha:** marzo y abril 2019.

**Fase de establecimiento de un banco de germoplasma de aguacates nativos de la región Huista, Huehuetenango**



**Actividad:** Establecimiento de un banco de germoplasma de aguacates nativos. **En fotografía:** Tadeo López. **Lugar:** municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango. **Fecha:** agosto 2019.



**Actividad:** siembra de la semilla de aguacates nativos. **En fotografía:** Hugo Martinez. **Lugar:** municipio de San Antonio Huista, Huehuetenango. **Fecha:** agosto 2019.

### Anexo 3.

**Fotografías de algunos árboles de aguacates nativos y sus frutos, ubicados en la región Huista, Huehuetenango.**



**Código asignado:** SA-01 **En fotografía:** N/A. **Lugar:** San Antonio Huista, Huehuetenango. **Fecha:** 2018-2019.





**Código asignado:** SA-03 **En fotografía:** N/A. **Lugar:** San Antonio Huista, Huehuetenango. **Fecha:** 2018-2019.



**Código asignado:** JA-02 **En fotografía:** N/A. **Lugar:** Jacaltenango, Huehuetenango. **Fecha:** 2018-2019.



**Código asignado:** JA-15 **En fotografía:** N/A. **Lugar:** Jacaltenango, Huehuetenango. **Fecha:** 2018-2019.