



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE AGROBIOLOGÍA
“PRESIDENTE JUÁREZ”**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**EVALUACIÓN FENOTÍPICA DE VARIANTES DE
AGUACATE VARIEDAD HASS**

T E S I S

QUE PRESENTA

ELIZABETH MARTÍNEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**DIRECTOR DE TESIS: Doctor en Ciencias en Genética Vegetal
Héctor Guillén Andrade**

URUAPAN, MICHOACÁN, FEBRERO DE 2022



AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT, por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

A la UMSNH, Facultad de Agrobiología, UIAA-LAREFI, Laboratorio de Bromatología, por brindarme los conocimientos necesarios para culminación de este trabajo, por permitirme utilizar el equipo y las instalaciones para la ejecución de las actividades desarrolladas durante el presente trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Héctor Guillén Andrade, por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados. Gracias por abrirme las puertas de su laboratorio, por permitirme ser parte de esta investigación y por los conocimientos que sin lugar a duda se ven reflejados en este trabajo.

A mi comité tutorial; Dra. Berenice Yahuaca Juárez, Dra. Patricia Delgado Valerio, Dr. Luis Mario Tapia Vargas y Dr. Tarsicio Corona Torres, por el tiempo y la dedicación que pusieron a este trabajo, por las atinadas correcciones, por las enseñanzas y las aportaciones al presente trabajo de investigación.

A la Dra. Ana Karen Escalera Ordaz, por el apoyo brindado, por compartir su conocimiento, por su ayuda, confianza, consejos y por todos estos años de amistad.

Al Dr. Pedro A. López, por el apoyo y el conocimiento brindado para la realización de los análisis estadísticos y al Dr. Pedro A. García, por permitirme usar el equipo de laboratorio y las instalaciones para llevar a cabo este proyecto.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito, en especial al equipo de trabajo del laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la UIAA.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades del cultivo del aguacatero.....	3
2.1.1 Importancia económica.....	3
2.1.2 Origen y distribución.....	3
2.2 Taxonomía.....	4
2.3 Descripción botánica.....	4
2.3.1 Árbol.....	4
2.3.2 Raíz.....	5
2.3.3 Hojas.....	5
2.3.4 Inflorescencia	6
2.3.5 Fruto	7
2.3.6 Semilla.....	7
2.4 Diversidad genética del cultivo del aguacatero.....	8
2.5 Variedades de importancia económica cultivadas	8
2.6 Caracterización morfológica.....	13
2.6.1 Descriptores morfológicos.....	13
2.7 Caracterización morfológica en aguacate	15
2.8 Propiedades fisicoquímicas del aguacate	16
2.8.1 Composición nutrimental.....	16
2.8.2 Contenido de aceite	16
2.8.2.1 Métodos de extracción de aceite	17

2.9	Huerto fenológico de aguacate	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1	Área de estudio	21
3.2	Material genético.....	21
3.3	Recolecta del material genético.....	21
3.4	Caracterización fenotípica de las variantes de aguacate variedad Hass.....	21
3.4.1	Caracterización de árbol	22
3.4.2	Caracterización de hoja.....	22
3.4.3	Caracterización de flor	22
3.4.4	Caracterización de fruto.....	22
3.4.5	Caracterización de semilla.....	23
3.4.6	Evaluación de rendimiento	23
3.5	Análisis fisicoquímicos de las variantes de aguacate variedad Hass.....	23
3.5.1	Materia seca y contenido de humedad	23
3.6	Contenido de aceite de las variantes de aguacate variedad Hass	24
3.6.1	Procesamiento de los frutos.....	24
3.6.2	Extracción de aceite.....	24
3.7	Análisis de la información	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Variabilidad fenotípica de las variantes de aguacate variedad Hass	27
4.2	Evaluación de órganos vegetativos de las variantes de aguacate variedad Hass	44
4.2.1	Evaluación de árbol	44
4.2.2	Evaluación de hoja.....	48
4.3	Evaluación de órganos reproductivos de las variantes de aguacate variedad Hass	52
4.3.1	Evaluación de flor	52
4.3.2	Evaluación de frutos.....	57
4.3.3	Características sensoriales de las variantes de aguacate de la variedad Hass.....	65
4.3.4	Evaluación de semilla	67

4.4	Evaluación de las características fisicoquímicas de las variantes de aguacate y la variedad Hass	71
4.4.1	Materia seca.....	74
4.4.2	Contenido de humedad.....	78
4.4.3	Porcentaje de aceite	79
4.5	Relación entre las características morfológicas evaluadas en las variantes de aguacate y la variedad Hass.....	81
4.6	Relación entre las características fisicoquímicas y morfológicas de fruto evaluadas en las variantes de aguacate y la variedad Hass	83
4.7	Análisis de componentes principales (ACP)	85
4.8	Asociación entre las variantes de aguacate y la variedad Hass	90
V.	CONCLUSIONES.....	95
VI.	LITERATURA CITADA	96
VII.	APÉNDICE.....	110

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Descriptores esenciales altamente discriminantes, propuestos por el IPGRI, y aplicados para la descripción de los genotipos evaluados y la variedad Hass.	33
2	Frecuencias identificadas en las variables evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	46
3	Estadísticos simples obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	49
4	Estadísticos simples obtenidos para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	52
5	Tipo floral e inicio de la etapa de floración para 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.	56
6	Estadísticos simples obtenidos para 27 variables evaluadas en frutos de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	58
7	Frecuencias identificadas en las variables evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	66
8	Estadísticos simples obtenidos para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	67
9	Estadísticos simples obtenidos para tres variables fisicoquímicas evaluadas en frutos de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	72
10	Análisis de varianza en una vía practicado para tres variables fisicoquímicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de aguacate y la variedad Hass.	75
11	Coefficientes de correlación de Pearson identificados entre las variables morfológicas evaluadas en 16 genotipos variantes y la variedad Hass.	82
12	Coefficientes de correlación de Pearson identificados entre las variables fisicoquímicas y morfológicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.	84

13	Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por cada componente principal, generados con características fenotípicas cuantitativas y fisicoquímicas de árbol, hoja, flor, fruto y semilla de 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.	86
14	Valores propios obtenidos en los primeros seis componentes principales a partir de las variables evaluadas en 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1	Características fenotípicas de la variante F2A3.....	27
2	Características fenotípicas de la variante F2A5.....	27
3	Características fenotípicas de la variante F3A2.....	28
4	Características fenotípicas de la variante F3A4.....	28
5	Características fenotípicas de la variante F3A5.....	28
6	Características fenotípicas de la variante F4A7.....	29
7	Características fenotípicas de la variante F7A4.....	29
8	Características fenotípicas de la variante F11A3.....	29
9	Características fenotípicas de la variante F11A8.....	30
10	Características fenotípicas de la variante F12A8.....	30
11	Características fenotípicas de la variante F12A11.....	30
12	Características fenotípicas de la variante F12A13.....	31
13	Características fenotípicas de la variante F13A9.....	31
14	Características fenotípicas de la variante F13A10.....	31
15	Características fenotípicas de la variante F14A4.....	32
16	Características fenotípicas de la variante F14A7.....	32
17	Características fenotípicas de la variedad Hass.....	32

18	Histogramas de frecuencias obtenidos para seis variables cualitativas de árbol y una de hoja evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass.....	37
19	Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de hoja evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass..	38
20	Histogramas de frecuencias obtenidos para cinco variables cualitativas de flor y dos de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass.	39
21	Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass..	40
22	Histogramas de frecuencias obtenidos para ocho variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass..	41
23	Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de fruto y una de semilla evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass.	42
24	Histogramas de frecuencias obtenidos para ocho variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass..	43
25	Histogramas de frecuencias obtenidos para tres variables fisicoquímicas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass..	44
26	Coeficientes de variación obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y un individuo de la variedad Hass.....	45
27	Rendimiento promedio calculado para 16 variantes de aguacate variedad Hass establecidas en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agrobiología.....	48
28	Coeficientes de variación obtenidos para 10 variables evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	50
29	Comparación de medias para dos variables cuantitativas evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	51
30	Coeficientes de variación obtenidos para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	53

31	Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en flor de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	54
32	Comparación de medias para dos caracteres cuantitativos evaluados en flor de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	55
33	Coefficientes de variación obtenidos para 27 variables fenotípicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	59
34	Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	61
35	Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	63
36	Figura 36. Coeficientes de variación obtenidos para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	68
37	Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	70
38	Comparación de medias para dos caracteres cuantitativos evaluados en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.	71
39	Coefficientes de variación obtenidos para tres variables fisicoquímicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	73
40	Comparación de medias para tres caracteres fisicoquímicos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass.	77
41	Distribución de 16 variantes de aguacate procedentes de la franja aguacatera del estado de Michoacán y un genotipo de la variedad Hass, en función de los primeros tres componentes principales que explican el 62.22 % de la varianza acumulada.	88
42	Dendogramas de varianza mínima de Ward, con base en características fenotípicas cuantitativas (A), cualitativas (B) y fisicoquímicas (C), que muestran la similitud morfológica entre 16 variantes de aguacate procedentes de distintas zonas de la franja aguacatera del estado de Michoacán y un genotipo de la variedad Hass. ..	92

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro

1	Estadísticos simples obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y un individuo de la variedad Hass.....	110
2	Análisis de varianza en una vía practicado para 10 variables evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass procedentes de distintas zonas agroecológicas de la franja aguacatera del estado de Michoacán.....	111
3	Análisis de varianza en una vía practicado para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y un genotipo de la variedad Hass procedentes de distintas zonas agroecológicas de la franja aguacatera del estado de Michoacán.....	113
4	Análisis de varianza en una vía practicado para 27 variables evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass procedentes de distintas zonas agroecológicas de la franja aguacatera del estado de Michoacán.....	114
5	Análisis de varianza en una vía practicado para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de aguacate Hass y un genotipo de la variedad Hass procedentes de distintas zonas agroecológicas de la franja aguacatera del estado de Michoacán.....	118
6	Coefficientes de correlacion de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.	120
7	Coefficientes de correlacion de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.....	121
8	Coefficientes de correlacion de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en flor de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.	122
9	Coefficientes de correlacion de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.	123

10	Coefficientes de correlacion de Pearson entre las variables fisicoquímicas y morfológicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass. 125
11	Matriz de similitudes con base en las distancias Euclidianas para 14 variables cuantitativas y una fisicoquímica evaluadas en órganos vegetativos y reproductivos de 16 genotipos variantes y la variedad Hass. 126
12	Matriz de similitudes con base en las distancias de Gower para las variables cualitativas evaluadas en órganos vegetativos y reproductivos de 16 genotipos variantes y la variedad Hass..... 128
13	Matriz de similitudes con base en las distancias Euclidianas para las variables fisicoquímicas evaluadas fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.... 130

ÍNDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE

Figura

1	Características fenotípicas del genotipo variante F2A3.....	132
2	Características fenotípicas del genotipo variante F2A5.....	134
3	Características fenotípicas del genotipo variante F3A2.....	136
4	Características fenotípicas del genotipo variante F3A4.....	138
5	Características fenotípicas del genotipo variante F3A5.....	140
6	Características fenotípicas del genotipo variante F4A7.....	142
7	Características fenotípicas del genotipo variante F7A4.....	144
8	Características fenotípicas del genotipo variante F11A3.....	146
9	Características fenotípicas del genotipo variante F11A8.....	148
10	Características fenotípicas del genotipo variante F12A8.....	150
11	Características fenotípicas del genotipo variante F12A11.....	152
12	Características fenotípicas del genotipo variante F12A13.....	154
13	Características fenotípicas del genotipo variante F13A9.....	156
14	Características fenotípicas del genotipo variante F13A10.....	158
15	Características fenotípicas del genotipo variante F14A4.....	160
16	Características fenotípicas del genotipo variante F14A7.....	162
17	Características fenotípicas de la variedad Hass	164

RESUMEN

En la franja aguacatera del estado de Michoacán se han detectado una gran cantidad de genotipos variantes de Hass, por lo que se requiere evaluar estos genotipos para lograr un mayor conocimiento sobre la diversidad genética existente y poder determinar su posible potencial como variedades alternas. Por lo tanto, en el presente trabajo se planteó evaluar 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass. Se evaluaron 90 caracteres morfológicos: 23 vegetativos y 67 reproductivos con base en los descriptores propuestos por el IPGRI. De igual manera, con el fin de determinar la calidad y el contenido cuantitativo de lípidos de las variantes, se evaluaron tres propiedades fisicoquímicas: materia seca (MS), humedad (H) y contenido de aceite (CA). La determinación del CA fue por medio del método de Soxhlet (1879). La MS y el CA se determinaron en una incubadora a 65°C durante 48 horas. Para el análisis de la información se aplicaron procedimientos estadísticos univariados y multivariados, con ayuda del programa estadístico SAS Studio. Los resultados obtenidos indicaron diferencias estadísticas altamente significativas para la mayoría de las variables analizadas. Los valores de CA obtenidos para las variantes oscilaron entre 12.38 y 26.20 % con un promedio de 20.10 %, mientras que para la variedad Hass fue de 25.80 %. Con base en las características morfológicas y fisicoquímicas evaluadas, se logró explicar el 62.22 % de la varianza acumulada y se observó la formación de tres grupos. Los resultados obtenidos permitieron conocer la gran diversidad existente entre las variantes con respecto a la variedad Hass. Los genotipos F7A4, F2A3 y F11A3 mostraron características morfológicas y de calidad sobresalientes con respecto a la variedad Hass tales como tamaño de fruto y contenido de aceite.

Palabras clave: *Persea americana*, diversidad genética, germoplasma, lípidos, caracterización.

ABSTRACT

In the avocado-producing area of Michoacán, a large number of Hass variant genotypes have been detected, so it is necessary to evaluate these genotypes to achieve a greater knowledge about the existing genetic diversity and to be able to determine their possible potential as alternative varieties. Therefore, in the present work, the evaluation of 16 variants of Hass avocado and the Hass variety was proposed. Ninety morphological characters were evaluated: 23 vegetative and 67 reproductive based on the descriptors proposed by IPGRI. Similarly, in order to determine the variants' quality and quantitative lipid content, three physicochemical properties were evaluated: dry matter (MS), moisture (H) and oil content (CA). The determination of CA was by means of the Soxhlet method (1879). MS and CA were determined in an incubator at 65 ° C for 48 hours. For the information's analysis, univariate and multivariate statistical procedures were applied, with the help of SAS Studio statistical program. The results obtained indicated highly significant statistical differences for most of the variables analyzed. CA values obtained for the variants ranged between 12.38 and 26.20% with an average of 20.10%, while for the Hass variety it was 25.80%. Based on the morphological and physicochemical characteristics evaluated, it was possible to explain 62.22% of the accumulated variance and the formation of three groups was observed. The results obtained allowed us to know the great diversity existing between the variants with respect to Hass variety. F7A4, F2A3 and F11A3 genotypes showed outstanding morphological and quality characteristics in contrast to Hass variety such as fruit size and oil content.

Keywords: *Persea americana*, genetic diversity, germoplasm, lipids, characterization.

I. INTRODUCCIÓN

El aguacate, *Persea americana* Miller, es uno de los cultivos de mayor importancia en México. La popularidad de este cultivo se debe en gran parte a la rentabilidad y la derrama económica entre cada uno de los componentes que conforman la cadena productiva de este fruto, así como la mano de obra que genera. El aumento en la producción de aguacate que se ha generado en México en los últimos años se debe principalmente al crecimiento de la superficie sembrada y no al aumento en la productividad, lo que demuestra que se necesita un mejor manejo del cultivo y variedades mejor adaptadas que garanticen altos rendimientos por superficie.

En el estado de Michoacán, el aguacate es el cultivo que ocupa la mayor superficie sembrada, lo que ha traído consigo consecuencias tales como la deforestación y el cambio de uso de suelo. Se estima que entre el 2001 y el 2017 se ha perdido cerca del 20 % (15,000 ha) de los bosques de Michoacán, debido a la expansión del cultivo (Cho, 2020). A pesar de que Michoacán es el principal productor de aguacate en el país, las técnicas de cultivo y el manejo de éste han cambiado muy poco desde hace años. En el estado se cuenta con un rendimiento promedio de 10.84 t ha⁻¹, promedio que se encuentra muy por debajo comparado con otros estados del país y otros países productores de este fruto (SIAP, 2022). Los bajos rendimientos en el cultivo del aguacate se deben a rasgos desfavorables de su naturaleza como son, crecimiento vigoroso de brotes, floración excesiva de la cual menos del 1 % es polinizada y porcentajes bajos de amarre y producción de frutos. De igual manera, este frutal es propenso a la alternancia, factor que afecta gravemente el rendimiento del cultivo. El cambio climático y el aumento de la temperatura a nivel global son algunos de los factores que reducen aún más los rendimientos en este cultivo, por lo que estos factores, aunados a los factores de su naturaleza que limitan la producción de este fruto, son un desafío para los fitomejoradores ya que se requieren variedades

mejoradas que garanticen mayores rendimientos por superficie y una reducción en la variación estacional del cultivo.

En los últimos años ha surgido una creciente preocupación por la conservación de la diversidad biológica y la agricultura sustentable, por lo que la conservación de los recursos fitogenéticos del aguacate es un aspecto importante para preservar esta diversidad. México, por su gran diversidad de tipos de aguacate, se considera fuente importante y reservorio de genes para el mejoramiento genético y la creación de nuevas variedades.

La falta de variedades alternativas a Hass es un problema relevante de este cultivo, ya que esta variedad abarca cerca del 90 % de la superficie cultivada en México. Se requieren variedades con mayor adaptabilidad y calidad para poder asegurar la estabilidad de las zonas productoras.

A pesar de que México es centro de origen de este fruto, no se cuentan con suficientes variedades alternas a Hass; sin embargo, en la franja aguacatera del estado de Michoacán se han detectado una gran cantidad de genotipos variantes de aguacate variedad Hass, por lo que es necesario la identificación y aprovechamiento de esta diversidad existente para su implementación en programas de mejoramiento genético y un mejor manejo agronómico del cultivo.

De acuerdo con lo anterior, se requiere evaluar el germoplasma existente, para lograr un mayor conocimiento sobre la diversidad genética entre la variedad Hass y algunos genotipos variantes con posible potencial como variedades alternas a Hass y poder explotar su potencial como variedades cultivadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo del aguacatero

2.1.1 Importancia económica

La importancia del cultivo del aguacate en México se debe a la popularidad que este fruto ha ganado en los últimos años. Durante el 2021, se reportó una superficie sembrada de 248, 248 ha de las cuales se obtuvo una producción de 2, 448, 279 t, con un rendimiento de 10.78 t ha⁻¹, lo que ubica a México como el mayor productor a nivel internacional de este fruto. La mayor superficie sembrada de este frutal se concentra en el estado de Michoacán con 174, 992 ha y es el líder en la producción nacional con 1, 831, 622 t cosechadas en 2021, seguido de Jalisco (256, 002 t), Estado de México (123, 446 t) y Nayarit (75, 013 t) (SIAP, 2022).

Las exportaciones de México representan el 41.5 % de las exportaciones mundiales de aguacate, lo que dejó una derrama económica de 2, 665, 846 millones de dólares durante 2020 (ITC-Trade Map, 2020), generando miles de empleos permanentes y temporales en toda la cadena comercial y beneficiando a productores, comercializadores e industrializadores.

2.1.2 Origen y distribución

El origen del aguacate tuvo lugar en las partes altas del centro, este de México y Guatemala, en la región incluida en lo que se conoce como Mesoamérica, y es considerada como el área donde se llevó a cabo su domesticación (Williams, 1977). En una cueva en Coxcatlán, región de Tehuacán, Puebla, México, fue encontrada la evidencia más antigua de su consumo que data entre los años 8,000-7,000 A.C. (Smith, 1966). En el Códice Florentino se mencionan tres tipos de aguacate, que de acuerdo a su descripción; “aoacatl” podría tratarse de *Persea americana* variedad *drymifolia* (raza Mexicana), “tlacacolaocatl” a *Persea americana* variedad *americana*

(Raza Antillana) y “quילוacatl” a *Persea americana* variedad *guatemalensis* (raza Guatemalteca), lo que sugiere que las culturas antiguas contaban con un amplio conocimiento sobre el aguacate (Barrientos-Priego & López-López, 2000).

La distribución de este cultivo a nivel mundial comenzó en el año 1600 cuando los españoles llevaron el aguacate a España después de la conquista. Desde su centro de origen, el aguacate se dispersó hacia Norteamérica, Las Antillas, todo Centroamérica y gran parte de Sudamérica. El gusto que los indígenas tenían por este fruto carnoso, de alto valor nutrimental y de sabor único, explica esta amplia dispersión a través de las áreas de desarrollo de civilizaciones antiguas (Sánchez-Perez, 1999).

2.2 Taxonomía

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Diapétalas

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Subgénero: *Persea*

Especie: *P. americana* Miller variedad Hass

2.3 Descripción botánica

2.3.1 Árbol

El aguacate (*Persea americana* Miller) es un árbol corpulento, de porte erguido y aspecto vigoroso que puede llegar a alcanzar los 30 m de altura. Presenta un tronco cilíndrico, leñoso y

ramificado. Cuando el árbol es joven, las ramificaciones nuevas presentan un color verde claro y ligeramente pubescentes; cuando la planta madura, el tronco y las ramificaciones se tornan café grisáceo (Scora *et al.*, 2007). El tronco del árbol y sus ramificaciones presentan un crecimiento longitudinal y radial a la vez. Las ramas son gruesas y de aspecto sólido, bajo la corteza rugosa se encuentran constituidas por un tejido esponjoso, rojizo y de escasa consistencia, por lo que son sensibles a vientos fuertes y se pueden llegar a romper fácilmente. La copa varía en forma (ovoide o globular), dependiendo de la variedad cultivada, presenta un follaje muy desarrollado, siempre verde y perenne (Solares, 1981).

2.3.2 Raíz

Su sistema radical es pivotante, muy ramificado, de distribución radial con raíces secundarias y terciarias que se distribuyen superficialmente y puede llegar a alcanzar una profundidad de 1 a 1.5 m, dependiendo de la variedad. La absorción de agua y nutrientes ocurre principalmente en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios (Rodríguez 1992; Whiley *et al.*, 1988).

2.3.3 Hojas

El aguacate presenta hojas numerosas que están presentes en las ramificaciones secundarias del árbol formando un follaje compacto y frondoso, estas son simples, alternas, de formas variables (angosta, alargada, elíptica u obovada), coriáceas y la inserción del tallo es peciolada. Presentan de seis a nueve pares de venas secundarias conspicuas que forman un ángulo de 40° a 60° con respecto a la vena principal (Scora *et al.*, 2007). Cuando son jóvenes tienen un color rojizo y se tornan verde intenso y oscuro cuando maduran. Se encuentran dispuestas en espiral y brotan en racimo, con una longevidad de 10 a 12 meses (Avilan *et al.*, 1992). Tiene una longitud

aproximada de 10 a 30 cm por 3 a 19 cm de ancho. La especie tiende a la renovación constante de la hoja por lo que las hojas se secan naturalmente, se tornan a un tono café amarillento que se va extendiendo hasta su abscisión (Solares, 1981).

2.3.4 Inflorescencia

Las flores del género *Persea* son flores perfectas, hermafroditas, pubescentes, con pedicelos cortos y presentan simetría radial, estas se encuentran agrupadas en una panícula que puede ser axilar o terminal. Son de color verde amarillento y con diámetro aproximado de 1 cm (Larios Guzmán *et al.*, 2007). Están conformadas por un cáliz de tres pétalos y una corola tripetala de 12 estambres insertos debajo del ovario o alrededor del mismo, de los cuales solo nueve son funcionales, presentan dos grupos de nectarios adyacentes al gineceo, los “estaminoidales” y los “verdaderos” (Avilan *et al.*, 1992). El gineceo es moderadamente pubescente, posee un solo pistilo y un ovario supero y unilocular con un solo óvulo.

Las flores de aguacate presentan dicogamia, los órganos masculinos y femeninos abren en momentos distintos y separados, evitando así la autofecundación. Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores, pero solo el 0.1 % se transforma en fruto, por lo que se presenta una numerosa abscisión de las flores y aborto de frutos en desarrollo (Litz *et al.*, 2007).

El desarrollo de la inflorescencia ocurre en las ramas de un año y en brotes del mismo año; las yemas florales por lo general son mixtas y contienen primordios florales latentes, así como un ápice vegetativo terminal, también conocidas como yemas indeterminadas (Schroeder, 1994).

Dependiendo de su comportamiento con relación al tiempo en que las flores presentan la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma, se pueden clasificar en dos grupos:

Variedades tipo A: abren sus órganos femeninos durante la mañana, el estigma se encuentra blanco, brillante y receptivo y las anteras no producen polen. Mientras el pistilo se encuentra erecto y sobresaliente, los estambres se encuentran acostados y cerrados. Por la tarde funcionan exclusivamente como flores masculinas.

Variedades tipo B: emiten el polen por la mañana, el estigma no es receptivo, se encuentra generalmente muerto y de una tonalidad negra, mientras los estambres están erguidos y con las tecas de las anteras abiertas listas para liberar el polen. Actúan como flores femeninas después del mediodía, o en la tarde (Bergh & Lavah, 1996).

2.3.5 Fruto

El fruto es una baya, de color verde claro a verde oscuro y de violeta a negro, dependiendo de la variedad, su forma y tamaño son variables, la cáscara varía en textura y grosor (Rodríguez, 1992). La pulpa es de color verde amarillenta, con alto contenido de aceite que puede variar entre 3 y 30 %. El hábito de fructificación puede ser de frutos solitarios o en racimo y llegan a pesar desde 120 g hasta 2.5 kg dependiendo de la variedad (Morton, 1987).

2.3.6 Semilla

Se compone de una cubierta seminal y embrión, carente de endospermo en la madurez, conformada por dos cotiledones y de una plúmula, hipocotíleo y radícula, rodeada de dos cubiertas seminales adheridas centralmente (Cummings & Schroeder, 1942). La forma de la semilla es ovalada de tamaño variable, superficie áspera y de color crema amarillo (Scora *et al.*, 2007; Solares, 1981).

2.4 Diversidad genética del cultivo del aguacatero

El aguacate es una especie alógama, de alta diversidad genética producto de la evolución, selección natural y domesticación, lo que ha dado origen a diferentes grupos morfológicos y razas. Kopp (1966), consideró tres grandes grupos dentro de *Persea americana* Miller: *P. americana* variedad *drymifolia*, *P. americana* variedad *guatemalensis* y *P. americana* variedad *americana*. La naturaleza de la especie, así como el manejo del cultivo y la selección del hombre han dado lugar a un gran número de genotipos adaptados a diferentes condiciones ambientales. En el estado de Michoacán el cultivo se establece en zonas con diferentes condiciones agroclimáticas dentro de la denominada franja aguacatera la cual presenta altitudes entre 1100 y 2900 msnm, siete tipos distintos de suelos, 10 climas, temperaturas medias entre 16 y 24 °C, precipitación anual de 800-1500 mm, y humedad relativa predominante de 90 %, lo que ha provocado variaciones morfológicas (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010).

En México, el aguacate presenta una gran diversidad genética de la cual es necesaria su caracterización e identificación para lograr tener un mayor conocimiento sobre la diversidad existente, así como la conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos y el mejoramiento genético del cultivo.

2.5 Variedades de importancia económica cultivadas

El aguacate al ser una planta que presenta polinización cruzada permite la formación de híbridos de forma natural o artificial. Las características de estos híbridos varían de acuerdo con las de sus parentales y el clima en el que se encuentran. Para el éxito de un cultivo se buscan variedades con una mejor adaptación a determinada zona geográfica, frutos de buena calidad, alto contenido de grasas, porte bajo para facilitar la cosecha y el manejo, así como resistencia a plagas y

enfermedades. Las principales variedades comerciales con sus características más importantes se mencionan a continuación:

Rincón. Presenta un fruto de excelente calidad, de tamaño mediano que puede llegar a pesar entre 150 y 300 g. La cáscara es lisa de color obscuro mate y tiene una semilla relativamente grande. La pulpa contiene de 15 a 26.5 % de aceite y contiene fibras cerca de la base las cuales se tornan negras cuando el fruto es partido. Debido a su intensidad vegetativa se clasifica como una variedad vigorosa con alta productividad. Susceptible a heladas (Larios Guzmán *et al.*, 2007).

Fuerte. Se considera una fruta típica la cual se cree que presenta características de las razas Guatemalteca y Mexicana. El fruto es piriforme, de gran sabor y pulpa cremosa, cuando el fruto madura, se aprecia con claridad el ápice asimétrico, resultado del crecimiento diferencial en lados opuestos que presenta esta variedad (Cummings & Schroeder, 1942). Su cáscara es gruesa y no se oscurece con la maduración, de color verde sin brillo y ligeramente áspera con muchos puntos pequeños de color amarillo. Los frutos se pueden encontrar desde finales de otoño hasta primavera y posee una marcada tendencia a la alternancia en la producción (Loza Hernandez, 2015). Esta variedad presenta una tendencia a la formación de frutos partenocárpicos (no polinizados), es muy exigente en la floración y periodo de cuajado de frutos, es sensible al frío y las temperaturas elevadas pueden llegar a afectar los órganos florales y la viabilidad del polen (Larios Guzmán *et al.*, 2007).

Booth 8. Variedad típica de zonas cálidas y húmedas. Presenta un fruto grande (250 y 800 g), de forma oblongo-ovoide y de color verde brillante. La pulpa tiene un tono amarillento y contiene de 6 a 12 % de aceites. En cuanto a la semilla, esta tiene un tamaño mediano-grande y está adherida al fruto. Es una variedad vigorosa y su producción es tardía (noviembre a mediados de diciembre) (Agriculture and Natural Resources, 2020).

Hass. Es la variedad más popular en el mercado internacional, fue obtenida por semilla de una planta guatemalteca en la Habra Heights, California, Estados Unidos, por Rudolph Hass y patentado en 1935 (Teliz Ortíz *et al.*, 2000). El fruto es oval-piriforme, de tamaño medio, su cáscara es gruesa y rugosa de color verde y cuando llega a la madurez adquiere un color oscuro, casi negro. Su pulpa tiene un gran sabor a nuez y avellana, con una textura suave-cremosa y con un contenido de aceite entre 18 y 22 %. Presenta una semilla de tamaño medio, esférica y adherida a la pulpa (Scora *et al.*, 2007). Los frutos están disponibles todo el año. Es una variedad sensible al frío, especialmente durante la etapa de floración. Se caracteriza por una elevada producción de flores, con un alto porcentaje de cuajado de frutos, lo que lo hace una variedad muy productiva.

Bacon. El fruto es de forma ovalada, pulpa amarilla verdosa de gran sabor y textura suave que al madurar se torna un color más oscuro. Su cáscara está ligeramente adherida a la pulpa y presenta semilla de tamaño mediano a grande. Los frutos pueden llegar a pesar entre 250 y 350 g, son de buena calidad y aptitud culinaria por el grado de fibrosidad de la pulpa. Se caracteriza por ser un árbol vigoroso, productivo y resistente al frío, por lo que es una buena opción para las regiones que se encuentran por encima de los 1,600 msnm (Larios Guzmán *et al.*, 2007).

Zutano. Presenta un fruto de forma piriforme, de tamaño medio a pequeño. Su cáscara es verde brillante, muy delgada y coriácea. La pulpa contiene un alto porcentaje de aceite (15 a 22 %) y la semilla es mediana. La temporada de cosecha oscila entre diciembre y enero, abril y mayo, dependiendo del lugar. Esta variedad se caracteriza por su gran resistencia al frío y es resistente a enfermedades causadas por hongos por lo que se usa principalmente como portainjerto.

Ettinger. Su fruto es de forma oval-alargada, de tamaño mediano, presenta una cáscara lisa y de color verde brillante. Se caracteriza por ser un árbol vigoroso, se clasifica como precoz por sus características de floración y desarrollo. Debido a su proceso de maduración, el fruto no puede durar mucho tiempo en el árbol (Agriculture and Natural Resources, 2020).

Choquette. El fruto es de gran tamaño, de color verde oscuro, forma ovoide y de cáscara lisa. Presenta una semilla pequeña y su pulpa es de buena calidad con un 13 % de contenido de aceites. Su periodo de cosecha oscila entre septiembre y octubre y el fruto puede permanecer en el árbol hasta cinco meses después de alcanzar la madurez fisiológica (Larios Guzmán *et al.*, 2007). Es una variedad que tiende a alternar producción.

Colin V-33. Fruto piriforme, con cáscara de color verde oscuro, de grosor mediano, ligeramente rugosa, su pulpa es de color verde-amarillo pálido de gran sabor, presenta alto contenido de aceite, de semilla pequeña y adherida a la cavidad. El peso de los frutos puede llegar a los 350 g y a esta variedad se le considera enana ya que presenta un porte bajo (Sánchez Colín, 1987).

Pinkerton. El fruto es de apariencia alargada, con pulpa cremosa de excelente sabor y altos contenidos de aceites. Tiene una cáscara gruesa en comparación con el resto de las variedades, la cual es fácil de pelar (Agriculture and Natural Resources, 2020). Esta variedad presenta una cosecha temprana y se puede encontrar de invierno hasta primavera. Presenta un buen manejo postcosecha con una larga vida de anaquel, sin embargo, el cuello del fruto es una desventaja para la venta de fruta en fresco (Barrientos-Priego *et al.*, 2007).

Gwen. Fruto redondo, de cáscara delgada y rugosa de color verde. El sabor de la pulpa es suave y cremoso, superior a Hass. Los frutos de esta variedad se pueden encontrar desde principios de primavera y hasta finales de veranos (Agriculture and Natural Resources, 2020). Esta variante fue originada en la Universidad de California Riverside, liberada en 1982, es un árbol muy productivo, casi el doble de Hass (Bergh & Lavah, 1996)

Reed. El fruto es redondo, tamaño mediano a grande con cáscara gruesa y verde, pulpa de buen sabor y de color cremoso. Al cosechar los frutos estos no se oscurecen y son clasificados como de excelente calidad. La semilla tiene un tamaño de pequeña a mediana, adherida al fruto. Los frutos se encuentran disponibles en veranos e inicios de otoño (Barrientos-Priego *et al.*, 2007).

Lamb Hass. Es una variedad reciente. El fruto es obovado de color negro, la cáscara es de grosor medio y rugosa, de semilla mediana. La pulpa tiene un muy buen sabor. Los frutos tienen un peso entre 280 y 510 g. Es un árbol erecto y presenta producción precoz, el fruto puede durar después de madurez fisiológica lo mismo que 'Hass' en el árbol y el follaje es resistente al acaro *Persea* (Bergh, 1984).

2.6 Caracterización morfológica

Como centro de origen del aguacate, México es poseedor de una inestimable variabilidad genética que puede ser usada para la creación de nuevas variedades. La caracterización de los Recursos Fitogenéticos permite tener un conocimiento más amplio sobre el material existente, así como evaluar su potencial como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. La caracterización de una especie tiene como objetivo medir la diversidad genética dentro de un grupo por medio del uso de descriptores preestablecidos. Esta caracterización se puede dividir en dos tipos: caracterización fenotípica y genotípica, la caracterización fenotípica o morfológica es la descripción de la variabilidad detectada visualmente, basada en caracteres morfológicos resultado de la interacción genotipo-medio ambiente y permite registrar y determinar las características de un fenotipo para poder seleccionar grupos con características similares o contrastantes. Este tipo de caracterización es imprescindible para los estudios de caracterización vegetal y para el manejo de germoplasma debido a su simplicidad, rapidez y bajo costo. La caracterización morfológica puede estar basada en caracteres del tipo cualitativo, los cuales se centran en calidad o cualidad, como son: Forma, textura, color, sabor, olor y demás características determinadas visualmente, o del tipo cuantitativo, que pueden ser representados numéricamente, los cuales incluyen características tales como: Altura, longitud, diámetro, peso, grosor, productividad, etc. (Kordrostami y Rahimi, 2015). Algunos de estos caracteres son importantes para las necesidades agronómicas, así como de mejoramiento genético y consumo.

2.6.1 Descriptores morfológicos

La caracterización se basa generalmente en caracteres altamente heredables, fáciles de detectar a simple vista y de expresión similar en todos los ambientes. Los descriptores morfológicos

permiten una discriminación rápida y fácil entre fenotipos y son utilizados para la caracterización y evaluación de accesiones, permitiendo la diferenciación, clasificación y almacenamiento de los recursos fitogenéticos. Existen un gran número de descriptores definidos para más 100 de especies cultivadas publicados por el IPGRI, dentro de los cuales se encuentran los descriptores para aguacate (*Persea spp.*) (IPGRI, 1995), los cuales se dividen en cinco categorías:

1. Descriptores de pasaporte: proporcionan información básica utilizada para el manejo general de la accesión y describen los parámetros a observar durante la recolección. Dentro de esta categoría se encuentran los descriptores (13) de accesión y (23) de recolección.
2. Descriptores de manejo: proporcionan las bases para el manejo de las accesiones, útiles para su manejo y multiplicación. Dentro de esta categoría se incluyen los descriptores (11) para el manejo de semillas y (27) para la multiplicación/regeneración.
3. Descriptores del sitio y el medio ambiente: describen los parámetros específicos del sitio y el medio ambiente, parámetros de vital importancia durante la caracterización y evaluación de accesiones. Descriptores (16) del sitio de caracterización y/o evaluación y (27) ambientales del sitio de recolección y/o caracterización/evaluación.
4. Descriptores de caracterización: permiten la discriminación fácil y rápida entre fenotipos, tales como los descriptores de la planta: árbol (32), flor (18), fruto (43) y semilla (14).
5. Descriptores de evaluación: su expresión está influenciada por el medio ambiente, por lo que se requiere de métodos experimentales para su evaluación que pueden ser del tipo molecular o bioquímico. Estos descriptores incluyen caracteres como: fruto (6), susceptibilidad al estrés abiótico (10) y biológico (4), marcadores bioquímicos (2), marcadores moleculares (2), caracteres citológicos (3) y genes identificados.

2.7 Caracterización morfológica en aguacate

Con respecto de la caracterización en aguacate se han hecho varios estudios, tanto morfológicos como moleculares, en México y otros países. Acosta *et al.*, (2012; 2013) caracterizaron un grupo de variedades criollas locales en el estado de Nuevo León utilizando caracteres morfológicos de fruto. Lograron identificar una amplia variación y clasificar diferentes grupos con características de interés para el manejo del cultivo y la diversificación de la producción en el estado. En otro estudio donde se planteó determinar la diversidad genética existente en el banco de germoplasma del Banco Experimental Bajío mediante características morfológicas de hoja y fruto de 114 accesiones de la raza mexicana, se logró evaluar y agrupar la alta variación y diferenciación existente en las poblaciones estudiadas, sus resultados mostraron que algunos de los individuos evaluados presentaron características sobresalientes de fruto que representan una alternativa para la producción de aguacate local, así como la diversificación del cultivo (Montes-Hernández *et al.*, 2017). Con el fin de caracterizar y documentar el germoplasma local de distintas regiones de Tanzania, 226 individuos fueron evaluadas por medio de caracteres cualitativos y cuantitativos de hoja, fruto y semilla, los autores obtuvieron resultados que sugieren una alta diversidad genética que puede ayudar a un mejor manejo y conservación del germoplasma, así como el mejoramiento del cultivo en un futuro (Juma *et al.*, 2020). De manera similar, Cañas-Gutiérrez *et al.*, (2015), caracterizaron molecular y morfológicamente 111 árboles criollos y variedades comerciales procedentes de Colombia y determinaron que las poblaciones criollas analizadas presentan una alta variabilidad genética. En otro estudio caracterizaron morfológicamente 24 genotipos nativos de Nayarit, México, se generaron tres grupos con características fenotípicas similares las cuales pueden ser usadas como criterios de selección y diferenciación de genotipos nativos de la zona (López-Guzmán *et al.*, 2015). De

igual manera, se han hecho múltiples estudios que evalúan las características morfológicas de *Persea americana* Miller variedad *drymifolia* (Gutiérrez Díez *et al.*, 2009; Guillén-Andrade *et al.*, 2016; López Guzmán *et al.*, 2012; 2015), en los cuales se ha logrado identificar una amplia diversidad genética entre los materiales criollos de distintos estados del país.

2.8 Propiedades fisicoquímicas del aguacate

2.8.1 Composición nutrimental

Gracias a su calidad nutritiva y excelente sabor, el aguacate ha ganado importancia dentro de la dieta diaria en distintos países. Este fruto es conocido por su alta calidad nutrimental ya que contiene cantidades altas de fibras y proteínas en comparación con otras frutas y es considerando como una buena fuente de energía, vitaminas y minerales. Su alto contenido de ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico ha demostrado generar una baja incidencia de enfermedades cardiovasculares (Reddy *et al.*, 2012). De igual manera, se han encontrado compuestos bioactivos antioxidantes, tales como la vitamina E o tocoferoles y otros compuestos como son la luteína y carotenoides (β -caroteno, folato y vitamina A), entre otros (Dreher & Davenport, 2013).

2.8.2 Contenido de aceite

El contenido de lípidos es un factor de calidad muy importante del aguacate, este fruto contiene una gran cantidad de aceites los cuales varían según la variedad, estado de madurez, la posición del fruto en el árbol, las condiciones ambientales y el manejo postcosecha (Cowan & Wolstenholme, 2016; Lacerda *et al.*, 2014; Tango *et al.*, 2004). A pesar de ser un fruto con un alto contenido de agua, 70 % aproximadamente, su contenido de aceite es alto, propiedad que

lo convierte en un fruto de interés para el consumo en fresco y la industria. El aceite de aguacate se ha utilizado principalmente en la industria cosmética, pero en los últimos años ha ganado popularidad en el uso culinario gracias a sus propiedades nutricionales como son su alto contenido de aceite oleico, palmitoleico, linoleico y linolenico, además de su buen sabor, color y olor lo que lo hace un producto atractivo para los consumidores (Espinosa-Alonso *et al.*, 2017). En diversos trabajos se ha demostrado que los frutos de la variedad Hass presentan concentraciones altas de estos compuestos. En un estudio sobre la evaluación de la calidad de frutos de aguacate Hass, se determinaron diferencias significativas en el contenido de aceite en las diferentes regiones productoras estudiadas, siendo los aguacates procedentes de la región del estado de Michoacán los que presentaron un mayor contenido de aceite (17.48 %) (Salazar-García *et al.*, 2016). En una investigación similar, Yepes Betancur *et al.*, (2017) obtuvieron una concentración lipídica equivalente al 20 %. En otro trabajo, en donde se caracterizaron las características fisicoquímicas en postcosecha de frutos de dos municipios de Colombia, se obtuvieron concentraciones altas de aceite, entre 22.5 y 24 %, para ambos municipios (Marquez *et al.*, 2014).

2.8.2.1 Métodos de extracción de aceite

Existen distintas metodologías para la extracción de aceites, en aguacate se hace principalmente por medio de solventes orgánicos, por prensado o centrifugación. La extracción por centrifugación, gracias a la ausencia de solventes durante el proceso, es una técnica muy utilizada (Cowan & Wolstenholme, 2016).

El prensado en frío, es otra metodología comúnmente usada que permite extraer los aceites de manera rápida y en un corto periodo de tiempo, pero sus rendimientos son bajos en comparación

con la extracción con solventes. Esta técnica, de prensado en frío, es utilizada principalmente para la extracción de aceites comestibles, ya que se conservan mayor tiempo gracias a la presencia de antioxidantes y otras moléculas que estabilizan el aceite y retrasan el proceso de oxidación (Dos Santos *et al.*, 2014).

Otra metodología utilizada es la extracción por solventes en la cual se recupera un mayor porcentaje de aceites los cuales son utilizados en la industria farmacéutica. El método Soxhlet, es utilizado como referencia frente a otros métodos ya que permite extraer un mayor porcentaje de aceites, sin embargo, el uso de solventes orgánicos es su principal desventaja, debido a la alta residualidad de los solventes en el producto final y el peligro que estos representan para la salud y el medio ambiente (Dos Santos *et al.*, 2014). Esta técnica es sencilla, requiere de poco entrenamiento y permite hacer varias extracciones simultáneamente, aumentando así el rendimiento de extracción. En lo que respecta a la extracción de aceite de aguacate utilizando solventes orgánicos, Reddy *et al.* (2012) reportaron que la técnica de extracción por solvente fue la más reproducible con un 64.76 % de rendimiento de extracción en comparación con otras técnicas y no encontraron diferencias significativas en el contenido de ácidos grasos monoinsaturados, 61.76 %, respecto a otros métodos. Por su parte, Dos Santos *et al.* (2014) obtuvieron un 57 % de rendimiento al utilizar pulpa de aguacate Fuerte liofilizada, no obstante, observaron una disminución en la concentración del α - tocoferol al compararse con otros métodos como el prensado en frío.

2.9 Huerto fenológico de aguacate

En el año 2008 y, como una oportunidad de hacer investigación sistemática en el cultivo del aguacate, en el área de recursos fitogenéticos, se toma la decisión de iniciar recorridos de campo

por toda la franja aguacatera del estado de Michoacán (Guillén-Andrade *et al.*, 2007), con dos objetivos principales: el primero fue el de recolectar genotipos criollos de la raza mexicana (*Persea americana* Miller variedad *drymifolia*) y, el segundo, identificar variantes de la variedad Hass con características distintivas y que pudieran ser consideradas para su explotación comercial en las diferentes zona agroecológicas de la franja aguacatera. Los materiales criollos proceden de los 22 principales municipios productores (Guillén-Andrade *et al.* 2007: Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010) de aguacate; mientras que las variantes de aguacate tipo Hass, han sido recolectadas de huertas establecidas en los municipios de Tacámbaro, Ario y Peribán de Ramos. Todos los materiales recolectados han sido establecidos en el HFA en las instalaciones experimentales de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, localizadas en la comunidad de Santa Rosa, municipio de Uruapan, Michoacán. Durante este tiempo, se han hecho investigaciones enfocadas al conocimiento de la diversidad genética de los materiales criollos, así como de la caracterización y descripción de algunas de las variantes tipo Hass candidatas a ser consideradas como genotipos alternativos a la variedad Hass. Los estudios hechos van desde los de tipo morfológico (Guillén-Andrade *et al.*, 2013; Guillén-Andrade *et al.*, 2016: Tapia-Vargas *et al.*, 2017; Martínez *et al.*, 2021), estudios sobre la composición química, con base en el contenido de metabolitos secundarios (Guillén-Andrade *et al.*, 2019), y, hasta los análisis moleculares (Cuiris-Pérez *et al.*, 2009; Martínez, 2019), en el nivel de ADN.

Por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se planteó la siguiente hipótesis y objetivos:

Hipótesis:

Los genotipos variantes procedentes de la franja aguacatera del estado de Michoacán, presentan características fenotípicas y fisicoquímicas diferentes a la variedad Hass, con potencial agronómico para su explotación comercial.

Objetivo General:

Evaluar fenotípica y fisicoquímicamente genotipos variantes de aguacate variedad Hass para seleccionar variantes de utilidad comercial procedentes de la franja aguacatera del estado de Michoacán.

Objetivos Específicos:

- Seleccionar 16 variantes de la variedad Hass del Banco de Germoplasma de la Facultad de Agrobiología.
- Describir fenotípicamente las variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas: materia seca, humedad y contenido de aceite, de cada una de las 16 variantes de aguacate y de la variedad Hass.
- Identificar variantes de la variedad Hass con potencial agronómico para su evaluación como posibles variedades alternativas a la variedad Hass.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en la ciudad de Uruapan, Michoacán. En el Laboratorio de Recursos Fitogenéticos (LAREFI) de la Unidad de Investigaciones Avanzadas en Agrobiotecnología (UIAA) se llevó a cabo el proceso de caracterización y liofilización, mientras que la extracción de aceites fue hecha en el Laboratorio de Bromatología, ambos laboratorios de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” (FAPJ) dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

3.2 Material genético

Para la caracterización morfológica y fisicoquímica fueron seleccionados 16 genotipos variantes de Hass del huerto fenológico de la FAPJ, así como la variedad Hass. Los genotipos a evaluar proceden de distintas regiones de Michoacán y se encuentran establecidas en el Banco de Germoplasma de Aguacate de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” ubicado en la localidad de Santa Rosa, municipio de Uruapan, Michoacán, entre las coordenadas 19° 37' 64.87" Latitud Norte (LN) y -102° 02' 23.8" Longitud Oeste (LO), mientras que la variedad Hass fue obtenida del Huerto El Diamante, localizado en el municipio de San Juan Nuevo Parangaricutiro, 19° 39' 94.90" LN, -102° 16' 67.89" LO.

3.3 Recolección del material genético

Para la recolección del material, cada genotipo seleccionado fue dividido en cuatro cuadrantes, con el uso de una brújula y la posición del sol, esto con el fin de reducir variaciones debido a la exposición del sol. De cada uno de los cuadrantes se recolectaron, de manera aleatoria, 15 frutos, de los cuales 10 fueron utilizados para la caracterización morfológica, así como 10 hojas y 3 inflorescencias por cuadrante, dando un total de 40 frutos, 40 hojas y 12 inflorescencias por variante (Rodríguez González, 2011), mientras que para la evaluación fisicoquímica se utilizó una submuestra homogénea de 10 frutos. Una vez recolectado el material vegetal, debidamente etiquetado, fue trasladado al Laboratorio de Recursos Fitogenéticos de la UIAA para las evaluaciones correspondientes.

3.4 Caracterización fenotípica de las variantes de aguacate variedad Hass

La caracterización de los genotipos, tanto de sus órganos vegetativos como reproductivos, se llevó a cabo con los descriptores para aguacate (*Persea* spp.) propuestos por el IPGRI (IPGRI, 1995). Con los datos obtenidos se elaboró una matriz de datos en Excel® para el control y registro de la información. La matriz se compuso de la siguiente información: identificación de la colecta, fecha de colecta, número de cuadrante, número de árbol y parte vegetativa caracterizada. En total, fueron evaluadas 90 variables morfológicas de las cuales, 67 son del tipo cualitativo y 23 cuantitativo.

3.4.1 Caracterización de árbol

Para la caracterización del árbol se tomaron en cuenta las siguientes variables: vigor, ancho, altura y forma del árbol, superficie del tronco, circunferencia del tronco, patrón de ramificación, distribución de las ramas, ángulo de inserción de las ramas principales, color de la rama joven, superficie de la rama joven, color de las lenticelas del vástago joven y rendimiento por árbol (kg). Para las variables ancho y altura de árbol fue colocado un metro de metal como referencia al momento de tomar las fotos para poder obtener las medidas y para la circunferencia del tronco se empleó una cinta métrica.

3.4.2 Caracterización de hoja

Para la evaluación de las hojas, fueron seleccionadas, al azar, 10 hojas maduras y sanas de cada cuadrante por árbol, para evaluar las variables: forma, color, olor y textura de la hoja, forma de la base, forma del ápice, longitud de la lámina foliar, pubescencia de la hoja, ángulo de inserción del peciolo foliar, margen de la hoja, relieve de la venación en la superficie del haz, divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal y número de venas primarias. Para la evaluación de las variables cuantitativas se utilizó una regla de 30 cm, y las variables cualitativas se observaron visualmente, utilizando una carta de colores RAL K7 (2004) para determinar la variable color de la hoja. Posteriormente, cada uno de los grupos de hojas por cuadrante fue foto documentado.

3.4.3 Caracterización de flor

En cada uno de los genotipos analizados, fueron seleccionadas tres inflorescencias completamente desarrolladas por cuadrante de manera aleatoria, para describir las siguientes variables: época y duración de floración, tipo de floración, posición de la inflorescencia y color de la floración, las cuales se determinaron de manera visual y para la variable de color se utilizó la gama de colores RAL K7 (2004). En cuanto a las características pubescencia del pétalo y del sépalo, estilo de la flor, ausencia/presencia del polen y ausencia/presencia de base de nectarios se detectaron con ayuda de un microscopio S6D (Leica). La longitud del eje principal, longitud del pedicelo y longitud de pétalos y sépalos fueron evaluadas con ayuda de un vernier. En lo que respecta al número de flores por inflorescencia y número de ramificaciones de la inflorescencia, fueron determinadas por conteo.

3.4.4 Caracterización de fruto

Para la caracterización de fruto se seleccionaron, completamente al azar, 15 frutos en madurez fisiológica de cada uno de los cuadrantes de los árboles, 60 en total, de los cuales 40 fueron utilizados para la evaluación morfológica y 20 para los análisis fisicoquímicos. Los frutos fueron cosechados de manera manual con ayuda de un gancho y tijera desde la unión del pedúnculo y fueron registradas las variables, forma del fruto y forma de la base, de manera visual, mientras que la longitud, diámetro y peso del fruto, con ayuda de un vernier digital y una balanza analítica (Sartorius, TE6100). La brillantez, superficie, color y flexibilidad de la cáscara fueron

determinadas visualmente, al igual que la posición y forma del ápice, posición y forma del pedicelo y pedicelo con forma de “cabeza de clavo”. Para la longitud y diámetro del pedúnculo y longitud del pedicelo, así como grosor de la cáscara se utilizó un vernier digital. El color del pedicelo, distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo, tamaño y densidad de las lenticelas fueron evaluadas por observación.

Una vez evaluadas las características anteriores fue hecho un corte longitudinal al fruto para evaluar la adherencia de la cascará a la pulpa, color de la pulpa cercana a la cáscara y a la semilla. Con ayuda de un panel entrenado, compuesto por cinco jueces, los cuales probaron y paladearon la pulpa, fueron determinadas las variables de textura, dulzura, amargor, fibra y sabor de la pulpa. El grado y decoloración de la pulpa fueron valorados cuatro horas después de partir el fruto y por último se determinaron los días de almacenamiento. Cada uno de los grupos de frutos por cuadrante fueron foto documentados antes y después de ser partidos.

3.4.5 Caracterización de semilla

En cuanto a la semilla, las variables a medir fueron: forma, superficie, cubierta, posición y espacio libre de la cavidad de la semilla, las cuales se determinaron por tacto, para superficie de la semilla, y observación para el resto de las variables. Para evaluar la longitud, diámetro y peso de la semilla fueron utilizados un vernier digital y una balanza analítica. La adherencia y color de los cotiledones se determinó visualmente, mientras que la longitud y diámetro de la cavidad se midió con la ayuda de un vernier digital. Finalmente, cada grupo de semillas por cuadrante fue foto documentado.

3.4.6 Evaluación de rendimiento

Para la estimación del rendimiento de cada una de las variantes, se procedió a contabilizar el número de frutos totales por árbol con ayuda de un contador manual de cuatro dígitos marca Pretul, y con base al peso promedio de 40 frutos, se obtuvo el rendimiento en kg árbol⁻¹. El cálculo de esta determinación se realizó con base en la siguiente fórmula (Gómez-López, 2000):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{frutos totales por árbol} \times \text{peso promedio de 40 frutos (g)}}{1000}$$

3.5 Análisis fisicoquímicos de las variantes de aguacate variedad Hass

3.5.1 Materia seca y contenido de humedad

Para el cálculo de materia seca y porcentaje de humedad se utilizaron cinco frutos por variante en estado de madurez fisiológica, los cuales fueron seleccionados al azar de los frutos recolectados. Ambas características fueron determinadas por medio de la técnica de secado hasta peso constante en una incubadora (Lab-line Imperial III) a 65 °C; primeramente se removió completamente la cáscara del fruto con ayuda de un pelador victorinox, fue hecho un corte longitudinal al fruto y se retiró la semilla y la testa. Posteriormente, con ayuda del pelador se cortaron rodajas longitudinales de aproximadamente 1 mm de espesor hasta obtener una muestra

de 20 g de cada uno de los frutos. Las rodajas fueron colocadas sobre papel craft para posteriormente ser introducidas a la incubadora en donde se dejaron por un lapso de 48 horas o hasta peso constante con variaciones menores a 0.03 g entre evaluaciones. Posteriormente, se obtuvo el porcentaje de materia seca y el contenido de humedad, con ayuda de una balanza analítica (Denver APX-200), por diferencias de peso entre las muestras iniciales y deshidratadas, los valores se expresaron en porcentaje peso/peso.

Para el cálculo de materia seca y contenido de humedad se utilizaron las siguientes formulas (Swarts, 1979; Lee, 1981):

$$\text{Materia seca} = \left(\frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \right) \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad} = \left(\frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \right) \times 100$$

3.6 Contenido de aceite de las variantes de aguacate variedad Hass

3.6.1 Procesamiento de los frutos

Aunque el porcentaje de aceite no es una característica morfológica, si se considera una variable importante de calidad por lo que se evaluó el porcentaje de aceite en el fruto de cada una de las variantes. Para el procesamiento de las muestras, fue tomada una submuestra homogénea de 200 g de pulpa fresca, de los frutos recolectados de cada una de las variantes, 50 g de pulpa por cuadrante, la cual fue deshidratada en un liofilizador (Labconco®), a una presión de vacío de -0.10 mBar y con una temperatura de -50 °C durante 96 horas. Después de la liofilización de las muestras se procedió a pulverizarlas con ayuda de un molino eléctrico de acero inoxidable marca Krups hasta obtener un polvo muy fino, terminado este proceso, el polvo liofilizado fue conservado en tubos de 15 mL previamente etiquetados y se almacenaron a -20 °C para una mejor conservación del material.

3.6.2 Extracción de aceite

Una vez liofilizadas las muestras se procedió a determinar el porcentaje de aceite total de cada una de las variantes estudiadas por medio del método de extracción Soxhlet (Soxhlet, 1879). La extracción lipídica fue hecha a una muestra pulverizada de tres g obtenida de la pulpa liofilizada, con cuatro repeticiones por variante.

Esta técnica es usada para la determinación del contenido graso en muestras de diferente naturaleza y permite la recuperación total del aceite contenido en la pulpa del aguacate. El procedimiento para la extracción de aceites se describe a continuación:

1. Antes de iniciar el proceso de extracción, colocar los matraces balón en una incubadora (Lab-line Imperial III) a una temperatura de 60°C durante dos horas hasta peso constante.
2. Colocar los matraces en un desecador por cinco minutos antes de ser pesados.

3. Una vez listos, pesar los matraces, así como los dedales de extracción de celulosa (Whatman 25 x 80 mm) y el papel filtro (Whatman 4), con el fin de tener el peso de cada uno de los componentes del sistema de extracción.
4. Pesar aproximadamente 3 g de muestra pulverizada de aguacate, previamente liofilizada, y colocarlos en un papel filtro, posteriormente cerrar cuidadosamente el papel filtro para evitar pérdida de la muestra.
5. Introducir el papel filtro con la muestra en el dedal y colocarlo dentro de la cámara de extracción del extractor Soxhlet.
6. Con la ayuda de una probeta graduada medir 150 ml de Hexano y verter aproximadamente 90 ml en la cámara de extracción y el resto agregarlo en el matraz balón.
7. Armar el equipo de extracción y encender las parillas a una temperatura aproximada de 80 °C para comenzar con el proceso de extracción.
8. Recircular el hexano durante 4 horas, aproximadamente, hasta que el solvente muestre una coloración cristalina.
9. Separar las grasas extraídas del solvente por medio de evaporación, evitando el reflujo, con el fin de recuperar el solvente.
10. Apagar el equipo una vez recuperada la mayor cantidad de solvente y colocar los matraces con las muestras en la incubadora a 60 °C, durante 12 horas.
11. Finalmente, colocar los matraces con la muestra en un desecador durante cinco minutos antes de pesar hasta obtener peso constante.

Para el cálculo del rendimiento de extracción, expresado en porcentaje, se dividió el peso de aceite extraído en g sobre el peso de la pulpa liofilizada a la cual se le extrajo el aceite, y el valor obtenido se multiplico por 100 (Perdomo A. & Palomarez, 2015):

$$\text{Rendimiento de extracción} = \left(\frac{\text{peso de aceite extraído en g}}{\text{peso de pulpa liofilizada}} \right) \times 100$$

Para el cálculo de contenido de aceite con base al peso fresco del fruto, se utilizó la siguiente formula (Astudillo Galdames, 1995):

$$\% \text{ de aceite} = \frac{\text{peso de aceite extraído en g} \times (100 - \text{porcentaje de humedad})}{\text{g de muestra pulverizada obtenida de la pulpa liofilizada}}$$

3.7 Análisis de la información

Primeramente, para las variables cuantitativas, se realizó un análisis descriptivo, mientras que para las variables del tipo cualitativas se realizó un análisis de frecuencias. Los histogramas de frecuencias para las 67 variables cualitativas fueron hechos con ayuda del programa estadístico JMP de SAS versión 13 (SAS Institute Inc., 2016). La base de datos obtenida se sometió a un análisis de varianza de una vía, para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las variables evaluadas, con el procedimiento estadístico PROC ANOVA

del paquete estadístico SAS Studio (SAS Institute Inc., 2021). La comparación de medias, en donde se determinan diferencias significativas, fue hecha mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Posteriormente, con las variables que mostraron diferencias significativas, se hizo un análisis de Stepwise para identificar aquellas variables que aportaron la mayor variación al conjunto de datos. Con la finalidad de determinar la posible asociación entre las características evaluadas, se practicó un análisis de correlación de Pearson mediante el procedimiento PROC CORR. Se eliminaron aquellas variables altamente correlacionadas para depurar y mantener solo las más informativas, evitando así colinealidad y se mantuvieron aquellas variables que aportaron mayor información para explicar la varianza total (Pearson & Filon, 1898). De igual manera, se utilizaron herramientas de estadística multivariada, para determinar la asociación entre los genotipos evaluados. Se llevó a cabo un análisis de Componentes Principales (ACP), con el fin de reducir el número de variables sin perder información, así como un análisis de conglomerados, para determinar las relaciones de parentesco entre los genotipos estudiados. Lo anterior, fue hecho mediante los procedimientos PROC PRINCOMP, PROC CLUSTER y PROC TREE del paquete estadístico indicado. Finalmente, para las características morfológicas cuantitativas y fisicoquímicas se calcularon las distancias Euclidianas, mientras que, para las características morfológicas cualitativas, se calcularon las distancias de Gower. Posteriormente, se construyeron tres dendogramas por el método de agrupamiento de Ward, con las variables que mostraron un mayor valor descriptivo, para obtener la separación máxima de grupos por sus similitudes. La confiabilidad de los grupos formados se ejecutó con una prueba de pseudo “F”, la cual, permite evaluar la cantidad óptima de grupos por medio de una proporción que refleja la similitud dentro de un grupo y las diferencias entre grupos (Calinski & Harabasz, 1974).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variabilidad fenotípica de las variantes de aguacate variedad Hass

Los resultados obtenidos en la evaluación fenotípica demuestran la variabilidad existente entre los 16 genotipos variantes y Hass, ya que se observaron diferencias para las 67 variables cualitativas y 23 cuantitativas evaluadas. A continuación, se presentan los descriptores esenciales altamente discriminantes, propuestos por el IPGRI, y aplicados para la descripción de los genotipos evaluados y la variedad Hass, que se presentan en las Figuras 1-17 y Cuadro 1.

La variante F2A3, que se presenta en las Figuras 1 y 1A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente. En lo que respecta a las características de hoja, la forma que predominó para esta variante fue oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 14 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto que predominó fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cónico, un color de la cáscara verde helecho (RAL 6025), así como un grosor de la misma de 1.17 mm y para la pulpa, se presentó una textura acuosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 1. Características fenotípicas de la variante F2A3.

La variante F2A5, que se presenta en las Figuras 2 y 2A, presentó una superficie del tronco rugosa, un color de la rama joven verde y superficie pubescente, una forma de hoja oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 16 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo intermedia, la forma del fruto predominante fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cónico, un color de la cáscara verde hoja (RAL 6002), así como un grosor de la misma de 1.40 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. La forma de semilla predominante fue obovada-ancha y con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 2. Características fenotípicas de la variante F2A5.

La variante F3A2, que se presenta en las Figuras 3 y 3A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente, una forma de hoja lanceolada, con pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 12 y divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Para los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cónico, color de la cáscara verde cromo (RAL 6020), así como un grosor de la misma de 1.37 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue esferoide con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 3. Características fenotípicas de la variante F3A2.

La variante F3A4, que se presenta en las Figuras 4 y 4A, presentó una superficie del tronco rugosa y color de la rama joven verde con superficie pubescente. Con respecto a las características de hoja, la forma que predominó fue oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 18 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo intermedia, la forma del fruto que predominó fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cilíndrico, un color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.83 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 4. Características fenotípicas de la variante F3A4.

La variante F3A5, que se presenta en las Figuras 5 y 5A, presentó una superficie del tronco rugosa, un color de la rama joven verde y superficie pubescente, una forma de hoja oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 15 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto predominante fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cónico, un color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.58 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. La forma de semilla predominante fue obovada-ancha y con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 5. Características fenotípicas de la variante F3A5.

La variante F4A7, que se presenta en las Figuras 6 y 6A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente. En lo que respecta a las características de hoja, la forma que predominó para esta variante fue lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 15 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto que predominó fue obovado, con una forma del pedicelo cilíndrico, un color de la cáscara verde helecho (RAL 6025), así como un grosor de la misma de 1.53 mm y para la pulpa, se presentó una textura pastosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue esferoide con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 6. Características fenotípicas de la variante F4A7.

La variante F7A4, que se presenta en las Figuras 7 y 7A, presentó una superficie del tronco rugosa, un color de la rama joven verde y superficie pubescente, una forma de hoja oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 11 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto predominante fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo redondeado, un color de la cáscara verde helecho (RAL 6025), así como un grosor de la misma de 1.57 mm y para la pulpa, se presentó una textura acuosa. La forma de semilla predominante fue obovada-ancha y con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 7. Características fenotípicas de la variante F7A4.

La variante F11A3, que se presenta en las Figuras 8 y 8A, presentó una superficie del tronco rugosa y color de la rama joven verde con superficie pubescente, forma de hoja oblonga-lanceolada, con pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 11 y divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Para los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, forma del fruto obovado-angosto, con forma del pedicelo cilíndrico, color de la cáscara verde helecho (RAL 6025), así como un grosor de la misma de 1.38 mm y para la pulpa, se presentó una textura acuosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 8. Características fenotípicas de la variante F11A3.

La variante F11A8, que se presenta en las Figuras 9 y 9A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente. En lo que respecta a las características de hoja, la forma que predominó para esta variante fue lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 14 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto que predominó fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cilíndrico, un color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.34 mm y para la pulpa, se presentó una textura acuosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue esferoide con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 9. Características fenotípicas de la variante F11A8.

La variante F12A8, que se presenta en las Figuras 10 y 10A, presentó una superficie del tronco rugosa, un color de la rama joven verde y superficie pubescente, una forma de hoja lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 14 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto predominante fue obovado, con una forma del pedicelo cilíndrico, un color de la cáscara verde helecho (RAL 6025), así como un grosor de la misma de 1.68 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. La forma de semilla predominante fue obovada-ancha y con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 10. Características fenotípicas de la variante F12A8.

La variante F12A11, que se presenta en las Figuras 11 y 11A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente, una forma de hoja lanceolada, con pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 14 y divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Para los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo redondeado, color de la cáscara verde hoja (RAL 6002), así como un grosor de la misma de 1.41 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 11. Características fenotípicas de la variante F12A11.

La variante F12A13, que se presenta en las Figuras 12 y 12A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente. En lo que respecta a las características de hoja, la forma que predominó para esta variante fue oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 12 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto que predominó fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo redondeado, color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.42 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 12. Características fenotípicas de la variante F12A13.

La variante F13A9, que se presenta en las Figuras 13 y 13A, presentó una superficie del tronco rugosa, color de la rama joven verde y superficie pubescente, forma de hoja oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 12 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto predominante fue obovado-angosto, con pedicelo cónico, color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.46 mm y para la pulpa, se presentó una textura acuosa. La forma de semilla predominante fue esferoide y con la superficie del cotiledón lisa.



Figura 13. Características fenotípicas de la variante F13A9.

La variante F13A10, que se presenta en las Figuras 14 y 14A, presentó una superficie del tronco rugosa y color de la rama joven verde con superficie pubescente, forma de hoja oblonga-lanceolada, con pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 12 y divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Para los órganos reproductivos, la flor presentó pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto fue obovado-angosto, con forma del pedicelo cónico, color de la cáscara verde hoja (RAL 6002), así como un grosor de la misma de 1.19 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 14. Características fenotípicas de la variante F13A10.

La variante F14A4, que se presenta en las Figuras 15 y 15A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente. En lo que respecta a las características de hoja, la forma que predominó para esta variante fue oblonga-lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 13 y una divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal aguda. En cuanto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto que predominó fue obovado-angosto, con una forma del pedicelo cónico, un color de la cáscara verde hoja (RAL 6002), así como un grosor de la misma de 1.27 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue obovada-ancha con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 15. Características fenotípicas de la variante F14A4.

La variante F14A7, que se presenta en las Figuras 16 y 16A, presentó una superficie del tronco rugosa, un color de la rama joven verde y superficie pubescente, una forma de hoja lanceolada, con una pubescencia de la superficie inferior escasa, un número de venas primarias promedio de 13 y una divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Con respecto a los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto predominante fue obovado, con una forma del pedicelo cónico, un color de la cáscara verde hoja (RAL 6002), así como un grosor de la misma de 1.25 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. La forma de semilla predominante fue obovada-ancha y con una superficie del cotiledón intermedia.



Figura 16. Características fenotípicas de la variante F14A7.

La variedad Hass, que se presenta en las Figuras 17 y 17A, presentó una superficie del tronco rugosa y un color de la rama joven verde con superficie pubescente, una forma de hoja lanceolada, con pubescencia de la superficie inferior escasa, número de venas primarias promedio de 13 y divergencia aguda de las venas primarias respecto a la vena principal. Para los órganos reproductivos, la flor presentó una pubescencia del pétalo y del sépalo densa, la forma del fruto fue obovado, con una forma del pedicelo cónico, color de la cáscara verde hierba (RAL 6010), así como un grosor de la misma de 1.32 mm y para la pulpa, se presentó una textura cremosa. Así mismo, la forma de semilla predominante fue base aplanada, ápice cónico con una superficie del cotiledón lisa.



Figura 17. Características fenotípicas de la variedad Hass.

Cuadro 1. Descriptores esenciales altamente discriminantes, propuestos por el IPGRI, y aplicados para la descripción de los genotipos evaluados y la variedad Hass.

ÓRGANOS VEGETATIVOS							
	Superficie del tronco	Color de la rama joven	Superficie de la rama joven	Forma de la hoja	Pubescencia de la superficie inferior de la hoja	Número de venas primarias	Divergencia de las venas primarias respecto de la vena principal (°)
F2A3	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	14	Aguda
F2A5	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	16	Aguda
F3A2	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	12	Aguda
F3A4	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	18	Aguda
F3A5	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	15	Aguda
F4A7	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	15	Aguda
F7A4	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	11	Aguda
F11A3	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	11	Aguda
F11A8	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	14	Aguda
F12A8	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	14	Aguda
F12A11	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	14	Aguda
F12A13	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	12	Aguda
F13A9	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	12	Aguda
F13A10	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	12	Aguda
F14A4	Rugosa	Verde	Pubescente	Oblonga-lanceolada	Escasa	13	Aguda
F14A7	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	13	Aguda
Hass	Rugosa	Verde	Pubescente	Lanceolada	Escasa	13	Aguda

ÓRGANOS REPRODUCTIVOS								
	Pubescencia del pétalo y sépalo	Forma del fruto	Forma del pedicelo	Color de la cáscara	Grosor de la cáscara	Textura de la pulpa	Forma de la semilla	Superficie del cotiledón
F2A3	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde helecho (RAL 6025)	1.17 mm	Acuosa	Obovada-ancha	Intermedia
F2A5	Intermedia	Obovado-angosto	Cónico	Verde hoja (RAL 6002)	1.40 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Lisa
F3A2	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde cromo (RAL 6020)	1.37 mm	Cremosa	Esferoide	Lisa
F3A4	Intermedia	Obovado-angosto	Cilíndrico	Verde hierba (RAL 6010)	1.83 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Lisa
F3A5	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde hierba (RAL 6010)	1.58 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Lisa
F4A7	Densa	Obovado	Cilíndrico	Verde helecho (RAL 6025)	1.53 mm	Pastosa	Esferoide	Intermedia
F7A4	Densa	Obovado-angosto	Redondeado	Verde helecho (RAL 6025)	1.57 mm	Acuosa	Obovada-ancha	Lisa
F11A3	Densa	Obovado-angosto	Cilíndrico	Verde helecho (RAL 6025)	1.38 mm	Acuosa	Obovada-ancha	Intermedia
F11A8	Densa	Obovado-angosto	Cilíndrico	Verde hierba (RAL 6010)	1.34 mm	Acuosa	Esferoide	Lisa
F12A8	Densa	Obovado	Cilíndrico	Verde helecho (RAL 6025)	1.68 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Lisa
F12A11	Densa	Obovado-angosto	Redondeado	Verde hoja (RAL 6002)	1.41 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Lisa
F12A13	Densa	Obovado-angosto	Redondeado	Verde hierba (RAL 6010)	1.42 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Intermedia
F13A9	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde hierba (RAL 6010)	1.46 mm	Acuosa	Esferoide	lisa
F13A10	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde hoja (RAL 6002)	1.19 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Intermedia
F14A4	Densa	Obovado-angosto	Cónico	Verde hoja (RAL 6002)	1.27 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Intermedia
F14A7	Densa	Obovado	Cónico	Verde hoja (RAL 6002)	1.25 mm	Cremosa	Obovada-ancha	Intermedia
Hass	Densa	Obovado	Cónico	Verde hierba (RAL 6010)	1.32 mm	Cremosa	Aplanada	Lisa

Por otra parte, los histogramas generados para las características cualitativas evaluadas en árbol (6), hoja (8), flor (5), fruto (24) y semilla (7), Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24, presentaron una distribución discontinua o discreta, propiedad distintiva de los caracteres del tipo monogénicos, los cuales son difícilmente influenciados por el ambiente. En contraste, los histogramas obtenidos para las variables fisicoquímicas (3), Figura 25, presentaron una distribución continua o normal, lo que indica que estos caracteres son determinados por varios genes, también conocidos como características poligénicas, altamente influenciadas por el ambiente (Ferreira *et al.*, 2005).

A través de los años, la hibridación natural entre las razas de aguacate ha producido una gran cantidad de híbridos, muchos de los cuales se comercializan hoy en día, sin embargo, esta hibridación natural continúa dándose entre los materiales existentes por lo que los entornos geográficos y climáticos han ocasionado el desarrollo gradual de materiales locales y regionales en las distintas zonas agroecológicas existentes. Con el fin de obtener una visión más amplia de las variantes evaluadas, las cuales pudieran ser de gran importancia como reservorio de genes para la especie, es necesario el estudio y evaluación del germoplasma procedente de la franja aguacatera del estado de Michoacán. Son pocos los estudios de este tipo, ya que se han evaluado material criollo y distintas variedades, principalmente Hass, pero se ha dejado de lado aquellos genotipos variantes de Hass los cuales pudieran representar una alternativa como genotipos diferenciados y con interés comercial. Un estudio previo para determinar la utilidad de los marcadores moleculares del tipo SSR en la discriminación de genotipos variantes de Hass, con material genético proveniente del Banco de Germoplasma, se observó un alto nivel de polimorfismo (91.94 %) y se detectaron algunos genotipos con potencial como fuente de variación genética dentro del germoplasma analizado por portar información distinta al resto de

los genotipos variantes y la variedad Hass (Martinez, 2019). Con este análisis, se corrobora lo obtenido en el presente estudio sobre la gran diversidad genética del germoplasma con el que se cuenta el huerto fenológico.

De manera similar, en un estudio para determinar la diversidad genética existente en el banco de germoplasma del Banco Experimental Bajío mediante características morfológicas de hoja y fruto de 114 accesiones de la raza mexicana, se logró evaluar y agrupar la alta variación y diferenciación existente en las poblaciones estudiadas, obteniendo como resultado que algunos de los genotipos evaluados presentan características sobresalientes de fruto que representan una alternativa para la producción de aguacate local y la diversificación del cultivo (Montes-Hernández *et al.*, 2017). Con el fin de caracterizar y documentar el germoplasma local de distintas regiones de Tanzania, 226 genotipos fueron evaluados por medio de caracteres de hoja, fruto y semilla; con los resultados obtenidos se observó una alta diversidad genética que puede ayudar a un mejor manejo y conservación del germoplasma, así como el mejoramiento del cultivo en un futuro (Juma *et al.*, 2020). De manera similar, Cañas-Gutiérrez *et al.* (2015), caracterizaron 111 árboles criollos y variedades comerciales procedentes de Colombia y determinaron que las poblaciones criollas analizadas presentan una alta variabilidad genética. En otro estudio, se caracterizaron morfológicamente 24 genotipos nativos de Nayarit con base a caracteres de hoja, fruto y semilla, se generaron tres grupos con características fenotípicas similares las cuales pueden ser usadas como criterios de selección y diferenciación de genotipos nativos de la zona (López-Guzmán *et al.*, 2015).

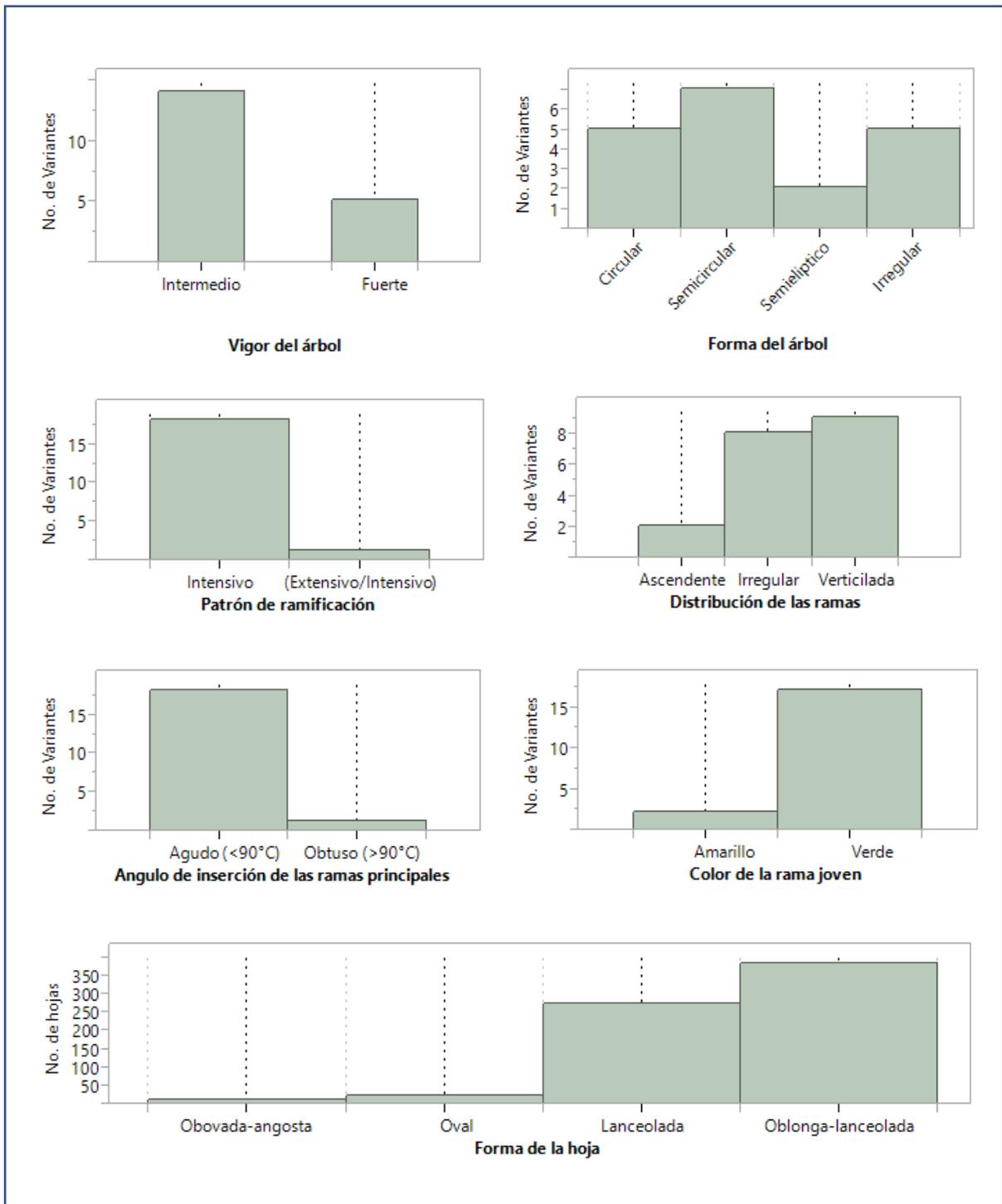


Figura 18. Histogramas de frecuencias obtenidos para seis variables cualitativas de árbol y una de hoja evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

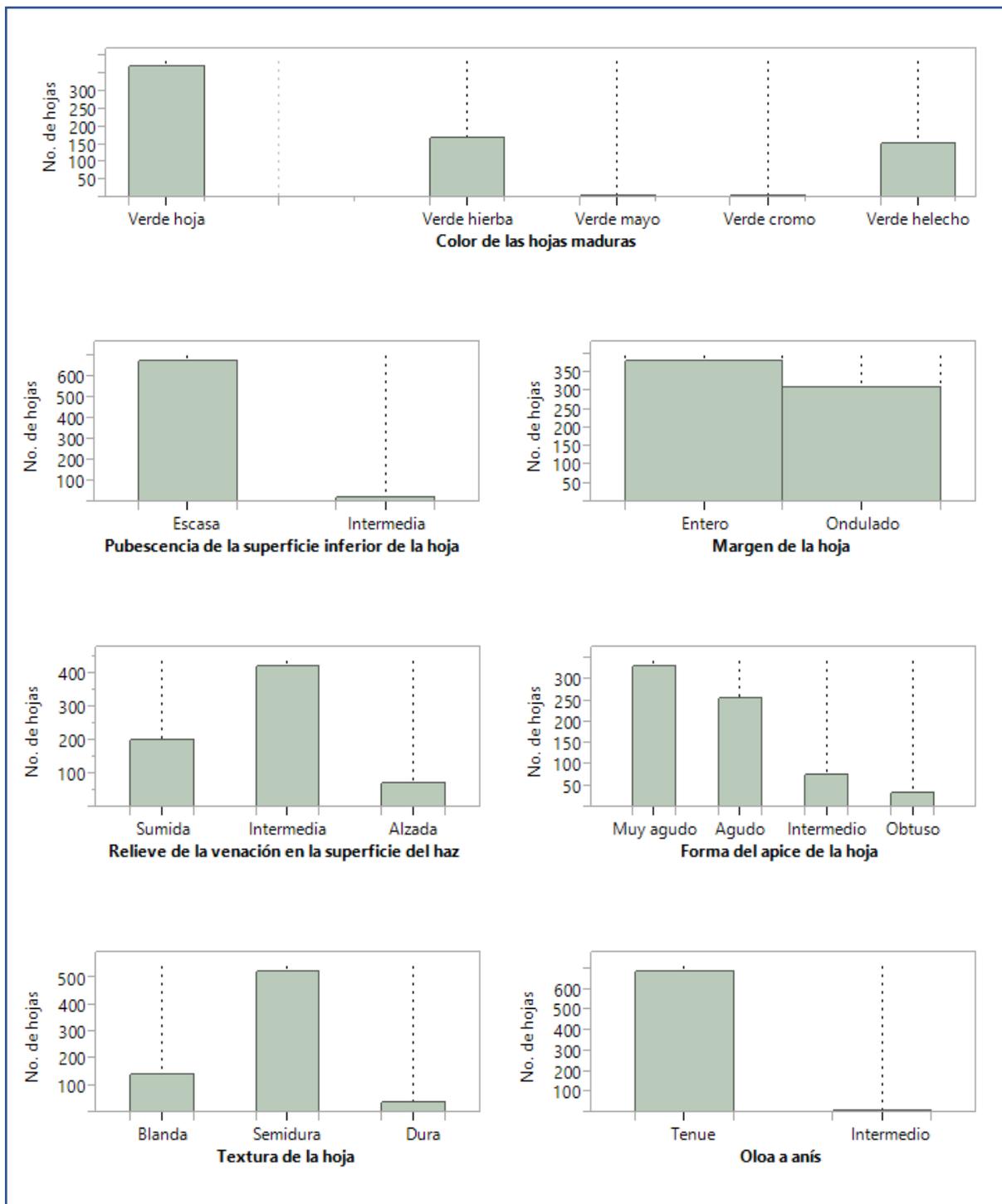


Figura 19. Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de hoja evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

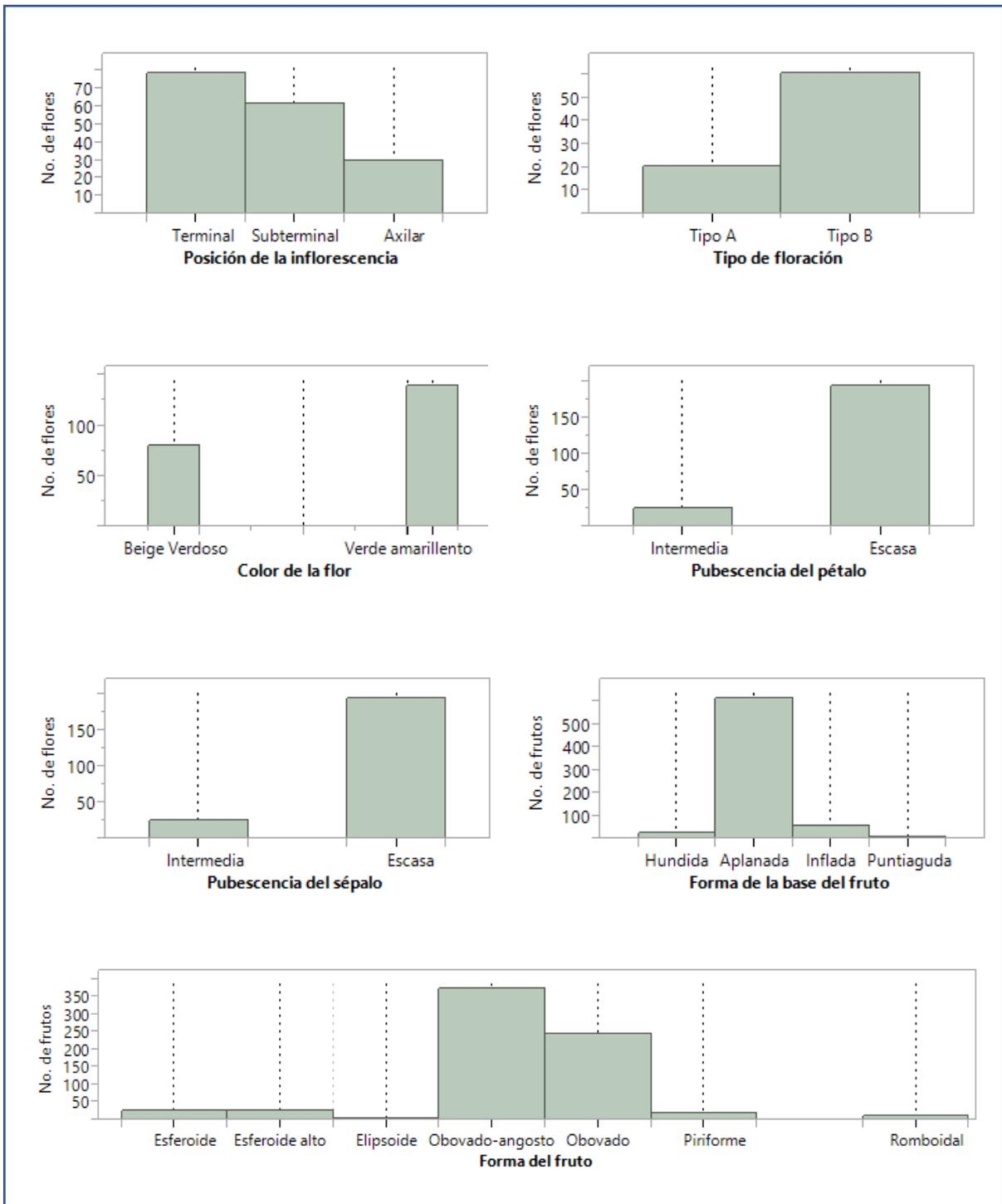


Figura 20. Histogramas de frecuencias obtenidos para cinco variables cualitativas de flor y dos de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

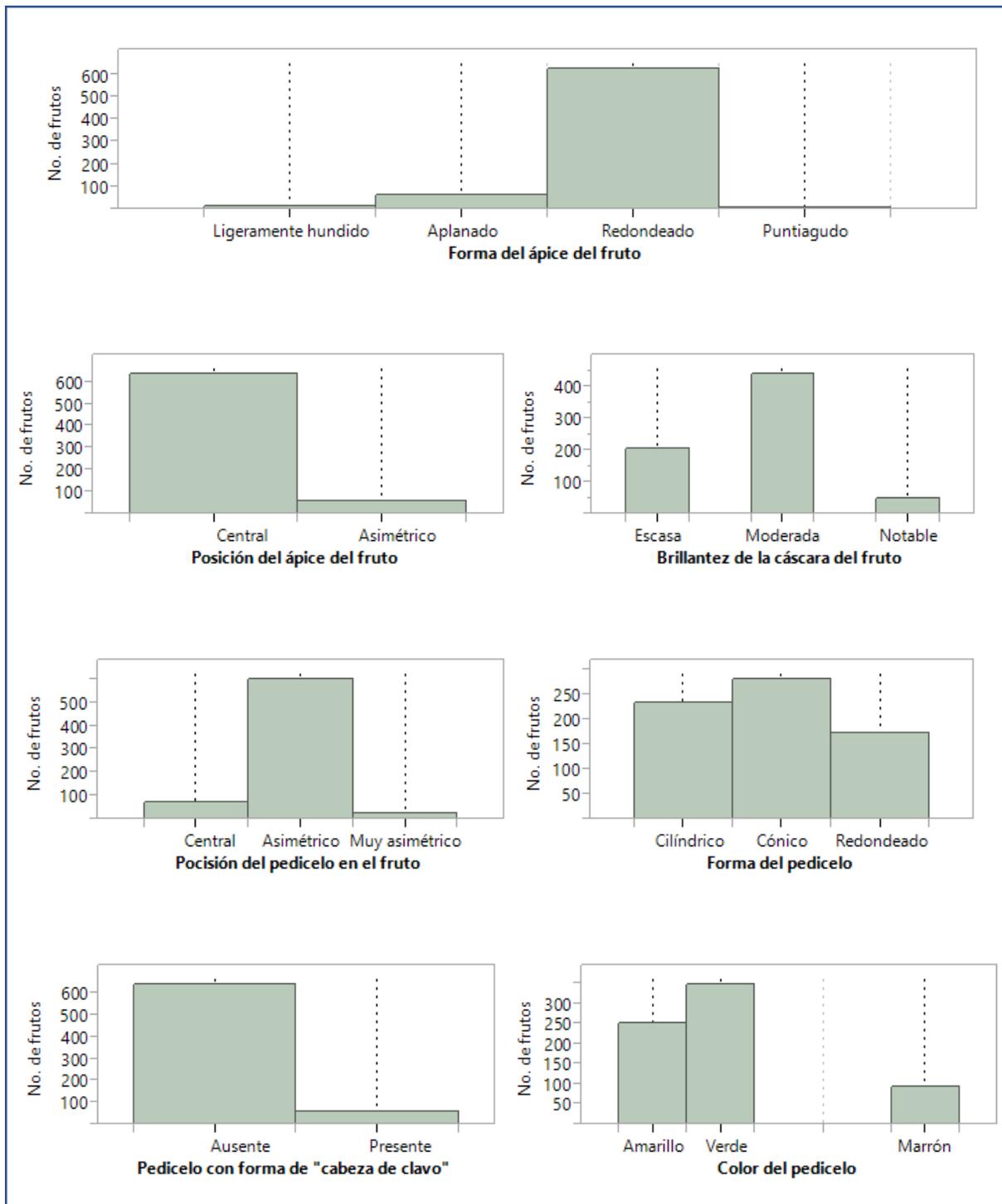


Figura 21. Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

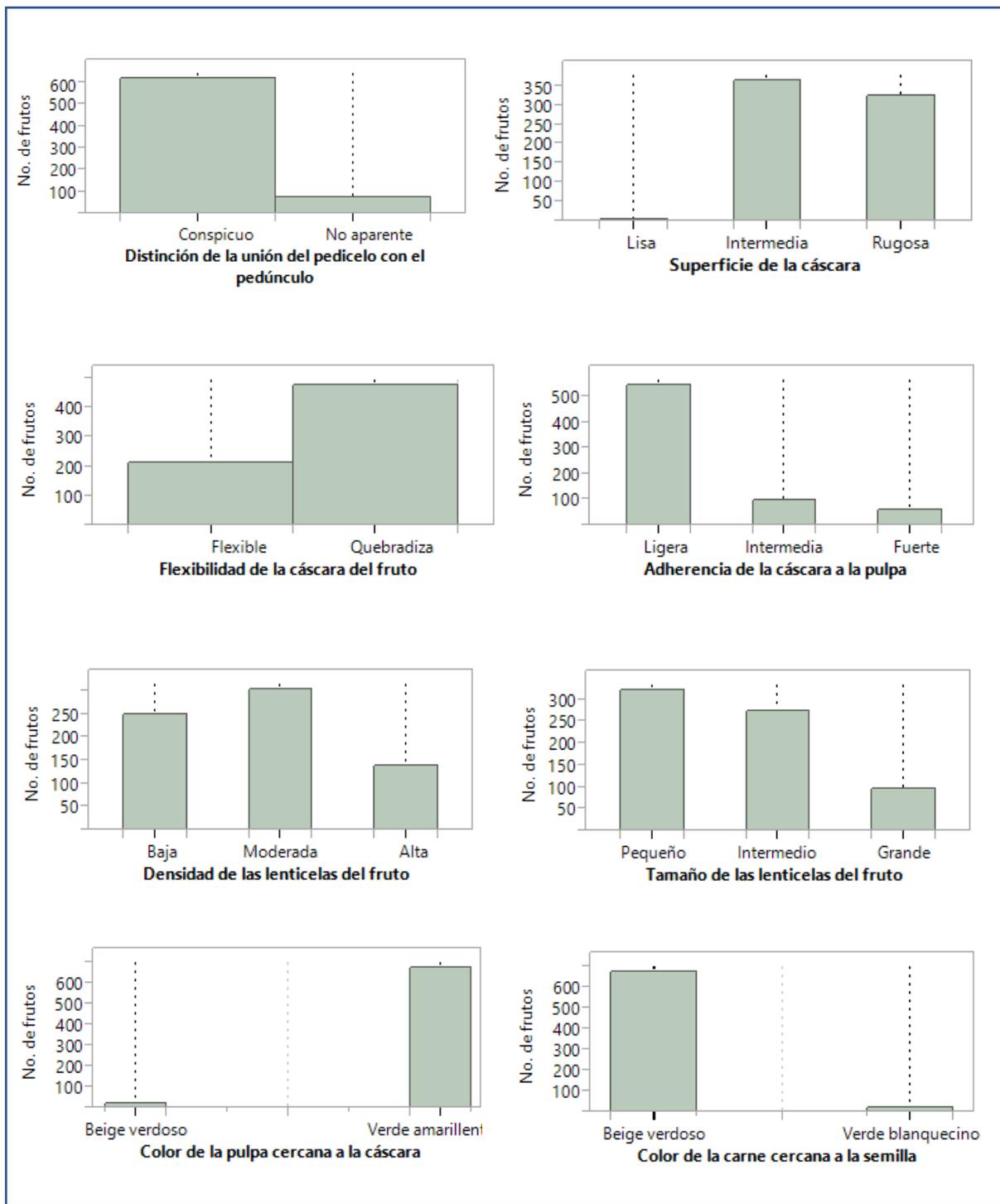


Figura 22. Histogramas de frecuencias obtenidos para ocho variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

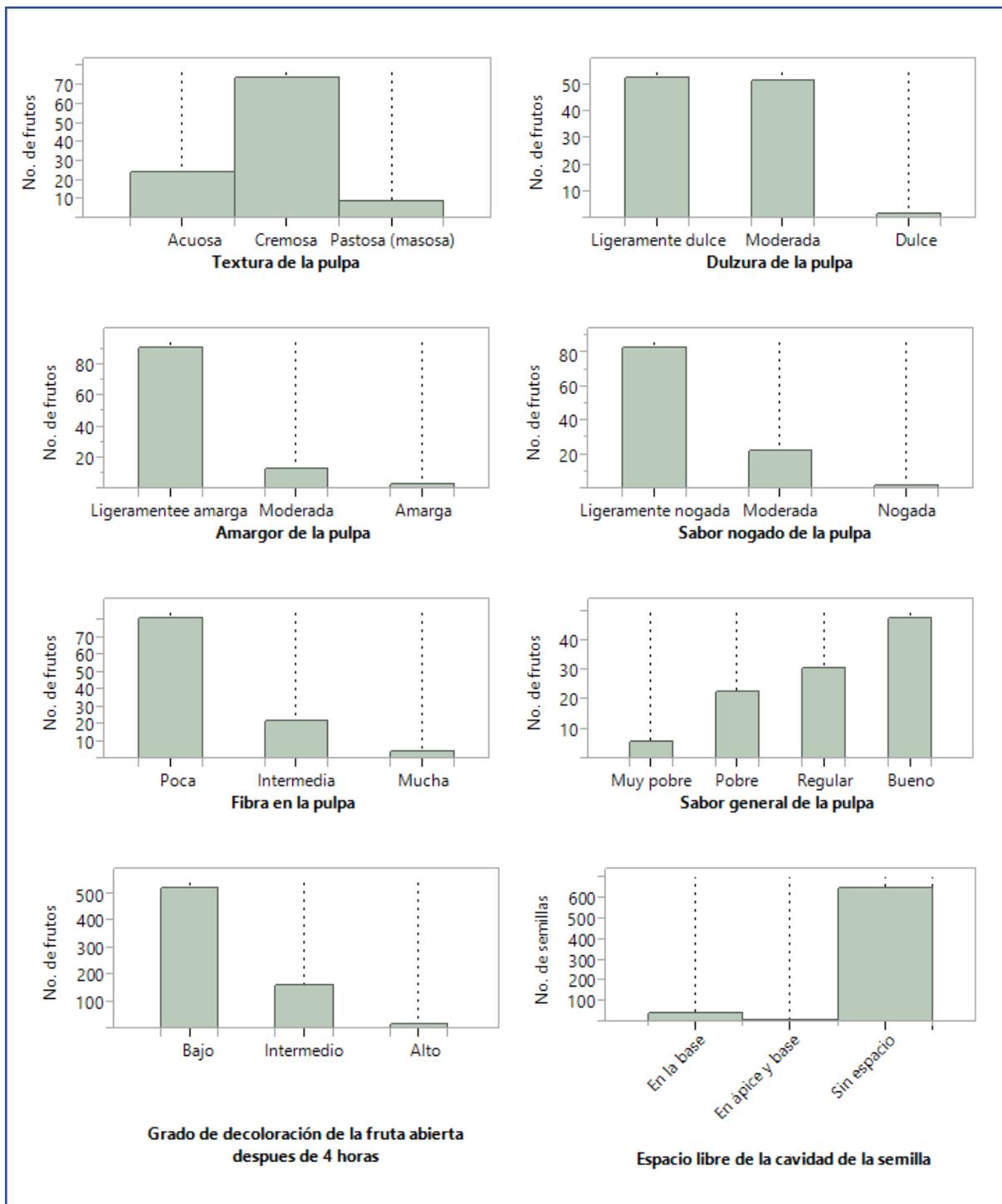


Figura 23. Histogramas de frecuencias obtenidos para siete variables cualitativas de fruto y una de semilla evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

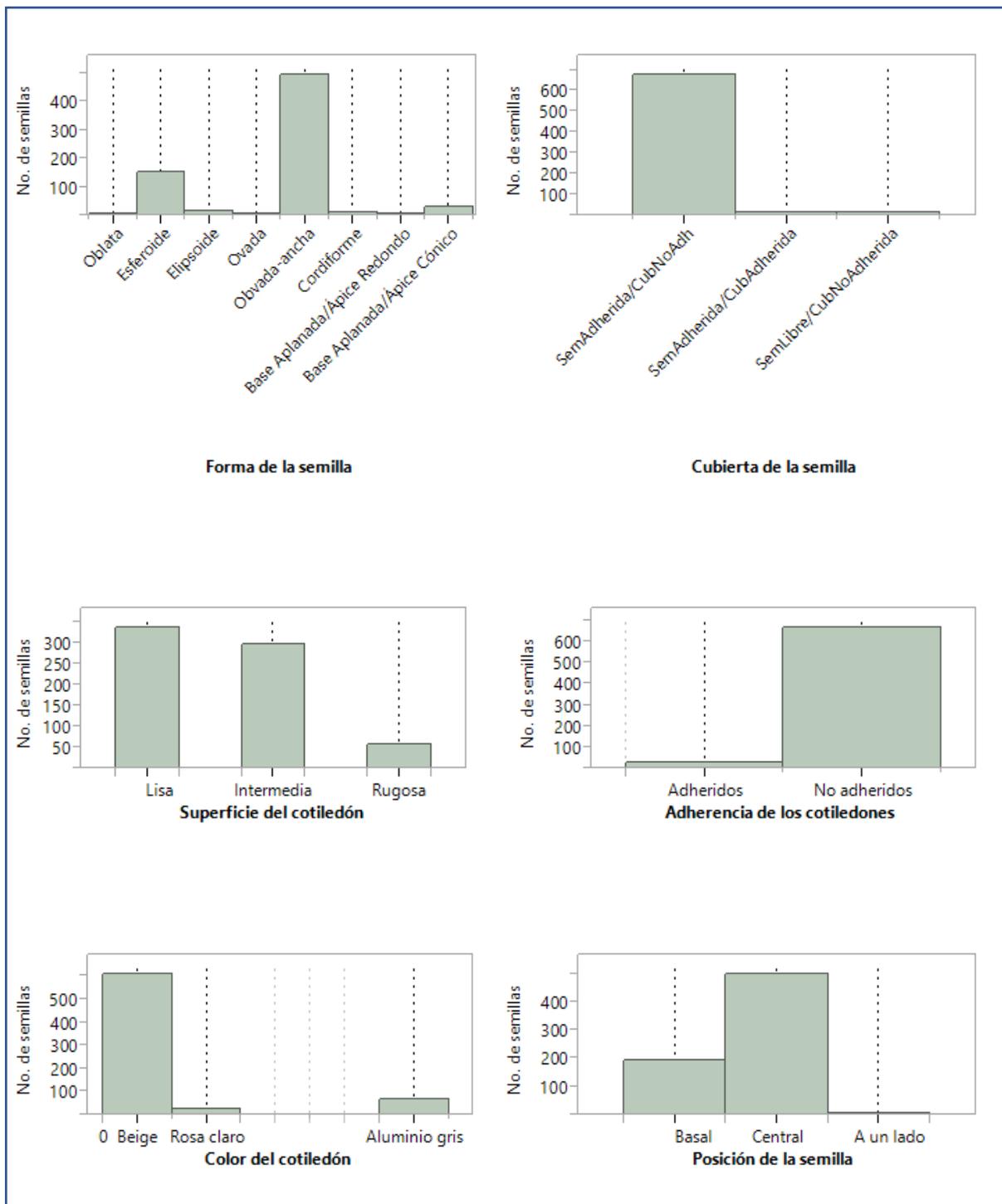


Figura 24. Histogramas de frecuencias obtenidos para ocho variables cualitativas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

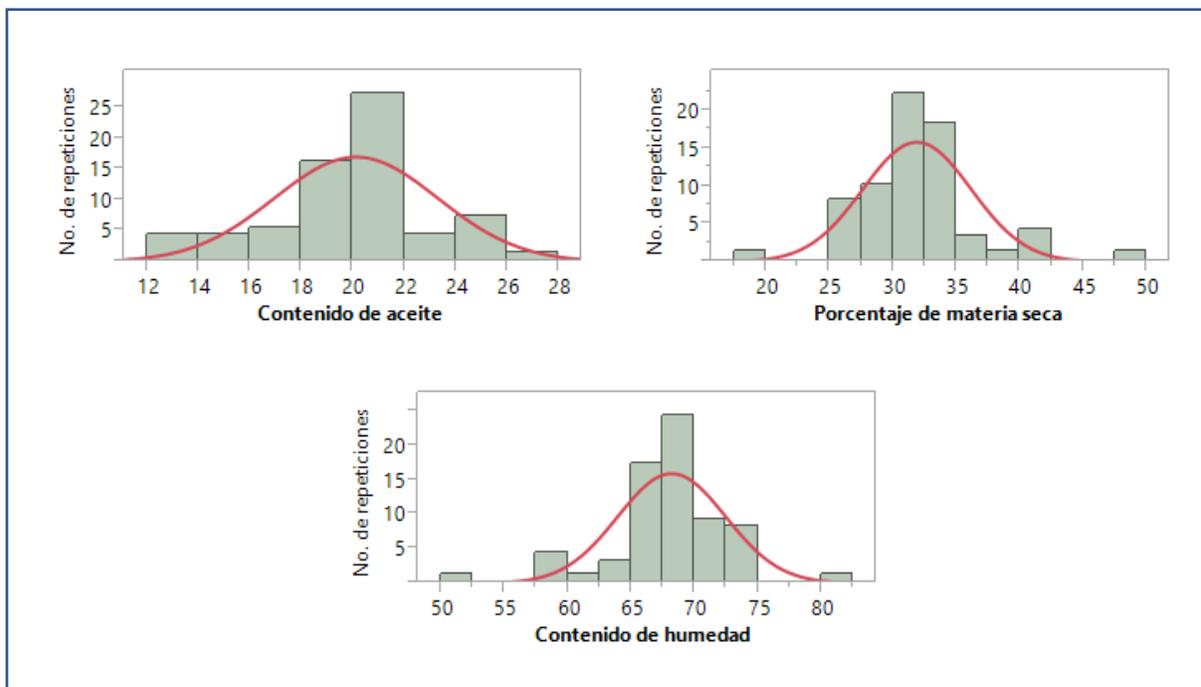
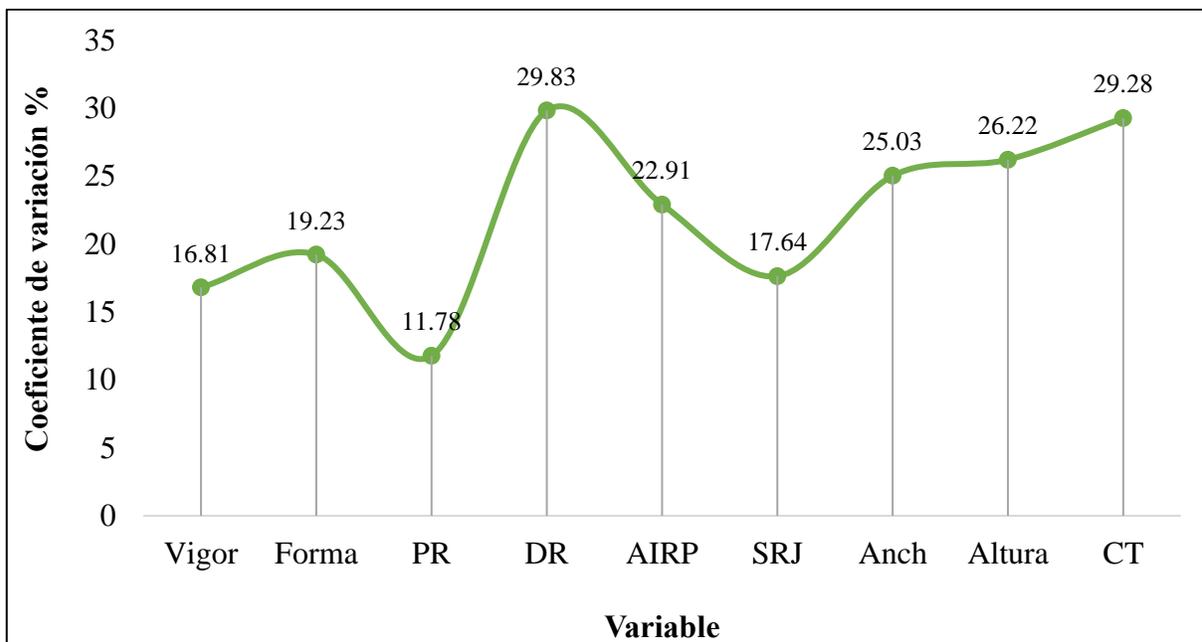


Figura 25. Histogramas de frecuencias obtenidos para tres variables fisicoquímicas de fruto evaluadas en 16 variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

4.2 Evaluación de órganos vegetativos de las variantes de aguacate variedad Hass

4.2.1 Evaluación de árbol

Las 16 variantes de Hass procedentes del Banco de Germoplasma del Rancho Experimental de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, presentaron características distintas a Hass. Como se observa en la Figura 26, las variables evaluadas en árbol que presentaron un mayor coeficiente de variación fueron: distribución de las ramas (29.83 %), circunferencia del tronco (29.28 %), altura (26.22 %) y anchura (25.03 %) del árbol, en contraste con el patrón de la ramificación (11.78 %), indicando los diferentes niveles de dispersión de las variables analizadas. Los coeficientes de variación superiores al 20 % en poblaciones vegetales, indican una variación elevada (Montes-Hernández *et al.*, 2017). En el Cuadro 1A del apéndice, se presentan los estadísticos simples para las características de árbol evaluadas.



Patrón de ramificación (PR), Distribución de las ramas (DR), Angulo de inserción de las ramas principales (AIRP), Superficie de la rama joven (SRJ), Anchura del árbol (Anch), Circunferencia del tronco (CT)

Figura 26. Coeficientes de variación obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Con relación a las variables cualitativas, los caracteres que más predominaron en las variantes de Hass y la variedad Hass fueron los siguientes: para la variable vigor del árbol, 12 de los genotipos evaluados (70.59 %) presentaron un vigor intermedio, mientras que la forma del árbol que más predominó fue la forma semicircular, seguida de las formas irregular y circular, las cuales estuvieron presentes en el 35.29 % y 29.41 %, respectivamente; por otro lado, para la superficie del tronco el 100 % de los genotipos presentó una superficie rugosa. En la variable patrón de la ramificación, el 94.12 % de los genotipos presentaron un patrón intensivo y la distribución de las ramas fue verticilada para la mayoría de los genotipos con un 47.06 %, seguida de la distribución irregular con 41.18 %; las ramas de 16 genotipos se encontraban insertadas en un ángulo agudo, incluida la variedad Hass, en contraste con una de las variantes,

la cual presentó un ángulo de inserción obtuso; en lo que respecta al color de la rama joven, el total de los 16 genotipos variantes y Hass, presentaron un color verde; por otro lado, para la superficie de la rama joven el 88.24 % de los genotipos presentaron una superficie pubescente, en contraste con dos variantes (11.76 %), las cuales presentaron una superficie glabra y para la variable color de las lenticelas del vástago joven el que predominó para el total de los árboles fue el verde. Los resultados completos del análisis de frecuencias para las características de árbol se pueden observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Frecuencias identificadas en las variables evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Vigor del árbol	Intermedio	12	70.59 %
	Fuerte	5	29.41 %
Forma del árbol	Circular	5	29.41 %
	Semicircular	6	35.29 %
	Semi-elíptico	1	5.88 %
	Irregular	5	29.41 %
Superficie del tronco	Rugosa	17	100 %
Patrón de ramificación	Intensivo	16	94.12 %
	Extensivo/Intensivo	1	5.88 %
Distribución de las ramas	Ascendente	2	11.76 %
	Irregular	7	41.18 %
	Verticilada	8	47.06 %
Angulo de inserción de las ramas principales	Agudo (<90 °)	16	94.12 %
	Obtuso (>90°)	1	5.88 %
Color de la rama joven	Verde (141A)	17	100.00 %
Superficie de la rama joven	Glabra	2	11.76 %
	Pubescente	15	88.24 %
Color de las lenticelas del vástago joven	Verde 137A	17	100.00 %

El color y la superficie del tronco son características atribuidas a la edad y el portainjerto, de acuerdo con Ismadi *et al.* (2017), mientras que la superficie del tronco está relacionada con la edad del árbol, ya que a medida que avanza el desarrollo de este la superficie tiende a ser más rugosa. De igual manera, los árboles de aguacate presentan una inserción, distribución y número de ramas variado, características determinadas por la edad, la poda y la forma del árbol (Ismadi & Fahrezi, 2017). La mayoría de las variedades comerciales cultivadas a nivel mundial, son el resultado de hibridaciones interraciales de las diferentes razas existentes (Acosta Díaz *et al.*, 2012), razón por la cual ciertas características morfológicas son muy similares entre las distintas variedades, como se pudo observar en el presente estudio con las variantes analizadas.

De igual manera, para evaluar el rendimiento de cada una de las variantes, se procedió a contabilizar el número de frutos totales por árbol y con base al peso promedio de 40 frutos, se obtuvo el rendimiento en kg árbol^{-1} . En la Figura 27, se muestran los rendimientos promedio calculados para cada una de las variantes de aguacate. De acuerdo con los resultados obtenidos, los rendimientos por árbol fluctuaron entre 0.98 y $173.36 \text{ kg árbol}^{-1}$, donde la variante F3A4 fue la que presentó el menor valor, en contraste con la variante F11A8, que presentó el mayor rendimiento de las 16 variantes evaluadas, seguida de F7A4 y F12A13 con 172.78 y $169.58 \text{ kg árbol}^{-1}$, respectivamente. Al respecto, se menciona en la literatura que la producción y calidad del fruto de aguacate se ve influenciada por la diversidad climática de las regiones productoras de este frutal, así como la ubicación del huerto, topografía del terreno, exposición al sol y la presencia de lluvias, entre otras (Lobell *et al.*, 2007), sin embargo, cabe destacar que los genotipos evaluados se encuentran establecidos bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo, por lo que la variabilidad observada en la producción se debe a la información genética de cada uno de ellos.

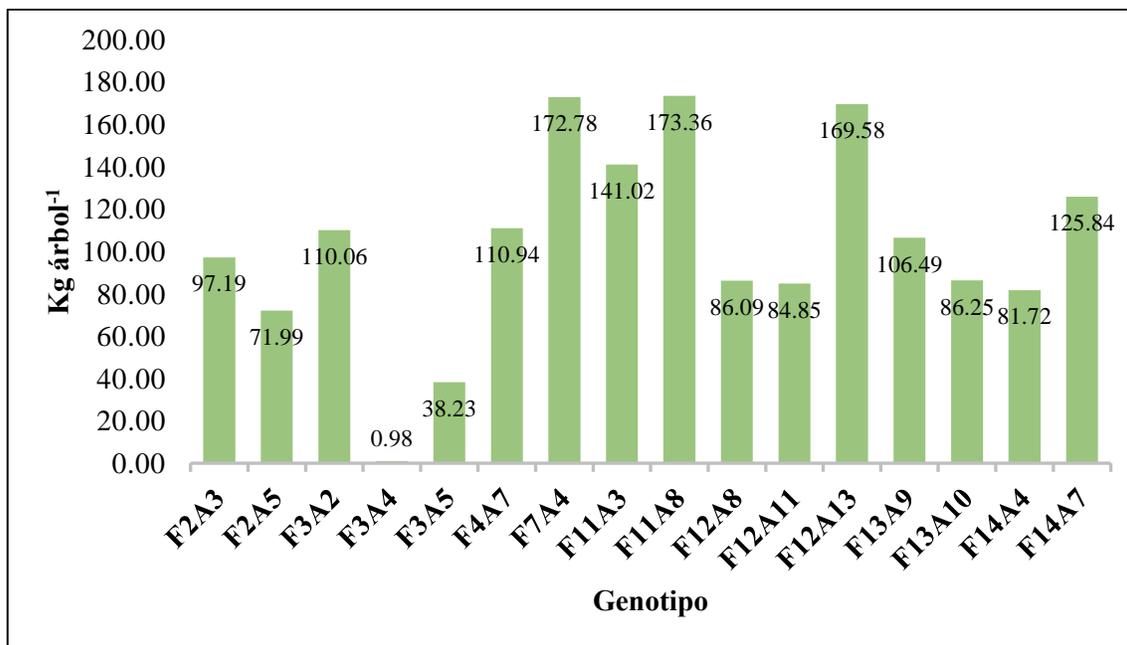


Figura 27. Rendimiento promedio calculado para 16 variantes de aguacate variedad Hass establecidas en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Agrobiología.

4.2.2 Evaluación de hoja

El análisis estadístico en una vía practicado para 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass, arrojó diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$), entre las variantes y el testigo, para la mayoría de las variables evaluadas en hoja, a excepción de la variable olor a anís ($p = 0.5415$). Los resultados completos del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 2A. Por otro lado, en el Cuadro 3, se presentan los estadísticos simples obtenidos para algunas de las variables evaluadas en hoja.

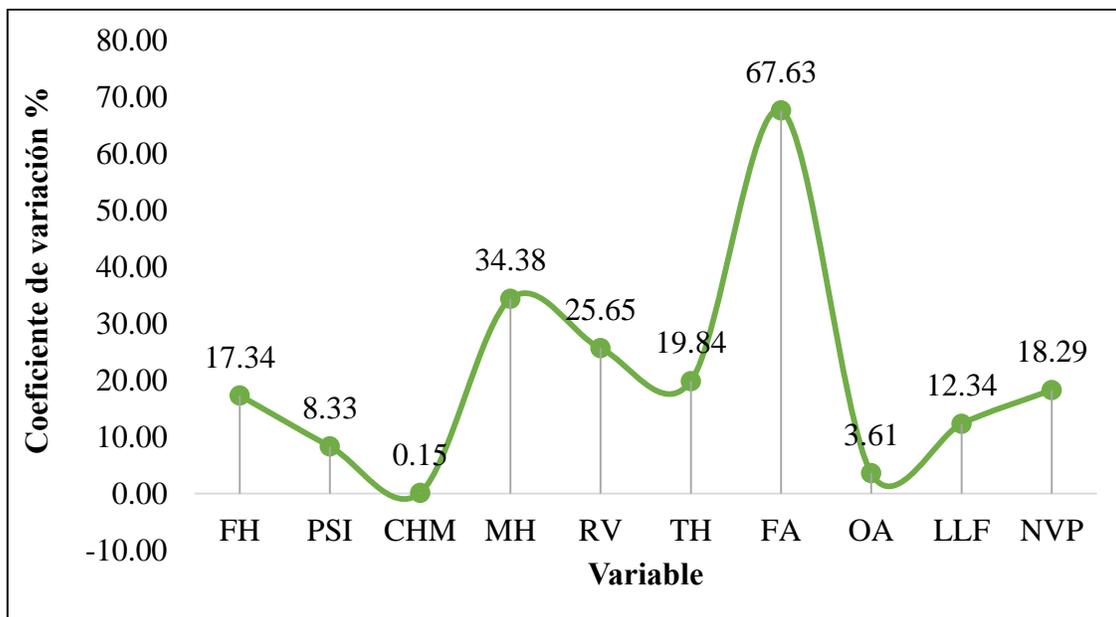
En lo que respecta al coeficiente de determinación (R^2), el cual determina el ajuste del modelo utilizado para el análisis de la información, los valores oscilaron de 0.15 (olor a anís) a 0.62 (textura de la hoja y número de venas primarias). En relación con la desviación estándar (DE), los genotipos evaluados presentaron valores bajos que oscilaron entre 0.11 y 2.46, para las variables olor a anís y longitud de la lámina foliar, respectivamente.

Cuadro 3. Estadísticos simples obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	R ²	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max	Pr > F
Forma de la hoja	0.35	7.96	1.38	17.34	2	9	<.0001
Pubescencia de la superficie inferior de la hoja	0.55	3.03	0.25	8.33	3	5	<.0001
Color de las hojas maduras	0.55	6008.95	9.13	0.15	6001	6025	<.0001
Margen de la hoja	0.51	1.45	0.50	34.38	1	2	<.0001
Relieve de la venación en la superficie del haz	0.36	4.62	1.19	25.65	3	7	<.0001
Textura de la hoja	0.6	4.70	0.93	19.84	3	7	<.0001
Forma del ápice	0.62	2.41	1.63	67.63	1	7	<.0001
Olor a anís	0.15	3.01	0.11	3.61	3	5	0.5415
Longitud de la lámina foliar	0.41	19.92	2.46	12.34	14.3	29.8	<.0001
Número de venas primarias	0.62	13.38	2.45	18.29	8	24	<.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación

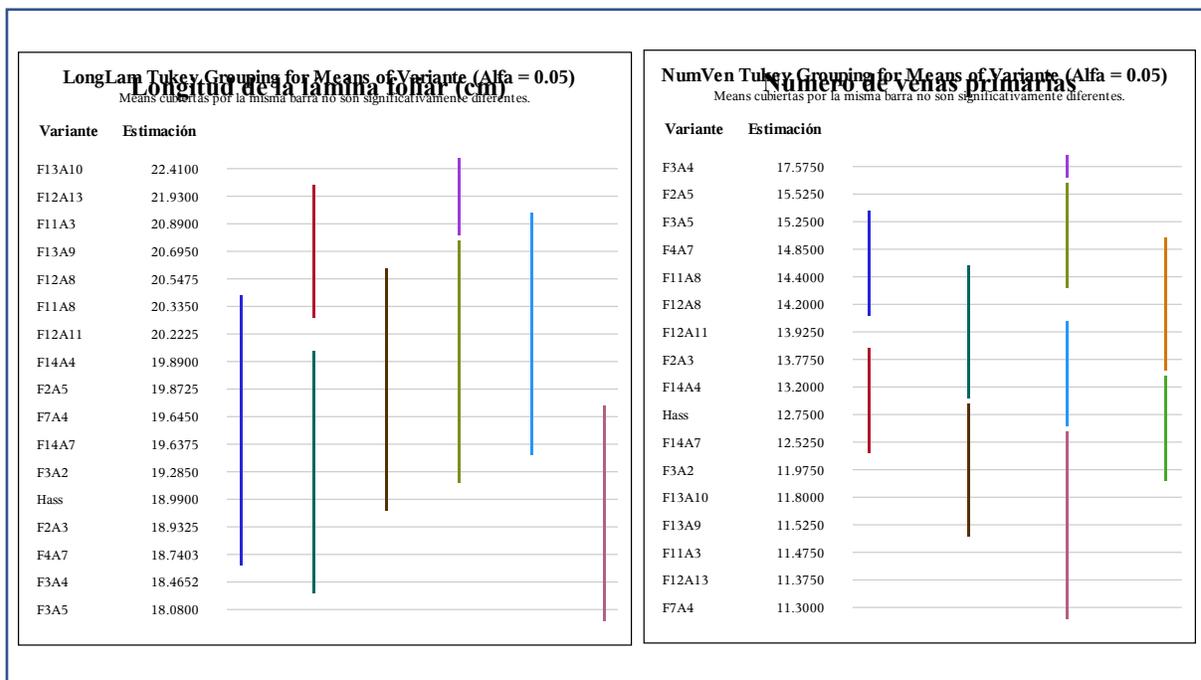
Por otra parte, mediante el coeficiente de variación (CV) fue posible explicar la variabilidad de las características analizadas en hoja para las variantes de aguacate y la variedad Hass. La variable con la mayor variación con un 67.30 % fue la forma del ápice, seguida del margen de la hoja con 34.38 % y el relieve de la venación en la superficie del haz con un 25.65 %. Por el contrario, la variable con el CV más bajo fue el color de la hoja madura con un 0.15 % de variación. Lo anterior indica que las variables evaluadas en el presente trabajo presentan distintos niveles de dispersión para los genotipos variantes y Hass, con la variable forma del ápice como la característica con la mayor dispersión dentro de las variables de hoja, lo cual se observa en la Figura 28.



Forma de la hoja (FH), Pubescencia de la superficie inferior de la hoja (PSI), Color de las hojas maduras (CHM), Margen de la hoja (MH), Relieve de la venación en la superficie del haz (RV), Textura de la hoja (TH), Forma del ápice (FA), Olor a anís (OA), Longitud de la lámina foliar (LLF), Número de venas primarias (NVP)

Figura 28. Coeficientes de variación obtenidos para 10 variables evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Para las variables cuantitativas fue hecha una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), la cual arrojó ocho grupos estadísticos para la variable longitud de la lámina foliar, de los cuales las variantes F13A10, F12A13 Y F11A3 formaron el grupo A con longitudes estadísticamente similares y presentaron la mayor longitud promedio (21.74 cm), en contraste con la variedad Hass, la cual presentó una longitud de 18.99 cm y formó parte del grupo H, mientras que para la variable número de venas primarias se observó la formación de 10 grupos estadísticamente diferentes, de los cuales la variante F3A4 (~18 venas), mostró superioridad estadística con respecto del resto de los genotipos evaluados, superando a Hass, que presentó un promedio aproximado de 13 venas primarias. Los resultados completos de esta prueba de comparación de medias se muestran en la Figura 29.



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 29. Comparación de medias para dos variables cuantitativas evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Los genotipos variantes presentaron en su mayoría longitudes de hoja mayores a la variedad Hass, la cual presentó un promedio de 19 cm. En la literatura se menciona, que el tamaño de la hoja se ve influenciado por la intensidad de luz recibida, a menor intensidad recibida se presentan hojas más anchas con el fin de reducir el área foliar y por ende la tasa de transpiración de las hojas (Ismadi & Fahrezi, 2017). La ubicación de las variantes y la procedencia del árbol evaluado de la variedad Hass pudiera ser una explicación en cuanto a la diferencia en tamaño de la hoja. Por otra parte, en un trabajo similar al presente estudio, el cual tuvo como objetivo caracterizar materiales locales, se obtuvieron hojas con número de venas primarias que oscilaron entre 11 y 33, donde el 71.7 % del material evaluado presentaron de 16 a 20 venas primarias, resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

4.3 Evaluación de órganos reproductivos de las variantes de aguacate variedad Hass

4.3.1 Evaluación de flor

La evaluación fenotípica de flor se llevó a cabo en un total de 204 inflorescencias, provenientes de 16 genotipos variantes de aguacate y la variedad Hass. En el Cuadro 3A, se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza en una vía practicado para ocho variables evaluadas, los cuales indican diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$) para seis variables, mientras que las variables posición de la inflorescencia ($p = 0.0003$) y longitud del eje principal ($p = 0.0063$) fueron estadísticamente significativas con una probabilidad menor al 0.05. Por otro lado, en el Cuadro 4, se presentan los estadísticos simples para cada una de las variables analizadas.

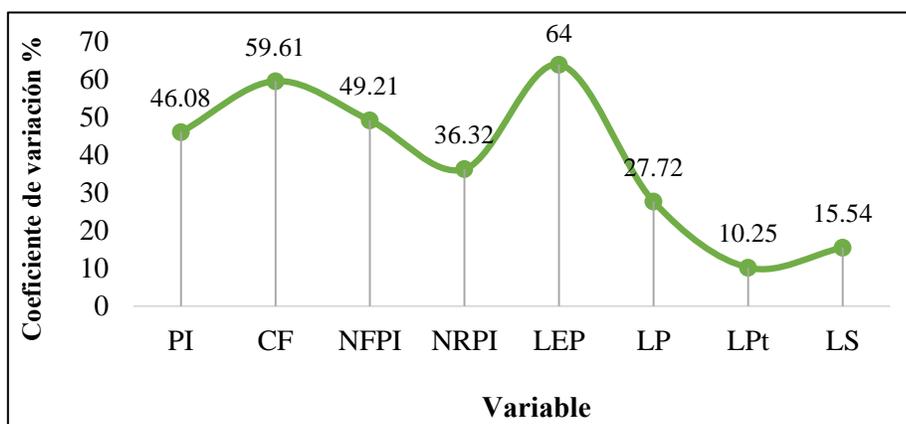
Cuadro 4. Estadísticos simples obtenidos para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	R ²	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max	Pr > F
Posición de la inflorescencia	0.54	1.57	0.72	46.08	1	3	<.0003
Color de la flor	0.97	4098.97	2443.39	59.61	1000	6018	<.0001
Número de flores por inflorescencia	0.65	155.92	76.72	49.21	29	424	<.0001
Número de ramificaciones por inflorescencia	0.68	8.02	2.91	36.32	2	23	<.0001
Longitud del eje principal (cm)	0.49	4.98	3.19	64	0.66	15.27	0.0063
Longitud del pedicelo (mm)	0.80	6.43	1.78	27.72	2.88	15.24	<.0001
Longitud del pétalo (mm)	0.71	5.75	0.59	10.25	4.16	7.26	<.0001
Longitud del sépalo (mm)	0.85	4.61	0.72	15.54	2.69	7.07	<.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación

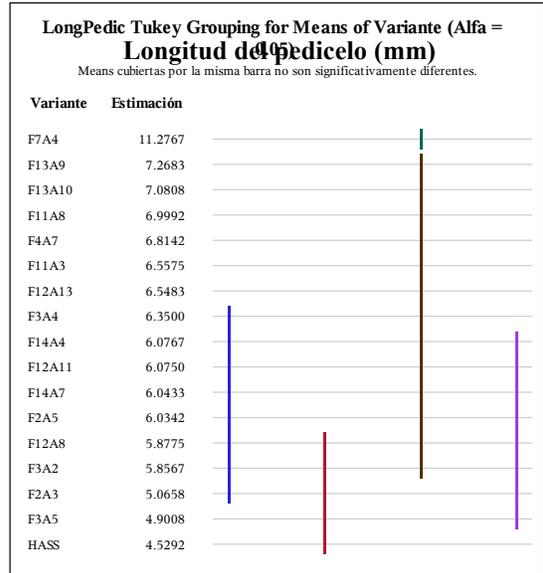
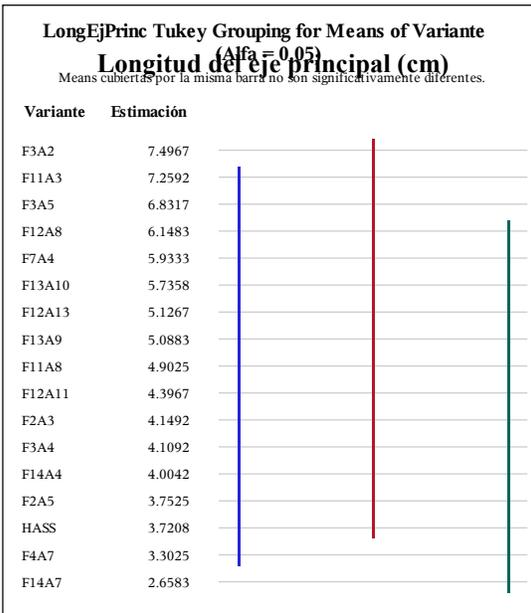
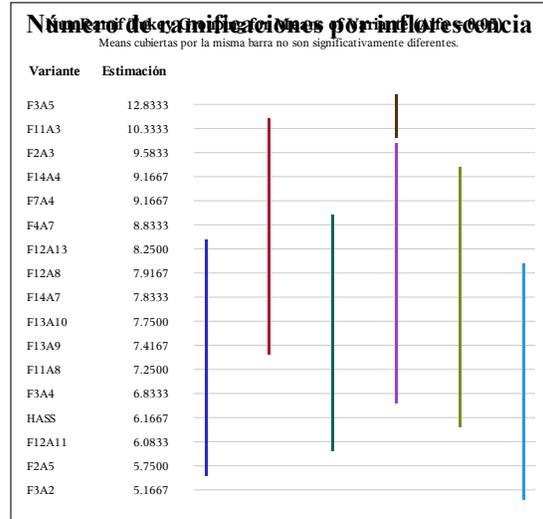
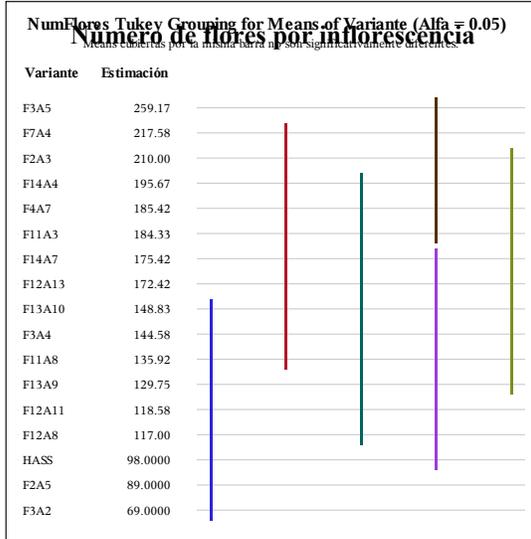
Los valores obtenidos para la R2 oscilaron entre 0.49 para la variable longitud del eje principal a 0.97 para el color de la flor, lo que indica que los datos se ajustan al modelo utilizado para el análisis de la información. Por otro lado, la DE fue baja para la mayoría de las variables a excepción del número de flores por inflorescencia (76.72) y el color de la flor (2443.39). La variabilidad de los caracteres evaluados se puede interpretar por medio del CV, por lo que en la Figura 30, se muestra que los caracteres evaluados en flor presentaron diferentes niveles de dispersión; los valores fluctuaron entre CV = 64 % para longitud del eje principal y 10.25 % para la longitud del pétalo.

En las Figura 31 y 32, se muestran las comparaciones de medias de Tukey hechas para las variables cuantitativas evaluadas en flor. En lo que respecta al número de flores por inflorescencia, se formaron seis grupos estadísticamente similares entre sí. Las variantes F2A3, F3A5, F4A7, F7A4, F11A3 y F14A4, presentaron el promedio más alto con 209 flores por inflorescencia, mientras que Hass presentó un promedio de 89 flores.



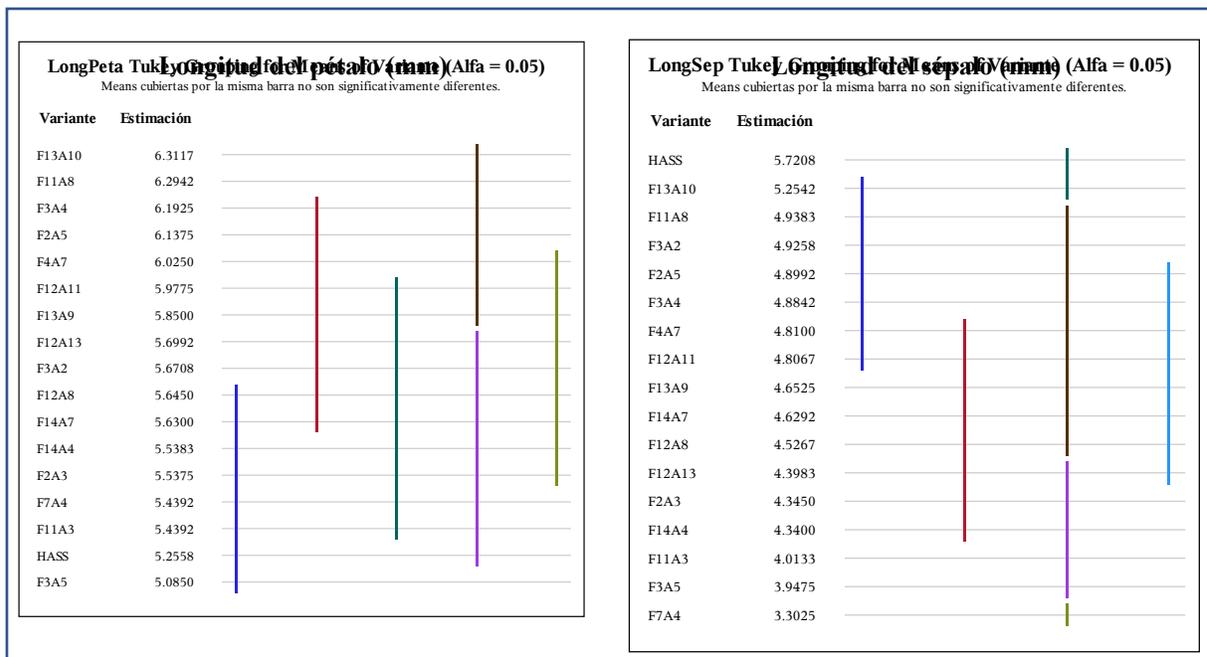
Posición de la inflorescencia (PI), Color de la flor (CF), Número de flores por inflorescencia (NFPI), Número de ramificaciones por inflorescencia (NRPI), Longitud del eje principal (LEP), Longitud del pedicelo (LP), Longitud del pétalo (LPt), Longitud del sépalo (LS)

Figura 30. Coeficientes de variación obtenidos para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 31. Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 32. Comparación de medias para dos caracteres cuantitativos evaluados en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Para el número de ramificaciones por inflorescencia, el grupo A conformado por las variantes F3A5 y F11A3, mostraron el mayor promedio con 12 ramificaciones por inflorescencia, mientras que F2A5, F3A2, F3A4, F11A8, F12A8, F12A11, F13A9, F13A10, F14A7 y Hass, se agruparon con el menor promedio, siete ramificaciones. Por otro lado, para la longitud del eje principal, se formaron tres grupos, estadísticamente similares, de los cuales F3A2 presentó la media más alta con 7.50 cm, en contraste con Hass, la cual tuvo un promedio de 3.72 cm. Para la longitud del pedicelo la variante F7A4 se separó del resto de las variantes con un promedio de 11.28 mm, a diferencia de Hass que presentó el promedio más bajo de 4.53 cm de longitud. En cuanto a la longitud del pétalo, se formaron seis grupos estadísticamente distintos, el grupo A con una longitud promedio de 6.11 mm, se conformó por siete variantes, en cambio, la longitud del

sépalo presentó seis grupos estadísticos de los cuales, el grupo A estuvo conformado por la variedad Hass y el genotipo F13A10 con un promedio de 5.49 mm.

En lo que respecta al tipo y etapa de floración presente en las variantes, la variante F3A2, mostro precocidad al inicio de la etapa de floración con respecto al resto de las variantes analizadas, la cual presentó las primeras etapas de floración a finales del mes de agosto de 2020, con respecto al resto de las variantes las cuales comenzaron durante los meses de noviembre a enero, Cuadro 5. De igual manera, esta variante presentó floración del tipo A al igual que la variedad Hass, en contraste con el resto de los genotipos los cuales presentaron floración del tipo B.

Cuadro 5. Tipo floral e inicio de la etapa de floración para 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.

Variante	Inicio de la etapa de floración	Tipo de flor
F2A3	04/01/2021	B
F2A5	04/01/2021	B
F3A2	28/08/2020	A
F3A4	16/11/2020	B
F3A5	04/01/2021	B
F4A7	15/12/2020	B
F7A4	15/12/2020	B
F11A3	15/12/2020	B
F11A8	04/01/2021	B
F12A8	04/01/2021	B
F12A11	04/01/2021	B
F12A13	04/01/2021	B
F13A9	04/01/2021	B
F13A10	04/01/2021	B
F14A4	16/11/2020	B
F14A7	04/01/2021	B
Hass	06/09/2021	A

4.3.2 Evaluación de frutos

Por medio del análisis de varianza ($p < 0.05$), practicado para 19 variables cualitativas y ocho cuantitativas de fruto evaluadas en el presente trabajo, se determinó que las 27 variables resultaron informativas y con diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$), para todas las variables analizadas. Los resultados completos del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 4A. Por otro lado, en el Cuadro 6, se muestran los estadísticos simples obtenidos para cada una de las variables evaluadas. En relación con el coeficiente de determinación (R^2), los valores oscilaron entre 0.24 y 0.89, para las variables longitud del pedúnculo y días de almacenamiento del fruto, respectivamente, indicando el ajuste de los datos al modelo empleado para el análisis de la información. En lo que respecta a la desviación estándar (DE) se presentaron valores bajos en todos los genotipos analizados, a excepción de las variables: color de la cáscara (DE = 8.90), peso del fruto (DE = 49.69), color de la pulpa cercana a la semilla (DE = 760.38) y color de la semilla cercana a la pulpa (761.17). Dada la naturaleza de los datos y el tipo de variables (cualitativas) evaluadas, se explican los altos valores de DE obtenidos para las variables de color, mientras que para la variable de peso del fruto se presentaron frutos con pesos que oscilaron entre los 88 y 359 g, lo que afecta la desviación de los datos, dando como resultado valores altos para dicha característica.

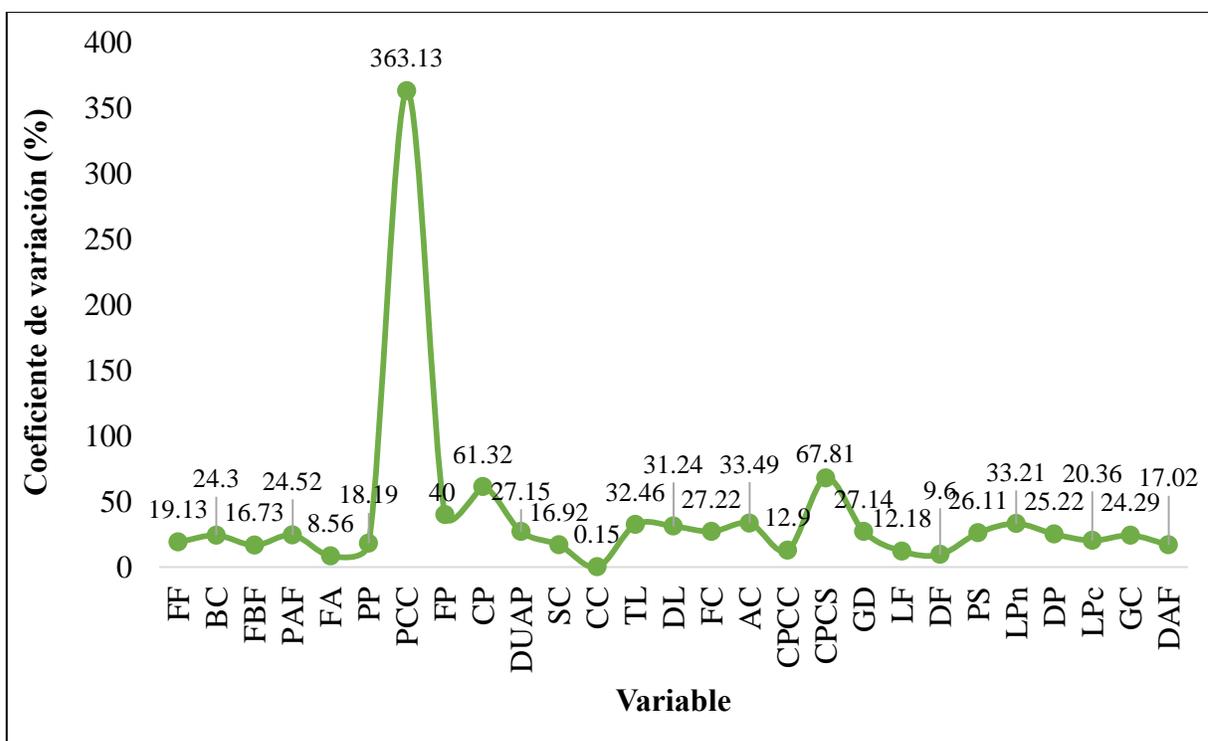
Por otra parte, la variabilidad de las características evaluadas se interpreta mediante el coeficiente de variación (CV), en el presente trabajo los valores obtenidos fluctuaron entre 0.15 % y 363.13 %, indicando que los caracteres evaluados presentan diferentes niveles de dispersión, lo que puede ser atribuido a la variación propia de la especie. Los coeficientes de variación obtenidos indican que la variable pedicelo con forma de “cabeza de clavo” es la característica con la mayor dispersión dentro de las variables de fruto.

Cuadro 6. Estadísticos simples obtenidos para 27 variables evaluadas en frutos de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	R ²	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max	Pr > F
Forma del fruto	0.32	5.27	1.01	19.13	2.00	9.00	<.0001
Brillantez de la cáscara	0.38	4.53	1.10	24.30	3.00	7.00	<.0001
Forma de la base del fruto	0.28	2.05	0.34	16.73	1.00	4.00	<.0001
Posición del ápice del fruto	0.33	1.08	0.26	24.52	1.00	2.00	<.0001
Forma del ápice	0.51	3.91	0.33	8.56	2.00	5.00	<.0001
Posición del pedicelo	0.55	1.93	0.35	18.19	1.00	3.00	<.0001
Pedicelo “Cabeza de clavo”	0.33	0.07	0.26	363.13	0	1.00	<.0001
Forma del pedicelo	0.52	1.91	0.76	40.00	1.00	3.00	<.0001
Color del pedicelo	0.39	2.03	1.25	61.32	1.00	5.00	<.0001
Distinción unión del ápice- pedicelo	0.36	1.10	0.30	27.15	1.00	2.00	<.0001
Superficie de la cáscara	0.48	5.94	1.00	16.92	3.00	7.00	<.0001
Color de la cáscara	0.77	6011.38	8.90	0.15	6000	6025	<.0001
Tamaño de las lenticelas	0.53	4.34	1.41	32.46	3.00	7.00	<.0001
Densidad de las lenticelas	0.45	4.68	1.46	31.24	3.00	7.00	<.0001
Flexibilidad de la cáscara	0.42	1.69	0.46	27.22	1.00	2.00	<.0001
Adherencia de la cáscara	0.49	3.57	1.20	33.49	3.00	7.00	<.0001
Color de la pulpa-cáscara	0.55	5899.85	761.17	12.90	1000	6028	<.0001
Color de la pulpa-semilla	0.88	1121.25	760.38	67.81	1000	6019	<.0001
Grado de decoloración	0.60	3.52	0.96	27.14	1.00	3.00	<.0001
Longitud del fruto	0.61	9.01	1.10	12.18	5.39	11.90	<.0001
Díámetro del fruto	0.56	6.44	0.62	9.60	4.96	8.92	<.0001
Peso del fruto	0.64	190.32	49.69	26.11	88	359	<.0001
Longitud del pedúnculo	0.24	10.45	3.47	33.21	0.43	26.79	<.0001
Díámetro del pedúnculo	0.47	4.70	1.19	25.22	2.11	10.13	<.0001
Longitud del pedicelo	0.38	1.30	0.27	20.36	0.27	2.18	<.0001
Grosor de la cáscara	0.38	1.42	0.35	24.29	0.05	2.94	<.0001
Días de almacenamiento del fruto	0.89	10.99	1.87	17.02	8	17	<.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación

Al analizar los coeficientes de variación obtenidos para los 27 caracteres evaluados, los resultados arrojaron la información presentada en la Figura 33, las variables con la mayor variación entre los genotipos analizados fueron: ausencia/presencia de pedicelo con forma de “cabeza de clavo” (CV = 363.13 %), color de la pulpa cercana a la semilla (CV = 67.81 %) y color del pedicelo (CV = 61.32 %), en contraste con las variables forma del ápice (CV = 8.56 %) y color de la cáscara (CV = 0.15 %) las cuales presentaron los valores más bajos.

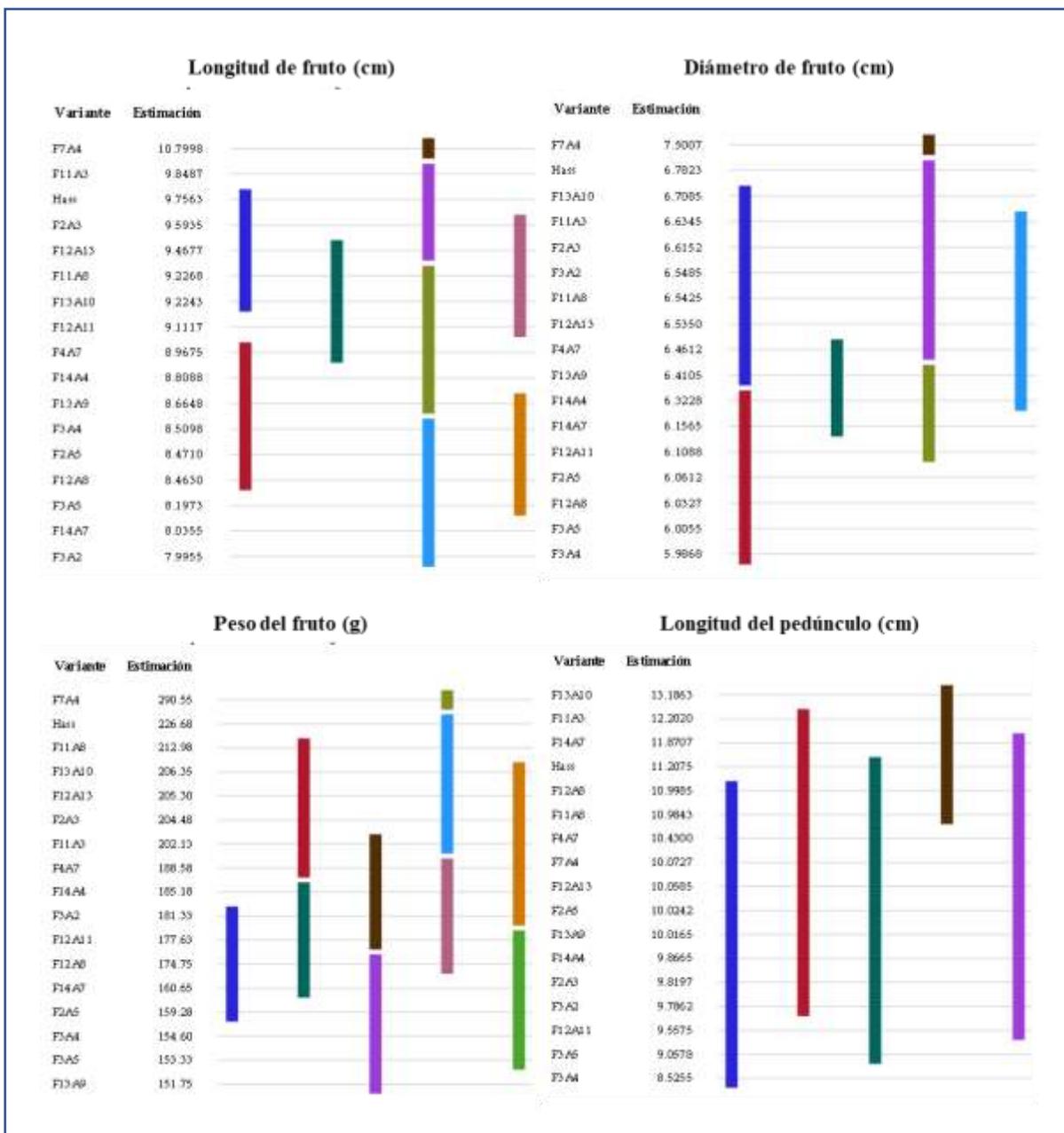


Forma del fruto (FF), Brillantez de la cáscara (BC), Forma de la base del fruto (FBF), Posición del ápice del fruto (PAF), Forma del ápice (FA), Posición del pedicelo (PP), Pedicelo “Cabeza de clavo” (PCC), Forma del pedicelo (FP), Color del pedicelo (CP), Distinción de la unión del ápice con el pedicelo (DUAP), Superficie de la cáscara (SC), Color de la cáscara (CC), Tamaño de las lenticelas (TL), Densidad de las lenticelas (DL), Flexibilidad de la cáscara (FC), Adherencia de la cáscara (AD), Color de la pulpa cercana a la cáscara (CPCP), Color de la pulpa cercana a la semilla (CPCS), Grado de decoloración después de 4 horas abierto (GD), Longitud del fruto (LF), Diámetro del fruto (DF), Peso del fruto (PF), Longitud del pedúnculo (LPn), Diámetro del pedúnculo (DP), Longitud del pedicelo (LPc), Grosor de la cáscara (GC), Días de almacenamiento del fruto (DAF).

Figura 33. Coeficientes de variación obtenidos para 27 variables fenotípicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Respecto a las variables cuantitativas, para longitud de fruto se observaron genotipos que presentan longitudes de fruto de 5.39 cm hasta 11.90 cm, con una longitud promedio de 9.00 cm, el genotipo con mayor valor promedio fue F7A4 con 10.80 cm, mientras que la variante con menor valor promedio fue F3A2 con 8 cm. Por otro lado, la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) arrojó nueve grupos estadísticos, de los cuales la variante F7A4 mostró superioridad estadística con respecto del resto de las variantes analizadas, superando inclusive a la variedad Hass, la cual presentó una longitud promedio de 9.76 cm. Los genotipos F11A3, F2A3 Y F12A13 presentaron longitudes promedio similares a Hass, formando el grupo B. Los resultados completos de esta comparación de medias son presentados en la Figura 34. De modo similar, para diámetro de fruto, el mínimo fue de 4.96 cm, y el máximo de 8.92 cm con un promedio general de 6.44 cm. El genotipo F7A4 presentó un mayor diámetro promedio de 7.5 cm, mientras que la variante F3A4 presentó el menor diámetro, 5.99 cm, de los genotipos evaluados. Para la comparación de medias, Figura 34, se observa la formación de siete grupos estadísticamente diferentes para diámetro de fruto, donde el genotipo F7A4 mostró el mayor promedio para esta variable conformando el grupo A, en contraste, la variedad Hass, junto con siete de los genotipos variantes presentaron diámetros de fruto estadísticamente similares de 6.60 cm.

En relación con la variable peso de fruto, se presentaron valores de un mínimo de 88 g, máximo de 359 g y un peso promedio de 190.32 g. Para esta característica se determinó un total de 10 grupos estadísticamente diferentes. El grupo A, formado por el genotipo F7A4 con el mayor peso promedio con 290.55 g, mientras que el grupo B, formado por la variedad Hass y cinco genotipos variantes, presentaron un valor promedio de 209.65 g.

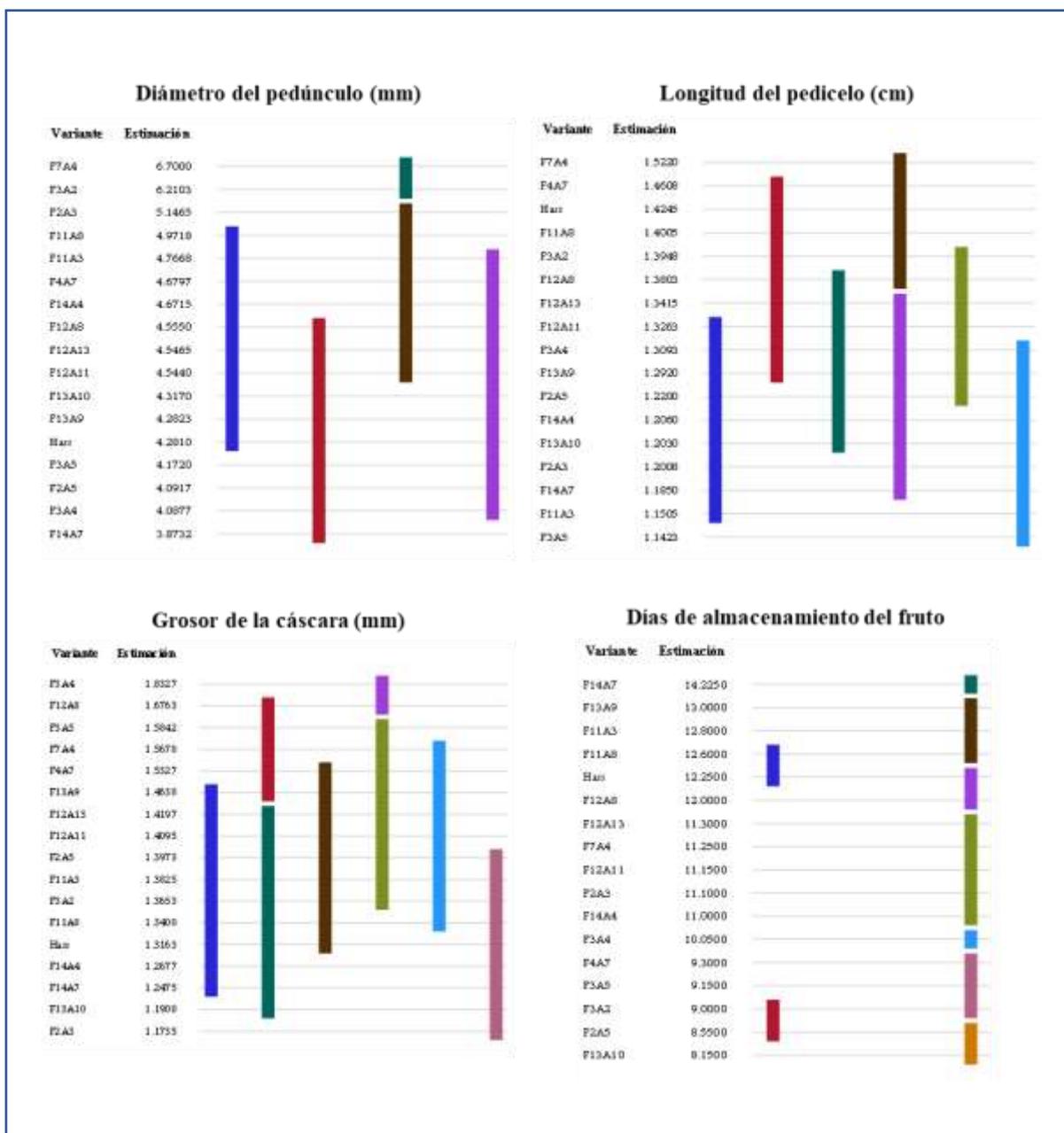


Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 34. Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Para la variable longitud del pedúnculo, el rango fue de 0.43 cm a 26.79 cm, con una media de 10.45 cm. Los resultados de la comparación de medias, Figura 34, indicaron la formación de cinco grupos, los genotipos con mayor valor promedio (11.74 cm) y estadísticamente similares fueron las variantes F13A10, F11A3, F14A7, F12A8, F11A8 y Hass, las cuales formaron el grupo A. En cambio, para la variable diámetro del pedúnculo, se observaron variantes que presentan un diámetro que va desde los 2.11 mm hasta los de 10.13 mm, con un diámetro promedio de 4.70 mm, la variante con mayor valor promedio fue F7A4 con 6.70 mm, mientras que la variante con menor valor promedio fue F14A7 con 3.87 mm. En la Figura 35, se observa la formación de cinco grupos estadísticamente diferentes para esta variable. Los genotipos F7A4 y F3A2 presentaron diámetros de pedúnculo similares estadísticamente con valores promedio de 6.46 mm, en contraste con la variedad Hass y otros nueve genotipos variantes que presentaron valores de 4.56 mm pertenecientes al grupo C.

Con respecto a la longitud del pedicelo, se presentó una longitud mínima de 0.27 cm, una máxima de 2.18 cm y un promedio general de 1.31 cm. Para esta característica se determinó un total de siete grupos estadísticamente diferentes, Figura 35, el grupo A, formado por Hass y las variantes F7A4, F4A7, F11A8 F3A2 y F12A8, presentaron la mayor longitud promedio con 1.43 cm, en contraste, F3A5 presentó la menor longitud, 1.14 cm, de los genotipos evaluados. Por otro lado, para la variable grosor de la cáscara se observaron valores de un mínimo de 0.05 mm, máximo de 2.90 mm y un grosor promedio de 1.42 mm. En la comparación de medias, en la Figura 35, se observa la formación de ocho grupos estadísticamente distintos para este carácter. Las variantes F3A4 y F12A8 presentaron un grosor estadísticamente similar con un promedio de 1.75 mm, en contraste con el grupo H, conformada por Hass y ocho genotipos variantes, con un grosor promedio de 1.30 mm.



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 35. Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

En lo que respecta a los días de almacenamiento del fruto, estos oscilaron entre los ocho y 17 días con un promedio de 11 días hasta alcanzar madurez de consumo. En la Figura 35, de acuerdo a la comparación de medias, se formaron nueve grupos estadísticamente diferentes, el grupo A formado por el genotipo F14A7 con un promedio de 14 días hasta alcanzar madurez de consumo, el promedio más alto para esta característica, en contraste con Hass y la variante F11A8, los cuales presentaron un promedio de 12 días, formado el grupo C. Mientras que el grupo I presentó el menor valor para esta característica con tan solo 8 días de almacenamiento hasta alcanzar la madurez de consumo. Una vida larga de anaquel (días hasta alcanzar madurez de consumo) es importante ya que estos frutos tardaran más días en alcanzar su punto máximo de madurez, lo cual resulta muy útil para aquellas variedades que se utilizan para la exportación. Los resultados obtenidos para cada una de las ocho características evaluadas demuestran la variación existente en frutos de aguacate variantes de Hass con respecto a la variedad Hass.

La alta variabilidad del tamaño de fruto en aguacate se debe a factores genéticos y ambientales, así como a la interacción de ambos. Además, la competencia por nutrientes, la disponibilidad de agua y luz, así como la posición del fruto dentro del árbol son factores que afectan la variabilidad en cuanto al tamaño del fruto (Cowan & Bornman, 2004). Del mismo modo, factores como la época de floración y cosecha, el manejo del cultivo y el clima entre otros, pueden llegar a influir en las características de peso, tamaño y longitud del fruto (Pedro Carvalho *et al.*, 2015), lo cual se observó en el presente estudio por conducto de los promedios y los CV obtenidos para las variables antes mencionadas. De acuerdo con Murillo Carpio (2013), variedades entre los 10 y 13 centímetros y peso de 150 a 350 g, son las preferidas para su comercialización, por lo que las variantes analizadas en el presente estudio entran perfectamente dentro de estas características, mientras que frutos de menores calibres son comercializados en

el mercado nacional o utilizados para la industrialización del mismo. El peso del fruto es una de las variables más importantes en la producción de aguacate, la mayoría de las variantes analizadas presentaron tamaños similares a Hass, a excepción del genotipo F7A4 el cual presentó un promedio de 250 g superior al obtenido para la variedad Hass. La alta variabilidad genética reportada en el presente estudio, indica la gran diversidad y adaptación del cultivo de aguacate a las distintas zonas agroecológicas presentes en la franja aguacatera del estado de Michoacán.

Se han observado resultados similares para a la variabilidad presente en el fruto de aguacate al caracterizar materiales procedentes de distintas zonas productoras en el país y en el mundo (Acosta Díaz *et al.*, 2012; Ge *et al.*, 2017; 2018; López-Guzmán *et al.*, 2015; Montes-Hernández, *et al.*, 2017; Salazar-García *et al.*, 2016).

4.3.3 Características sensoriales de las variantes de aguacate de la variedad Hass

Con relación a las variables sensoriales del fruto, los caracteres que más predominaron en los genotipos variantes y la variedad Hass fueron los siguientes: para la textura de la pulpa, el 54.41 % de los genotipos evaluados presentaron una textura cremosa; en lo que respecta a la dulzura la que más predominó fue ligeramente dulce con un 76.47 %, mientras que para el amargor de la pulpa el 76.47 % de los genotipos presentaron un amargor ligero; en la variable sabor nogado de la pulpa, el 67.65 % de los genotipos mostraron un sabor ligeramente nogado, por otra parte, la fibra de la pulpa fue poca para la mayoría de los genotipos con un 64.71 % y para el sabor general de la pulpa el 44.12 % de los genotipos exhibieron un sabor regular seguido de pobre con un 32.35 %. Los resultados completos del análisis de frecuencias para las variables de árbol se pueden observar en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Frecuencias identificadas en las variables evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Textura de la pulpa	Acuosa	23	33.82 %
	Cremosa	37	54.41 %
	Pastosa	8	11.76 %
Dulzura de la pulpa	Ligeramente dulce	52	76.47 %
	Moderada	15	22.06 %
	Dulce	1	1.47 %
Amargor de la pulpa	Ligeramente amarga	54	79.41 %
	Moderada	12	17.65 %
	Amarga	2	2.94 %
Sabor nogado de la pulpa	Ligeramente nogada	46	67.65 %
	Moderada	21	30.88 %
	Nogada	1	1.47 %
Fibra de la pulpa	Poca	44	64.71 %
	Intermedia	21	30.88 %
	Muchas	3	4.41 %
Sabor general de la pulpa	Muy pobre	5	7.35 %
	Pobre	22	32.35 %
	Regular	30	44.12 %
	Bueno	11	16.18 %

La forma, el color del fruto y textura de la pulpa son características de interés económico que sirven como criterio de selección para el mejoramiento del cultivo (Juma *et al.*, 2020). El sabor es una de las características sensoriales que más influyen en la calidad y aceptabilidad del fruto de aguacate. El sabor ligeramente nogado de los frutos de la variedad Hass, es preferido por los consumidores sobre otras variedades de sabor más suaves (Bergh & Lavah, 1996; Lahav & Lavi, 2013) En el presente estudio las variantes analizadas presentaron características sensoriales similares a Hass por lo que representan una alternativa potencial con características de interés para su explotación comercial.

4.3.4 Evaluación de semilla

La evaluación fenotípica de semilla fue hecha en un total de 680 semillas, provenientes de 16 genotipos variantes y la variedad Hass. Por medio del análisis de varianza, Cuadro 5A, practicado para 13 variables de semilla evaluadas, se determinó que la mayoría de las variables resultaron informativas y con diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$), a excepción de la variable cubierta de la semilla con una significancia de 0.6031.

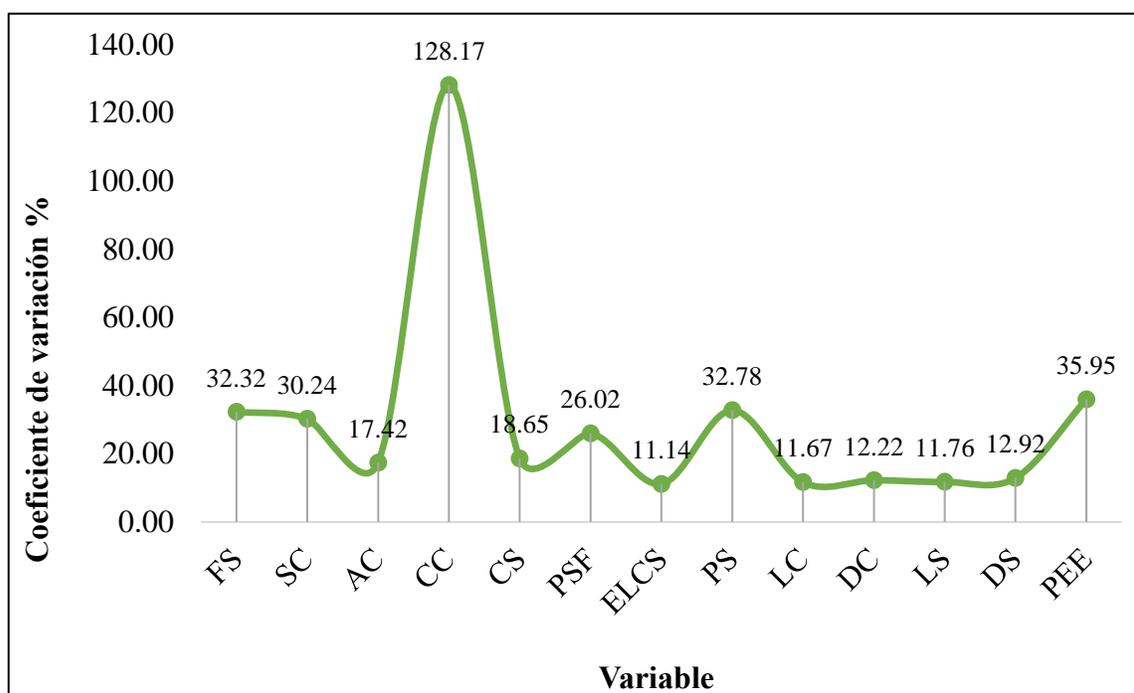
Por otra parte, en el Cuadro 8 se presentan los estadísticos simples obtenidos para las variables evaluadas en semilla. En lo que respecta al R^2 , con el fin de determinar el ajuste del modelo utilizado para el análisis de los datos, los valores fluctuaron entre 0.15 y 0.67 para las variables cubierta de la semilla y posición del eje embrionario, respectivamente.

Cuadro 8. Estadísticos simples obtenidos para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	R ²	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max	Pr > F
Forma de la semilla	0.52	4.45	1.44	32.32	1	8	<.0001
Superficie del cotiledón	0.34	4.18	1.26	30.24	3	7	<.0001
Adherencia de los cotiledones	0.3	0.97	0.17	17.42	0	1	<.0001
Color del cotiledón	0.37	1770.40	2269.07	128.17	1001	9007	<.0001
Cubierta de la semilla	0.15	1.02	0.19	18.65	1	3	0.6031
Posición de la semilla en la fruta	0.64	1.73	0.45	26.02	1	3	<.0001
Espacio libre de la cavidad de la semilla	0.38	3.90	0.43	11.14	2	4	<.0001
Peso de semilla	0.4	29.23	9.58	32.78	3	71	<.0001
Longitud de la cavidad	0.4	4.09	0.48	11.67	2.4	5.8	<.0001
Diámetro de la cavidad	0.38	3.66	0.45	12.22	1.77	5	<.0001
Longitud de la semilla	0.37	3.80	0.45	11.76	2.33	5.36	<.0001
Diámetro de la semilla	0.34	3.52	0.45	12.92	1.32	5.39	<.0001
Posición del eje embrionario	0.67	8.22	2.95	35.95	1.32	18.87	<.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación

La mayoría de las variables presentó valores bajos de DE, a excepción de las variables peso de la semilla (9.58 %) y color del cotiledón (2269.07 %) teniendo en cuenta que la variable color del cotiledón es del tipo cualitativo, lo que explica los valores de DE tan altos para dicha variable. Por otro lado, la variabilidad obtenida para las características evaluadas en semilla se refleja en los coeficientes de variación obtenidos, mismos que se presentan en la Figura 36, estos fluctuaron desde 11.14 % para la variable espacio libre en la cavidad de la semilla y hasta 128.17 % para peso de semilla, siendo esta última la característica con la mayor dispersión dentro de las variables evaluadas en semilla para los genotipos variantes y la variedad Hass.



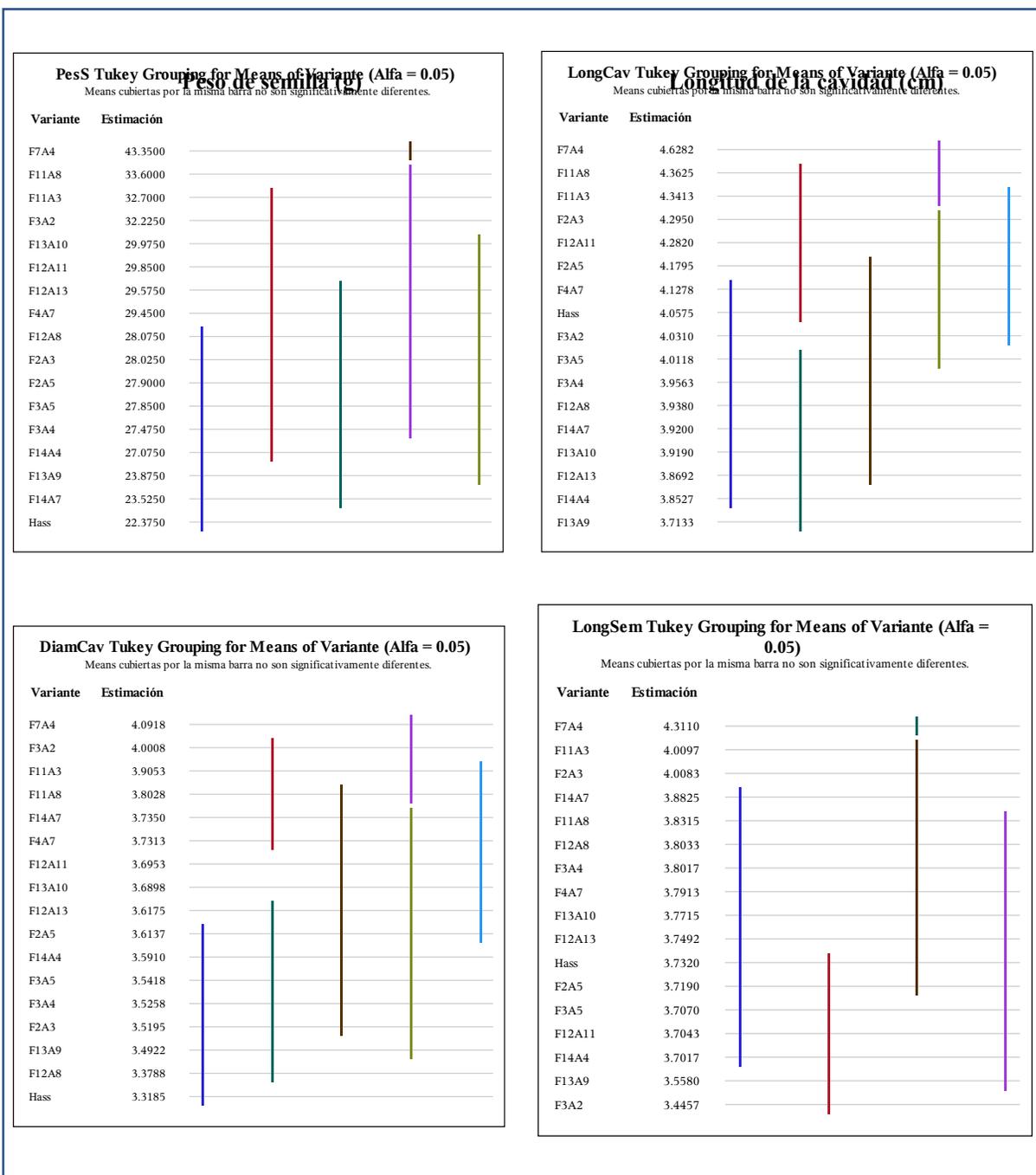
Forma de la semilla (FS), Superficie del cotiledón (SC), Adherencia de los cotiledones (AC), Color del cotiledón (CC), Cubierta de la semilla (CS), Posición de la semilla en la fruta (PSF), Espacio libre de la cavidad de la semilla (ELCS), Peso de semilla (PS), Longitud de la cavidad (LC), Diámetro de la cavidad (DC), Longitud de la semilla (LS), Diámetro de la semilla (DS), Posición del eje embrionario (PEE).

Figura 36. Coeficientes de variación obtenidos para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

De las variables cuantitativas evaluadas para semilla, la mayor longitud y diámetro de semilla la presentó la variable F7A4 con 4.31 cm y 4.04 cm de promedio, respectivamente. Por otra parte, la comparación de medias para peso de semilla, Figura 37, dio como resultado que la variante F7A4 fue la de mayor peso (43.35 g), en contraste con Hass, que fue el genotipo que tuvo el menor peso del material evaluado, con tan solo 23.38 g. Para longitud de la cavidad de la semilla se formaron siete agrupamientos estadísticamente similares entre sí. Las variantes F7A4, F11A8 y F11A3, con medias estadísticamente semejantes y un promedio de 4.44 cm, fueron las de mayor longitud, mientras que F3A4, F3A5, F12A8, F12A13, F13A9, F13A10, F14A4 y F14A7 presentaron el menor promedio para la longitud de la cavidad (3.92 cm).

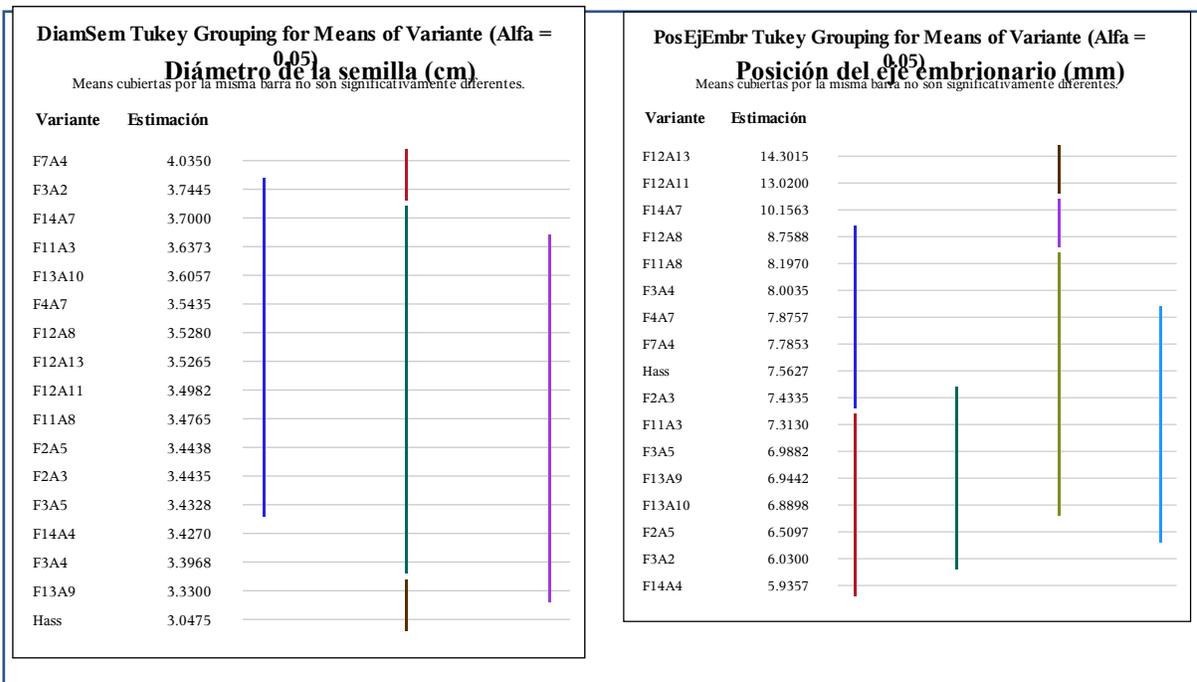
Con respecto al diámetro de la cavidad, se formaron siete grupos estadísticos, el grupo A conformado por las variantes F3A2, F7A4, F11A3 y F11A8, presentaron el promedio más alto (3.95 cm), en contraste con F2A3, F2A4, F3A4, F3A5, F12A8, F13A9, F14A4 y la variedad Hass conformaron el grupo con el menor diámetro de la cavidad con 3.50 cm. En relación a la posición del eje embrionario F12A11 y F12A13, presentaron el valor más alto para esta variable, con promedio de 13.66 mm, mientras que F2A4, F3A2, F3A5, F11A3, F13A9, F13A10 y F14A4, presentaron el menor promedio con 6.66 mm. En las Figuras 37 y 38, se muestran los resultados completos de la comparación de medias para las seis variables cuantitativas evaluadas en semilla.

El tamaño de la semilla es una variable de la cual depende la aceptabilidad del consumidor, ya que estos prefieren frutos con semillas pequeñas y un alto contenido de pulpa (Ayala-Silva *et al.*, 2005). Varios autores han reportado tamaños de semilla de más de 30 variedades comerciales alrededor del mundo que van desde los 26.54 g (Duke) hasta los 115.82 g (Gómez-López, 1999, 2002; Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011; Galvão *et al.*, 2014).



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 37. Comparación de medias para cuatro caracteres cuantitativos evaluados en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 38. Comparación de medias para dos caracteres cuantitativos evaluados en semilla de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Las variantes analizadas presentaron tamaños de semilla pequeños que oscilaron entre 24 y 40 g, esto indica que el material evaluado presentó tamaño de semilla pequeño en comparación con distintas variedades comerciales alrededor del mundo.

4.4 Evaluación de las características fisicoquímicas de las variantes de aguacate y la variedad Hass

El aguacate es considerado como un alimento funcional, por su alto contenido de carbohidratos, además de ser una fuente de fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes (Comerford *et.al.*, 2016).

Una de las cualidades principales de este fruto es su alto contenido de aceite (Pliego-Alfaro *et al.*, 2013), ya que puede alcanzar valores que van desde un 5 hasta un 30 % del peso fresco del

fruto, dependiendo de la temporada, la variedad y las condiciones del cultivo (Ge *et al.*, 2017; Quinones-Islas *et al.*, 2013). De igual manera, este parámetro es considerado como el más confiable relacionado con la calidad nutricional del aguacate (Kaiser & Wolstenholme, 1994). De acuerdo con los estadísticos presentados en el Cuadro 9, se observaron diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$), entre las 16 variantes evaluadas y la variedad Hass, para las variables porcentaje de materia seca (MS) y humedad del fruto (H), así como para el contenido de aceite (CA). Para determinar el ajuste de los datos al modelo utilizado para el análisis de la información, se tomó en cuenta el coeficiente de determinación, cuyos valores oscilaron entre 0.60 y 0.95, donde el CA mostro el valor más alto para este estadístico. Las tres variables fisicoquímicas evaluadas presentaron valores bajos de desviación estándar ($DE < 4.0$), lo que indica una alta reproducibilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 9. Estadísticos simples obtenidos para tres variables fisicoquímicas evaluadas en frutos de genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	R ²	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max	Pr > F
Materia seca	0.60	31.44	3.65	11.59	18.81	48.43	<.0001
Humedad	0.60	68.61	3.61	5.26	51.57	81.19	<.0001
Contenido de aceite	0.95	20.10	3.18	15.84	12.38	26.20	<.0001

R² = coeficiente de determinación, CV = coeficiente de variación

Por medio del coeficiente de variación se interpretó la variabilidad entre los genotipos variantes y Hass para las variables evaluadas, donde se obtuvieron valores de 11.59 % (materia seca), 5.26 % (humedad) y 15.84 % (contenido de aceite), indicando los diferentes niveles de

dispersión existentes para dichas variables, información que se presenta en la Figura 39. En un estudio similar donde se evaluaron frutos de la variedad Hass, se reportó un CV de 2.25 % para MS, 5.94 % para H y 11.34 % para CA (Ncama *et al.*, 2018), valores que se encuentran por debajo de los obtenidos para las variantes analizadas. Izhaki *et al.*, (2002), mencionan que las propiedades fisicoquímicas del fruto se ven afectadas en gran parte por las diferentes condiciones ambientales propiciadas por las distintas regiones agroecológicas en donde se encuentre el cultivo. Sin embargo, cabe destacar que los genotipos evaluados se encontraban bajo las mismas condiciones agroclimáticas, a excepción de Hass, por lo que la variabilidad obtenida se debe a las características genotípicas de cada una de las variantes y no a su interacción con los factores antes mencionados.

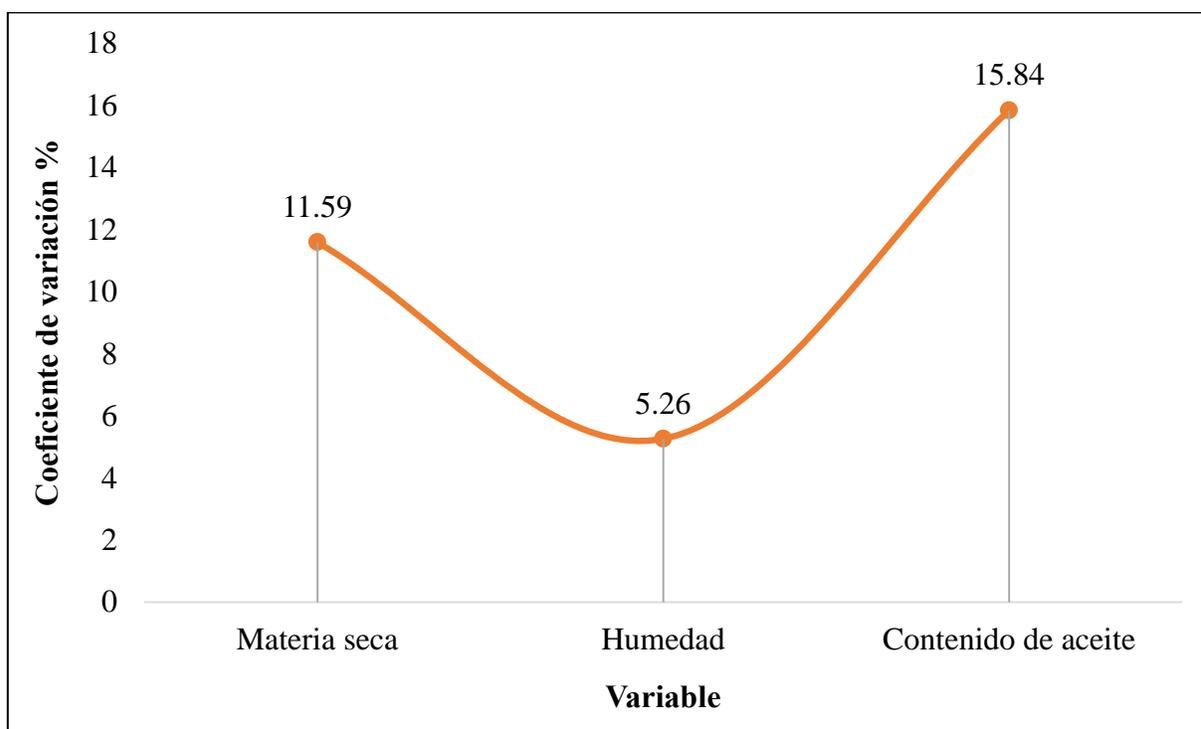


Figura 39. Coeficientes de variación obtenidos para tres variables fisicoquímicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

La característica con la mayor dispersión dentro de las variables fisicoquímicas fue contenido de aceite, debido a que son genotipos diferentes y dada la naturaleza de la variabilidad misma que se presenta en el aguacate, se explica parte de la variación observada. Kruger *et al.* (1999), mencionan que el aguacate presenta variaciones en cuanto al contenido de aceite a causa de la temperatura y la pluviometría de donde se localice el cultivo, sin embargo, como se mencionó anteriormente la variabilidad obtenida en el presente estudio se debe a factores genéticos ya que los genotipos evaluados se encontraban bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo.

4.4.1 Materia seca

En el presente trabajo se evaluaron las características de porcentaje de materia seca y contenido de humedad como índices de madurez fisiológica del fruto, ya que el aguacate al ser un fruto climatérico se debe recolectar en la etapa de madurez fisiológica adecuada con el fin de obtener las características de sabor y firmeza requeridas por el consumidor (Gamble *et al.*, 2010). Del mismo modo, la cosecha temprana tiene como consecuencia frutos con contenidos bajos de aceite, presencia de fibras y aspecto arrugado de la pulpa, mientras que frutos cosechados tardíamente, tiene una vida de poscosecha corta, presentan maduración irregular y un alto contenido de aceite, así como propiedades sensoriales inferiores y una baja germinación de semillas (Galán Sauco, 1990). En el Cuadro 10, se muestra el análisis de varianza practicado para tres variables fisicoquímicas evaluadas en fruto, se determinó que estas resultaron informativas y con diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha \leq 0.05$).

El porcentaje mínimo de materia seca requerido por la norma mexicana NMX-FF-016-SCFI-2006 como indicador de madurez fisiológica del fruto de aguacate es de 21 %, los frutos utilizados para la evaluación fisicoquímica del presente estudio presentaron porcentajes entre

18.81 y 48.43 % por lo que en su mayoría cumplieron con este requisito, a excepción de un fruto, para continuar con el resto de los análisis.

Cuadro 10. Análisis de varianza en una vía practicado para tres variables fisicoquímicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de aguacate y la variedad Hass.

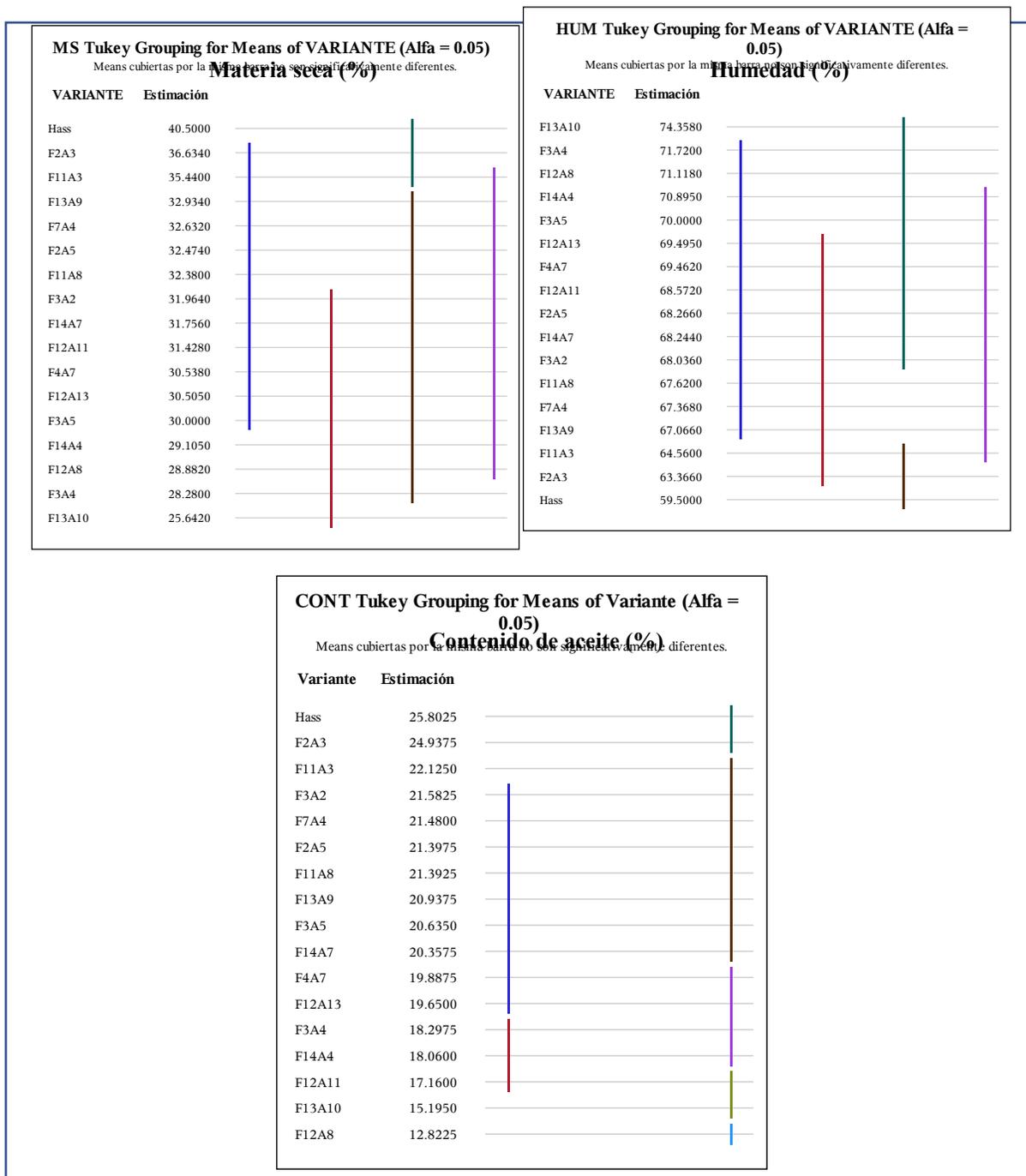
Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Materia Seca	Modelo	16	617.343473	38.583967	5.71	<.0001
	Error	62	419.273000	6.762468		
	Total corregido	78	1036.616473			
Humedad	Modelo	16	612.265949	38.266622	5.86	<.0001
	Error	62	404.696400	6.527361		
	Total corregido	78	1016.962349			
Contenido de aceite	Modelo	16	647.4144559	40.4634035	65.46	<.0001
	Error	51	31.5246500	0.6181304		
	Total corregido	67	678.9391059			

GL = Grados de libertad

La prueba de Tukey, arrojó cinco grupos estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0.05$), el grupo A conformado por la variedad Hass y los genotipos F2A3 Y F11A3, presentaron porcentajes de MS similares estadísticamente con un promedio de 37.52 %, en contraste con la variante F13A10 con el menor porcentaje de MS de los genotipos evaluados con 25.64 %, perteneciente al grupo E. Los niveles altos de contenido de MS pueden ser asociados con la resistencia al arrugamiento del fruto conforme avanza el estado de madurez y la pérdida de humedad después

de la cosecha (Travers *et al.*, 2014). Los resultados completos de esta comparación de medias son presentados en la Figura 40. La variabilidad observada correspondiente a la MS se debe en parte a la época de recolección, ya que los frutos fueron recolectados en diferentes fechas durante el periodo de cosecha; otra explicación, es que los frutos provienen de diferentes periodos de floración y fructificación (Sandoval-Sandoval *et al.*, 2017), así como las condiciones de déficit hídrico y estrés climático a las cuales estuvieron sometidas las variantes como consecuencia de la poca disponibilidad de agua y la escases de lluvias en el municipio de Uruapan durante el año 2020.

Los porcentajes de MS obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro de los rangos reportados por distintos autores. En Colombia se han hecho diversos estudios relacionados a las variables fisicoquímicas del fruto de aguacate Hass; Márquez *et al.* (2014), reportaron valores que fluctuaron entre 28.66 y 29.3 % para frutos de la variedad Hass procedentes de dos municipios distintos, en una investigación similar, se obtuvieron valores de 19 a 30.7 % (Pedro Carvalho *et al.*, 2015) para distintas localidades, mientras que Sandoval-Sandoval *et al.* (2017), reportaron contenidos entre 21.88 y 34.17 % en frutos de cuatro municipios diferentes. Por otra parte, en un estudio donde se evaluaron frutos de Hass, los autores obtuvieron valores promedio de 68.69 % (Serpa *et al.*, 2014), en contraste con Espinosa-Alonso *et al.* (2017), quienes lograron obtener porcentajes entre 28 y 36 % para materiales criollos. En una investigación similar, donde el objetivo era determinar posibles diferencias en algunas características fisicoquímicas y organolépticas en frutos de Hass procedentes de Michoacán, Jalisco y Nayarit, se reportaron valores entre 24.86 y 27.95 % (Salazar-García *et al.*, 2016), mientras que, en otro trabajo, donde se evaluaron dos variedades distintas, se obtuvieron porcentajes entre 26.5-27.6, para la variedad Carmen y para Hass los valores oscilaron entre 27.6-30.5 % (Shezi *et al.*, 2020).



Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

Figura 40. Comparación de medias para tres caracteres fisicoquímicos evaluados en frutos de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

4.4.2 Contenido de humedad

Uno de los principales obstáculos para la obtención de aceites de aguacate son los altos contenidos de humedad en la pulpa, factor que afecta el rendimiento, costos de producción y extracción. En el presente trabajo se obtuvieron contenidos de humedad promedio entre 59.50 y 74.36 %, valores bajos que permitieron obtener una extracción eficiente de aceite, ya que después de la cosecha, el fruto comienza su proceso de maduración en el cual el contenido de agua es remplazado gradualmente por aceite (Gómez-López, 2000). En la Figura 40, se observa la comparación de medias para la variable contenido de humedad con la formación de cinco grupos estadísticamente distintos, en donde la variedad Hass y las variantes F2A3 y F11A3, presentaron el promedio más bajo para esta característica (62.48 %), formando el grupo E. Estos resultados confirman que el contenido de humedad y el porcentaje de materia seca se mantienen constantes durante el desarrollo del fruto y se encuentran altamente correlacionados, lo que permite el cálculo del porcentaje de humedad por medio del contenido de materia seca (Magwaza & Tesfay, 2015).

Los valores observados para contenido de humedad en el presente estudio son similares a los reportados por distintos autores. Al respecto, Márquez *et al.* (2014), reportan porcentajes de humedad de 70.6 a 71.3 %, en tanto que Pedro Carvalho *et al.* (2015), obtuvieron valores de 69 a 81 % para frutos de la variedad Hass procedentes de distintas localidades de Colombia, resultados similares a los determinados para las variantes de Hass. En una investigación similar fue hecha en Colombia, Sandoval-Sandoval *et al.* (2017), reportaron contenidos entre 24.6 y 31.56 % en frutos en estado de madurez fisiológica de cuatro municipios diferentes, mientras que Ncama *et al.* (2018), observaron un rango entre 25.19 a 33.14 %, ambos estudios con valores muy bajos comparados con los obtenidos para las variantes evaluadas en este trabajo. Por otra

parte, en un estudio donde se evaluaron frutos de la variedad Breda, los autores obtuvieron valores promedio de 78.2 % (Krumreich *et al.*, 2018), en contraste con Guerrero Álvarez *et al.* (2020), quienes evaluaron frutos de la variedad Lorena, reportando porcentajes de humedad entre 80.75 y 82.79 %, valores que están por arriba de los obtenidos en el presente estudio.

4.4.3 Porcentaje de aceite

En la literatura, se menciona que el aceite de aguacate es similar en su composición y características fisicoquímicas al aceite de oliva, por lo que este resulta de gran interés para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Robayo Medina, 2016). En el presente trabajo fue posible extraer un promedio de 20.10 % del aceite presente en la pulpa de los genotipos variantes de aguacate variedad Hass, mientras que el contenido de aceite para la variedad Hass fue de 25.80 %. En cuanto a las variantes evaluadas los porcentajes fluctuaron entre 12.38 y 26.20 %, demostrando ser una fuente importante de diversidad en lo que respecta al contenido de aceite comparadas con la variedad Hass. De acuerdo con Tango *et al.* (2004) y Oliveira *et al.* (2013), los contenidos de aceite en las diferentes variedades de aguacate se encuentran entre 5.3 a 31.1 %. De igual manera, Borges y Melo (2016), obtuvieron porcentajes entre 5 y 35 % para variedades como Hass, Fuerte y otras más de importancia económica.

En la Figura 40, se observa la prueba de comparación de medias para la variable contenido de aceite, demostrando que la variante F2A3 (24.94 %) presentó un contenido estadísticamente similar a la variedad Hass (25.80 %), formando el grupo A, en contraste con la variante F12A8 que presentó el valor más bajo (12.82 %). Lo anterior demuestra la calidad de los frutos de las variantes, las cuales sobresalen en su mayoría por el alto contenido de aceite, lo que puede significar una característica importante para ser considerados como genotipos con posible

potencial para su explotación comercial como variantes alternas a Hass, para su uso como materia prima para la industria o para su consumo en fresco por su alto valor nutrimental. En diversos trabajos se ha demostrado que los frutos de la variedad Hass presentan concentraciones altas de aceite. En un estudio donde se evaluaron las características fisicoquímicas en postcosecha de frutos de dos municipios de Colombia, se obtuvieron concentraciones entre 22.5 y 24 %, para ambos municipios (Marquez *et al.*, 2014). En una investigación similar, sobre la evaluación de la calidad de frutos de aguacate Hass, se determinaron diferencias significativas para las diferentes regiones productoras estudiadas, siendo los aguacates procedentes de la región del estado de Michoacán los que presentaron un mayor contenido de aceite (17.48 %) (Salazar-García *et al.*, 2016), mientras que, Yepes Betancur *et al.* (2017), obtuvieron una concentración lipídica equivalente al 20 %. Por otro lado, diversos autores han reportado concentraciones que van desde 14.54 hasta 30.4 % para la variedad Hass con distintos métodos de extracción (Cerdas Araya *et al.*, 2014; Serpa *et al.*, 2014; Sandoval-Sandoval *et al.*, 2017; Tan *et al.*, 2018; Shezi *et al.*, 2020; Ge *et al.*, 2021), lo que evidencia que las variantes evaluadas presentan concentraciones muy similares a Hass teniendo en cuenta las condiciones de estrés bajo las que se encontraban estos genotipos. Por el contrario, los valores observados para algunas variantes fueron superiores a los reportados por Guerrero Álvarez *et al.* (2020), quienes hallaron concentraciones de 5.79-6.56 %, mientras que otros investigadores obtuvieron frutos con concentraciones de 7.8 a 18.9 % (Pedro Carvalho *et al.*, 2015; Bernal-Estrada y Cartagena-Valenzuela, 2017).

Además, en estudios similares en los que se evalúan genotipos locales o nativos, se han reportado concentraciones bajas en comparación a las obtenidas para los genotipos variantes. Galvão *et al.* (2014), determinaron el contenido total de aceite de tres variedades en Brasil y

reportaron contenidos que variaban de 11.90 a 16.20 %, mientras que variedades locales procedentes de Sinaloa y China presentan valores que van desde 1.73 hasta 15 % (Ge *et al.*, 2017; Valdez-Agramón *et al.*, 2017; Ge *et al.*, 2018). Basado en lo anterior, se demuestra que los valores reportados en el presente estudio son en su mayoría superiores a los obtenidos en los trabajos citados anteriormente. A pesar de que las variantes se encontraban bajo condiciones de estrés hídrico y un manejo deficiente del cultivo, lo que podrían tener algún efecto en la variación de los niveles de lípidos con respecto a Hass, estas presentaron un alto contenido de aceite, lo que se atribuye principalmente a sus características genotípicas sin efecto alguno de las condiciones ambientales u origen de las variantes.

4.5 Relación entre las características morfológicas evaluadas en las variantes de aguacate y la variedad Hass

De acuerdo con el análisis de stepwise hecho para las variables morfológicas, todas las variables evaluadas aportan información útil para explicar la variación que existe entre las variantes y la variedad Hass. De igual manera, en el Cuadro 11, se presentan las correlaciones altamente significativas ($\alpha \leq 0.001$), identificadas entre 72 variables morfológicas evaluadas en árbol, hoja, flor, fruto y semilla, de los genotipos variantes y Hass. Se observaron un total de 17 correlaciones ($r > 0.5$), de las cuales fueron identificadas tres con valores de $r \geq 0.8$; la circunferencia del tronco con la altura y anchura del árbol ($r = 0.90213$ y $r = 0.83334$, respectivamente) y la altura con la anchura del árbol ($r = 0.87723$), mientras que se identificaron un total de seis correlaciones con valores de $r \geq 0.7$, en contraste con ocho correlaciones con valores que fluctuaron de 0.6 a 0.5.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson identificados entre las variables morfológicas evaluadas en 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación
Circunferencia del tronco	Altura del árbol	0.90213
Altura del árbol	Anchura del árbol	0.87723
Circunferencia del tronco	Anchura del árbol	0.83334
Peso del fruto	Diámetro del fruto	0.7912
Número de ramificaciones de la inflorescencia	Número de flores por inflorescencia	0.78328
Peso del fruto	Longitud del fruto	0.77663
Diámetro de la semilla	Peso de semilla	0.74788
Longitud de la semilla	Longitud de la cavidad	0.71544
Diámetro de la semilla	Diámetro de la cavidad	0.71281
Diámetro de la cavidad	Peso de semilla	0.68201
Diámetro de la cavidad	Longitud de la cavidad	0.6676
Longitud de la cavidad	Peso de semilla	0.65711
Diámetro de la semilla	Longitud de la semilla	0.65361
Diámetro del fruto	Longitud del fruto	0.65359
Longitud del sépalo	Longitud del pétalo	0.6153
Longitud de la semilla	Peso de semilla	0.61071
Diámetro de la semilla	Longitud de la cavidad	0.5617

En diversos trabajos, se han observado valores muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Guillén-Andrade *et al.* (2016), reportaron correlaciones de 0.89, 0.95 y 0.80 para diámetro con peso de fruto, diámetro con peso de semilla y longitud con forma del fruto, respectivamente. Sin embargo, Gama-Campillo y Gómez-Pompa (1992), mencionan que el tamaño del fruto no es una característica discriminante entre variedades silvestres y cultivadas debido a la heterogeneidad en la producción de frutos.

4.6 Relación entre las características fisicoquímicas y morfológicas de fruto evaluadas en las variantes de aguacate y la variedad Hass

El análisis de stepwise hecho para las tres variables fisicoquímicas evaluadas, muestra que todas aportan información útil para explicar la variación que existe entre las variantes y la variedad Hass. Se procedió a ejecutar un análisis de correlación entre las variables fisicoquímicas y las características morfológicas de fruto con el fin de determinar si existe relación alguna entre estas. En el Cuadro 12, se presentan las correlaciones altamente significativas ($\alpha \geq 0.05$), identificadas entre las tres variables fisicoquímicas y 27 variables morfológicas evaluadas en fruto de los genotipos variantes y Hass. Se obtuvieron un total de 11 correlaciones, de las cuales solo se identificó una correlación con valor de $r \geq 0.5$; el contenido de materia seca con el contenido de aceite ($r = 0.68692$), por el contrario, se observaron un total de cinco correlaciones con valores de $r \geq 0.4$. De igual manera, se identificaron cinco correlaciones con valor negativo, de las cuales el contenido de humedad con la materia seca presentó el valor más alto con -0.98826 y el resto de las correlaciones negativas presentaron valores que oscilaron entre -0.41 y -0.69 .

Cabe destacar que el porcentaje de humedad se encuentra fuertemente relacionado con el proceso de maduración, a medida que el fruto madura los porcentajes de humedad disminuyen y este proceso se ve afectado por el clima. Durante el invierno, a causa de los bajos índices de lluvia, el porcentaje de humedad y de materia seca son menores. De las variantes analizadas en el presente estudio, algunas fueron cosechadas en invierno, por lo que posiblemente fueron influenciadas por el estrés hídrico. De igual manera, el contenido de aceite y el porcentaje de humedad presentaron una alta correlación, lo que podría explicar la influencia en los niveles de aceite de las variantes. Al respecto, Pearson (1975) menciona que la suma del porcentaje de

aceite y el contenido de humedad del fruto de aguacate es un valor constante. Esto indica que la tasa de incremento del contenido de aceites es la misma que la tasa de disminución del contenido de humedad durante el desarrollo del fruto.

Cuadro 12. Coeficientes de correlación de Pearson identificados entre las variables fisicoquímicas y morfológicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación
Materia seca	Contenido de aceite	0.68692
Tamaño de las lenticelas	Contenido de aceite	0.48797
Forma de la base del fruto	Materia seca	0.42403
Forma de la base del fruto	Contenido de aceite	0.41649
Tamaño de las lenticelas	Materia seca	0.40537
Días de almacenamiento de la fruta	Materia seca	0.40481
Contenido de humedad	Materia seca	-0.98826
Contenido de humedad	Contenido de aceite	-0.6897
Tamaño de las lenticelas	Contenido de humedad	-0.42827
Forma de la base del fruto	Contenido de humedad	-0.42476
Días de almacenamiento de la fruta	Contenido de humedad	-0.40708

De igual manera, un alto coeficiente de correlación ($r = 0.68692$) indicó la relación cercana que existe entre la materia seca y el contenido de aceite, confirmando que el porcentaje de materia seca se encuentra fuertemente relacionado con la calidad del fruto y el contenido de aceite, por lo general, el contenido de aceite aumenta conforme el porcentaje de materia seca en el fruto incrementa (Lee *et al.*, 1983). Varios autores mencionan que conforme el estado de madurez del fruto avanza se da un incremento en el contenido de lípidos y la materia seca, por lo que el contenido de humedad disminuye (Lee, 1981; Ramila, 1994; Ranney, 1991; Slater *et al.*, 1975). Esto se debe a que las moléculas oleosas desplazan a las moléculas de agua fuera de las vacuolas

celulares, por lo que se reduce el contenido de humedad (Davenport y Ellis, 1959). Por su parte, Razeto (2008) observó una relación entre el contenido de aceite y el porcentaje de materia seca en frutos de Hass recién cosechados. En otro estudio similar, se determinó una correlación alta (0.92 %) entre el contenido de materia seca y el contenido de aceite a partir de la semana 39 desde la polinización del fruto (Cerdas Araya *et al.*, 2014). En el presente trabajo se observó que a medida que el contenido de aceite en el fruto aumenta, el contenido de humedad disminuye ($r = -0.6897$), resultados que confirman que la suma de estas variables tiende a permanecer constante durante el proceso de maduración (Ozdemir & Topuz, 2003).

4.7 Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP fue hecho tomando en consideración 25 variables morfológicas cuantitativas y tres fisicoquímicas; estas variables, fueron evaluadas en árbol, hoja, flor, fruto y semilla de 16 variantes y en la variedad Hass. Este análisis generó siete factores con valor propio, excediendo 1.0 (regla de Kaiser). Con los tres primeros componentes se logró explicar el 62.22 % de la variación existente y, con seis el 84.67 %. Valores mayores al 60-70 % explican un porcentaje razonable de la variabilidad de las muestras (Montes-Hernández *et al.*, 2017). En el Cuadro 13, se observan los valores propios y la varianza explicada para el ACP generado. El primer componente (VAR1) que representa el 27.58 % de la varianza total explicada, está compuesto por las variables: diámetro del fruto, peso del fruto y peso de la semilla. El segundo componente (VAR2, 21.86 %), se definió fundamentalmente por la anchura, altura del árbol y la circunferencia del tronco. En cuanto al tercer componente, VAR3 (12.78 %), este se asoció principalmente a la longitud de la lámina foliar y el contenido de aceite.

Cuadro 13. Valores propios y proporción de la variabilidad explicada por cada componente principal, generados con características fenotípicas cuantitativas y fisicoquímicas de árbol, hoja, flor, fruto y semilla de 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.

Componente principal	Valores propios	Proporción de la varianza	
		Proporción	Acumulado
1	7.72353925	0.2758	0.2758
2	6.12070523	0.2186	0.4944
3	3.57778171	0.1278	0.6222
4	2.79400937	0.0998	0.7220
5	1.90699854	0.0681	0.7901
6	1.58416843	0.0566	0.8467
7	1.16099617	0.0415	0.8881
8	0.81450366	0.0291	0.9172
9	0.76766943	0.0274	0.9447
10	0.49875826	0.0178	0.9625
11	0.35725136	0.0128	0.9752
12	0.31940692	0.0114	0.9866
13	0.14418654	0.0051	0.9918
14	0.11569777	0.0041	0.9959
15	0.06448369	0.0023	0.9982
16	0.04984368	0.0018	1.0000

En el Cuadro 14, se señala el aporte de la varianza explicada por cada una de las variables que conforman los primeros seis componentes principales generados. Se observó que las variables anchura y altura del árbol, circunferencia del tronco, longitud de la lámina foliar, número de flores y número de ramificaciones por inflorescencia, longitud del eje principal de la inflorescencia, longitud del pétalo, diámetro y peso del fruto, longitud del pedicelo del fruto, grosor de la cáscara, peso de la semilla en la fruta, posición del eje embrionario y contenido de aceite, fueron las que presentaron el mayor peso de este análisis; por lo tanto, estas variables fueron determinantes para los posteriores análisis multivariados.

Cuadro 14. Valores propios obtenidos en los primeros seis componentes principales a partir de las variables evaluadas en 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.

Variable	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6
AnchArb	0.007504	0.356444	0.142675	-1.09330	0.038957	-.067064
AltArb	0.023681	0.359349	0.120480	-.074486	0.167657	-.141946
CircTrn	0.036199	0.366500	0.038806	0.013265	-.026909	-.227462
LongLam	0.046640	0.072220	0.419086	-.253952	0.005340	0.062055
NumVen	-.195281	-.188968	-.191478	0.234318	0.193300	0.175171
NumFlores	0.124984	-.137280	-.265984	-.351531	0.153304	0.068786
NumRamif	0.090541	-.124804	-.281716	-.406199	0.028454	-.022390
LongEjPrinc	0.124010	-.105980	0.053533	-.116312	-.383075	-.384778
LongPedic	0.269664	-.118529	0.176409	0.043756	0.161500	-.024282
LongPeta	-.094175	-.108614	0.331810	0.209980	0.093486	0.393663
LongSep	-.216682	0.191334	0.177419	0.232795	-.085326	0.177731
LongF	0.288300	0.119359	-.013846	-.002790	0.192779	0.135025
DiamF	0.317826	0.118269	0.055261	0.045448	-.070749	0.020719
PesF	0.319342	0.098818	0.046075	0.068640	0.083914	0.046418
LongPedun	0.076577	0.157108	0.226498	-.270934	-.143984	0.285227
DiaPedun	0.288727	-.063306	0.017619	0.198847	-.199915	-.189303
LongPedFrt	0.142961	0.041481	0.122448	0.397518	0.228848	-.258974
GrosC	-.033475	-.203672	-.064262	0.164814	0.299328	-.402860
DiasAlmac	0.054931	0.208527	-.050457	-.158422	0.280735	-.082548
PesSem	0.305430	-.173398	0.087344	0.100141	-.025924	-.010046
LongCav	0.267358	-.049714	-.123278	0.192482	0.043463	0.272523
DiamCav	0.253187	-.131423	0.123245	0.061293	-.212687	0.070537
LongSem	0.268618	-.038886	-.119696	-.098544	0.283221	0.243681
DiamSem	0.245262	-.197539	0.151761	-.060384	-.068077	-.035423
PosEjEmbr	-.002339	0.047965	0.140268	-.073649	0.464384	-.105975
CA	0.103455	0.200686	-.320338	0.150550	-.178716	0.139590
MS	0.093287	0.293763	-.273264	0.142787	-.066677	0.050040
H	-.097587	-.296425	0.273249	-.133962	0.061023	-.035491

Anchura del árbol (AnchArb) Altura del árbol (AltArb), Circunferencia del tronco (CircTrn), Longitud de la lámina foliar (LongLam), Número de venas primarias de la hoja (NumVen), Número de flores por inflorescencia (NumFlores), Número de ramificaciones por inflorescencia (NumRamif), Longitud del eje principal de la inflorescencia (LongEjPrinc), Longitud del pedicelo de la flor (LongPedic), Longitud del pétalo (LongPeta), Longitud del sépalo (LongSep), Longitud del fruto (LongF), Diámetro del fruto (DiamF), Peso del fruto (PesF), Longitud del pedúnculo (LongPedun), Diámetro del pedúnculo (DiaPedun), Longitud del pedicelo del fruto (LongPedFrt), Grosor de la cáscara (GrosC), Días de almacenamiento del fruto (DiasAlmac), Peso de la semilla (PesSem), Longitud de la cavidad de la semilla (LongCav), Diámetro de la cavidad (DiamCav), Longitud de la semilla (LongSem), Diámetro de la semilla (DiamSem), Posición del eje embrionario (PosEjEmbr), Contenido de aceite en la pulpa (CA), Porcentaje de materia seca (MS) y Contenido de humedad (H).

Lo anterior indica que estas características pueden ser utilizadas como criterio de selección y diferenciación de genotipos variantes de Hass por su alto valor descriptivo.

En la Figura 41, se observa la asociación de la mayoría de los genotipos evaluados en tres grupos; el grupo I, conformado principalmente por los genotipos F2A3, F7A4, F11A3 y F11A8, se caracterizaron por presentar los mayores valores promedio de peso y diámetro de fruto y peso de semilla, con relación a las variantes asociadas en los grupos II y III; incluyendo a la variedad Hass.

El grupo II, incluyó los genotipos F13A9, F14A7 y la variedad Hass, los que son similares en anchura y altura del árbol y circunferencia del tronco, comparados con el resto de los genotipos evaluados. Por su parte, los genotipos F3A2, F12A8, F12A11, F12A13 y F13A10 formaron parte del grupo III, que presentan similitudes en la longitud de la lámina foliar y valores bajos de contenido de aceite.

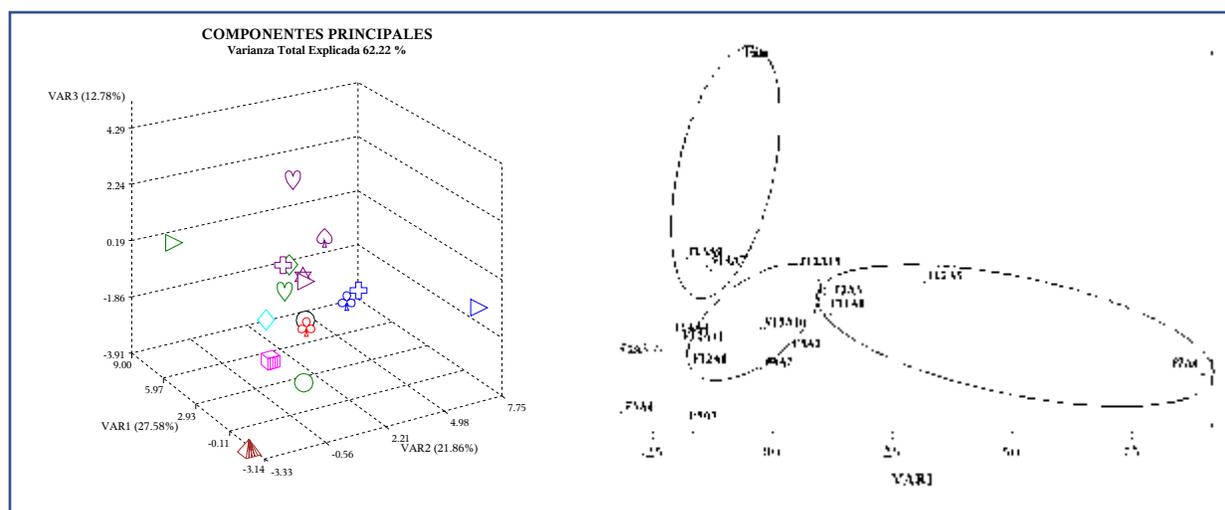


Figura 41. Distribución de 16 variantes de aguacate y de la variedad Hass, en función de los primeros tres componentes principales que explican el 62.22 % de la varianza acumulada.

Las bondades del ACP para el ordenamiento y clasificación de la diversidad genética en aguacate, han sido señaladas por distintos autores (Cañas-Gutiérrez *et al.*, 2015; Rhodes *et al.*, 1971).

Se han reportado resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo, tal como Montes-Hernández *et al.* (2017), quienes lograron explicar el 62.2 %, de la varianza total para genotipos criollos con los tres primeros componentes y las características con mayor peso fueron: peso del fruto y del mesocarpio, así como el diámetro del fruto. De manera similar, Salazar-García *et al.* (2016), con solo dos componentes principales, explicaron el 62.16 % de la varianza existente entre individuos de Hass procedentes de Michoacán, Jalisco y Nayarit, en donde las variables de mayor contribución fueron: proporción pulpa/piel, rugosidad del fruto, contenido de materia seca y aceite, peso fresco y seco del fruto y firmeza de la pulpa. Estudios similares, sobre caracterización de genotipos locales, lograron explicar el 10.13 % de la varianza acumulada con los primeros dos componentes (Juma *et al.*, 2021), y el 18.39 % con base en tres componentes principales (Juma *et al.*, 2020), resultados muy bajos comparados con los obtenidos para las variantes de Hass. Asimismo, en la evaluación de materiales criollos, el 53.8 % de la varianza total fue explicada con tres componentes principales en función de sus características de fruto, semilla, hoja, contenido de aceite y materia seca (López-Guzmán *et al.*, 2015).

Lo anterior confirma lo reportado por Rodríguez *et al.* (2003), quienes aseguran que la clasificación con base exclusivamente en caracteres de fruto no queda bien representada dada la forma de polinización del aguacate, ya que, al utilizar solamente el fruto existe la posibilidad de evaluar la combinación de dos genotipos distintos. Por lo cual, es necesario evaluar órganos vegetativos que reflejen la información genética de la planta, tal como se hizo en el presente estudio.

4.8 Asociación entre las variantes de aguacate y la variedad Hass

Con los resultados obtenidos en el ACP se realizó un análisis clúster que se presenta en la Figura 42A, construido con base a las distancias Euclidianas para 14 caracteres morfológicos cuantitativos de árbol, hoja, flor, fruto, semilla y contenido de aceite; se logró identificar tres grupos: el grupo I, se conformó por los genotipos F2A3, F3A5, F4A7, F11A3 F12A3, F14A4 y F14A7. Estos se distinguen principalmente por un mayor número de flores y ramificaciones por inflorescencia con valores que fluctúan entre 172 y 259 flores y de 8 a 13 ramificaciones.

El grupo II, conformado solamente por una variante, F7A4, que presentó los frutos de mayor peso y tamaño, en contraste con el resto de los genotipos y Hass, así como un mayor peso de semilla.

En el grupo III; prevalecen las flores con pétalos de mayor longitud, y lo conformaron ocho variantes y Hass, lo que indica que estas variantes fueron más similares a Hass en cuanto a las características cuantitativas evaluadas.

Con respecto a las distancias obtenidas con base en las características cuantitativas, se observa que los genotipos con mayor similitud fueron F12A8 y F12A11 (15.54), mismos que presentaron un mayor número de características similares. En contraste, los genotipos F3A5 y Hass (205.03), presentaron una menor similitud. Montes-Hernández *et al.* (2017), observaron la formación de siete grupos con base en las características cuantitativas de fruto de material criollo, resultados que concuerdan con la agrupación obtenida en el presente estudio, donde las características cuantitativas de fruto y semilla influyeron en la formación de los grupos.

Por otro lado, el análisis clúster generado con base en las distancias de Gower y en las características cualitativas de los órganos vegetativos y reproductivos evaluados, genero tres agrupaciones que se muestran en la Figura 42B.

El grupo I, compuesto por los genotipos F2A3, F7A4 y F3A2, presentaron frutos con superficie rugosa, sabor ligeramente nogado y poca presencia de fibra en la pulpa, mientras que, para las características de árbol, estos genotipos se distinguieron del resto, incluido Hass, por presentar una distribución irregular de las ramas. Por el contrario, para los genotipos del grupo II, F2A5, F3A4, F3A5, F12A11 y F13A9, prevalecen semillas con superficie del cotiledón liso y en lo que respecta al árbol presentaron un vigor intermedio. Mientras que el grupo III, conformado por el resto de los genotipos (ocho) y la variedad Hass, los frutos presentaron brillantez moderada y posición asimétrica del pedicelo.

Las distancias obtenidas muestran que los genotipos con mayor similitud fueron F12A13 y F14A4 (0.13556), mismos que presentaron un mayor número de características similares, en contraste con F3A2 y Hass (0.55823). Al respecto, Tapia-Vargas *et al.* (2017), indican que la naturaleza del cultivo y el cruzamiento natural de las variedades cultivadas ha dado lugar a la creación de genotipos variantes con diferencias morfológicas, estructura y fisionomía, pero con fruto de características similares a Hass.

Por su parte, el análisis de agrupación generado, a través del método de Ward y las distancias Euclidianas, con base en las características fisicoquímicas de fruto, arrojó la formación de dos grupos, Figura 42C. En el grupo I, se incluyen los genotipos F2A3, F11A3 y la variedad Hass, los cuales presentaron un mayor contenido de aceite y materia seca, en contraste con los 14 genotipos del grupo II, que presentaron un mayor porcentaje de humedad y, por ende un menor contenido de aceite y materia seca.

De acuerdo a las distancias obtenidas, los genotipos F2A5 y F3A2 (0.06277) fueron los más emparentados, ya que presentaron un mayor número de características similares. En contraste F13A10 y Hass (6.85854), fueron los genotipos que presentaron una menor similitud.

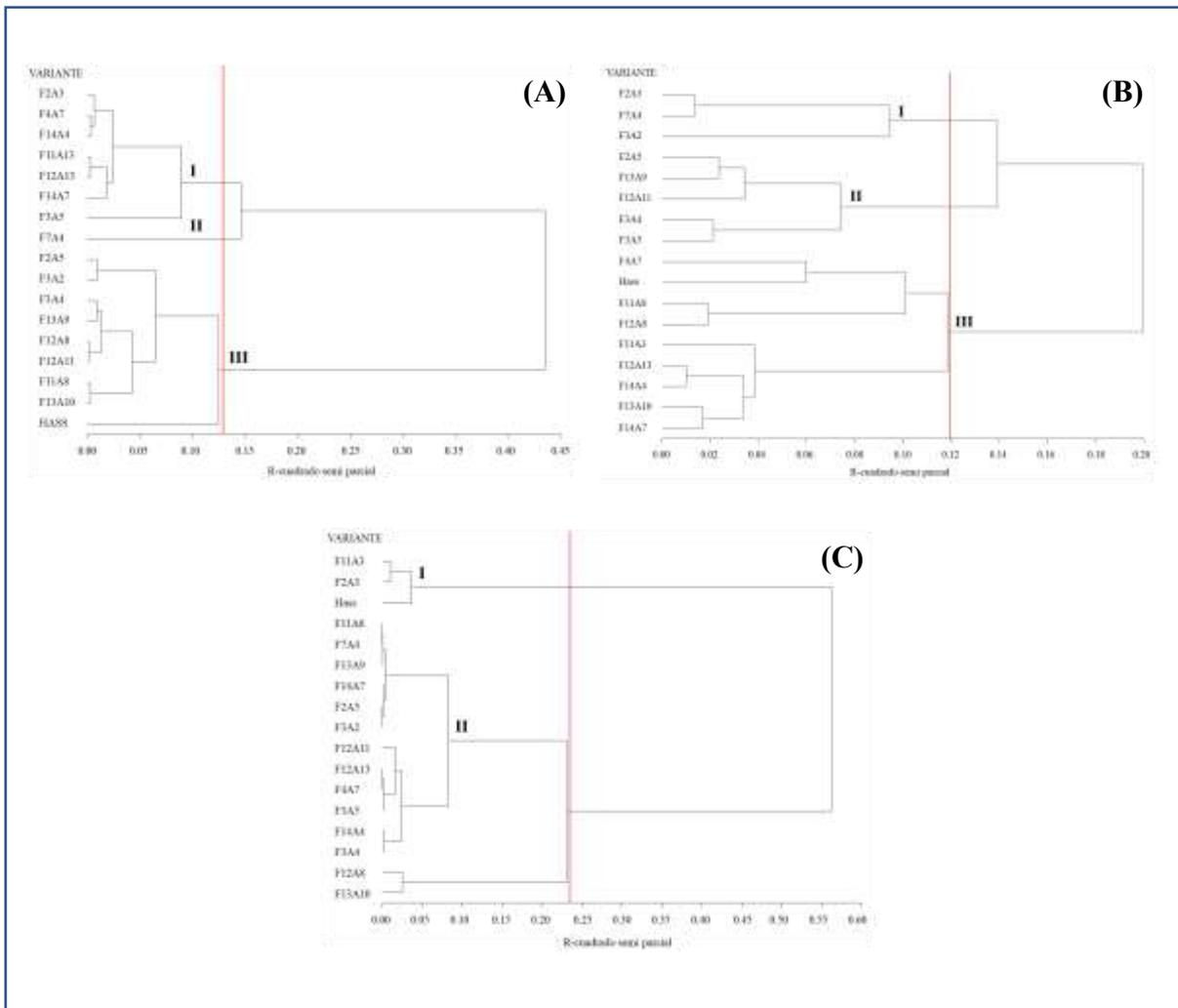


Figura 42. Dendrogramas de varianza mínima de Ward, con base en características cuantitativas (A), cualitativas (B) y fisicoquímicas (C), que muestran la similitud morfológica entre 16 variantes de aguacate y la variedad Hass.

El conocimiento de la variabilidad de aguacate existente en el estado permite seleccionar genotipos de interés para la conservación y mejoramiento del cultivo (Juma *et al.*, 2021). De igual manera, dado que los genotipos evaluados se encuentran establecidos bajo las mismas condiciones edafoclimáticas y de manejo, se puede asumir que las diferencias existentes entre las variantes se deben principalmente a su información genética.

Las variables que presentaron una mayor influencia para la clasificación del germoplasma estudiado fueron: distribución de las ramas y vigor del árbol, número de flores y ramificaciones por inflorescencia, longitud del pétalo de la flor, peso y tamaño de fruto, superficie y brillantez de la cáscara, posición del pedicelo, sabor nogado y fibra de la pulpa, peso de semilla, superficie del cotiledón, porcentaje de humedad y contenido de materia seca y aceite. Los resultados obtenidos concuerdan con Gutiérrez-Díez *et al.* (2009), quienes reportaron que el peso y diámetro de la semilla, longitud y peso del fruto y la longitud de la cavidad de la semilla tuvieron una mayor influencia en un trabajo similar con material criollo. De manera similar, Rodríguez González (2011), reporta la formación de dos grandes grupos con base en características cuantitativas: peso de fruto y semilla, tamaño de fruto, longitud y diámetro del pedicelo del fruto, longitud del peciolo y longitud de la lámina foliar; y cualitativas: forma de la hoja, fruto y semilla, margen de la hoja y forma del ápice, de recolectas de aguacate criollo procedentes de Michoacán. Por otro lado, estudios previos sobre la evaluación de germoplasma proveniente de distintas regiones han arrojado agrupaciones con base, principalmente, en el origen geográfico del material evaluado (Cañas Gutiérrez, 2018; Juma *et al.*, 2020; López Guzmán *et al.*, 2012). De las características morfológicas y fisicoquímicas evaluadas como indicadores de calidad se encuentran: peso y tamaño de fruto, sabor de la pulpa y contenido de aceite. En este sentido, las variantes F2A3, F7A4 y F11A3 presentaron características sobresalientes de calidad, con respecto a Hass, con posible potencial como variedades alternas a Hass para su utilización en programas de mejoramiento genético que permitan un mejor manejo del cultivo para asegurar la producción y estabilidad de las zonas productoras.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son indispensables con el fin de contar con la suficiente información para evaluar el desempeño de estos genotipos en distintos ambientes y

generar variedades alternas a Hass para la diversificación del cultivo en el país. El éxito de un cultivo comercial de aguacate depende principalmente de la selección adecuada de las variedades a sembrar. Al contar con variedades adecuadas se asegura la continuidad de la producción, mayores rendimientos, disminución de incidencias de plagas y enfermedades, un mejor manejo del cultivo y frutos de mayor calidad (Cañas-Gutiérrez *et al.*, 2015).

V. CONCLUSIONES

Con base en la hipótesis, objetivos planteados y, de acuerdo con las condiciones experimentales en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se concluyó lo siguiente:

El análisis morfológico y fisicoquímico de los genotipos, permitió determinar que existe una gran variabilidad entre las variantes de aguacate Hass.

Los genotipos F7A4, F2A3 y F11A3 presentaron el tamaño de fruto y el contenido de aceite con valores promedio superiores o similares, respectivamente, a los determinados en la variedad Hass.

Con un total de 14 variables morfológicas y una fisicoquímica, se logró explicar el 62.22 % de la varianza total obtenida.

La variedad Hass y el genotipo F3A5, presentaron el menor número de características cuantitativas similares; en contraste con F12A8 y F12A11.

Las variantes F12A13 y F14A4, presentaron el mayor número de características cualitativas similares, a diferencia de F3A2 y Hass.

F2A5 y F3A2 fueron los genotipos que presentaron la mayor similitud en cuanto a las características fisicoquímicas evaluadas, mientras que F13A10 y Hass presentaron la menor similitud.

VI. LITERATURA CITADA

- Abraham, J. D., & Takrama, J. F.** (2014). Genetic characterisation of avocado (*Persea americana* Mill.) in two regions of Ghana. *African Journal of Biotechnology*, 13(51), 4620-4627.
- Acosta Díaz, E., Almeyda León, I. H., & Hernández Torres, I.** (2013). Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: región norte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(4), 531-542.
- Acosta Díaz, E., Hernández Torres, I., & Almeyda León, I. H.** (2012). Evaluación de aguacates criollos en Nuevo León, México: región sur. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2), 245-257.
- Agriculture and Natural Resources.** (2020, 1 de julio). *Avocado Information. Avocado Varieties*. <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/AvocadoVarieties.html>
- Alvarez Carvajal, A. A.** (2015). *Relación entre Propiedades reológicas y de calidad durante la maduración de palta Hass (Persea americana Mill.)* [Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas].
- Ashworth, E. T., Cheng, E., & Clegg, M. T.** (2011). *Persea*. En C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Tropical and Subtropical Fruits* (págs. 173-189). Editorial Springer.
- Astudillo Galdames, J.** (1995). *Variación estacional en el porcentaje de aceite, humedad, aceptabilidad y calidad en frutos de palto (Persea americana Mill) cvs. Fuerte y Zutano*. [Tesis de Licenciatura Universidad de Chile, Santiago].
- Avilan, L., Leal, F., & Bautista, D.** (1992). *Lauraceae*. En *Manual de Fruticultura, Principios y Manejo de la Producción* (Segunda ed., págs. 666-776). Editorial America.
- Ayala-Silva, T., Schnell II, R. J., Meerow, A. W., Winterstein, M. C., Cervantes-Martinez, C., & Brown, J. S.** (2005). Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera indica* L.). *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 118, 253-257.
- Barrientos-Priego, A. F., & López-López, L.** (2000). Historia y genética del aguacate. En D. Teliz, & A. Mora, *El aguacate y su manejo integrado* (Segunda ed., págs. 22-26). Editorial Mundi-Prensa.

- Barrientos-Priego, A. F., Muñoz-Pérez, R., Reyes-Alemán, J. C., Borys, M. W., & Martínez-Damián, M. T.** (2007). Taxonomía, cultivares y portainjertos. En D. Téliz, & A. Mora, *El aguacate y su manejo integrado* (págs. 31-62). Editorial Mundi-Prensa.
- Bergh, B.** (1992). The origin, nature and genetic improvement of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 76, 61-75.
- Bergh, B. O.** (1984). Avocado varieties. *California Avocado Society Yearbook*, 68, 75-93.
- Bergh, B. O., & Lavah, E.** (1996). Avocados. En J. Janick, & J. N. Moore, *Fruit Breeding Vol. 1., Tree and Tropical Fruits* (págs. 113-166). Editorial John Wiley Sons.
- Bernal Estrada, J., Díaz Diez, C., Ororio Toro, C., Tamayo Vélez, A., Osorio Vega, W., Córdoba Gaona, O., Londoño Bonilla, M.** (2014). *Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate* (Segunda ed.). Corpoica.
- Bernal-Estrada, J., & Cartagena-Valenzuela, J.** (2017). Contenido de lípidos y composición relativa de los ácidos grasos en pulpa de aguacate 'Hass' cosechados en el trópico andino del departamento de Antioquia, Colombia. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*, 389-400.
- Borges, M. H., & Melo, B.** (2021, 20 de junio). *A cultura do abacateiro*. <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/abacate.html>
- Buelvas Salgado, G. A., Patiño Gómez, J. H., & Cano-Salazar, J. A.** (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate Hass (*Persea americana* Mill) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 138-150.
- Calabrese, F.** (1992). *El aguacate*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Calinski, T., & Harabasz, J.** (1974). A Dendrite Method for Cluster Analysis. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 3(1), 1-27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>
- Cañas Gutiérrez, G. P.** (2018). *Estudio de la diversidad genética e indentificación racial de ecotipos de aguacate (Persea americana Mill.) donares de semilla para portainjertos en el departamento de Antioquia* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias].
- Cañas-Gutiérrez, G. P., Galindo-López, L. F., Arango-Isaza, R., & Saldamando-Benjumea, C. I.** (2015). Diversidad Genética de cultivares de aguacate (*Persea americana*) en Antioquia, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 129-143.

- Cerdas Araya, M. d., Montero Calderón, M., & Somarribas Jones, O. (2014).** Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (*Persea americana*) cultivar Hass en zona intermedia de producción de los Santos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 207-214.
- Cho, K. (2020).** Environmental impacts of the U.S-Mexico avocado supply chain. Michigan.
- Comerford, K. B., Ayoob, K. T., Murray, R. D., & Atkinson, S. A. (2016).** The role of avocados in maternal diets during the periconceptional period, pregnancy, and lactation. *Nutrients*, 8(313), 1-20. <https://doi.org/10.3390/nu8050313>
- Cowan, A. K., & Bornman, C. H. (2004).** Metabolic control of avocado fruit growth: 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase, active oxygen species and the role of C7 sugars. *South African Journal of Botany*, 70(1), 75-82. [https://doi.org/10.1016/s0254-6299\(15\)30309-4](https://doi.org/10.1016/s0254-6299(15)30309-4)
- Cowan, A. K., & Wolstenholme, B. N. (2016).** Avocado. En B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá, *Encyclopedia of Food and Health* (Pimera ed., págs. 294-300). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00049-0>
- Cuiris Pérez, H. (Febrero de 2008).** *Caracterización molecular de aguacate (Persea americana Mill.) raza mexicana mediante ISSRs* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nayarit].
- Cuiris Pérez, H., Guillén Andrade, H., Pedraza Santos, M. E., López Medina, J., & Vidales Fernández, I. (2009).** Genetic Variability within Mexican race Avocado (*Persea americana* Mill) Germplasm Collections determined by ISSRs. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), 169-175.
- Cummings, K., & Schroeder, C. A. (1942).** Anatomy of the Avocado Fruit. *California Avocado Society, Yearbook 27*, 56-64.
- Davenport, J., & Ellis, S. (1959).** Chemical changes during growth and storage of the avocado fruit. *Australian Journal of Biological Science*, 445-454.
- Dos Santos, M. A., Alicieo, T. V., Pereira, C. M., Ramis-Ramos, G., & Mendoza, C. B. (2014).** Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(1), 19-27. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2289-x>

- Dreher, M. L., & Davenport, A. J.** (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 738-50. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.
- Espíndola Barquera, M. C., Campos Rojas, E., Santiago Pablo, A. E., Aragón Robles, E., & Sánchez González, E. A.** (2015). Descripción morfométrica de híbridos de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Avocado Proceedings VII Congreso Mundial de la Palta 2015*, 31-33.
- Espinosa-Alonso, L. G., Paredes-López, O., Valdez-Morales, M., & Oomah, B. D.** (2017). Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(10), 1-39. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600406>
- Ferreira, V., Szpiniak, B., & Grassi, E.** (2005). *Manual de genética* (Segunda ed.).
- Franco, T. L., & Hidalgo, R.** (2003). *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Frendi, M.** (2012). *Discriminación varietal en el polen de olivo (Olea Europea L.) mediante características morfológicas y marcadores microsatélites. Contrucción de una base de datos y aplicaciones* [Universidad de Granada].
- Galán Saucó, V.** (1990). *Frutales tropicales en los subtropicos*. Mundi-Prensa Libros, S.A.
- Galvão, M. D., Narain, N., & Nigam, N.** (2014). Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. *Food Science and Technology, Campinas*, 34(3), 539-546. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6388>
- Gama-Campillo, L., & Gómez-Pompa, A.** (1992). An ethnoecological approach for the study of *Persea*: A case study in the maya area. *Proceedings of Second World Avocado Congress 1992*, 11-17.
- Gamble, J., Harker, F. R., Jaeger, S. R., White, A., Bava, C., Beresford, M., . . . Woolf, A.** (2010). The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology*, 57(1), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.01.001>
- Ge, Y., Dong, X., Liu, Y., Yang, Y., & Zhan, R.** (2021). Molecular and biochemical analyses of avocado (*Persea americana*) reveal differences in the oil accumulation pattern between the mesocarp and seed during the fruit developmental period. *Scientia Horticulturae*, 276, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109717>

- Ge, Y., Ma, F., Wu, B., & Tan, L. (2018).** Morphological and chemical analysis of 16 avocado accessions (*Persea americana*) from China by principal component analysis and cluster analysis. *Journal of Agricultural Science*, *10*(8), 80-89. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p80>
- Ge, Y., Si, X., Cao, J., Zhou, Z., Wang, W., & Ma, W. (2017).** Morphological Characteristics, Nutritional Quality, and Bioactive Constituents in Fruits of Two Avocado (*Persea americana*) Varieties from Hainan Province, China. *Journal of Agricultural Science*, *9*(2), 8-17. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n2p8>
- Gómez López, V. M. (1998).** Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of very low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*(9), 3643-3627.
- Gómez-López, V. M. (1999).** Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of low oil content. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, *47*, 2707-2710. <http://dx.doi.org/10.1021/jf981206a>
- Gómez-López, V. M. (2000).** Fruit characterization of venezuelan avocado varieties of medium oil content. *Scientia Agricola*, *57*(4), 791-794.
- Gómez-López, V. M. (2002).** Fruit characterization of high oil content avocado varieties. *Scientia Agricola*, *59*, 403-406. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000200030>
- Guerrero Álvarez, G. E., López Gutiérrez, A. M., Ángel Valencia, K., Sandoval Mossos, P., Suárez Roza, D. L., & Cardona Hurtado, N. (2020).** Genetic and chemical characterization of avocado commercial cultivars avocado of Risaralda Colombia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *42*(5), 1-14. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452020593>
- Guillen Andrade, H., Lara Chávez, M. B., Torres Gurrola, G., Escalera Ordaz, A., & Tapia Vargas, L. (2013).** Caracterización fenotípica de germoplasma de aguacate (*Persea americana* Mill.) criollo de Michoacán. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *29*(4), 212.
- Guillén-Andrade, H., Escalera-Ordaz, A. K., Torres-Gurrola, G., García-Rodríguez, Y. M., Espinosa García, F. J., & Tapia-Vargas, L. M. (2019).** Identificación de nuevos metabolitos secundarios en *Persea americana* Miller variedad *Drymifolia*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(23), 253-265. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2025>
- Guillén-Andrade, H., Raya-Montaño, Y. A., Maldonado-Martínez, A. A., Lara-Chávez, M. B., Tapia-Vargas, L. M., & Vargas-Sandoval, M. (2016).** Estudio de la variabilidad de

- Persea americana* Mill., variedad *drymifolia* en Michoacán, México. *Acta Fitogenética*, 3, 205.
- Gutiérrez Díez, A.,** Martínez de la Cerda, J., García Zambrano, E. A., Iracheta Donjuan, L., Ocampo Morales, J. D., & Cerda Hurtado, I. M. (2009). Estudio de diversidad genética del aguacate nativo en Nuevo León, México. *Fitotecnia Mexicana*, 32(1), 9-18.
- Gutiérrez-Contreras, M.,** Lara-Chávez, M. B., Guillén-Andrade, H., & Chávez-Bárceñas, A. T. (2010). Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia*, 35(9), 647-653.
- IPGRI.** (1995). *Descriptores para aguacate (Persea spp.)*. Roma, Italia: Instituto Internacional de Recursos Fitogeneticos.
- Ismadi, R. H., & Fahrezi, I.** (2017). Exploration and morphological characterization of vegetative part of avocado at Bebesan Subdistric Central Aceh District, Indonesia. *Emerald Reach Proceedings Series*, 1, 69-73. <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-793-1-00068>
- ITC-Trade Map.** (2021, 6 de enero). *Lista de los mercados importadores para un producto exportado por México en 2019*. https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=3%7c484%7c%7c%7c%7c080440%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1
- Izhaki, I.,** Tshagar, E., Paluy, O., & Friedman, J. (2002). Within population variation and interrelationships between morphology, nutritional content, and secondary compounds of *Rhamnus alaternus* fruits. *New Phytologist*, 156(2), 217-223. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00515.x>
- Juma, I.,** Geleta, M., Persson Hovmalm, H., Nyomora, A., Varma Saripella, G., Carlsson, A., Ortiz, R. (2021). Comparison of morphological and genetic characteristics of avocados grown in Tanzania. *Genes*, 12(63), 1-21. <https://doi.org/10.3390/genes12010063>
- Juma, I.,** Nyomora, A., Persson Hovmalm, H., Faith, M., Geleta, M., Carlsson, A. S., & Octavio Ortiz, R. (2020). Characterization of tanzanian avocado using morphological traits. *Diversity*, 12(64), 2-22. <https://doi.org/10.3390/d12020064>
- Kaiser, C., & Wolstenholme, B. N.** (1994). Aspects of delayed harvest of ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in a cool subtropical climate. I. Fruit lipid and fatty acid accumulation. *Journal of Horticultural Science*, 69(3), 437-445. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.1994.11516473>

- Kikuta, Y., & Erickson, L. C.** (1968). Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. *California Avocado Society Yearbook*, 52, 102-108.
- Konopacka, D., & Plochanski, W. J.** (2004). Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 32(2), 205-211.
- Kopp, L. E.** (1966). A taxonomic review of the genus *Persea* in the Western hemisphere (*Persea-Lauraceae*). *Memoirs of the New York Botanical Garden.*, 14(1), 1-120.
- Kruger, F. J., Claassens, N. J., Kritzing, M., & Claassens, V. E.** (1999). A short review of recent research on the impact of climatic conditions on the postharvest quality of South African export avocados. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 58(5), 339-345.
- Krumreich, F. D., Borges, C. D., Mendonça, C. B., Jansen-Alves, C., & Zambiasi, R. C.** (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, 257, 376-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048>
- Lacerda, L. G., Denck Colman, T. A., Bauab, T., da Silva Carvalho Filho, M. A., Mottin Demiate, I., Carvalho de Vasconcelos, E., & Schnitzler, E.** (2014). Thermal, structural and rheological properties of starch from avocado seeds (*Persea americana*, Miller) modified with standard sodium hypochlorite solutions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115, 1893-1899.
- Lahav, E., & Lavi, U.** (2013). Genetics and breeding. En B. Schaffer, B. N. Wolstenholme, & A. W. Whitley, *The avocado: botany, production and uses* (Segunda ed., págs. 51-85). CABI. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845937010.0000>
- Larios Guzmán, A., Tapia Vargas, L. M., Vidales Fernández, I., & Villaseñor Ramírez, F. J.** (2007). *Frutales Tropicales y Subtropicales* (Segunda ed.). Red Empresarial Multigestión Editores.
- Lee, S. K.** (1981). A review and background of the avocado maturity standard. *California Avocado Society Yearbook*, 65, 101-109.
- Lee, S. K., Young, R. E., Schiffman, P. M., & Coggings, C. W.** (1983). Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108(3), 390-394.
- Litz, R. E., Raharjo, S. T., & Lim, M. G.** (2007). Avocado. En P. E. Chong, M. Davey, & M. R. Davey, *Biotechnology in agriculture and forestry: 60* (págs. 167-187). Springer.

- Lobell, D., Cahill, K., & Field, C. (2007).** Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change*, 81, 187-203.
- López Guzmán, G., Medina T., R., Guillén A., H., Ramírez G., L., Aguilar C., J., & Valdivia R., M. G. (2012).** Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Revista Fuente Año*, 4(10), 56-62.
- López-Guzmán, G., Medina-Torres, R., Guillén-Andrade, H., Ramírez-Guerrero, L. G., Juárez-López, P., & Ruelas-Hernández, P. G. (2015).** Caracterización morfológica en genotipos nativos de aguacate (*Persea americana* Mill.) de clima tropical en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(11), 2157-2163.
- Loza Hernandez, A. (2015).** *Situación actual del sistema producto aguacate*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Dirección de Estudios Sobre Soberanía Alimentaria y Nueva Ruralidad. CEDRSSA.
- Magwaza, L. S., & Tesfay, S. Z. (2015).** A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1995-2011.
- Marquez, C. J., Yepes, D. P., Sanchez, L., & Osorio, J. A. (2014).** Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mil. cv. Hass) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 32-47.
- Martínez, E. (2019).** *Capacidad discriminativa de SSRs y EST-SSRs en variantes de aguacate variedad Hass* [Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacan de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"].
- Martínez, E., Guillén-Andrade, H., Tapia-Vargas, L. M., Corona-Torres, T., Escalera-Ordaz, A. K., & Lopez, P. A. (2021).** Fenotipificación de 16 genotipos variantes de aguacate de la variedad Hass. *Acta Fitogenetica*, 7(1), 3.
- Mijares Oviedo, P., & López López, L. (1998).** Variedades de aguacate y su producción en México. *Memoria Fundación Salvador Sánchez Colin*, 22-32.
- Montes-Hernández, S., de la Torre-Vizcaino, J. D., Heredia-García, E., Hernández-Martínez, M., & Camarena-Hernández, M. G. (2017).** Caracterización morfológica de germoplasma de aguacate mexicano (*Persea americana* var. *drymifolia*, Lauraceae). *Interciencia*, 42(3), 175-180.
- Morton, J. F. (1987).** Avocado. En *Fruits of warm climates* (págs. 91-102). Creative Resource Systems Inc.

- Murillo** Carpio, M. M. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de aceite de aguacate en la ciudad de Guayaquil* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas].
- Ncama**, K., Magwaza, L. S., Poblete-Echeverría, C. A., Nieuwoudt, H. H., Tesfay, S. Z., & Mditshwa, A. (2018). On-tree indexing of 'Hass' avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content. *Biosystems Engineering*, *174*, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.06.011>
- Oliveira**, M. C., Pio, R., Ramos, J. D., Lima, L. C., Pasqual, M. P., & Santos, V. A. (2013). Fenología e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. *Ciencia Rural*, *43*(3), 411-418. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300006>
- Ozdemir**, F., & Topuz, A. (2004). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, *86*(1), 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.012>
- Páramos**, P. R., Granjo, J. F., Corazza, M. L., & Matos, H. A. (2020). Extraction of high value products from avocado waste biomass. *Journal of Supercritical Fluids*, *165*, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104988>
- Pearson**, D. (1975). Seasonal english market variations in the composition of South African and Israeli avocados. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *26*(2), 207-213.
- Pedro** Carvalho, C., Bernal E., J., Velásquez, M. A., & Cartagena V., J. R. (2015). Fatty acid content of avocados (*Persea americana* Mill. cv. Hass) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agronomía Colombiana*, *33*(2), 220-227. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.49902>
- Perdomo** A., D., & Palomarez, B. (2015). *Extracción y evaluación de rendimientos de los aceites esenciales del árbol Aniba Perutilis Hemsley (Comino) mediante el método de arrastre con vapor* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Pérez** Álvarez, S., Ávila Quezada, G., & Coto Arbelo, O. (2015). Revisión Bibliográfica. El aguacatero (*Persea americana* Mill) . *Cultivos Tropicales* , *36*(2), 111-123.
- Pirovani**, M. E., Guemes, D. R., Piagentini, A. M., & Di Pentima, J. H. (1994). Determinación de la tectura de aguacates (*Persea americana* Mill.) mediante ensayos de penetración. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *34*(1), 77-89.

- Pliego-Alfaro, F., Barceló-Muñoz, A., López-Gómez, R., Ibarra-Laclette, E., Herrera-Estrella, L., Palomo-Ríos, E., & Litz, R. E. (2013).** Biotechnology. En B. Schaffer, B. N. Wolstenholme, & A. W. Whiley, *The Avocado: Botany, Production and Uses* (Segunda ed., págs. 268-300). CABI. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845937010.0000>
- Poudel, K., Kumar Sah, M., Mandal, J., & Shrestha, J. (2018).** Fruit characterization of different avocado (*Persea americana* Mill.) genotypes in eastern mid-hills of Nepal. *Journal of Agricultural and Natural Resources*, 1(1), 142-148.
- Quiñones-Islas, N., Meza-Márquez, O. G., Osorio-Revilla, G., & Gallardo-Velazquez, T. (2013).** Detection of adulterants in avocado oil by Mid-FTIR spectroscopy and multivariate analysis. *Food Research International*, 51, 148-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.037>
- Ramila H., C. A. (1994).** *Variación estacional en el porcentaje de aceite y de humedad, relacionado con la aceptabilidad y calidad en frutos de palto (Persea americana Mill) cvs. Hass y Gwen.* Santiago: Universidad de Chile. Escuela de Agronomía.
- Ranney, C. (1991).** Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. *California Avocado Society Yearbook*, 75, 71-85.
- Razeto Migliaro, B. (2008).** *El palto (aguacate).* Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170289>
- Razeto, B., Romero, F., & Araya, E. (2004).** Influencia de algunas propiedades organolépticas en la aceptabilidad del fruto de palto (*Persea americana* Mill.). *Agricultura Técnica (Chile)*, 64(1), 89-94.
- Reddy, M., Moodley, R., & Jonnalagadda, S. B. (2012).** Fatty acid profile and elemental content of avocado (*Persea americana* Mill.) oil –effect of extraction methods. *Journal of Environmental Science and Health*, 47(6), 529-537.
- Restrepo Duque, A. M., Londoño-Londoño, J., González Álvarez, D., Benavides Paz, Y., & Cardona Salazar, B. L. (2012).** Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 151-161.
- Reyes Alemán, J. C., Ramírez Mendoza, M. d., Flores Ayala, F., Serrano Hernández, M., Vazquez García, L. M., Mejía Carranza, J., & Espíndola Barquera, C. (2015).** Caracterización morfológica y molecular de germoplasma de aguacate en el centro de México. *Proceedings VII Congreso Mundial de la Palta*, 1, 115-120.

- Rhodes**, A. M., Malo, S. E., Campbell, C. W., & Carmer, S. G. (1971). A numerical taxonomic study of the avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96, 391-395.
- Robayo Medina**, A. T. (2016). *Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de aguacate, Persea americana Mill. (Lauraceae) e implementación de un método de extracción del aceite de aguacate como alternativa de industrialización* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química].
- Rodríguez González**, A. (2011). *Caracterización fenotípica de progenies de aguacate (Persea americana Mill.) criollo en Michoacán* [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"]
- Rodríguez**, F. S. (1992). *El aguacate*. AGT Editor S.A.
- Rodríguez**, N. N., Rohde, W., González Arencibia, C., Ramírez Pérez, I. M., Fuentes Lorenzo, J. L., Román Gutierrez, M. A., & Velázquez Palenzuela, J. B. (2003). Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) en Cuba. *Proceedings V World Avocado Congress 2003*, 1, 47-53.
- Rodríguez-Carpena**, J. G., Morcuende, D., Andrade, M. J., Kylli, P., & Estevez, M. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.) phenolics in vitro antioxidant and antimicrobial activities, and inhibition of lipid and protein oxidation in porcine patties. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 59(10), 5625-5635. <http://dx.doi.org/10.1021/jf1048832>
- Rubi Arriaga**, M., Franco Malvaíz, A. L., Rebollar Rebollar, S., Bobadilla Soto, E. E., Martínez De la Cruz, I., & Siles Hernández, Y. (2013). Situación actual del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en el Estado de México, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(1), 93-101.
- Salazar-García**, S., Medina-Carrillo, R. E., & Álvarez-Bravo, A. (2016). Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate 'Hass' producido en tres regiones de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 227-289.
- Sánchez Colín**, S. (1987). *Nuevas tecnologías en el cultivo del aguacate* [Especialidad en Ingeniería Agronómica, Academia Mexicana de Ingeniería].
- Sánchez Colín**, S., Mijares Oviedo, P., López López, L., & Barrientos Priego, A. F. (1998). Historia del aguacate en México. *CICTAMEX (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México)*, 171-187.

- Sánchez-Perez, J.** (1999). Recursos genéticos del aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapindo Serie Horticultura*, 5(1101), 7-18.
- Sandoval-Sandoval, J.**, Hernández-Gómez, M., Rodríguez-Fonseca, P., & Herrera-Arévalo, A. (2017). Evaluación de variables físico químicas de importancia en la calidad del fruto de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, producido en cuatro municipios de Colombia. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate.*, 353-364.
- Schroeder, C. A.** (1994). The avocado inflorescence. *California Avocado Society Yearbook*, 28, 39-40.
- Scora, R. W.**, Wolstenholme, B. N., & Lavi, U. (2007). Taxonomía y botánica. En *El Palto: botánica, producción y usos* (págs. 13-45). Valparaíso: CABI Publishing - Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Serpa G., A. M.**, Echeverri L., A., Lezcano C., M. P., Vélez A., L. M., Ríos, A. F., & Hincapié, G. A. (2014). Extracción de aceite de aguacate variedad "Hass" (*Persea americana* Mill) liofilizado por prensado en frío. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(2), 118-128. <http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas>
- Shezi, S.**, Samukelo Magwaza, L., Zeray Tesfay, S., & Mditshwa, A. (2020). Biochemical changes in response to canopy position of avocado fruit (cv. 'Carmen' and 'Hass') during growth and development and relationship with maturity. *Scientia Horticulturae*, 265, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109227>
- SIAP.** (2022, 10 de febrero). *Avance de siembras y cosechas*. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do
- Smith, C. E.** (1966). Archeological evidence for selection in avocado. *Aconomic Botany*, 20(2), 169-175.
- Solares, M.** (1981). *Técnicas y prácticas del cultivo del aguacate*. Editores Mexicanos Unidos S.A.
- Soxhlet, F. V.** (1879). Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Polytechnisches J*, 232, 461-465.
- Swarts, D. H.** (1979). A method for determining the ripeness of avocados research report. *South African Avocado Growers Asociation Yearbook*, 3, 70-73.

- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018).** Comparison of subcritical CO₂ and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.12.036>
- Tango, J. S., Carvalho, C. R., & Soares, N. B. (2004).** Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1), 17-23.
- Tapia-Vargas, L. M., Larios-Guzmán, A., Vidales-Fernández, I., Ramos-Aguilar, A. L., Guillén-Andrade, H., & Ornelas-Paz, J. d. (2017).** Evaluación de genotipos de aguacate tipo “Hass” por la calidad y precocidad de fruto en Michoacán. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 3(8), 8-14.
- Teliz Ortiz, D., Mora Aguilera, G., & Morales García, L. (2000).** Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En *El aguacate y su manejo integrado*. Editores Mundi-Prensa.
- Thorman, C., Ferreira, M., Camargo, L., Tivang, J., & Osborn, T. (1994).** Comparison of RFLP and RAPD markers to estimating genetic relationships within and among cruciferous species. *Theor Appl Genet*, 88, 973-980.
- Torres, A. M., & Bergh, B. O. (1980).** Fruit and leaf isoenzymes as genetic markers in avocado. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 1078-1081.
- Travers, S., Bertelson, M. G., Peterson, K. K., & Kucheryavskiy, S. V. (2014).** Predicting pear (cv. Clara Frijs) dry matter and soluble solids content with near infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1107-1113. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.048>
- Valdez-Agramón, R. C., Valdez-Morales, M., Cruz-Mendivil, A., Sandoval-Castro, E., Orozco-Ochoa, A., & Calderón-Vázquez, C. (2017).** Caracterización nutricional de colectas de aguacate de Guasave, Sinaloa con alto contenido de aceite. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*, 345-352.
- Whiley, A. W., Saranah, J. B., Cull, B. W., & Pegg, K. G. (1988).** Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agricultural Journal*, 114, 29-36.
- Williams, L. O. (1977).** The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany*, 31(3), 315-320.

Yepes Betancur, D. P., Sánchez Giraldo, L., & Márquez Cardozo, C. J. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Informador Técnico (Colombia)*, 81(1), 75-85. <http://doi.org/10.23850/22565035.728>

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Estadísticos simples obtenidos para nueve variables evaluadas en árbol de genotipos variantes de Hass y de la variedad Hass.

Variable	Media	Desviación estándar	CV	Min	Max
Vigor del árbol	5.59	0.94	16.81	5	7
Forma del árbol	6.35	1.22	19.23	5	8
Patrón de ramificación	2.06	0.24	11.78	2	3
Distribución de las ramas	2.35	0.70	29.83	1	3
Angulo de inserción de las ramas principales	1.06	0.24	22.91	1	2
Superficie de la rama joven	1.88	0.33	17.64	1	2
Anchura del árbol (m)	4.40	1.10	25.03	2.97	7.47
Altura del árbol (m)	3.76	0.99	26.22	2.11	6.41
Circunferencia del tronco (cm)	82.21	24.07	29.28	55.8	158.7

Cuadro 2A. Análisis de varianza en una vía practicado para 10 variables evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes de aguacate y de la variedad Hass.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Forma de la hoja	Modelo	106	452.367647	4.267619	2.91	<.0001
	Error	573	841.713235	1.468959		
	Total corregido	679	1294.080882			
Pubescencia de la superficie inferior de la hoja	Modelo	106	23.63529412	0.22297447	6.50	<.0001
	Error	573	19.65294118	0.03429833		
	Total corregido	679	43.28823529			
Color de las hojas maduras	Modelo	106	31257.41471	294.88127	6.67	<.0001
	Error	573	25343.78382	44.22999		
	Total corregido	679	56601.19853			
Margen de la hoja	Modelo	106	85.8823529	0.8102109	5.65	<.0001
	Error	573	82.2117647	0.1434760		
	Total corregido	679	168.0941176			
Relieve de la venación en la superficie del haz	Modelo	106	343.5882353	3.2413984	3.04	<.0001
	Error	573	610.5235294	1.0654861		
	Total corregido	679	954.1117647			
Textura de la hoja	Modelo	106	356.4823529	3.3630411	8.27	<.0001
	Error	573	233.1117647	0.4068268		
	Total corregido	679	589.5941176			
Forma del ápice	Modelo	106	1121.941176	10.584351	8.80	<.0001
	Error	573	689.111765	1.202638		
	Total corregido	679	1811.052941			

GL = Grados de libertad

Continuación del Cuadro 2A

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Olor a anís	Modelo	106	1.22352941	0.01154273	0.98	0.5415
	Error	573	6.75294118	0.01178524		
	Total corregido	679	7.97647059			
Longitud de la lámina foliar	Modelo	106	1669.637248	15.751295	3.71	<.0001
	Error	573	2432.613954	4.245400		
	Total corregido	679	4102.251202			
Número de venas primarias	Modelo	106	2533.261765	23.898696	8.95	<.0001
	Error	573	1530.607353	2.671217		
	Total corregido	679	4063.869118			

GL = Grados de libertad

Cuadro 3A. Análisis de varianza en una vía practicado para ocho variables evaluadas en flor de 16 genotipos variantes de Hass y la variedad Hass.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Posición de la inflorescencia	Modelo	71	58.3125000	0.8213028	2.21	<.0001
	Error	120	44.6666667	0.3722222		
	Total corregido	191	102.9791667			
Color de la flor	Modelo	71	1058407664	14907150	57.24	<.0001
	Error	120	31251209	260427		
	Total corregido	191	1089658873			
Número de flores por inflorescencia	Modelo	71	728026.833	10253.899	2.99	<.0001
	Error	120	410944.833	3424.540		
	Total corregido	191	1138971.667			
Número de ramificaciones por inflorescencia	Modelo	71	1050.645833	14.797829	3.54	<.0001
	Error	120	501.833333	4.181944		
	Total corregido	191	1552.479167			
Longitud del eje principal	Modelo	71	935.947815	13.182364	1.81	0.0022
	Error	120	875.867617	7.298897		
	Total corregido	191	1811.815431			
Longitud del pedicelo	Modelo	71	456.2670312	6.4262962	6.75	<.0001
	Error	120	114.2261000	0.9518842		
	Total corregido	191	570.4931313			
Longitud del pétalo	Modelo	71	44.55788281	0.62757581	3.96	<.0001
	Error	120	19.01197500	0.15843313		
	Total corregido	191	63.56985781			
Longitud del sépalo	Modelo	71	67.72435833	0.95386420	8.06	<.0001
	Error	120	14.20280833	0.11835674		
	Total corregido	191	81.92716667			

GL = Grados de libertad

Cuadro 4A. Análisis de varianza en una vía practicado para 27 variables evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Forma del fruto	Modelo	106	221.9882353	2.0942286	2.56	<.0001
	Error	573	469.1352941	0.8187352		
	Total corregido	679	691.1235294			
Brillantez de la cáscara	Modelo	106	315.4470588	2.9759156	3.36	<.0001
	Error	573	507.8411765	0.8862848		
	Total corregido	679	823.2882353			
Forma de la base	Modelo	106	22.63529412	0.21354051	2.13	<.0001
	Error	573	57.45882353	0.10027718		
	Total corregido	679	80.09411765			
Posición del ápice	Modelo	106	15.62647059	0.14741953	2.68	<.0001
	Error	573	31.54852941	0.05505852		
	Total corregido	679	47.17500000			
Forma del ápice	Modelo	106	38.67058824	0.36481687	5.60	<.0001
	Error	573	37.30588235	0.06510625		
	Total corregido	679	75.97647059			
Posición del pedicelo	Modelo	106	45.50882353	0.42932852	6.48	<.0001
	Error	573	37.96029412	0.06624833		
	Total corregido	679	83.46911765			
Pedicelo con forma de “Cabeza de clavo”	Modelo	106	14.40000000	0.13584906	2.58	<.0001
	Error	573	30.21176471	0.05272559		
	Total corregido	679	44.61176471			

GL = Grados de libertad

Continuación del Cuadro 4A

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Forma del pedicelo	Modelo	106	205.5676471	1.9393174	5.86	<.0001
	Error	573	189.5955882	0.3308824		
	Total corregido	679	395.1632353			
Color del pedicelo	Modelo	106	411.744118	3.884378	3.45	<.0001
	Error	573	644.477941	1.124743		
	Total corregido	679	1056.222059			
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo	Modelo	106	21.66176471	0.20435627	3.02	<.0001
	Error	573	38.73676471	0.06760343		
	Total corregido	679	60.39852941			
Superficie de la cáscara	Modelo	106	328.9882353	3.1036626	4.99	<.0001
	Error	573	356.1647059	0.6215789		
	Total corregido	679	685.1529412			
Color de la cáscara	Modelo	106	41666.74412	393.08249	18.50	<.0001
	Error	573	12176.07794	21.24970		
	Total corregido	679	53842.82206			
Tamaño de las lenticelas	Modelo	106	712.388235	6.720644	6.08	<.0001
	Error	573	633.817647	1.106139		
	Total corregido	679	1346.205882			
Densidad de las lenticelas	Modelo	106	654.541176	6.174917	4.45	<.0001
	Error	573	794.282353	1.386182		
	Total corregido	679	1448.823529			
Flexibilidad de la cáscara	Modelo	106	61.0117647	0.5755827	3.96	<.0001
	Error	573	83.3647059	0.1454881		
	Total corregido	679	144.3764706			

GL = Grados de libertad

Continuación del Cuadro 4A

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Adherencia de la cáscara	Modelo	106	478.7882353	4.5168701	5.24	<.0001
	Error	573	493.5352941	0.8613181		
	Total corregido	679	972.3235294			
Color de la pulpa cercana a la cáscara	Modelo	106	216336244.8	2040908.0	6.60	<.0001
	Error	573	177059355.3	309004.1		
	Total corregido	679	393395600.1			
Color de la pulpa cercana a la semilla	Modelo	106	346197537.8	3266014.5	40.35	<.0001
	Error	573	46382602.7	80947.0		
	Total corregido	679	392580140.5			
Grado de decoloración de la pulpa después de 4 horas	Modelo	106	369.0941176	3.4820200	7.96	<.0001
	Error	573	250.6176471	0.4373781		
	Total corregido	679	619.7117647			
Longitud de fruto	Modelo	106	494.9687921	4.6695169	8.29	<.0001
	Error	573	322.6564301	0.5631002		
	Total corregido	679	817.6252222			
Diámetro de fruto	Modelo	106	145.5326685	1.3729497	6.92	<.0001
	Error	573	113.7663478	0.1985451		
	Total corregido	679	259.2990163			
Peso de fruto	Modelo	106	1076476.529	10155.439	9.70	<.0001
	Error	573	600118.294	1047.327		
	Total corregido	679	1676594.824			
Longitud del pedúnculo	Modelo	106	1938.421360	18.286994	1.68	0.0001
	Error	573	6239.295345	10.888823		
	Total corregido	679	8177.716705			

GL = Grados de libertad

Continuación del Cuadro 4A

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Diámetro del pedúnculo	Modelo	106	449.6725259	4.2421936	4.82	<.0001
	Error	573	504.2864529	0.8800811		
	Total corregido	679	953.9589788			
Longitud del pedicelo	Modelo	106	17.98413559	0.16966166	3.26	<.0001
	Error	573	29.84290426	0.05208186		
	Total corregido	679	47.82703985			
Grosor de la cáscara	Modelo	106	30.68472500	0.28947854	3.30	<.0001
	Error	573	50.25127485	0.08769856		
	Total corregido	679	80.93599985			
Días de almacenamiento	Modelo	106	2112.955882	19.933546	43.26	<.0001
	Error	573	264.007353	0.460746		
	Total corregido	679	2376.963235			

GL = Grados de libertad

Cuadro 5A. Análisis de varianza en una vía practicado para 13 variables evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes de aguacate Hass y la variedad Hass.

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Forma de la semilla	Modelo	106	733.352941	6.918424	5.91	<.0001
	Error	573	670.947059	1.170937		
	Total corregido	679	1404.300000			
Superficie del cotiledón	Modelo	106	363.905882	3.433074	2.74	<.0001
	Error	573	718.917647	1.254656		
	Total corregido	679	1082.823529			
Adherencia de los cotiledones	Modelo	106	5.83529412	0.05504994	2.32	<.0001
	Error	573	13.57647059	0.02369367		
	Total corregido	679	19.41176471			
Color del cotiledón	Modelo	106	1291098942	12180179	3.17	<.0001
	Error	573	2204842783	3847893		
	Total corregido	679	3495941725			
Cubierta de la semilla	Modelo	106	3.70882353	0.03498890	0.96	0.6031
	Error	573	20.96029412	0.03657992		
	Total corregido	679	24.66911765			
Posición de la semilla en la fruta	Modelo	106	88.6500000	0.8363208	9.76	<.0001
	Error	573	49.1014706	0.0856919		
	Total corregido	679	137.7514706			
Espacio libre de la cavidad de la semilla	Modelo	106	48.5205882	0.4577414	3.30	<.0001
	Error	573	79.4779412	0.1387050		
	Total corregido	679	127.9985294			
Peso de la semilla	Modelo	106	24980.42353	235.66437	3.61	<.0001
	Error	573	37365.78824	65.21080		
	Total corregido	679	62346.21176			

GL = Grados de libertad

Continuación del Cuadro 5A

Variable	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Longitud de la cavidad	Modelo	106	62.5249553	0.5898581	3.67	<.0001
	Error	573	92.0424800	0.1606326		
	Total corregido	679	154.5674353			
Diámetro de la cavidad	Modelo	106	51.4018471	0.4849231	3.28	<.0001
	Error	573	84.6387641	0.1477116		
	Total corregido	679	136.0406112			
Longitud de la semilla	Modelo	106	49.6995262	0.4688635	3.14	<.0001
	Error	573	85.6290913	0.1494399		
	Total corregido	679	135.3286175			
Diámetro de la semilla	Modelo	106	47.1282212	0.4446059	2.74	<.0001
	Error	573	93.1292794	0.1625293		
	Total corregido	679	140.2575006			
Posición del eje embrionario	Modelo	106	3968.573272	37.439370	10.95	<.0001
	Error	573	1958.742446	3.418399		
	Total corregido	679	5927.315718			

GL = Grados de libertad

Cuadro 6A. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en árbol de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 17 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0									
	Vig	Form	PatrRam	DistRam	AngInsRam	SuprfRam	Anch	Alt	CircTrn
Vig	1.00000	.	.	.	.	.	.	.	.
Form	-0.19221 0.4599	1.00000	.	.	.	.	.	.	.
PatrRam	-0.16137 0.5361	0.34740 0.1718	1.00000	.	.	.	.	.	.
DistRam	0.04461 0.8650	0.21008 0.4183	0.23756 0.3585	1.00000	.	.	.	.	.
AngInsRam	0.38730 0.1246	-0.07444 0.7764	-0.06250 0.8117	0.23756 0.3585	1.00000	.	.	.	.
SuprfRam	-0.16499 0.5269	-0.19934 0.4431	0.09129 0.7275	0.18926 0.4669	0.09129 0.7275	1.00000	.	.	.
Anch	0.26795 0.2984	0.05130 0.8450	-0.30022 0.2417	0.40517 0.1067	-0.10851 0.6785	0.07141 0.7854	1.00000	.	.
Alt	0.14795 0.5709	-0.01572 0.9522	-0.23498 0.3640	0.32314 0.2058	-0.23498 0.3640	-0.01190 0.9638	0.87723 <.0001	1.00000	.
CircTrn	0.21770 0.4013	0.19039 0.4642	-0.11999 0.6464	0.30586 0.2325	-0.25705 0.3193	-0.06325 0.8094	0.83334 <.0001	0.90213 <.0001	1.00000

Vigor del árbol (Vig), Forma del árbol (Form), Patrón de ramificación (PatrRam), Distribución de las ramas (DistRam), Angulo de inserción de las ramas principales (AngInsRam), Superficie de la rama joven (SuprfRam), Anchura del árbol (AnchArb) Altura del árbol (AltArb) y Circunferencia del tronco (CircTrn)

Cuadro 7A. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en hoja de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 680 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0									
	Form	PubInf	Col	Marg	RelvVen	Tex	FormApic	LongLam	NumVen
Form	1.00000	.	.	.	.	.	.	.	.
PubInf	-0.03883 0.3119	1.00000	.	.	.	.	.	.	.
Col	-0.00062 0.9872	0.09144 0.0171	1.00000	.	.	.	.	.	.
Marg	-0.09396 0.0142	0.02538 0.5088	-0.09673 0.0116	1.00000	.	.	.	.	.
RelvVen	0.05986 0.1189	0.10012 0.0090	-0.05569 0.1468	-0.04160 0.2787	1.00000	.	.	.	.
Tex	-0.10255 0.0074	0.01668 0.6642	0.10376 0.0068	0.06383 0.0963	0.02379 0.5358	1.00000	.	.	.
FormApic	-0.29958 <.0001	0.06027 0.1163	0.06889 0.0726	-0.01100 0.7746	0.01293 0.7365	0.01106 0.7734	1.00000	.	.
LongLam	0.24140 <.0001	0.04189 0.2753	0.08302 0.0304	0.04795 0.2117	-0.06690 0.0813	0.09891 0.0099	-0.16288 <.0001	1.00000	.
NumVen	0.03508 0.3610	0.07078 0.0651	-0.04607 0.2302	0.03643 0.3429	-0.22675 <.0001	-0.21845 <.0001	-0.17162 <.0001	0.01297 0.7356	1.00000

Forma de la hoja (Form), Pubescencia de la superficie inferior de la hoja (PubInf), Color de las hojas maduras (Col), Margen de la hoja (Marg), Relieve de la venación en la superficie del haz (RelvVen), Textura de la hoja (Tex), Forma del ápice de la hoja (FormApic), Longitud de la lámina foliar (LongLam) y Número de venas primarias (NumVen)

Cuadro 8A. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en flor de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 204 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0											
	PI	TF	CF	PP	PS	NF	NR	LEP	LPc	LPt	LSp
PI	1.00000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TF	0.03476 0.6216	1.00000	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CF	-0.09296 0.1860	0.08829 0.2092	1.00000	.	.	.	.	.	.	.	.
PP	-0.21848 0.0017	-0.13333 0.0573	0.18236 0.0090	1.00000	.	.	.	.	.	.	.
PS	-0.21848 0.0017	-0.13333 0.0573	0.18236 0.0090	1.00000 <.0001	1.00000	.	.	.	.	.	.
NF	-0.02371 0.7364	0.34552 <.0001	-0.03042 0.6658	0.00062 0.9930	0.00062 0.9930	1.00000	.	.	.	.	.
NR	-0.05681 0.4196	0.29573 <.0001	0.03678 0.6015	0.05483 0.4360	0.05483 0.4360	0.78328 <.0001	1.00000	.	.	.	.
LEP	-0.07595 0.2803	-0.07254 0.3025	0.21412 0.0021	0.09842 0.1614	0.09842 0.1614	0.13568 0.0530	0.34207 <.0001	1.00000	.	.	.
LPc	-0.16588 0.0177	0.25447 0.0002	0.14796 0.0347	0.04278 0.5435	0.04278 0.5435	0.17515 0.0122	0.05583 0.4277	0.05558 0.4298	1.00000	.	.
LPt	0.06716 0.3399	0.17724 0.0112	-0.01545 0.8264	-0.17054 0.0147	-0.17054 0.0147	-0.04073 0.5630	-0.18235 0.0090	-0.00893 0.8991	0.16306 0.0198	1.00000	.
LSp	0.12106 0.0846	-0.36375 <.0001	-0.25718 0.0002	-0.07655 0.2765	-0.07655 0.2765	-0.30009 <.0001	-0.34801 <.0001	-0.09425 0.1800	-0.29995 <.0001	0.61530 <.0001	1.00000

Posición de la inflorescencia (PI), Tipo de floración (TF), Color de la flor (CF), Pubescencia del pétalo (PP), Pubescencia del sépalo (PS), Número de flores por inflorescencia (NF), Número de ramificaciones de la inflorescencia (NR), Longitud del eje principal (LEP), Longitud del pedicelo (LPc), Longitud del pétalo (LPt) y Longitud del sépalo (LSp)

Cuadro 9A. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables morfológicas evaluadas en semilla de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 680 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0						
	Form	Superf	AdhCotil	ColCotil	PoscSem	EspLibr
Form	1.00000	.	.	.	.	.
Superf	-0.07299 0.0571	1.00000	.	.	.	.
AdhCotil	-0.01817 0.6362	-0.14119 0.0002	1.00000	.	.	.
ColCotil	0.02866 0.4556	0.01021 0.7904	-0.00329 0.9317	1.00000	.	.
PoscSem	-0.02876 0.4540	0.06031 0.1161	0.08930 0.0199	0.06724 0.0797	1.00000	.
EspLibr	-0.01875 0.6255	-0.03982 0.2998	-0.00059 0.9877	-0.01760 0.6468	-0.13984 0.0003	1.00000
PesS	-0.14494 0.0001	0.10351 0.0069	-0.00492 0.8981	0.02563 0.5046	-0.09043 0.0183	0.00773 0.8406
LongCav	0.03136 0.4143	0.03128 0.4154	0.00086 0.9822	0.02442 0.5250	-0.15526 <.0001	0.10733 0.0051
DiamCav	-0.20385 <.0001	0.15202 <.0001	0.03222 0.4015	0.01194 0.7559	-0.08541 0.0259	-0.02104 0.5839
LongSem	0.12314 0.0013	0.04352 0.2571	-0.05551 0.1482	0.05417 0.1582	-0.07586 0.0480	0.05058 0.1877
DiamSem	-0.15984 <.0001	0.15233 <.0001	-0.00110 0.9771	0.01160 0.7626	0.03732 0.3312	-0.02265 0.5554
PosEjEmbr	0.15829 <.0001	0.01487 0.6987	0.07034 0.0668	0.04851 0.2065	0.13329 0.0005	-0.03517 0.3598

Coeficientes de correlación Pearson, N = 680 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0						
	PesS	LongCav	DiamCav	LongSem	DiamSem	PosEjEmbr
Form	.	.	.	.	.	.
Superf	.	.	.	.	.	.
AdhCotil	.	.	.	.	.	.
ColCotil	.	.	.	.	.	.
PoscSem	.	.	.	.	.	.
EspLibr	.	.	.	.	.	.
PesS	1.00000	.	.	.	.	.
LongCav	0.65711 <.0001	1.00000	.	.	.	.
DiamCav	0.68201 <.0001	0.66760 <.0001	1.00000	.	.	.
LongSem	0.61071 <.0001	0.71544 <.0001	0.48380 <.0001	1.00000	.	.
DiamSem	0.74788 <.0001	0.56170 <.0001	0.71281 <.0001	0.65361 <.0001	1.00000	.
PosEjEmbr	0.19512 <.0001	0.21190 <.0001	0.13590 0.0004	0.23862 <.0001	0.18262 <.0001	1.00000

Forma de la semilla (Form), Superficie del cotiledón (Superf), Adherencia de los cotiledones (AdhCotil), Color del cotiledón (ColCotil), Posición en la semilla en la fruta (PoscSem), Espacio libre de la cavidad de la semilla (EspLibr), Peso de la semilla (PesSem), Longitud de la cavidad de la semilla (LongCav), Diámetro de la cavidad (DiamCav), Longitud de la semilla (LongSem), Diámetro de la semilla (DiamSem) y Posición del eje embrionario (PosEjEmbr)

Cuadro 10A. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables fisicoquímicas y morfológicas evaluadas en fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 68 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0			
	CONT	MS	HUM
MS	0.68692 <.0001	1.00000	
HUM	-0.68970 <.0001	-0.98826 <.0001	1.00000
Form	-0.23156 0.0574	-0.01369 0.9118	0.01444 0.9070
BrllCasc	0.02847 0.8178	0.29611 0.0142	-0.28400 0.0189
FormBas	0.41649 0.0004	0.42403 0.0003	-0.42476 0.0003
PoscApi	-0.03450 0.7800	-0.01445 0.9069	0.01478 0.9048
FormApi	-0.10256 0.4053	0.00072 0.9954	0.00595 0.9616
PoscPedic	-0.11990 0.3301	-0.02535 0.8374	0.03134 0.7997
CabezClav	0.05988 0.6276	0.04715 0.7026	-0.04708 0.7030
ForPedi	0.00088 0.9943	0.08796 0.4757	-0.11113 0.3670
ColPedic	0.37766 0.0015	0.19157 0.1176	-0.19209 0.1166
DistUni	-0.06626 0.5914	-0.18961 0.1215	0.19053 0.1196
SuperCasc	0.06031 0.6251	0.17464 0.1543	-0.17368 0.1567
ColCasc	0.11325 0.3578	0.26376 0.0298	-0.26158 0.0312
TamLent	0.48797 <.0001	0.40537 0.0006	-0.42827 0.0003
DensLent	0.36664 0.0021	0.36740 0.0021	-0.36449 0.0022
FlexCasc	-0.00537 0.9653	-0.09141 0.4585	0.10789 0.3811
AdhCasc	-0.32106 0.0076	-0.36003 0.0026	0.36167 0.0024
ColPulCasc	-0.02331 0.8503	0.04436 0.7194	-0.04471 0.7173
ColPulpSem	-0.25087 0.0391	-0.08049 0.5141	0.08087 0.5121
TexPulp	-0.34024 0.0045	-0.27557 0.0229	0.28746 0.0175

Coeficientes de correlación Pearson, N = 68 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0			
	CONT	MS	HUM
DulPulp	0.12931 0.2933	0.19823 0.1051	-0.16203 0.1868
AmaPulp	0.00563 0.9637	-0.01997 0.8716	0.00561 0.9638
SabNog	-0.01292 0.9167	-0.18531 0.1303	0.17220 0.1603
FibPulp	-0.02002 0.8713	0.00121 0.9922	-0.04517 0.7145
SabGral	0.05230 0.6719	0.23101 0.0580	-0.20311 0.0967
GradDecol	-0.17927 0.1435	-0.03557 0.7734	0.03326 0.7878
LongF	0.29751 0.0137	0.29119 0.0160	-0.28322 0.0193
DiamF	0.35845 0.0027	0.24214 0.0467	-0.24015 0.0485
PesF	0.25667 0.0346	0.22108 0.0700	-0.21622 0.0766
LongPedun	-0.00619 0.9601	-0.06795 0.5819	0.05719 0.6432
DiaPedun	0.19105 0.1186	0.15630 0.2031	-0.15016 0.2216
LongPed	0.04698 0.7036	0.04821 0.6963	-0.05496 0.6562
GrosC	-0.27206 0.0248	-0.22317 0.0673	0.21235 0.0821
DiasAlmac	0.18235 0.1367	0.40481 0.0006	-0.40708 0.0006

Materia seca (MS), Humedad (HUM), Forma del fruto (Form), Brillantez de la cáscara (BrllCasc), Forma de la base (FormBas), Posición del ápice (PoscApi), Forma del ápice (FormApi), Posición del pedicelo (PoscPedic), Pedicelo con forma de "cabeza del clavo" (CabezClav), Forma del pedicelo (ForPedi), Color del pedicelo (ColPedic), Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo (DistUni), Superficie de la cáscara (SuperCasc), Color de la cáscara (ColCasc), Tamaño de las lenticelas (TamLent), Densidad de las lenticelas (DensLent), Flexibilidad de la cáscara (FlexCasc), Adherencia de la cáscara (AdhCasc) Color de la pulpa cercana a la cáscara (ColPulCasc), Color de la pulpa cercana a la semilla (ColPulpSem), Textura de la pulpa (TexPulp), Dulzura de la pulpa (DulPulp), Amargor de la pulpa (AmaPulp), Sabor nogado de la pulpa (SabNog), Fibra de la pulpa (FibPulp), Sabor general (SabGral), Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 h (GradDecol), Longitud del fruto (LongF), Diámetro del fruto (DiamF), Peso del fruto (PesF), Longitud del pedúnculo (LongPedun), Diámetro del pedúnculo (DiaPedun), Grosor de la cáscara (GrosC) y Días de almacenamiento del fruto (DiasAlmac).

Cuadro 11A. Matriz de similitudes con base en las distancias Euclidianas para 14 variables cuantitativas y una fisicoquímica evaluadas en órganos vegetativos y reproductivos de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

VARIANTE	F2A3	F2A5	F3A2	F3A4	F3A5	F4A7	F7A4	F11A3	F11A8
F2A3	0	.	.	.	.	.	.	.	.
F2A5	129.288	0	.	.	.	.	.	.	.
F3A2	144.680	36.512	0	.	.	.	.	.	.
F3A4	82.870	57.397	86.741	0	.	.	.	.	.
F3A5	72.513	170.973	195.520	114.313	0	.	.	.	.
F4A7	32.353	101.276	121.037	52.634	82.215	0	.	.	.
F7A4	89.157	185.282	185.247	157.203	147.059	111.404	0	.	.
F11A3	32.142	105.812	117.068	67.912	95.169	32.919	95.399	0	.
F11A8	74.956	71.834	78.429	59.839	137.375	55.547	114.915	53.875	0
F12A8	99.008	34.723	50.767	40.667	146.055	73.341	154.741	73.524	46.265
F12A11	95.505	36.327	56.484	35.971	142.931	67.821	152.049	73.066	39.969
F12A13	50.641	100.286	106.795	71.667	111.866	49.285	99.601	20.998	52.098
F13A9	98.769	47.435	68.453	36.837	134.503	75.087	165.718	74.683	67.909
F13A10	62.591	77.044	85.202	55.501	124.562	45.509	110.119	37.311	20.694
F14A4	25.767	110.353	128.187	61.848	73.830	22.011	109.293	24.812	67.439
F14A7	62.498	89.960	108.713	48.006	94.065	48.926	138.821	44.808	72.830
Hass	144.824	111.354	87.160	131.394	205.032	138.705	156.224	115.048	101.944

Continuación del Cuadro 11A

VARIANTE	F12A8	F12A11	F12A13	F13A9	F13A10	F14A4	F14A7	Hass
F2A3	.	.	.	.	.	.	.	.
F2A5	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A2	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A4	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A5	.	.	.	.	.	.	.	.
F4A7	.	.	.	.	.	.	.	.
F7A4	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A3	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A8	.	.	.	.	.	.	.	.
F12A8	0	.	.	.	.	.	.	.
F12A11	15.538	0	.	.	.	.	.	.
F12A13	67.130	69.420	0	.	.	.	.	.
F13A9	30.726	39.469	69.310	0	.	.	.	.
F13A10	45.230	43.707	34.057	60.221	0	.	.	.
F14A4	80.058	78.391	41.449	75.969	51.886	0	.	.
F14A7	62.549	66.033	45.824	46.210	56.453	38.501	0	.
Hass	96.979	106.943	96.459	104.872	98.222	134.879	119.213	0

Cuadro 12A. Matriz de similitudes con base en las distancias de Gower para las variables cualitativas evaluadas en órganos vegetativos y reproductivos de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

VARIANTE	F2A3	F2A5	F3A2	F3A4	F3A5	F4A7	F7A4	F11A3	F11A8
F2A3	0	.	.	.	.	.	.	.	.
F2A5	0.31464	0	.	.	.	.	.	.	.
F3A2	0.39817	0.3111	0	.	.	.	.	.	.
F3A4	0.38741	0.25333	0.49499	0	.	.	.	.	.
F3A5	0.30128	0.23558	0.47723	0.19724	0	.	.	.	.
F4A7	0.28666	0.37373	0.51241	0.34262	0.31871	0	.	.	.
F7A4	0.15906	0.20447	0.33501	0.38835	0.30222	0.39871	0	.	.
F11A3	0.25333	0.40985	0.54039	0.42041	0.28538	0.43076	0.36538	0	.
F11A8	0.46401	0.37159	0.39917	0.45159	0.49606	0.39957	0.46495	0.32178	0
F12A8	0.27684	0.32224	0.34168	0.3328	0.30889	0.34315	0.27778	0.19872	0.18717
F12A11	0.42669	0.22316	0.42315	0.36538	0.23652	0.37467	0.37874	0.34669	0.30843
F12A13	0.19378	0.16974	0.48084	0.31197	0.22583	0.25287	0.25694	0.289	0.43022
F13A9	0.23204	0.208	0.34669	0.35022	0.26409	0.34094	0.23298	0.26315	0.23197
F13A10	0.20085	0.289	0.53065	0.36177	0.34402	0.32939	0.31291	0.23197	0.37426
F14A4	0.211	0.25641	0.49807	0.28752	0.24306	0.33954	0.32306	0.19511	0.40578
F14A7	0.3778	0.28538	0.48537	0.36538	0.40985	0.26356	0.48985	0.23558	0.19732
Hass	0.38228	0.35824	0.55823	0.50046	0.41433	0.33026	0.38322	0.47749	0.3965

Continuación del Cuadro 12A

VARIANTE	F12A8	F12A11	F12A13	F13A9	F13A10	F14A4	F14A7	Hass
F2A3	.	.	.	.	.	.	.	.
F2A5	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A2	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A4	.	.	.	.	.	.	.	.
F3A5	.	.	.	.	.	.	.	.
F4A7	.	.	.	.	.	.	.	.
F7A4	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A3	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A8	.	.	.	.	.	.	.	.
F12A8	0	.	.	.	.	.	.	.
F12A11	0.32318	0	.	.	.	.	.	.
F12A13	0.3125	0.23291	0	.	.	.	.	.
F13A9	0.23965	0.25595	0.19826	0	.	.	.	.
F13A10	0.31957	0.33694	0.23652	0.32178	0	.	.	.
F14A4	0.21861	0.36846	0.13556	0.28492	0.14263	0	.	.
F14A7	0.21207	0.22222	0.23291	0.31817	0.17694	0.20846	0	.
Hass	0.27877	0.35918	0.34849	0.38675	0.3139	0.32405	0.31029	0

Cuadro 13A. Matriz de similitudes con base en las distancias Euclidianas para las variables fisicoquímicas evaluadas fruto de 16 genotipos variantes y la variedad Hass.

VARIANTE	F11A3	F11A8	F12A11	F12A13	F12A8	F13A10	F13A9	F14A4	F14A7
F11A3	0	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A8	1.34401	0	.	.	.	.	.	.	.
F12A11	2.34073	1.39546	0	.	.	.	.	.	.
F12A13	2.31721	1.01842	0.89731	0	.	.	.	.	.
F12A8	4.14381	3.13952	1.81077	2.27481	0	.	.	.	.
F13A10	4.81818	3.55486	2.62689	2.53655	1.55286	0	.	.	.
F13A9	1.2493	0.1946	1.30968	1.06996	3.09009	3.59192	0	.	.
F14A4	3.01063	1.75006	1.02167	0.73825	1.66001	1.81136	1.78063	0	.
F14A7	1.73287	0.45444	1.01058	0.58522	2.69948	3.11273	0.48475	1.30308	0
F2A3	0.99938	2.10845	3.29589	3.12683	5.10649	5.66296	2.08089	3.85506	2.55205
F2A5	1.66121	0.32194	1.33619	0.76892	2.98897	3.29203	0.47612	1.50648	0.32784
F3A2	1.6579	0.33042	1.39373	0.8086	3.03981	3.32364	0.49988	1.54467	0.38523
F3A4	3.42628	2.12034	1.50688	1.11004	1.74285	1.46228	2.17999	0.48787	1.69525
F3A5	2.38337	1.04037	1.24299	0.34598	2.52821	2.60173	1.14862	0.89821	0.70098
F4A7	2.24065	0.93223	0.93927	0.09292	2.36373	2.62407	0.9917	0.82969	0.50797
F7A4	1.42689	0.09246	1.39819	0.96141	3.11912	3.49684	0.27854	1.69748	0.42068
Hass	2.05236	3.32291	4.38363	4.33396	6.17268	6.85854	3.26795	5.04737	3.75053

Continuación del Cuadro 13A

VARIANTE	F2A3	F2A5	F3A2	F3A4	F3A5	F4A7	F7A4	Hass
F11A3	.	.	.	.	.	.	.	.
F11A8	.	.	.	.	.	.	.	.
F12A11	.	.	.	.	.	.	.	.
F12A13	.	.	.	.	.	.	.	.
F12A8	.	.	.	.	.	.	.	.
F13A10	.	.	.	.	.	.	.	.
F13A9	.	.	.	.	.	.	.	.
F14A4	.	.	.	.	.	.	.	.
F14A7	.	.	.	.	.	.	.	.
F2A3	0	.	.	.	.	.	.	.
F2A5	2.38643	0	.	.	.	.	.	.
F3A2	2.36322	0.06277	0	.	.	.	.	.
F3A4	4.2254	1.84195	1.87	0	.	.	.	.
F3A5	3.11191	0.73239	0.74952	1.13973	0	.	.	.
F4A7	3.04049	0.67704	0.71605	1.19068	0.31486	0	.	.
F7A4	2.16997	0.23541	0.23888	2.05557	0.96189	0.87283	0	.
Hass	1.25975	3.61667	3.59832	5.44186	4.34754	4.25136	3.39222	0

Órganos vegetativos



F2A3

ÁRBOL

Vigor: **Fuerte**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **3.68 m**
Altura: **3.18 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **70 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **18.93 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **14**
Angulo de inserción del peciolo: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Blanda**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **210**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **10**
Longitud del eje principal: **4.15 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **5.07 mm**
Longitud del pétalo: **5.54 mm**
Longitud del sépalo: **4.34 mm**

Órganos reproductivos

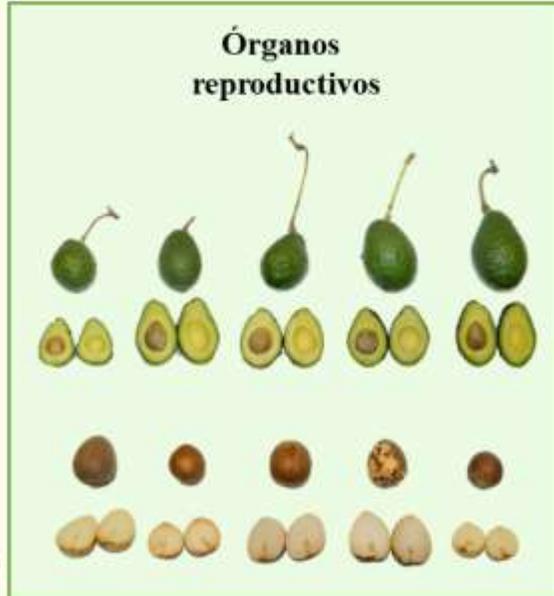


Figura 1A. Características fenotípicas del genotipo variante F2A3

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **9.59 cm**
Diámetro: **6.62 cm**
Peso: **204.48 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **9.82 cm**
Diámetro del pedúnculo: **5.15 mm**
Longitud del pedicelo: **1.20 cm**
Color del pedicelo: **Marrón**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Tamaño de las lenticelas: **Grande**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.17 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Acuosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogado**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **11 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **4.01 cm**
Diámetro: **3.44 cm**
Peso: **28.03 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.30 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.52 cm**
Posición del eje embrionario: **7.43 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos

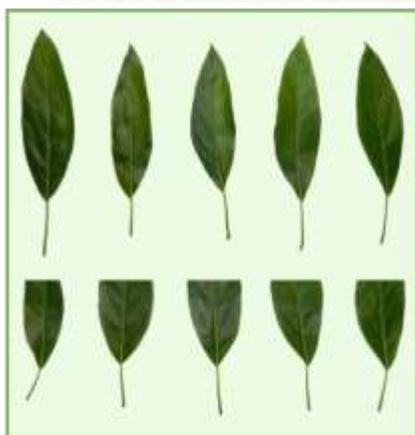


F2A5

ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Irregular**
Anchura: **3.12 m**
Altura: **2.86 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **71 cm**
Patrón de ramificación: **Ambos**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**

HOJA



Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **19.87 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **16**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Sumida**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2020**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Intermedia**
Pubescencia del sépalo: **Intermedia**
Numero de flores por inflorescencia: **89**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **6**
Longitud del eje principal: **3.75 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presente**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presente**
Longitud del pedicelo: **6.03 mm**
Longitud del pétalo: **6.14 mm**
Longitud del sépalo: **4.90 mm**

Órganos reproductivos

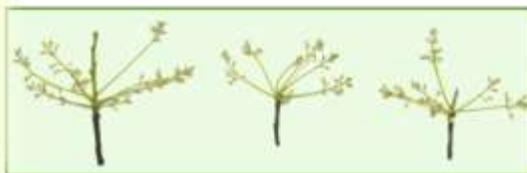
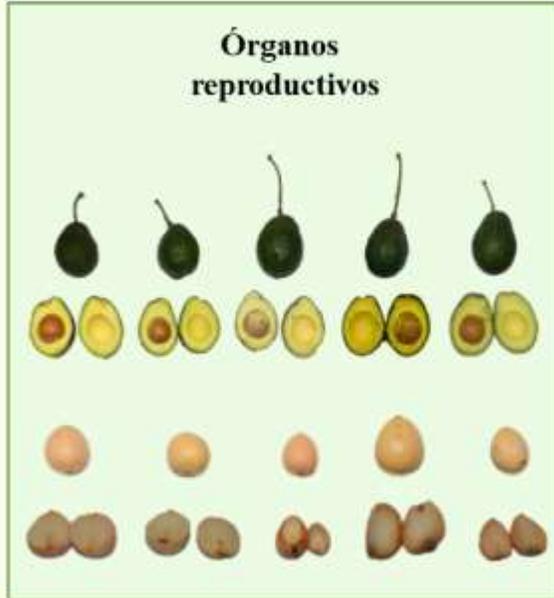


Figura 2A. Características fenotípicas del genotipo variante F2A5

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8.47 cm**
Diámetro: **6.06 cm**
Peso: **159.28 g**
Brillantez de la cascara: **Escasa**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Aplanado**
Posición del pedicelo: **Central**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **10.02 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.09 mm**
Longitud del pedicelo: **1.22 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cascara: **Intermedia**
Color de la cascara: **Verde hoja (RAL 6002)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cascara: **1.40 mm**
Flexibilidad de la cascara: **Flexible**
Adherencia de la cascara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cascara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Moderada**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogado**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Bueno**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Intermedio**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **9 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.72 cm**
Diámetro: **3.44 cm**
Peso: **27.90 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.18 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.61 cm**
Posición del eje embrionario: **6.51 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos



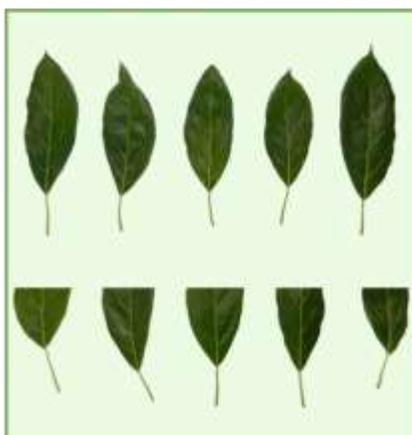
F3A2

ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Irregular**
Anchura: **3.77 m**
Altura: **3.24 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **91.3 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**

HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **19.29 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hierba (RAL 6010)**
Numero de venas primarias: **12**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura de la hoja: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**



FLOR

Inicio de la floración: **Agosto/2020**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo A**
Color de la flor: **Verde**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **69**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **5**
Longitud del eje principal: **7.50 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presente**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presente**
Longitud del pedicelo: **5.86 mm**
Longitud del pétalo: **5.67 mm**
Longitud del sépalo: **4.93 mm**

Órganos reproductivos

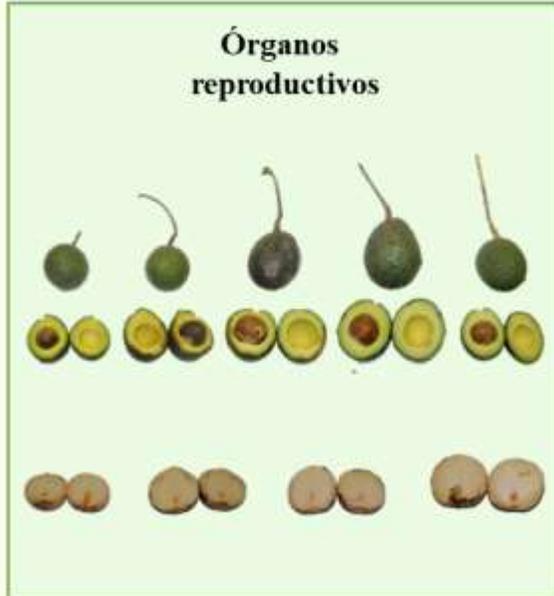


Figura 3A. Características fenotípicas del genotipo variante F3A2

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8 cm**
Diámetro: **6.55 cm**
Peso: **181.33 g**
Brillantez de la cáscara: **Escasa**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **9.79 cm**
Diámetro del pedúnculo: **6.21 mm**
Longitud del pedicelo: **1.39 cm**
Color del pedicelo: **Marrón**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde cromo (RAL 6020)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cáscara: **1.37 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogado**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **10 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Esferoide**
Longitud: **3.45 cm**
Diámetro: **3.74 cm**
Peso: **32.23 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Beige (RAL 1001)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Basal**
Longitud de la cavidad: **4.03 cm**
Diámetro de la cavidad: **4 cm**
Posición del eje embrionario: **6.03 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

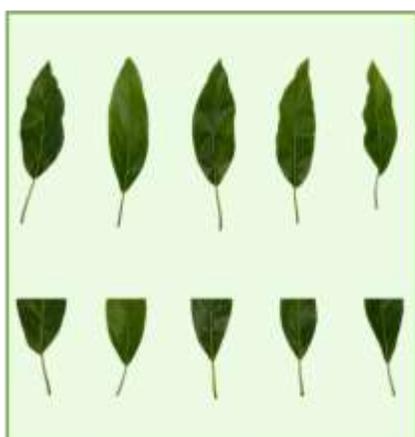
Órganos vegetativos



F3A4

ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **2.97 m**
Altura: **2.81 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **60 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Ascendente**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **18.47 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **18**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Blanda**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Noviembre/2020**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Intermedia**
Pubescencia del sépalo: **Intermedia**
Numero de flores por inflorescencia: **144**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **7**
Longitud del eje principal: **4.11 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presente**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presente**
Longitud del pedicelo: **6.35 mm**
Longitud del pétalo: **6.19 mm**
Longitud del sépalo: **4.88 mm**

Órganos reproductivos

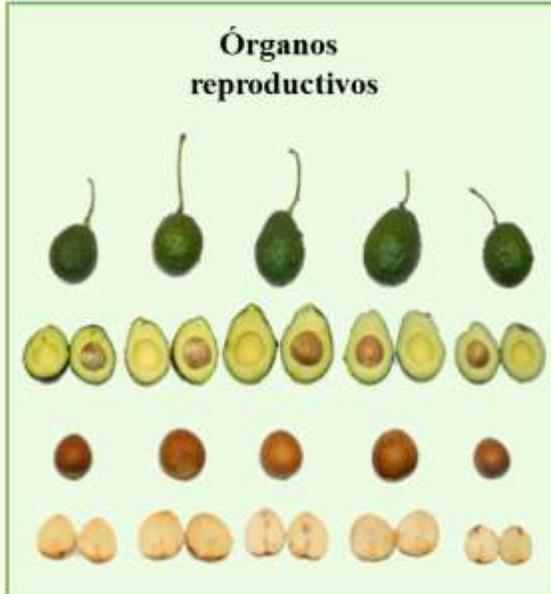


Figura 4A. Características fenotípicas del genotipo variante F3A4

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8.51 cm**
Diámetro: **5.99 cm**
Peso: **154.60 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cilíndrico**
Longitud del pedúnculo: **8.53 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.09 mm**
Longitud del pedicelo: **1.31 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **No aparente**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cáscara: **1.83 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Moderada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Muy pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **9 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

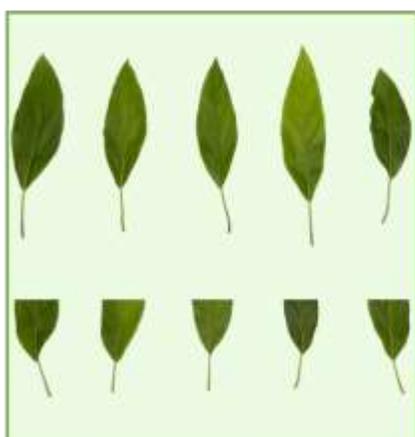
Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.80 cm**
Diámetro: **3.40 cm**
Peso: **27.48 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.96 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.53 cm**
Posición del eje embrionario: **8 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos



F3A5

ÁRBOL
Vigor: **Intermedio**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **3.31 m**
Altura: **2.11 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **55.8 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **18.08 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde helecho (RAL 6025)**
Numero de venas primarias: **15**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **259**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **13**
Longitud del eje principal: **6.83 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **4.90 mm**
Longitud del pétalo: **5.08 mm**
Longitud del sépalo: **3.95 mm**

Órganos reproductivos

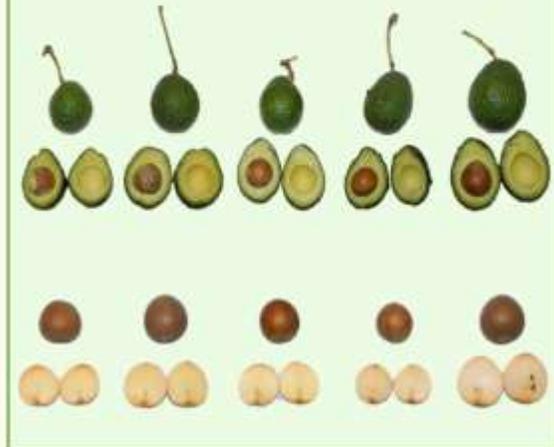


Figura 5A. Características fenotípicas del genotipo variante F3A5

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8.20 cm**
Diámetro: **6.01 cm**
Peso: **153.33 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **9.06 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.17 mm**
Longitud del pedicelo: **1.14 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.58 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Moderada**
Fibra de la pulpa: **Intermedia**
Sabor general de la pulpa: **Pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **9 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.71 cm**
Diámetro: **3.43 cm**
Peso: **27.85 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.01 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.54 cm**
Posición del eje embrionario: **6.99 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

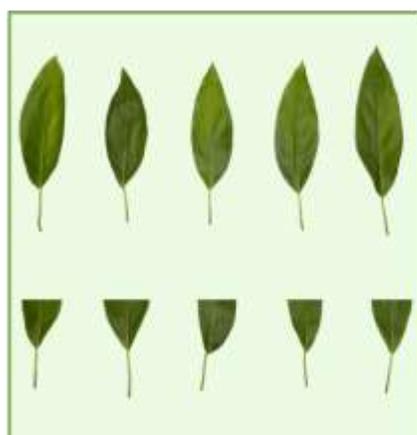
Órganos vegetativos



F4A7

ÁRBOL

Vigor: **Fuerte**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **3.94 m**
Altura: **2.86 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **58.2 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Obtuso**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **18.74 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde helecho (RAL 6025)**
Numero de venas primarias: **15**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **185**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **9**
Longitud del eje principal: **3.30 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.81 mm**
Longitud del pétalo: **6.03 mm**
Longitud del sépalo: **4.81 mm**

Órganos reproductivos



Figura 6A. Características fenotípicas del genotipo variante F4A7

FRUTO

Forma: **Obovado**
Longitud: **8.97 cm**
Diámetro: **6.46 cm**
Peso: **188.58 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cilíndrico**
Longitud del pedúnculo: **10.43 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.68 mm**
Longitud del pedicelo: **1.46 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.53 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Pastosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Moderada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Muy pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Intermedio**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **9 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Esferoide**
Longitud: **3.79 cm**
Diámetro: **3.54 cm**
Peso: **29.45 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.13 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.73 cm**
Posición del eje embrionario: **7.88 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos

F7A4



ÁRBOL

Vigor: **Fuerte**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **3.72 m**
Altura: **3.69 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **85 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **19.64 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hierba (RAL 6010)**
Numero de venas primarias: **11**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen de la hoja: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Aguda**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Diciembre/2020**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **216**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **9**
Longitud del eje principal: **5.93 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **11.28 mm**
Longitud del pétalo: **5.44 mm**
Longitud del sépalo: **3.30 mm**

Órganos reproductivos

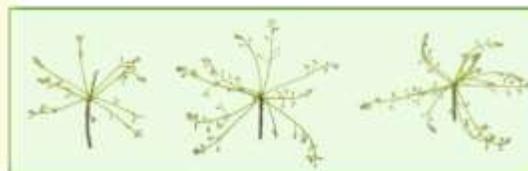
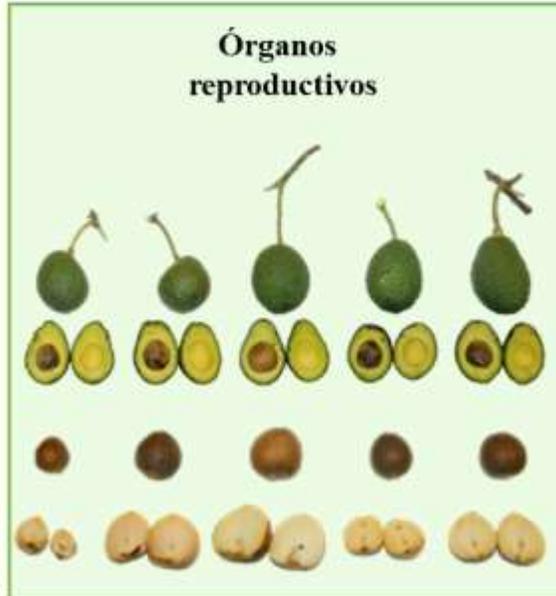


Figura 7A. Características fenotípicas del genotipo variante F7A4

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **13.02 cm**
Diámetro: **7.50 cm**
Peso: **290.55 g**
Brillantez de la cáscara: **Escasa**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Redondeado**
Longitud del pedúnculo: **10.07 cm**
Diámetro del pedúnculo: **7.52 mm**
Longitud del pedicelo: **1.60 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeñas**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.57 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Acuosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor negado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **11 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

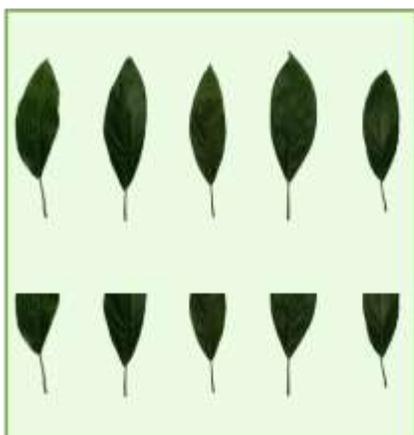
Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **4.31 cm**
Diámetro: **4.03 cm**
Peso: **43.35 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Basal**
Longitud de la cavidad: **4.63 cm**
Diámetro de la cavidad: **4.09 cm**
Posición del eje embrionario: **7.79 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos

F11A3



ÁRBOL
Vigor: **Intermedio**
Forma: **Irregular**
Anchura: **4.67 m**
Altura: **3.89 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **87.5 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **20.89 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **11**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Diciembre/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **184**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **10**
Longitud del eje principal: **7.26 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.56 mm**
Longitud del pétalo: **5.44 mm**
Longitud del sépalo: **4.01 mm**

Órganos reproductivos



Figura 8A. Características fenotípicas del genotipo variante F11A3

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **9.85 cm**
Diámetro: **6.63 cm**
Peso: **202.13 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cilíndrico**
Longitud del pedúnculo: **12.95 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.77 mm**
Longitud del pedicelo: **1.15 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.38 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Acuosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Intermedia**
Sabor general de la pulpa: **Pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **13 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **4.01 cm**
Diámetro: **3.64 cm**
Peso: **32.70 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Basal**
Longitud de la cavidad: **4.34 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.91 cm**
Posición del eje embrionario: **7.31 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

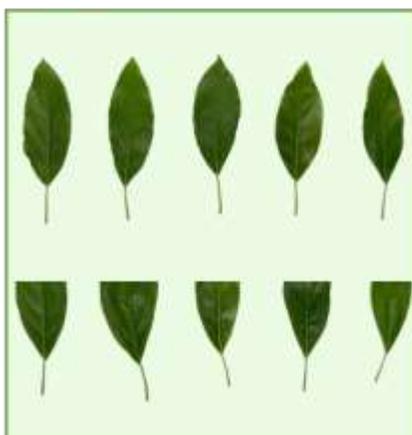
F11A8

Órganos vegetativos



ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Irregular**
Anchura: **4.78 m**
Altura: **3.38 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **66 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **20.34 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hierba (RAL 6010)**
Numero de venas primarias: **14**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen de la hoja: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **136**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **7**
Longitud del eje principal: **4.90 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presente**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presente**
Longitud del pedicelo: **7 mm**
Longitud del pétalo: **6.29 mm**
Longitud del sépalo: **4.94 mm**

Órganos reproductivos

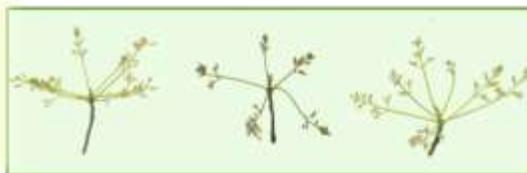
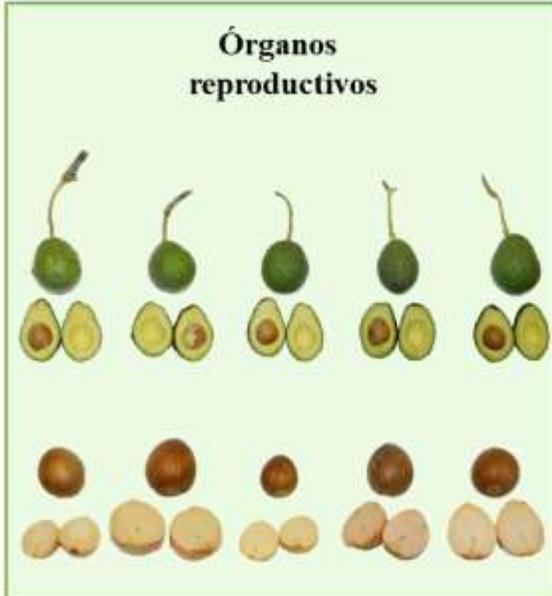


Figura 9A. Características fenotípicas del genotipo variante F11A8

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **9.23 cm**
Diámetro: **6.54 cm**
Peso: **212.98 g**
Brillantez de la cascara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cilíndrico**
Longitud del pedúnculo: **10.98 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.97 mm**
Longitud del pedicelo: **1.40 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cascara: **Rugosa**
Color de la cascara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cascara: **1.34 mm**
Flexibilidad de la cascara: **Flexible**
Adherencia de la cascara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cascara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Acuosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogado**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **13 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

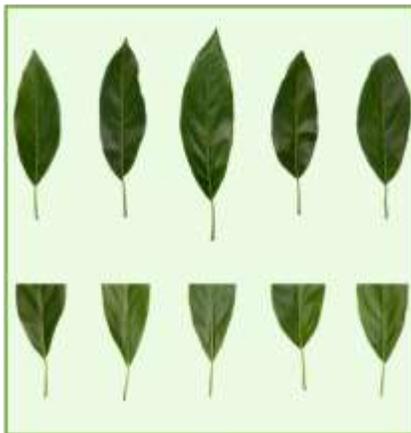
Forma: **Esferoide**
Longitud: **3.83 cm**
Diámetro: **3.48 cm**
Peso: **33.60 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.36 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.80 cm**
Posición del eje embrionario: **8.20 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos



F12A8

ÁRBOL
Vigor: **Intermedio**
Forma: **Semicircular**
Anchura: **4.17 m**
Altura: **3.87 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **80.5 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **20.55 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hierba (RAL 6010)**
Numero de venas primarias: **14**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Sumida**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **117**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **8**
Longitud del eje principal: **6.15 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **5.88 mm**
Longitud del pétalo: **5.64 mm**
Longitud del sépalo: **4.53 mm**

Órganos reproductivos

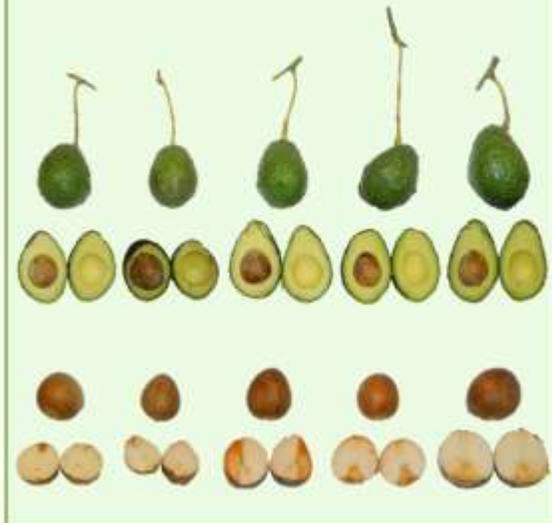


Figura 10A. Características fenotípicas del genotipo variante F12A8

FRUTO

Forma: **Obovado**
Longitud: **8.46 cm**
Diámetro: **6.03 cm**
Peso: **174.75 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cilíndrico**
Longitud del pedúnculo: **11 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.56 mm**
Longitud del pedicelo: **1.38 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde helecho (RAL 6025)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.68 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **12 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.80 cm**
Diámetro: **3.53 cm**
Peso: **28.08 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.94 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.38 cm**
Posición del eje embrionario: **8.76 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

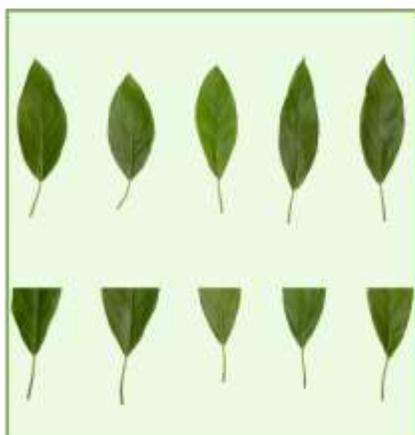
Órganos vegetativos

F12A11



ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Circular**
Anchura: **4.07 m**
Altura: **3.93 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **67 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **20.22 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde helecho (RAL 6025)**
Numero de venas primarias: **14**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semiblanda**
Forma del ápice: **Agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **119**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **6**
Longitud del eje principal: **4.40 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.08 mm**
Longitud del pétalo: **5.98 mm**
Longitud del sépalo: **4.81 mm**

Órganos reproductivos

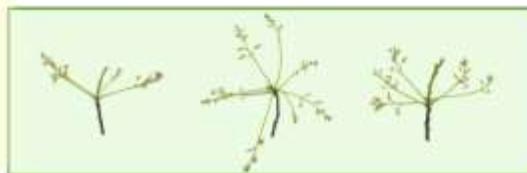


Figura 11A. Características fenotípicas del genotipo variante F12A11

FRUTO

Forma: **Obovado-angosta**
Longitud: **9.11 cm**
Diámetro: **6.11 cm**
Peso: **177.63 g**
Brillantez de la cascara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Redondeado**
Longitud del pedúnculo: **9.56 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.54 mm**
Longitud del pedicelo: **1.33 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cascara: **Intermedia**
Color de la cascara: **Verde hoja (RAL 6002)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cascara: **1.41 mm**
Flexibilidad de la cascara: **Quebradiza**
Adherencia de la cascara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cascara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Intermedia**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Intermedio**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **11 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.70 cm**
Diámetro: **3.50 cm**
Peso: **29.85 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **4.28 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.70 cm**
Posición del eje embrionario: **13.02 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

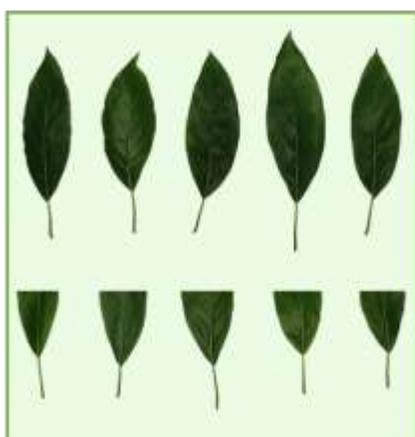
Órganos vegetativos



F12A13

ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Irregular**
Anchura: **5.55 m**
Altura: **4.9 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **102 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **21.93 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde helecho (RAL 6025)**
Numero de venas primarias: **12**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **172**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **8**
Longitud del eje principal: **5.13 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.55 mm**
Longitud del pétalo: **5.70 mm**
Longitud del sépalo: **4.40 mm**

Órganos reproductivos

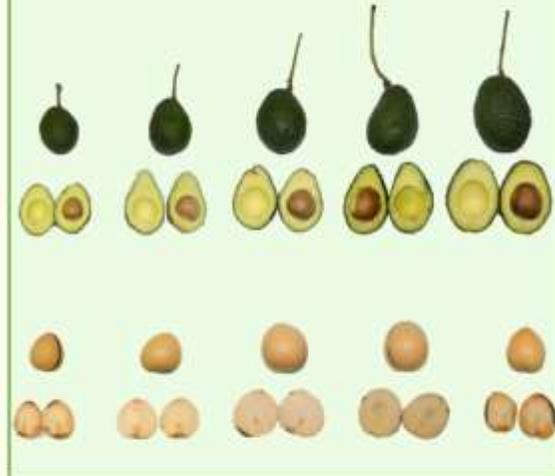


Figura12A. Características fenotípicas del genotipo variante F12A13

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **9.47 cm**
Diámetro: **6.54 cm**
Peso: **205.30 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Redondeado**
Longitud del pedúnculo: **10.06 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.55 mm**
Longitud del pedicelo: **1.34 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.42 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **11 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

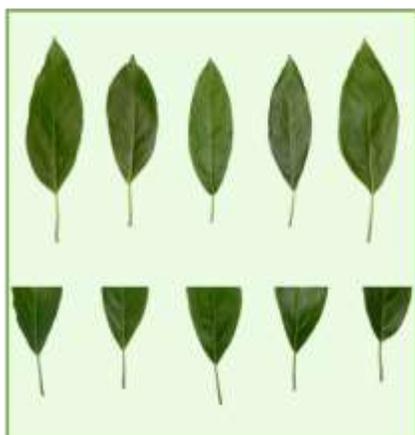
Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.75 cm**
Diámetro: **3.53 cm**
Peso: **29.58 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.87 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.62 cm**
Posición del eje embrionario: **14.30 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos



F13A9

ÁRBOL
Vigor: **Intermedio**
Forma: **Circular**
Anchura: **5.27 m**
Altura: **4.15 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **93 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **20.70 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **12**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Entero**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Verde mayo (RAL 6017)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **130**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **7**
Longitud del eje principal: **5.09 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **7.27 mm**
Longitud del pétalo: **5.85 mm**
Longitud del sépalo: **4.65 mm**

Órganos reproductivos

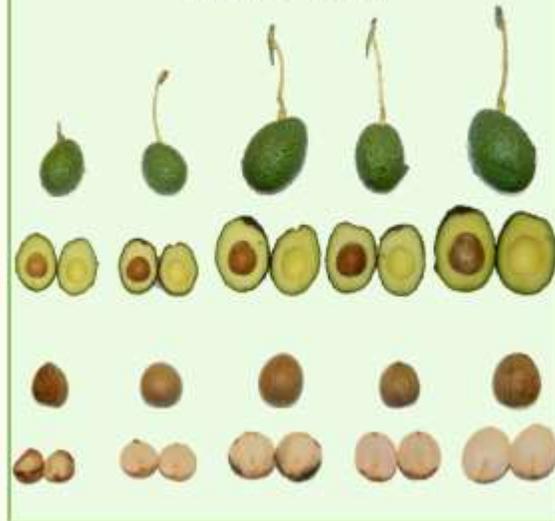


Figura 13A. Características fenotípicas del genotipo variante F13A9

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8.66 cm**
Diámetro: **6.41 cm**
Peso: **151.75 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **10.02 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.28 mm**
Longitud del pedicelo: **1.29 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Rugosa**
Color de la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Grande**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.46 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Acuosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **13 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

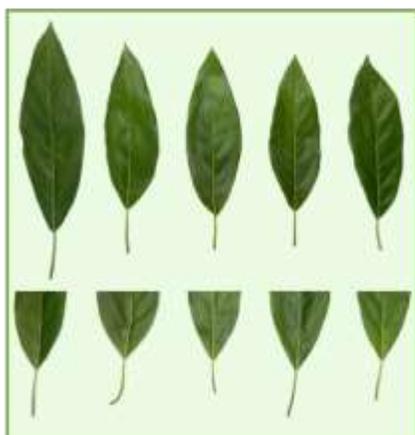
Forma: **Esferoide**
Longitud: **3.56 cm**
Diámetro: **3.33 cm**
Peso: **23.88 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Basal**
Longitud de la cavidad: **3.71 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.49 cm**
Posición del eje embrionario: **6.94 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos



F13A10

ÁRBOL
Vigor: **Fuerte**
Forma: **Circular**
Anchura: **5.43 m**
Altura: **3.75 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **78.5 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Irregular**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **22.41 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias de la hoja: **12**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **149**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **8**
Longitud del eje principal: **5.74 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **7.08 mm**
Longitud del pétalo: **6.31 mm**
Longitud del sépalo: **5.26 mm**

Órganos reproductivos



Figura 14A. Características fenotípicas del genotipo variante F13A10

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **9.22 cm**
Diámetro: **6.71 cm**
Peso: **206.35 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **13.19 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.32 mm**
Longitud del pedicelo: **1.20 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hoja (RAL 6002)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cáscara: **1.19 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Intermedia**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde blanquecino (RAL 6019)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Moderada**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **8 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.77 cm**
Diámetro: **3.61 cm**
Peso: **29.98 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.92 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.69 cm**
Posición del eje embrionario: **6.89 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

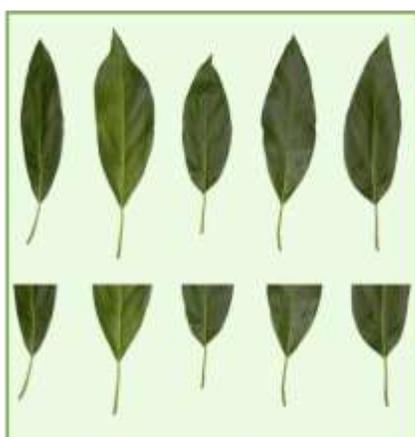
Órganos vegetativos



F14A4

ÁRBOL

Vigor: **Intermedio**
Forma: **Circular**
Anchura: **4.37 m**
Altura: **4.21 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **76.5 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Ascendente**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Oblonga-lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **19.89 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas primarias: **13**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Noviembre/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso(RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **196**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **9**
Longitud del eje principal: **4 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.08 mm**
Longitud del pétalo: **5.54 mm**
Longitud del sépalo: **4.34 mm**

Órganos reproductivos



Figura 15A. Características fenotípicas del genotipo variante F14A4

FRUTO

Forma: **Obovado-angosto**
Longitud: **8.81 cm**
Diámetro: **6.32 cm**
Peso: **185.18 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **9.87 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.67 mm**
Longitud del pedicelo: **1.21 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hoja (RAL 6002)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Moderada**
Grosor de la cáscara: **1.27 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Quebradiza**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Intermedia**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde amarillento (RAL 6018)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Regular**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Intermedio**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **11 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

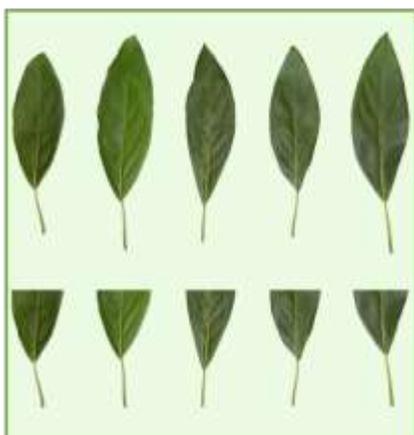
Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.70 cm**
Diámetro: **3.43 cm**
Peso: **27.08 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.85 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.59 cm**
Posición del eje embrionario: **5.94 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

Órganos vegetativos

F14A7



ÁRBOL
Vigor: **Intermedio**
Forma: **Circular**
Anchura: **4.58 m**
Altura: **4.66 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **96.5 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA
Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **19.64 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde helecho (RAL 6025)**
Numero de venas primarias: **13**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen de la hoja: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Enero/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo B**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **175**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **8**
Longitud del eje principal: **2.66 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presencia**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presencia**
Longitud del pedicelo: **6.04 mm**
Longitud del pétalo: **5.63 mm**
Longitud del sépalo: **4.63 mm**

Órganos reproductivos

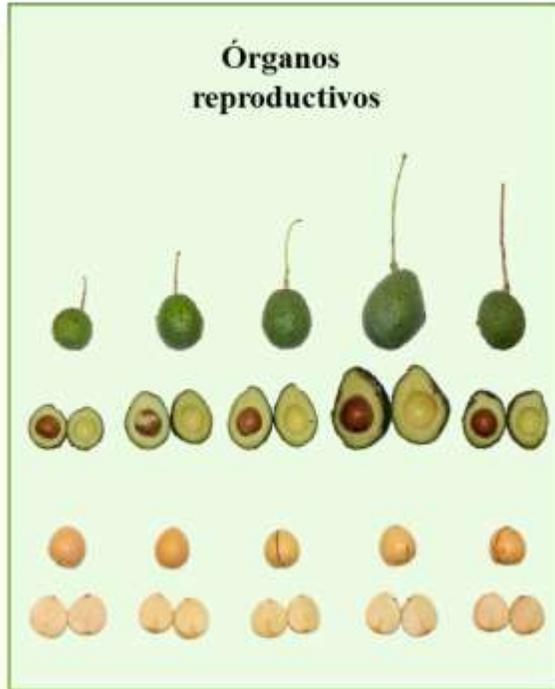


Figura 16A. Características fenotípicas del genotipo variante F14A7

FRUTO

Forma: **Obovado**
Longitud: **8.04 cm**
Diámetro: **6.16 cm**
Peso: **160.65 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Aplanada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **11.87 cm**
Diámetro del pedúnculo: **3.87 mm**
Longitud del pedicelo: **1.19 cm**
Color del pedicelo: **Amarillo**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hoja (RAL 6002)**
Tamaño de las lenticelas: **Pequeño**
Densidad de las lenticelas: **Baja**
Grosor de la cáscara: **1.25 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Muy pobre**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **14 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Obovada-ancha**
Longitud: **3.88 cm**
Diámetro: **3.70 cm**
Peso: **23.53 g**
Superficie del cotiledón: **Intermedia**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Central**
Longitud de la cavidad: **3.92 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.74 cm**
Posición del eje embrionario: **10.16 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**

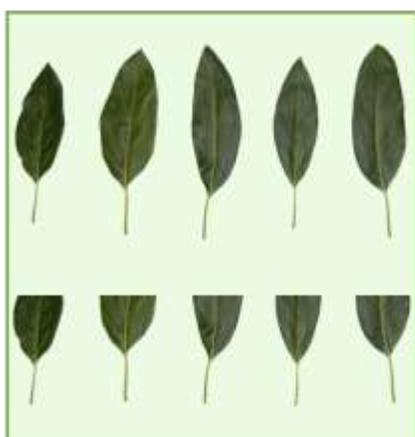
Órganos vegetativos



HASS

ÁRBOL

Vigor: **Fuerte**
Forma: **Semielíptico**
Anchura: **7.47 m**
Altura: **6.41 m**
Superficie del tronco: **Rugosa**
Circunferencia del tronco: **158.7 cm**
Patrón de ramificación: **Intensivo**
Distribución de las ramas: **Verticilada**
Angulo de inserción de las ramas principales: **Agudo**
Color de la rama joven: **Verde**
Superficie de la rama joven: **Pubescente**
Color de las lenticelas del vástago: **Verde**



HOJA

Forma: **Lanceolada**
Forma de la base: **Aguda**
Longitud de la lamina foliar: **18.99 cm**
Pubescencia de la superficie inferior: **Escasa**
Pubescencia de la superficie superior: **Escasa**
Color de las hojas maduras: **Verde hoja (RAL 6002)**
Numero de venas: **13**
Angulo de inserción del peciolo foliar: **Agudo**
Margen: **Ondulado**
Relieve de la venación en la superficie del haz: **Intermedia**
Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal: **Agudo**
Textura: **Semidura**
Forma del ápice: **Muy agudo**

FLOR

Inicio de la floración: **Septiembre/2021**
Defoliación: **Parcial**
Posición de la inflorescencia: **Terminal**
Tipo de floración: **Tipo A**
Color de la flor: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Pubescencia del pétalo: **Densa**
Pubescencia del sépalo: **Densa**
Numero de flores por inflorescencia: **98**
Numero de ramificaciones por inflorescencia: **6**
Longitud del eje principal: **3.72 cm**
Estilo de la flor: **Derecho**
Ausencia/presencia de polen: **Presente**
Ausencia/presencia de nectarios: **Presente**
Longitud del pedicelo: **4.53 mm**
Longitud del pétalo: **5.26 mm**
Longitud del sépalo: **5.72 mm**

Órganos reproductivos

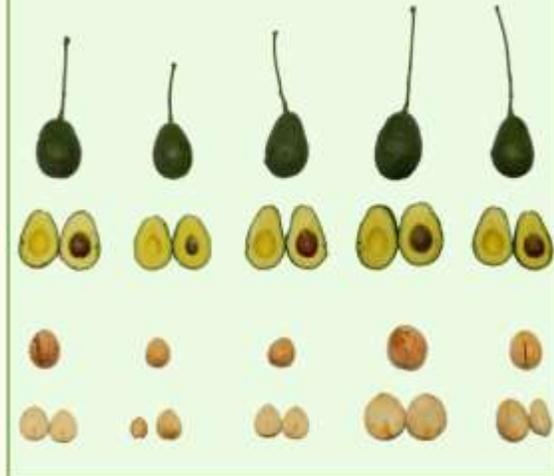


Figura 17A. Características fenotípicas de la variedad Hass

FRUTO

Forma: **Obovado**
Longitud: **9.76 cm**
Diámetro: **6.78 cm**
Peso: **226.68 g**
Brillantez de la cáscara: **Moderada**
Forma de la base: **Inflada**
Posición del ápice: **Central**
Forma del ápice: **Redondeado**
Posición del pedicelo: **Asimétrico**
Pedicelo "cabeza de clavo": **Ausente**
Forma del pedicelo: **Cónico**
Longitud del pedúnculo: **11.21 cm**
Diámetro del pedúnculo: **4.28 mm**
Longitud del pedicelo: **1.42 cm**
Color del pedicelo: **Verde**
Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo: **Conspicuo**
Superficie de la cáscara: **Intermedia**
Color de la cáscara: **Verde hierba (RAL 6010)**
Tamaño de las lenticelas: **Intermedio**
Densidad de las lenticelas: **Alta**
Grosor de la cáscara: **1.32 mm**
Flexibilidad de la cáscara: **Flexible**
Adherencia de la cáscara a la pulpa: **Ligera**
Color de la pulpa cercana a la cáscara: **Verde mayo (RAL 6017)**
Color de la pulpa cercana a la semilla: **Beige verdoso (RAL 1000)**
Textura de la pulpa: **Cremosa**
Dulzura de la pulpa: **Ligeramente dulce**
Amargor de la pulpa: **Ligeramente amarga**
Sabor nogado de la pulpa: **Ligeramente nogada**
Fibra de la pulpa: **Poca**
Sabor general de la pulpa: **Bueno**
Grado de decoloración de la fruta abierta después de 4 horas: **Bajo**
Color de la decoloración: **Café**
Días de almacenamiento: **12 días**

Órganos reproductivos



SEMILLA

Forma: **Base aplanada, ápice cónico**
Longitud: **3.73 cm**
Diámetro: **3.05 cm**
Peso: **22.38 g**
Superficie del cotiledón: **Lisa**
Color del cotiledón: **Marfil claro (RAL 1015)**
Adherencia de los cotiledones: **Adheridos**
Posición de la semilla: **Basal**
Longitud de la cavidad: **4.06 cm**
Diámetro de la cavidad: **3.32 cm**
Posición del eje embrionario: **7.56 mm**
Espacio libre de la cavidad: **Sin espacio**
Cubierta de la semilla: **Semilla adherida, cubierta no adherida a la pulpa**