

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras
Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias



**DESCRIPCIÓN FENOTÍPICA DE TRES GENOTIPOS DE
AGUACATE (*Persea americana* Mill.) EN MICHOACÁN,
MÉXICO**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS.

PRESENTA:

José Luis Gómez Chávez

Tutor: Dr. Héctor Guillén Andrade

Co-tutor: Dr. Raúl Medina Torres

Asesor: Dra. María Ercelia Ángel Palomares

Xalisco, Nayarit, Mayo del 2008.

M. C. Francisco de Jesús Caro Velarde

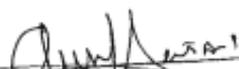
Coordinador del Posgrado CBAP

Presente

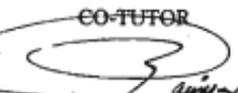
Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial del C. José Luis Gómez Chávez, alumno de Maestría en Ciencias Agrícolas, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la Tesis **“DESCRIPCIÓN FENOTÍPICA DE TRES GENOTIPOS DE AGUACATE (*Persea americana* M.) EN MICHOACÁN, MÉXICO”** y en nuestra opinión cumple como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrícolas.

EL CONSEJO TUTORIAL

TUTOR


Dr. Héctor Guillén Andrade

CO-TUTOR


Dr. Raúl Medina Torres

ASESOR


Dra. María Ercelia Angel Palomares



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/055/08

Tepic, Nayarit., 10 de Abril de 2008

C. ING. ALFREDO GONZÁLEZ JÁUREGUI
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN DE ESCOLAR
P R E S E N T E

En base al oficio de fecha 08 de Abril del presente año, enviado por los CC. Dr. Héctor Guillén Andrade, Dr. Raúl Medina Torres, Dra. María Ercelia Ángel Palomares, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con los establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se está autorizando de nuestra parte que el C. José Luis Gómez Chávez, continúe ante ustedes con los trámites necesarios para que sea autorizada la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias del citado estudiante.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"POR LO NUESTRO A LO UNIVERSAL"

M. EN C. FRANCISCO DE JESÚS CARO VELARDE
COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP



C.c.p.-Archivo.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y amor para mis hijas Erandi Viridiana, Guadalupe Leticia, Silvia Yolanda y mi hijo José Luis, quienes son el motivo de mi esfuerzo de superación y con el deseo de que sea un ejemplo en su caminar por esta vida y se den cuenta que todo es posible cuando se quiere.

A mi esposa Yolanda, centro principal de mi familia con mucho amor, gracias por motivarme y darme la confianza que necesite en su momento.

A Dios por prestarme la vida, a mis padres Fidel Gómez Reynoso (q.e.p.d.) y Ma. Dolores Chávez Miranda con mucho amor, cariño y agradecimiento por enseñarme el camino correcto de honestidad y superación. A mis hermanos, Jesús Javier, Gregorio, Rosa Irene, Angélica, Enrique, Miguel Ángel, Fidel, Ma. Dolores, Selene Berenice y con especial gratitud y cariño para Ma. Luisa por su gran apoyo desinteresado durante mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue posible gracias al apoyo de la Universidad Autónoma de Nayarit y de la Facultad de Agrobiología perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Por este medio quiero dar las infinitas gracias a las autoridades de ambas universidades que en su momento fueron pieza clave para que se cristalizara el proyecto de Maestría y Doctorado para los compañeros que así lo desearon; agradezco infinitamente a la doctora Ma. Ercelia Ángel Palomares las energías con las que nos impulso y animo a esta aventura de conocimiento, todo esto fue gracias a ella.

Con sincero agradecimiento y ese carácter férreo para el Dr. Héctor Guillén Andrade director de la presente investigación ya que sin sus apoyo hubiera sido imposible el presente trabajo. A los integrantes del comité tutorial, Dr. Raúl Medina Torres, M.C. Francisco de Jesús Caro Velarde, Ma. Ercelia Ángel Palomares y M.C. Heliodoro Cuiris Pérez por sus atinados consejos en la conducción de mi trabajo.

Al Ing. Prisciliano Jiménez Rosales y el Dr. Jesús Javier Gómez Chávez un profundo agradecimiento por permitirnos la toma de muestras y el acceso a su huerta.

Quiero dar un especial agradecimiento por su ayuda incondicional y desinteresada a la Dra. Martha Elena Pedraza Santos, a la candidata a Dra. Maribel Gutiérrez Contreras y al M.C. Heliodoro Cuiris Pérez mis mas sinceras e infinitas gracias.

A mis compañeros de estudios con gran respeto, Ana Elizabeth, Maribel, Margarita, Blanca, Miguel Ángel, Salvador Ochoa, Salvador Aguirre, gracias por su compañerismo.

A Enrique Ceballos y Adriana González por su colaboración y gran ayuda tanto en trabajo de campo como de gabinete.

La amistad es el tesoro más preciado entre los humanos y no quisiera excluir a nadie de mis amigos por lo cual no menciono nombres y les dedico con mucho cariño fraterno el presente trabajo de investigación a todos mis amigos y compañeros de trabajo.

INDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades del cultivo del aguacate.....	3
2.1.1 Historia.....	3
2.1.2 Importancia alimenticia.....	3
2.1.3 Importancia económica y social.....	4
2.1.4 Origen y dispersión del aguacate.....	5
2.1.4.1 Dispersión mundial.....	5
2.1.4.2 Domesticación y dispersión en México.....	7
2.2 Características taxonómicas.....	8
2.3 Descripción botánica.....	9
2.3.1 Árbol.....	9
2.3.2 Raíz.....	10
2.3.3 Hojas.....	10
2.3.4 Inflorescencia.....	10
2.3.5 Fruto.....	12
2.3.6 Semilla.....	12
2.4 Diversidad genética.....	13

	Página
2.4.1 Expresión de la variabilidad.....	13
2.4.2 Descriptores morfológicos.....	13
2.4.2.1 Botánico taxonómicos.....	14
2.4.2.2 Morfoagronómicos.....	15
2.4.2.3 Evaluativos.....	15
2.5 Caracterización de especies vegetales.....	15
2.6 Métodos de caracterización morfológica de especies vegetales.....	16
2.7 Diversidad genética en aguacate.....	18
2.8 Variedades de aguacate más importantes.....	19
2.8.1 Variedades y selecciones provenientes de Hass.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Localización de variantes de aguacate Hass.....	24
3.2 Características agroclimáticas del área de estudio.....	24
3.3 Caracterización del material genético.....	27
3.3.1 Árbol.....	27
3.3.2 Hojas.....	28
3.3.3 Inflorescencia.....	28
3.3.4 Fruto.....	29
3.3.4.1 Extracción de aceite.....	30
3.3.5 Semilla.....	30
3.4 Análisis de la información.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Descripción fenotípica de 'Hass'.....	31
4.1.1 Árbol.....	31
4.1.2 Hoja.....	32

	Página
4.1.3 Inflorescencia.....	35
4.1.4 Fruto.....	38
4.1.5 Semilla.....	41
4.2 Descripción fenotípica de la variante Jiménez-2.....	44
4.2.1 Árbol.....	44
4.2.2 Hoja.....	45
4.2.3 Inflorescencia.....	48
4.2.4 Fruto.....	51
4.2.5 Semilla.....	54
4.3 Descripción fenotípica de la variante Mengano.....	57
4.3.1 Árbol.....	57
4.3.2 Hoja.....	58
4.3.3 Inflorescencia.....	61
4.3.4 Fruto.....	64
4.3.5 Semilla.....	67
4.4 Diferencias fenotípicas entre los genotipos de aguacate evaluados.....	70
4.4.1 Hojas.....	70
4.4.2 Inflorescencia.....	72
4.4.3 Fruto.....	74
4.4.3.1 Contenido de aceite del fruto.....	78
4.4.4 Semilla.....	79
V. CONCLUSIONES.....	81
VI. LITERATURA CITADA.....	82
VII. APÉNDICE.....	87

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Comparación de medias (Tukey 0.05 %) para tres caracteres evaluados en hojas de tres genotipos de aguacate.....	72
2	Comparación de medias (Tukey 0.05 %) para ocho caracteres evaluados en inflorescencias de tres genotipos de aguacate.....	74
3	Comparación de medias (Tukey 0.05 %) para diez caracteres evaluados en frutos de tres genotipos de aguacate.....	77
4	Comparación de medias (Tukey 0.01 %) para el caracter contenido de aceite en frutos de los tres genotipos de aguacate estudiados.....	78
5	Comparación de medias (Tukey 0.05 %) para seis caracteres evaluados en semillas de tres genotipos de aguacate.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Centros de origen de las tres razas de aguacate (Storey <i>et al.</i> , 1986).....	6
2	Distribución del aguacate después de la conquista en el mundo hasta antes de 1915 (Modificado de Smith <i>et al.</i> , 1992).....	6
3	Municipios de la franja aguacatera de Michoacán.....	8
4	Ubicación del cultivo del aguacate en el municipio de Tacámbaro, Michoacán.....	25
5	Ubicación del cultivo del aguacate en el municipio de Uruapan, Michoacán.....	26
6	Árbol de 'Hass': porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).....	31
7	Ramificación del vástago (A), color café a café claro (B) y lenticelas (C).....	32
8	Caracteres principales de las hojas de 'Hass': longitud y diámetro (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).....	33
9	Histograma de frecuencias para características evaluadas en hojas maduras de aguacate 'Hass': longitud del peciolo de las hojas maduras (A), área de lámina foliar (B) y longitud de lámina foliar (C).....	34
10	Características de la inflorescencia de 'Hass': inflorescencia terminal (A), estilo torcido (B) estambres y nectario (C).....	35
11	Histograma de frecuencias para características evaluadas en inflorescencia de aguacate 'Hass': longitud del eje principal de la inflorescencia (A), número de ramificaciones de la inflorescencia (B), número de flores por inflorescencia (C), longitud del pedicelo (D), longitud del pétalo (E), anchura del pétalo (F), longitud del sépalo (G) y anchura del sépalo (H).....	37

Figura		Página
12	Forma del ápice del fruto (A), forma y tamaño (B), rugosidad del pericarpio (C) y forma del ápice y posición del pedúnculo (D).....	39
13	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate 'Hass': longitud del fruto (A), diámetro del fruto (B), peso del fruto (C), longitud del pedúnculo (D), diámetro del pedicelo (E) y longitud del pedicelo (F).....	40
14	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate 'Hass': diámetro de la base del pedicelo (A), diámetro del ápice del pedicelo (B), grosor de la cáscara (C) y peso seco de la pulpa (D).....	41
15	Forma de la semilla (A), posición del eje embrionario y tamaño de la semilla (B), corte transversal de la semilla (C).....	42
16	Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate 'Hass': longitud de la cavidad de la semilla (A), diámetro de la cavidad de la semilla, (B), longitud de la semilla (C), diámetro de la semilla (D), peso de la semilla (E), porcentaje en peso de semilla relativo al peso del fruto (F).....	43
17	Características de la variante 'Jiménez-2': porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).....	44
18	Patrón de ramificación de vástago (A), color café a café claro (B) y lenticelas (C).....	45
19	Caracteres principales de las hojas de la variante Jiménez-2: longitud y diámetro (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).....	46
20	Histograma de frecuencias para las características evaluadas en hojas maduras de aguacate de la variante Jiménez-2: longitud del peciolo(A), área de lámina foliar (B) y longitud de lámina foliar (C).....	47
21	Características de la inflorescencia en la variante Jiménez-2: posición de la inflorescencia (A), estilo torcido (B) y presencia de nectararios (C).....	48

22	Histograma de frecuencias para las características evaluadas en inflorescencia de aguacate de la variante Jiménez-2: longitud del eje principal de la inflorescencia (A), número de ramificaciones por inflorescencia (B), número de flores por inflorescencia (C), longitud del pedicelo de la flor (D), longitud del pétalo (E) anchura del pétalo (F), longitud del sépalo (G) y anchura del sépalo (H).....	50
23	Forma del ápice del fruto (A), forma y tamaño del fruto (B), forma del ápice y posición del pedúnculo (C) y características del pericarpio (D).....	52
24	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de la variante Jiménez-2: longitud del fruto (A), diámetro del fruto (B), peso del fruto (C), longitud del pedúnculo (D), diámetro del pedúnculo (E) y longitud del pedicelo (F).....	53
25	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variante Jiménez-2: diámetro de la base del pedicelo (A), diámetro del ápice del pedicelo (B), grosor del pericarpio (C), y peso seco de la pulpa (D).....	54
26	Forma de la semilla (A), eje embrionario con posición vertical y tamaño de la semilla (B), forma circular en corte transversal (C).....	55
27	Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate de la variante Jiménez-2: longitud de la cavidad de la semilla (A), diámetro de la cavidad de la semilla (B), longitud de la semilla (C), diámetro de la semilla (D), peso de la semilla (E), y peso (%) de la semilla relativo al peso del fruto (F).....	56
28	Características del árbol de la variante Mengano: porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).....	57
29	Patrón de ramificación del vástago (A), color de vástago joven café a café claro (B) y lenticelas (C).....	58
30	Caracteres principales de las hojas de la variante Mengano: longitud y diámetro (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).....	59

Figura	Página	
31	Histograma de frecuencias para características evaluadas en hojas maduras de aguacate de la variante Mengano: longitud del peciolo (A), área de lámina foliar (B) y longitud de la lámina foliar (C).....	60
32	Variante Mengano: posición de la inflorescencia subterminal (A), características de la flor en estado femenino (B), características de la flor en estado masculino (C).....	61
33	Histograma de frecuencias para características evaluadas en flor de aguacate de la variante Mengano: longitud del eje principal de la inflorescencia (A), número de ramificaciones de la inflorescencia (B), número de flores del eje principal (C), longitud del pedicelo (D), y del pétalo (E) y anchura del pétalo (F).....	63
34	Histograma de frecuencias para características evaluadas en flor de la variante Mengano: longitud del sépalo (A) y anchura del sépalo (B).....	64
35	Forma del ápice del fruto (A), forma y tamaño del fruto (B), forma del ápice y posición del pedúnculo (C) y rugosidad de la cáscara (D).....	65
36	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de la variante Mengano: longitud del fruto (A), (B) diámetro del fruto (B), peso del fruto (C), y (D) longitud del pedúnculo del fruto (D), diámetro del pedúnculo (E) y longitud del pedicelo (F).....	66
37	Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variante Mengano: diámetro de la base del pedicelo (A), diámetro del ápice del pedicelo (B), grosor de la cáscara (C), peso seco de la pulpa (D).....	67
38	Forma de la semilla (A), eje embrionario con posición vertical y tamaño de la semilla (B), forma circular en corte transversal (C).....	68
39	Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate de la variante Mengano: longitud de la cavidad de la semilla (A), diámetro de la cavidad de la semilla (B), longitud de la semilla (C), diámetro de la semilla (D), peso de la semilla (E), porcentaje de la semilla relativo al peso del fruto (F).....	69

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro		Página
1A	Longitud del peciolo.....	88
2A	Área de lámina foliar.....	88
3A	Longitud de lámina foliar.....	88
4A	Número de flores en eje principal.....	88
5A	Longitud del eje principal de la inflorescencia.....	88
6A	Número de ramificaciones de la inflorescencia.....	88
7A	Longitud del pedicelo de la flor.....	89
8A	Longitud del pétalo de la flor.....	89
9A	Anchura del pétalo de la flor.....	89
10A	Longitud del sépalo de la flor.....	89
11A	Anchura del sépalo de la flor.....	89
12A	Longitud del fruto.....	89
13A	Diámetro del fruto.....	90
14A	Peso del fruto.....	90
15A	Longitud del pedúnculo.....	90
16A	Diámetro del pedúnculo.....	90
17A	Longitud del pedicelo del pedúnculo.....	90
18A	Diámetro de la base del pedicelo del pedúnculo.....	90
19A	Diámetro del ápice del pedicelo del pedúnculo.....	91
20A	Grosor del pericarpio del fruto.....	91
21A	Peso seco de la pulpa del fruto.....	91
22A	Longitud de la cavidad de la semilla.....	91
23A	Diámetro de la cavidad de la semilla.....	91
24A	Longitud de la semilla.....	91

Cuadro		Página
25A	Diámetro de la semilla.....	92
26A	Peso de la semilla.....	92
27A	Porcentaje de la semilla en peso con relación al fruto.....	92
28A	Protocolo para extracción de aceite.....	92
29A	Formato para el registro de la información de campo.....	93

RESUMEN

El presente estudio se planteó con el objetivo de localizar y caracterizar morfológicamente variantes de aguacate 'Hass' que puedan ser utilizadas como variedades comerciales en la franja aguacatera del estado de Michoacán. Se hizo la caracterización morfológica de aguacate 'Hass', de procedencia original, y dos genotipos considerados como variantes de ésta (Jiménez-2 y Mengano) con base en los descriptores para aguacate elaborados por la "International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV)". De cada genotipo se seleccionaron diez árboles, de los cuales se evaluaron caracteres morfológicos de hojas, inflorescencias, frutos y semillas así como contenido de aceite. Se encontraron diferencias altamente significativas entre genotipos, siendo la variante Jiménez-2 el que más semejanzas presentó con 'Hass' en cuanto a forma de hoja (ovada), posición de la inflorescencia (terminal); tamaño (139-441 g), forma (elipsoide a obovada) y contenido de aceite (22.6%) de los frutos; tamaño (20 -28 g) y forma (elipsoide a oblonga) de la semilla. La variante Mengano presentó hojas lanceoladas, inflorescencias subterminales, frutos de forma obovoide a piriforme de tamaño grande (400 -780 g) y contenido de aceite de 11.86 %. De acuerdo a los resultados obtenidos, la variante Jiménez-2 se puede explotar comercialmente de la misma manera que 'Hass', mientras que la variante Mengano por su bajo contenido de aceite, alta productividad y gran tamaño(hasta 780 g) del fruto se puede explotar para la industria.

ABSTRACT

The present study was undertaken in order to find and to characterize genetic variants of the Hass cultivar of avocado that might be useful as commercial varieties in the avocado growing area of Michoacan, Mexico. Avocado trees sourced from the original 'Hass' and two genotypes (Jimenez-2 and Mengano) believed to be genetic variants of the latter were morphologically characterized; this description was in accordance with terminology used by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). Ten trees of each genotype were sampled. Morphologic traits of leaves, inflorescences, fruit, and seed were evaluated; fruit oil content was also determined. Highly significant differences were observed among genotypes, with Jimenez-2 having more similarities with 'Hass' than did Mengano with regards to leaf shape (ovate); position of inflorescence (terminal); fruit size (139-141 g), shape (ellipsoid to obovate), and oil content (22.6 %); seed size (20-28 g) and shape (ellipsoid to oblong). The Mengano variant showed lanceolate leaves and subterminal inflorescences; fruit shape was obovoid to piriform, fruit size was big (400-780 g); average oil content was 11.86 %. According to these findings, the Jimenez-2 variant might be commercially grown as an alternative to the Hass variety. On the other hand, the Mengano variant, due to its low oil content, high fruit size (up to 780 g) and productivity might be useful for the processing industry.

I. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es originario de México y Centroamérica. En la actualidad se cultiva comercialmente en más de 50 países, y su producción es en promedio de dos millones de toneladas anuales. México se encuentra entre los cinco principales países productores y participa con 36 % de la producción mundial total (casi un millón de toneladas), Estados Unidos con 8.8 % (185 mil t), República Dominicana con 7.1 % (150 mil t), Brasil con 5.3 % (112 mil t), e Israel con 2.3 % (48 mil t), (Téliz y Marroquín, 2007). A nivel nacional este producto destaca dentro de los cultivos perennes y principales cultivos frutícolas; en el ciclo 1998/99, ocupó el cuarto lugar en superficie cosechada, el quinto lugar en producción y el lugar número doce en rendimiento por hectárea. El consumo nacional *per cápita* de aguacate es el más alto del mundo (entre 8 y 9 kg año⁻¹), lo que hace que más del 90 % de su producción se consuma en el mercado nacional (APROAM, 2006).

En México, la producción de aguacate se registra en 28 estados de la República, lo que indica su arraigo en el país; pese a ello, 94 % de la superficie cosechada y 97 % de la producción se concentran en 10 Estados, entre los que se ubican por orden de importancia: Michoacán, Nayarit, Morelos, Puebla, México, Sinaloa, Jalisco, Yucatán, Veracruz y Oaxaca (ASEEAM, 1998).

La región productora más grande del mundo se ubica en el estado de Michoacán, en donde sólo se cultiva 'Hass', que fue obtenida por casualidad en los E.U.A. hace más de 50 años. El cultivo continuo de este cultivar ha inducido un crecimiento acelerado de poblaciones de hongos, bacterias e insectos que parasitan a los árboles y que obliga al empleo de pesticidas en grandes cantidades (Barrientos-Priego, 2006).

Además, la demanda por parte de los consumidores de frutas de mejor calidad y de mayor valor nutricional, así como proteger al medio ambiente, esta obligando a los fitomejoradores de todo el mundo a buscar nuevas variedades tolerantes a plagas y enfermedades y a generar tecnologías de producción que cumplan con esos requerimientos.

La base del mejoramiento de las especies vegetales, es una amplia diversidad genética que

permita a los fitomejoradores conjuntar en una variedad la mayor cantidad de características deseables desde el punto de vista del productor y de los consumidores.

En el estado de Michoacán en la región productora de aguacate se ha detectado la presencia de algunas variantes de aguacate 'Hass', pero es necesario caracterizar esos recursos genéticos para evaluar su potencial como variedades cultivadas que tengan ventajas sobre Hass. Por lo anterior, se planteó el presente trabajo de investigación de acuerdo con la siguiente hipótesis y objetivos:

Hipótesis

En la región productora de aguacate del estado de Michoacán se han desarrollado de manera espontánea variantes de aguacate 'Hass' que podrían presentar mejores características que la variedad original, y que pudieran ser utilizadas como variedades alternativas para su explotación comercial.

Objetivo General

Caracterizar morfológicamente a genotipos variantes de aguacate 'Hass' original que tengan posibilidades de ser explotados a nivel comercial en la franja aguacatera de Michoacán.

Objetivos específicos

Localizar variantes de aguacate 'Hass' en las diferentes áreas agroclimáticas productoras del estado de Michoacán.

Caracterizar morfológicamente *in situ* las variantes de aguacate 'Hass' en las diferentes áreas agroclimáticas productoras del estado de Michoacán.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo del aguacate

2.1.1 Historia

Según el diccionario de aztequismos, *ahuacatl* significa aguacate (testículo) o árbol del aguacate (de los testículos). El postfijo *-atl* significa "lugar", y se representa por los dientes en el tronco de una figura en el Códice Mendocino (Storey *et al.*, 1986; Barrientos-Priego, 2006); este manuscrito mexica fue preparado con el respaldo de Don Antonio de Mendoza, primer virrey de Nueva España, poco después de la invasión española, para ser enviado al emperador Carlos V. El Códice fue escrito en 1547 por el tlacuilo Francisco Gualpuyogualcal. Por lo tanto, Ahuacatla o Ahuacatlán se traduce como "lugar del árbol del aguacate" (o lugar donde crecen los árboles de aguacate); este nombre, aún lo conservan pueblos en el México antiguo; Ahuacatlán en el estado de Nayarit, Ahuacatlán en el estado de Puebla y Aguacatán en el Norte de Guatemala (Téliz y Mora, 2007).

Arqueólogos en Perú encontraron semillas de aguacate doméstico enterradas con momias Incas que datan hasta 750 años a.C. y hay evidencias de que los aguacates fueron cultivados en México desde 500 años a.C. Los conquistadores españoles llevaron el aguacate a su país en el año de 1600 de donde posteriormente fue distribuido a otras regiones del mundo. Los nombres originales de esta fruta eran difíciles de pronunciar por lo cual fue cambiado con base en el idioma propio de cada lugar donde fue acogido, denominándolo los españoles "aguacate" (Ochse, *et al.*, 1961)

2.1.2 Importancia alimenticia

La evidencia más antigua del consumo de aguacate fue encontrada en una cueva de Coxcatlán en la región de Tehuacán, Puebla, México que datan de los años 7,000 a 8,000 a.C. (Smith, 1966). El aguacate ha sido un alimento básico en la dieta de los nativos de América Central y en regiones cercanas desde los tiempos precolombinos (Wilkins, 1965). Actualmente, México es el país con mayor consumo *per cápita* en el mundo, casi 9 kg año⁻¹, lo cual demanda una gran comercialización interna para sus más de 100 millones de habitantes. En el mercado

internacional el consumo de este fruto ha crecido sostenidamente, dejando de ser una fruta exótica para incorporarse en la dieta de muchos países, tendencia que se ha reforzado por el creciente interés por los productos naturales (Téliz y Mora, 2007). El consumo de aguacate es de muy variadas formas: desde ensaladas, sopas, guisos, postres hasta licuados y bebidas para lo cual existen recetas en varios países (www.avocado.org/). La ingestión del fruto es benéfica porque elimina el colesterol dañino al organismo y reduce el riesgo de desarrollar arteroesclerosis y enfermedades cardiovasculares; además, previene cáncer de colon, mama y próstata, disminuye el riesgo de trastornos oculares y cataratas por su gran contenido de luteína. El aguacate es una fuente natural y rica de ácido fólico el cual ayuda al organismo a producir uno de los aminoácidos antioxidantes más importantes conocido como glutatión, ambos importantes para la desintoxicación del hígado (Requejo *et al.*, 2003).

El fruto, las hojas y la semilla se utilizan en la medicina natural para eliminar parásitos, contra la disentería y algunos desarreglos digestivos, sus hojas se emplean como expectorante (Téliz y Mora, 2007).

2.1.3 Importancia económica y social

A nivel internacional, la explotación comercial del aguacate se ha intensificado ya que en los últimos 45 años se plantaron cerca de 340,000 ha con aguacate, para pasar de 76,670 ha en 1961 a 416,287 ha en 2005. La producción mundial se incrementó en 550,000 t en los últimos 15 años. El 54 % de la superficie aguacatera a nivel mundial se encuentra en México, Indonesia, E. U. A. y Chile. El 25 % corresponde a México con una producción durante el año 2005 de 1'040,390 t en una superficie de 102, 467 ha, los principales estados productores son Michoacán, Puebla, Morelos, Nayarit, México y Guerrero; destacando Michoacán por la gran superficie cosechada de aguacate más de 90,000 ha y una producción estimada de 820,224 t (Guillén-Andrade *et al.*, 2007). La importancia se deriva del beneficio que derrama entre productores, comercializadores, industrializadores y consumidores. En México, el cultivo y comercialización del aguacate genera 47,000 empleos directos, 70,000 empleos estacionales, equivalentes a 10.5 millones de jornales anuales y 187,000 empleos indirectos permanentes (Téliz y Mora, 2007).

El valor del cultivo por unidad de área hace del aguacate una opción comercial enfocada a los mercados nacionales e internacionales. Actualmente, México exporta aguacate a toda la Unión Americana, Canadá, Japón y varios países europeos (Bancomex, 1998)

2.1.4 Origen y dispersión del aguacate

El origen del aguacate, tuvo lugar en las partes altas del centro y este de México, y en las partes altas de Guatemala (Williams, 1977) en lo que se conoce como Mesoamérica (Figura 1), donde se llevó a cabo también su domesticación. La raza Antillana probablemente se originó en el sur de México (Yucatán) y en Centroamérica (El Salvador, Nicaragua) (Storey *et al.*, 1986; Ben-Ya'acov *et al.*, 1995). Las culturas antiguas contaban con gran conocimiento acerca del aguacate, como se muestra en el Códice Florentino, donde se indican tres tipos de aguacate, que de acuerdo a su descripción podría tratarse de *Persea americana*, variedad *drymifolia* (raza mexicana), "tlacacolaocatl" a *Persea americana* variedad americana (raza antillana) y "quilaocatl" a *Persea americana* variedad *Guatemalensis* (raza guatemalteca). Actualmente desde Estados Unidos a Panamá se conoce como aguacate o aguacate; sin embargo, el término se ha corrompido, en Perú es conocido como *palto* al árbol y *palta* a la fruta; en el idioma inglés se denomina *avocado*, en francés *avocatier*, en holandés *avocaat*, en Trinidad y Tobago *zaboca*, y en Jamaica *avocado*, *avocato*, *avacato*, *avigato* y *albecata* (Storey *et al.*, 1986).

2.1.4.1 Dispersión mundial

El aguacate se distribuyó al mundo después de la conquista, primero a España en 1600, luego a Chile en 1850 a Sudáfrica en 1904 y a Israel en 1931 (Figura 2) (Barrientos y López, 2006). En la actualidad, este cultivo ha sentado sus raíces en los cinco continentes de nuestro planeta. Las especies de *Persea* se distribuyen desde el norte de México al sureste de Estados Unidos de Norteamérica, Las Antillas, Sur de América Central, Colombia, Venezuela, Guayanas, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Storey *et al.*, 1986).



Figura 1. Centro de origen de las tres razas de aguacate (Storey *et al.*, 1986).



Figura 2. Distribución del aguacate después de la conquista en el mundo hasta antes de 1915 (Modificado de Smith *et al.*, 1992).

2.1.4.2 Domesticación y dispersión en México

Los primeros huertos comerciales de aguacate fueron establecidos en California, a comienzos del siglo XX (Whiley *et al.*, 2002). Desde finales del siglo XIX, aunque de forma muy incipiente, comenzó la comercialización regional del aguacate en Michoacán, con dos variedades de uso común: aguacate grande y aguacate chico. Estas se cultivaron en las subregiones de la tierra templada y la tierra caliente (Hernández, 2001).

En 1940 el Ing. Salvador Sánchez Colín introduce la variedad Hass a México proveniente de USA, con la ayuda del Sr. Carl S. Crawford de California. La introducción de planta injertada a Michoacán tuvo lugar en 1953 por el Sr. Antonio Martínez Camacho. Hasta antes de 1963, el aguacate que predominaba en Michoacán era el "criollo" pero a partir de ese año, fue desplazado por algunas variedades mejoradas, entre las que sobresalieron las variedades Fuerte y Hass. En 1957 se estableció la primera huerta comercial en la localidad de Caracha, en donde se incluyeron las dos variedades antes descritas. Sin embargo, la primera huerta comercial exitosa que se estableció fue la llamada "Tanaxhuri", con la variedad Fuerte y algunas selecciones de Hass y Rincón. De las tres variedades sobresalió la variedad Hass, por su excelente productividad y resistencia a plagas (Gallardo *et al.*, 1987). Actualmente esta variedad es la que se sigue explotando exitosamente a nivel comercial (Guillén-Andrade *et al.*, 2007).

En el estado de Michoacán el cultivo del aguacate se encuentra establecido en una "franja" que abarca 30 municipios, los que varían en superficie plantada con este cultivo, desde menos de 100 ha, hasta más de 23,000 ha como es el caso del municipio de Tancitaro (Guillén-Andrade *et al.*, 2007). La "franja aguacatera" del estado de Michoacán se encuentra localizada en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal entre los paralelos 18° 45' y 20° 6' Latitud Norte y los meridianos 101° 47' y 103° 13' de Longitud Oeste. En esta región aguacatera, sobresalen por su producción 22 municipios (Figura 3), que cubren una superficie 1,229.60 Km²; del total, en 94,045.28 ha se encuentra establecido el cultivo del aguacate (Guillén-Andrade *et al.*, 2007). Los principales municipios que conforman la "franja aguacatera" son: Tancitaro, Uruapan, Ario, Tacámbaro, Peribán, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante, Los Reyes, Tingüindín, Ziracuaretiro, Tingambato, Cotija, Acuitzio,

nubigena (aguacate de monte), *Persea steyermarkii* (aguacate de montaña), *Persea schiedeana* (chinini, chinene, chenene yas hib), *Persea floccosa* (aguacate cimarrón) (Kopp, 1966).

Por otra parte en este subgénero Williams (1977) incluyó a *Persea parvifolia* (aguacatillo de Veracruz, México) y *Persea primatogena* (guaslipe de Nicaragua), este último reclasificado como de otro género diferente al del aguacate llamado *Beilschmedia*. También a este subgénero fueron incorporados *Persea tolimanensis* (aguacate de mico) y *Persea zentmyerii* de Guatemala (Schieber y Zentmyer, 1987). Por otra parte se ha encontrado en la región de Motozintla, Chiapas, lo que podría tratarse de una nueva especie más cercana a la raza Guatemalteca que *Persea nubigena* y *Persea steyermarkii* (Barrientos *et al.*, 1992), además de otros tipos como los de la región de Monte Verde, Costa Rica, que al parecer son del subgénero *Persea* (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995). Todas estas especies se encuentran localizadas en Mesoamérica, principalmente en México y Guatemala.

2.3 Descripción botánica

2.3.1 Árbol

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una planta leñosa de tronco recto y erguido que puede alcanzar una altura hasta de 30 m. Cuando el árbol es joven, las ramificaciones nuevas, son de color verde claro, ligeramente pubescentes (Scora *et al.*, 2007); cuando la planta alcanza su madurez, el color del tronco y sus ramificaciones se toman café grisáceo. El árbol adulto es corpulento, de porte erguido, su tronco y ramificaciones presentan un aspecto vigoroso. El tronco del árbol y las ramificaciones del aguacate presentan un crecimiento con elongación longitudinal y radial al mismo tiempo; las ramificaciones se insertan en el tronco primario en líneas oblicuas que forman ángulos de 60 a 70 grados lo que les da una gran fuerza mecánica en los puntos de inserción. Las ramas, al igual que el tronco, son gruesas y de aspecto sólido, pero bajo la corteza rugosa se encuentra una madera constituida por un tejido esponjoso, rojizo y de escasa consistencia; además, las ramas, por su parte media, a pesar de su grosor y de su inserción oblicua, tienden a encorvarse hacia el suelo; su altura media, tomada del suelo a la copa es, normalmente, de 8 a 12 metros, aunque no es raro encontrar aguacates, en particular los criollos, de mayor altura. La copa, según la variedad cultivada, adopta naturalmente una

forma ovoide o globular, determinada por una zona foliácea muy desarrollada, siempre verde y perenne (Solares, 1981).

2.3.2 Raíz

El sistema radical es superficial dependiendo de la variedad; puede alcanzar una profundidad de 1 a 1.5 m, aunque en suelos francos es mayor. Se caracteriza por tener muy poco o nada de pelos radicales, por lo que la absorción de agua y nutrientes se realiza principalmente en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios (Rodríguez, 1992).

2.3.3 Hojas

Las hojas son numerosas y están presentes en todas las ramificaciones secundarias del árbol y forman un follaje compacto y umbroso; son simples, alternas (Solares, 1981), coriáceas angostas o elípticas a obovadas con una lámina foliar de 10 a 30 cm de largo por 3 a 19 cm de ancho, ápice acuminado, bases agudas a obtusas o redondeadas, tanto el haz como el envés presentan una pubescencia de escasa a moderada color marrón, con 6 a 9 pares de venas secundarias conspicuas en el haz formando un ángulo de 40 a 60° respecto de la vena principal, peciolo de 1 a 6 cm de longitud delgados y acanalados (Scora *et al.*, 2007). La inserción en el tallo es peciolada y no muestran estipulas; el haz presenta un color verde oscuro brillante, mientras el envés tiene un color verde claro desprovisto de brillo. Las hojas son persistentes, pero como la especie tiende a la renovación constante de la copa, cuando las hojas se secan naturalmente el desecamiento se presenta primero en los bordes, que toman un color café amarillento, y poco a poco se va extendiendo hacia el centro, a la vez que el color se vuelve café canela uniforme; terminado el desecamiento, la hoja permanece adherida a la rama por un tiempo y después se desprende con todo y peciolo (Solares, 1981; Sánchez *et al.*, 2001).

2.3.4 Inflorescencia

Las flores del género *Persea* son actinomorfas y hermafroditas; pero como la madurez sexual no es simultánea en ambos aparatos, se consideran dicógamas, lo que significa que el polen de la flor no puede fecundar al ovario de la misma, siendo necesaria la polinización cruzada

(Solares, 1981), poseen nueve estambres fértiles y el ovario es sésil con estilo alargado y estigma decapitado, además, tiene tres estaminodios adyacentes al gineceo (Salazar, 2007); los pétalos y sépalos miden de 3 a 6 mm de longitud y ancho de 2 a 3 mm, color verde-amarillo densamente pubescentes en ambas superficies, el gineceo es moderado a densamente pubescente (Scora *et al.*, 2007; Bergh 1986). Las flores contribuyen aproximadamente con 8 % de la materia seca anual (Salazar-García, 2007).

Las flores se agrupan en una inflorescencia compuesta llamada panícula, que puede ser axilar o terminal (Schroeder, 1944; Salazar-García y Lovatt, 1998; Bergh, 1986) y subterminal (Scora *et al.*, 2007) donde alguno o la mayoría de los pedúnculos se ramifican los cuales son densamente pubescentes, y forman un racimo de racimos. El desarrollo de la inflorescencia ocurre en ramas de madera de un año de edad y también en brotes del mismo año; las yemas florales generalmente son mixtas y contienen primordios florales latentes y un ápice vegetativo terminal, estas yemas florales se denominan indeterminadas. Ocasionalmente, se han encontrado tipos de brote que terminan en una yema floral, que no permite continuar con el crecimiento, este tipo de inflorescencia son denominadas determinadas (Schroeder, 1944; Salazar-García y Lovatt, 1998).

Un árbol produce alrededor de un millón de flores, pero sólo necesita que se polinicen cinco mil para una producción comercial de 50 kg árbol⁻¹; esto equivale a un 0.02 % del número total de flores (Tomer y Gazit, 1979; Bergh, 1986). Existe gran diferencia entre las tres razas ecológicas en cuanto a su capacidad para florecer normalmente en climas templados y calurosos. La raza antillana producen una floración normal en zonas tropicales, al contrario de la raza guatemalteca y los híbridos de guatemaltecos x mexicanos. Bajo condiciones de clima templado, los aguacates antillanos pueden no florecer ni cuajar frutos, a diferencia de los guatemaltecos y los híbridos de guatemaltecos x mexicanos producen abundante floración (Sedgley *et al.*, 1985).

Las variedades del aguacatero se clasifican en dos grupos, A y B, de acuerdo al comportamiento de las flores en relación al tiempo en que éstas presentan la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma. Las variedades tipo A, abren sus flores al estado femenino por la mañana, es decir, con su estigma receptivo y las anteras sin producir polen; el

pistilo se encuentra erecto y sobresaliente, mientras que el estigma o superficie receptiva del polen está brillante, blanco y receptivo en apariencia; los estambres se encuentran acostados y cerrados, la polinización puede realizarse con polen de cultivares tipo B, que emiten su polen durante el mismo periodo de la mañana. La flor se cierra al mediodía, para abrirse de nuevo al día siguiente por la tarde, actuando como masculina, ya que el estigma no es receptivo, encontrándose generalmente muerto, de color negro y los estambres se encuentran erguidos, con las tecas de las anteras abiertas para liberar el polen, al final de la tarde se vuelve a cerrar la flor (Bergh y Lahav, 1996).

Las variedades tipo B abren las flores al estado femenino por primera vez después del mediodía, o en la tarde, funcionando exclusivamente como hembra, siendo su estigma receptivo, pero las anteras no producen polen, la polinización sólo es posible con variedades tipo A, que actúan como machos en similar periodo, la flor se cierra al final de la tarde para abrirse de nuevo al día siguiente por la mañana al estado masculino, ya que las anteras producen polen; la flor vuelve a cerrarse al mediodía (Rodríguez, 1992).

2.3.5 Fruto

El fruto es una baya de forma y tamaño variable (piriforme, esférico u ovalado), rodeada de una pulpa (mesocarpio) color crema, con alto contenido de aceite, el cual varía entre 3 y el 30 % considerando como el mejor contenido de 20 a 25 % base húmeda (Saavedra y López, 1994) para ideotipos de aguacate. La cáscara del fruto (pericarpio) varía en textura y grosor puede ser lisa o rugosa, el color del fruto maduro puede ser verde, negro o rojizo, dependiendo de la variedad, de forma variable desde esféricas a piriformes, y peso variable, maduran generalmente hasta que son recolectados o caen al suelo (Rodríguez, 1992).

2.3.6 Semilla

El centro del fruto encierra sólo una semilla, formada por dos cotiledones unidos longitudinal y simétricamente, los cuales están envueltos por dos delgadas membranas que las unen plenamente cuando el fruto está maduro. Son monoembriónicas, aunque por la división de los cotiledones pueden obtenerse varias plantas (Solares, 1981); la semilla es de forma ovada de

tamaño variable y superficie áspera (Scora *et al.*, 2007), de color crema amarillo (Solares, 1981).

2.4 Diversidad genética

Como sucede con todos los organismos vivos que se desarrollan en condiciones naturales, la población de individuos que conforman una especie vegetal está bajo una continua interacción dinámica de adaptación con los factores bióticos y los abióticos en los que crece. El resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética que a manera de variantes cada especie va guardando entre los miembros de su población, y que se va transmitiendo en las subsiguientes generaciones a través del tiempo. De esta manera, aunque la población de individuos en una especie comparte características comunes y se pueden cruzar entre ellos, también es cierto que en cada uno existen muchas variantes individuales. La suma de todos los individuos con sus respectivas variantes es lo que se conoce como variabilidad genética de una especie, la cual permite a dicha especie adaptarse a los cambios que se pueden presentar en su entorno (Hidalgo, 2003).

2.4.1 Expresión de la variabilidad

La variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en dos grandes clases: (1) la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y (2) la que no se expresa en características visibles y que en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta. En esta última clase los caracteres están siendo identificados mediante técnicas de biología molecular que aún no son rutinarias en los bancos de germoplasma, pero que se espera lo sean en el futuro cercano. Es necesario distinguir entre lo que puede o no ser expresado en forma visual, con el fin de precisar qué porción de la variabilidad total de la especie se puede analizar en la caracterización (Rojas, 1998).

2.4.2 Descriptores morfológicos

Los caracteres que conforman el fenotipo corresponden en su gran mayoría a la descripción morfológica de la planta y su arquitectura, estos caracteres se denominan "descriptores

morfológicos” y se pueden agrupar en botánico-taxonómicos, morfoagronómicos y evaluativos (Hidalgo, 2003).

El concepto de descriptor se utiliza para describir una característica o atributo que se observa en una colecta o accesión, entre ellos podemos considerar: altura de la planta, color de la flor, días de floración, número de semillas, etc. Cada descriptor debe representar por lo menos una característica y debe definirse el estado de desarrollo en el cual se toma el dato (Querol, 1988).

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos. Estos descriptores han sido definidos para un gran número de especies cultivadas. El IPGRI ha compilado y publicado en forma de manual listados de descriptores para más de 100 especies cultivadas (Hidalgo, 2003).

El uso de descriptores está determinado por su utilidad y los diferentes objetivos del mejoramiento así como los diferentes métodos de medición de una característica. Los datos del descriptor son los valores que se obtienen en un caso específico. La variabilidad es el producto de la manifestación de la planta y su interacción con el medio ambiente (Querol, 1988).

2.4.2.1 Botánico-taxonómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de una especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, aunque en las especies cultivadas con frecuencia se pueden encontrar unos pocos que muestran diferentes grados de variabilidad, especialmente en aquellos de interés particular para el hombre como son tipo y forma de la hoja, forma del fruto y la descripción de la flor (Hidalgo, 2003).

2.4.2.2 Morfoagronómicos

Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánico-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar: la forma de las hojas, pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local pero son afectados por cambios ambientales (Hidalgo, 2003).

2.4.2.3 Evaluativos

Esta porción de la variabilidad se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, agua, nutrientes). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo. El estudio de la variabilidad no expresada en características visibles en la planta se concentra en la detección de marcadores genéticos, entre los que se incluyen proteínas, isoenzimas y fragmentos de ADN, esta variabilidad se puede detectar y cuantificar mediante técnicas de biología molecular que todavía están en proceso de refinamiento. El continuo desarrollo de estas técnicas está aportando innumerables herramientas para el entendimiento más profundo de la evolución y la variabilidad genética, su utilización y, finalmente, para el mapeo genético de especies (Hidalgo, 2003).

2.5 Caracterización de especies vegetales

En el proceso de caracterización de una colección, independientemente de su tamaño, se pueden establecer los objetivos principales siguientes: (1) medir la variabilidad genética del grupo en estudio; para lo cual se pueden incluir uno, varios o todos los niveles posibles de variabilidad (fenotípica, evaluativa y molecular), utilizando en todas ellas descriptores previamente definidos, (2) establecer la representatividad de la colección y su relación con la variabilidad de la especie en una región, o con la variabilidad total de la especie, (3) investigar

la estructura genética, o sea, la forma como se compone la colección estudiada en relación con las variantes, o sus combinaciones que forman grupos o poblaciones identificables. Lo anterior está influenciado por factores demográficos *in situ*, tales como tamaño de población, biología reproductiva y migración, (4) identificar los porcentajes de duplicidad de accesiones que puedan existir en una misma colección o en comparación con otras colecciones de la especie, y (5) identificar genes especiales o alelos particulares que pueden ser de carácter individual o en combinaciones únicas y que se pueden expresar en caracteres visibles (morfológicos o de evaluación) en diferentes estados o combinaciones de estados. A estos genes generalmente se les denomina “stocks” genéticos y son utilizados para investigaciones de aplicación práctica inmediata, como es el caso de resistencia a factores bióticos (Crisci y López, 1983).

2.6 Métodos de caracterización morfológica de especies vegetales

La caracterización de especies vegetales propuesta por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), es más completa que la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV); sin embargo, aquella requiere de un equipo interdisciplinario de investigadores expertos en el área (Sánchez, 1999).

La caracterización morfológica es la clasificación y descripción de caracteres morfológicos externos expresados en los individuos como resultado de la interacción entre genotipo y medio ambiente y es el primer indicador visible para la identificación y diferenciación de genotipos, caracterizar es establecer todos los caracteres posibles de un ser animado o inanimado. La caracterización de vegetales tiene diferente finalidad como: identificación, sistemática, análisis de la diversidad genética, gestión de bancos de germoplasma, definición de nuevas variedades y búsqueda de marcadores de caracteres agronómicos (González y Pita, 2001)

Un carácter es cualquier rasgo o atributo relacionado con la forma, estructura o comportamiento de la planta o sea son entidades abstractas y sus expresiones o estados son los que el botánico cuantifica, coteja, selecciona o elimina (Cano y Marroquín, 1994).

La caracterización es la toma de datos mayormente cualitativos para describir y por ello diferenciar accesiones de una misma especie (Querol, 1988), es la herramienta indispensable en el proceso de selección vegetal, dado que permite determinar y registrar todos los

caracteres que manifiesta un fenotipo y de esta manera describir y seleccionar grupos con características semejantes o contrastantes (Torres, 2000). Se considera que la caracterización involucra todos aquellos caracteres que son altamente heredables, pueden detectarse visualmente y se expresan en todos los ambientes de su área de desarrollo (Krishnamurthy y Sahagún, 1991).

El estudio de los caracteres morfológicos, sigue siendo insustituible a la hora de caracterizar el material vegetal, no en vano las listas de descriptores de los cultivos más importantes con base fundamentalmente en caracteres morfológicos. A grandes rasgos, la caracterización morfológica puede estar basada en caracteres cualitativos o cuantitativos. Es importante utilizar en la caracterización caracteres estables; es decir poco susceptibles de ser afectados por el ambiente (González y Pita, 2001).

Teóricamente el número de datos que se pueden tomar durante la caracterización y la evaluación morfológica es infinito, pero una buena y útil descripción de plantas no está determinada por el número de variables descritas sino por la autoridad práctica de éstas y su precisión; por lo tanto, en la práctica la toma de datos se limita a características de importancia para el mejoramiento o por la utilización de la planta (Querol, 1988).

Los caracteres morfológicos que son relevantes pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos y taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, de mercadeo y consumo. A manera de ejemplos de estos caracteres se puede mencionar la forma de las hojas; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; color, forma y brillo en semillas; tamaño, forma y color de frutos; arquitectura de planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación. En su gran mayoría, estos descriptores tienen aceptable heredabilidad local pero son afectados por cambios ambientales (Hidalgo, 2003).

2.7 Diversidad genética en aguacate

Por ser el aguacate una especie de polinización abierta, contiene una gran variabilidad genética que ha sido producto de la evolución de miles de años de selección natural y de domesticación, dando origen a diversos grupos morfológicos y razas adaptados a distintos ambientes (Bergh *et al.*, 1996). Estos recursos son una fuente única de genes (caracteres) que pueden utilizarse para el mejoramiento genético de variedades, portainjertos e interinjertos (Ben-Ya'acov *et al.*, 1992). México es uno de los países con amplia diversidad de tipos de aguacate, existen en el país al menos 20 diferentes especies relacionadas con el aguacate. Esta gran variación puede ser debida a diferentes condiciones ambientales presentes a lo largo y ancho del territorio nacional (Bergh, 1992). Además, decenas de miles de árboles silvestres provenientes de semilla (francos) existen actualmente bajo condiciones ecológicas muy variadas; también los llamados "solares" o huertos de traspatio son un rico reservorio de germoplasma de aguacate, que albergan una amplia diversidad genética *ex situ* (Ben Ya'acov *et al.*, 1992).

La disponibilidad de recursos genéticos de *Persea* es importante para solucionar varios problemas prácticos y restricciones mayores en la producción de aguacate, tales como sensibilidad a factores climáticos y edáficos, baja productividad, enfermedades, excesivo vigor en las plantas, baja precocidad y madurez (Bergh, 1992). Sin embargo, estos recursos han estado desapareciendo durante las pasadas dos o tres décadas debido a factores como el cambio en el uso del suelo, utilización de la madera, enfermedades del suelo, sequías e incendios; factores que han traído una gran devastación en México (Ben-Ya'acov *et al.*, 1992). Se han establecido programas de mejoramiento genético en países como Estados Unidos de América, Israel, Sudáfrica y México entre otros, con el propósito de generar variedades que contrarresten los problemas antes señalados (Sánchez *et al.*, 1995; Bergh, 1992; Witney y Martin, 1995; Lahav *et al.*, 1995). En dichos programas se han seguido los métodos tradicionales como son evaluación de segregantes, autopolinizaciones, hibridaciones o cruza dirigidas, colectas de germoplasma y a fechas recientes se ha incursionado en el uso de las técnicas nucleares (Sánchez *et al.*, 1987).

El mejoramiento genético en aguacate presenta una problemática muy peculiar, por una parte las características propias de la especie como son la condición altamente heterocigótica y un periodo de juvenilidad amplio, las cuales limitan obtener resultados satisfactorios en pocos años. Aunque los trabajos se han orientado a obtener variedades superiores a las actuales, se puede decir que 'Hass' ejerce un dominio casi total al ocupar alrededor del 90 % de la superficie mundial cultivada con aguacate, porque hasta el momento esta variedad ha mostrado tener las características sobresalientes. Sin embargo, su excesivo crecimiento, así como el reducido tamaño de fruto, han marcado la necesidad de realizar trabajos de investigación al respecto (Sánchez *et al.*, 1995).

En México la variedad 'Hass' abarca el 95 % de la superficie cultivada, esto marca la necesidad de contar con alternativas de calidad y productividad semejantes o superiores a 'Hass', genéticamente diferentes, asegure una mayor estabilidad en las zonas productoras. Dado el contexto anterior, lo que se puede buscar son ligeras modificaciones (alteraciones, variaciones) en aguacate 'Hass', para lo cual los métodos convencionales no han resultado efectivos porque provocan la segregación de caracteres indeseables; sin embargo, se puede recurrir a otros procedimientos de mejoramiento, como es el caso de la mutagénesis radioinducida, la cual ha demostrado su utilidad para modificar algunos parámetros vegetativos de las plantas como son porte, época de producción, etc. (Donini, 1992). Investigaciones sobre la posible utilización de parientes botánicos del aguacate para la obtención de genotipos mejorados, han puesto al descubierto una amplia gama de materiales vegetales que como el aguacate tienen frutos y plantas útiles e interesantes (Schroeder, 1944).

2.8 Variedades de aguacate más importante

Cada variedad de aguacate que se cultiva en gran escala en el mundo se originó de una semilla fortuita; nada de importancia se ha derivado de programas de mejoramiento, varios cientos de árboles seleccionados en California han sido nombrados, y tres ('Hass', 'Bacon' y 'Zutano'), son actualmente recomendados para su establecimiento comercial, el padre de las semillas de estos frutales se desconoce (Ruehle, 1972).

Los árboles de aguacate se adaptan de acuerdo a su ascendencia de las distintas razas ecológicas en el subtropical dominan los cultivares con genes de raza Mexicana y Guatemalteca, mientras en los tropicales dominan los cultivares con combinaciones entre la raza Antillana y Guatemalteca (Barrientos *et al.*, 2007).

A continuación se describe de forma breve algunos de los cultivares más importantes: 'Hass' es el principal cultivar comercial en el mundo, se originó en la Habra, Heights, California, por Rudolph G. Hass, de una semilla establecida a principios de 1920 y se patentó en 1935. No se conocen sus progenitores, aunque se cree que proviene del antiguo cultivar Lyon que produce frutos de 170 a 350 g, 'Hass' cuenta con un 10 a 15 % de genes de la raza Mexicana y el resto de la raza Guatemalteca (Bergh y Ellstrand, 1986). Los genes de la raza Mexicana le dan una mejor adaptación a climas más templados, por lo que les confiere la característica de ubicarse en una gran amplitud de altitudes; en Michoacán 'Hass' se ubica desde 1,500 hasta 2,500 metros sobre el nivel del mar, esta gran variación permite cosechar fruta casi todo el año con este cultivar (Gallegos, 1983).

'Hass' los árboles son de arquitectura redondeada (Scora *et al.*, 2007) de forma abierta (Barrientos- Priego *et al.*, 2000), su producción es buena y la fruta se puede mantener en el árbol hasta cinco meses (Lahav y Lavi, 2007) después de su madurez fisiológica, dependiendo del clima en que se encuentre. Presenta tipo floral A, el cual tiene su primera apertura como hembra en la mañana y su segunda apertura como macho por la tarde del siguiente día, al contrario del tipo B, que tiene su primera apertura como hembra por la tarde y su segunda apertura como macho por la mañana (Bergh y Ellstrand, 1986); la época típica de floración se extiende por cerca de dos meses, no obstante en climas cálidos este periodo es más corto y en climas templados es mucho más largo (Bergh y Lahav, 1996). En el caso de Michoacán el aguacate 'Hass' presenta varios flujos de floración durante un periodo de 6 a 7 meses; la primera floración (loca), se produce generalmente en septiembre, principalmente en árboles jóvenes y aquellos con poca carga; la floración normal ocurre a partir de octubre-noviembre y se extiende hasta febrero; en marzo puede ocurrir otra floración más tardía o marceña (Scora *et al.*, 2007). La forma del fruto es achatada y piriforme, alargados, cáscara coriácea de color negro (lo cual era menospreciado), de semilla pequeña y adherida a la cavidad (Bergh y

Whitsell, 1974), siendo ahora caracteres considerados deseables dentro de los ideotipos de aguacate (Saavedra y López, 1994); la pulpa del fruto es cremosa de sabor excelente, sin fibra, contenido de aceite 23.7 %, pericarpio algo coriáceo, rugoso y color púrpura oscuro al madurar.

'Fuerte' se originó en Atlixco, Puebla y se colectó en 1911 por Carl Schmidt en el patio del Sr. Alejandro LeBlanc (Noriega, 1948). Se liberó en 1912, se supone híbrido entre la raza Mexicana y Guatemalteca. Esta variedad fue el estándar por varias décadas hasta que en los años 60s se dio paulatinamente el cambio de 'Fuerte' a 'Hass'. El fruto es de 227 a 397 gramos, piriforme de cáscara verde y grosor mediano, casi lisa; la pulpa es de buen sabor, de color amarillo verde pálido, con un contenido de aceite 18 %. El árbol es de copa ligeramente abierta, presenta alternancia en la producción, lo cual es uno de los grandes inconvenientes de esta variedad; su tipo floral es B, esta variedad puede tener amarre de frutos llamados "pepinillos" o "dedos" y son producto de aborto de embrión estenospermiocarpia (frecuentemente confundida con partenocarpia) causada probablemente por bajas temperatura durante el desarrollo del embrión (Blumenfeld y Gazit., 1974).

'Colin V-33'. Se originó en Ixtapan de la Sal, México y se registró en 1980 por Salvador Sánchez Colin. Se seleccionó entre una población segregante de polinización libre de 'Fuerte' sembrada en 1957, fue designado como el árbol 33 dentro del lote y ya en la libreta de campo se le designó con la "V" debido a su fruta verde. Su fruto es de 350 gramos, forma piriforme, cáscara verde oscuro, de grosor mediano, ligeramente rugosa, muy buen sabor superior a 'Fuerte', pulpa de color verde amarillo pálido; alto contenido de aceite, semilla pequeña, adherida en la cavidad. A los 16 años, el árbol alcanza 2 m de altura, por lo que se considera como enano; como injerto intermedio es enanizante y su progenie ha producido portainjertos enanizantes; producción alternante, su tipo floral es B, (Sánchez, 1987).

'Reed'. Originario de Carlsbad, California, E.U.A., proviene de una cruce natural de 'Nabal' x 'Anaheim' cuya semilla fue establecida por James S. Reed en 1948. La patente de este cultivar expiró en 1977. El fruto es redondo, de 226 a 283 g, cáscara gruesa y color verde de buen sabor, contenido de aceite de 18 a 20 %, la fruta puede permanecer en el árbol buen

tiempo después de su madurez fisiológica; con una aceptable vida de anaquel (Barrientos *et al.*, 2007).

'Edranol negro'. Selección bastante atractiva, con excelentes características originada en Quillota, Chile. Su origen se desconoce y es alternante en su producción (Barrientos *et al.*, 2007).

2.8.1 Variedades y selecciones provenientes de 'Hass'

Dentro de los programas de mejoramiento genético de aguacate se están liberando nuevas variedades que cada vez más se asemejan a 'Hass' (Téliz y Marroquín, 2007); entre éstos materiales se encuentran los siguientes:

'Pinkerton'. Originada en Saticoy, Ventura, California, E.U.A por John Pinkerton y patentado en 1975, probablemente cruza entre 'Hass y 'Rincon'. Fruto de 300g piriforme color verde oscuro, cáscara grosor medio a grueso, rugosa; semilla muy pequeña y pegada a la cavidad; pulpa color crema y de buen sabor, árbol de tamaño medio muy productivo de producción temprana, tipo floral A (Barrientos *et al.*, 2007).

'Whitsell'. Originada en la Universidad de California Riverside, por el Dr. Bob O. Bergh, liberada en 1982. Proviene de 'Hass', contiene genes de la raza Mexicana. El fruto es de 200 a 453 g, de la forma de 'Hass', color verde oscuro, pericarpio grueso, rugoso; semilla muy pequeña y pegada a la cavidad; de sabor agradable y ligeramente sabor a anís; árbol productivo alternante y semienano de tipo floral B (Bergh, 1984).

'Gwen'. Variante originada en la Universidad de California Riverside, por el Dr. Bob O. Bergh, liberada en 1982. Proviene de 'Hass', su fruto es de 198 a 453 g, de forma ovoides, color verde, cáscara gruesa rugosa; semilla de mediana a pequeña y pegada a la cavidad y de muy buen sabor de la pulpa superior a 'Hass', árbol muy productivo casi el doble de 'Hass', tipo floral A (Bergh, 1996).

'Lamb Hass'. En la actualidad, ésta es la variedad más prometedora, por lo que en California, E.U.A. ya ha comenzado a cultivarse comercialmente; su origen fue el programa de

mejoramiento genético de la Universidad de California, Riverside, el cual era dirigido por el Dr. Bob O. Bergh. Esta variedad en sus inicios fue nombrado BL122 y proviene de 'Gwen' que a su vez es descendiente de 'Hass', frutos de 280 a 510 gramos, de forma obovada, color negro; cáscara de grosor medio, rugosa-granulosa; semilla mediana; fruto muy llamativo, de buen sabor, produce el 50 % más que 'Hass'; árbol erecto y precoz en su producción, el fruto puede durar después de madurez fisiológica lo mismo que 'Hass' en el árbol, se cosecha después que 'Hass' y el follaje es resistente al ácaro *Persea* (Bergh, 1982).

'Guillermo II'. Esta selección se encuentra en el rancho "ACW" en Fallbrook California E.U.A., aparentemente proviene de 'Zutano' y se piensa que el padre fue 'Hass' o 'Gwen'; de color negro, semilla mediana a pequeña, con ligero sabor a anís; lo sobresaliente de esta selección es que se puede comer recién cosechado y no tiene sabor amargo. De hecho, de la sensación de estar comiendo macadamia (Barrientos *et al.*, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de variantes de Aguacate 'Hass'

En esta fase de la investigación se efectuaron recorridos de campo y entrevistas con productores de la franja aguacatera de Michoacán, para localizar árboles de aguacate con características agronómicas deseables, considerados como variantes de la variedad Hass.

Se seleccionaron las variantes denominadas Jiménez-2 y Mengano, localizadas en la huerta "Las Joyas" propiedad del Ingeniero Prisciliano Jiménez Rosales y en la huerta "Pinos Altos" propiedad del Sr. Jesús Javier Gómez Chávez, respectivamente. Como material de referencia (testigo) se utilizaron árboles de aguacate descendientes de la variedad Hass original provenientes del estado de California, U.S.A, establecidos durante los años cincuenta en la huerta "El Rincón de Uruapan", propiedad del Sr. Raúl Padilla Mercado.

La ubicación geográfica de las variantes se efectuó *in situ*, con un geoposisionador satelital (GPS GARMIN eTrex Vista). La huerta "Las Joyas" se ubica a 8.5 km al Sureste de Tacámbaro, Michoacán y sus coordenadas son: LN: 19° 13' 29.3" LO: 101°25' 32.9" y una altura de 1,516 msnm. La huerta "Pinos Altos" se localiza a un costado de la carretera Tacámbaro-Pátzcuaro a 7.5 km al Norte de Tacámbaro, con la siguientes coordenadas: LN: 19° 17' 41.6", LO: 101° 27' 51.2" y 2,137 msnm. La propiedad "Rincón de Uruapan" se localiza en el km 9 de la carretera Uruapan-San Juan Nuevo al Oeste de Uruapan con las siguientes coordenadas: LN: 19° 23' 55.7", LO: 102° 06' 25.2" y 1,696 msnm.

3.2 Características agroclimáticas del área de estudio

El municipio de Tacámbaro se localiza al centro del estado entre los paralelos 19° 09' y 19° 26' de LN y los meridianos 101° 20' y 101° 39' de LO (Figura 4). Su cabecera municipal es Tacámbaro de Codallos y se localiza en las coordenadas 19° 14' de LN y 101° 28' de LO, a una altura de 1,640 msnm. Limita al Norte con Santa Clara, Huiramba y Acuitzio del Canje, al Este con Villa Madero y Nocupetaro, al Sur con Turicato y al Oeste con Ario de Rosales. Presenta una extensión territorial de 787.19 km², la superficie establecida con aguacate en este

municipio cubre un total 9667.82 ha que representa 10.28 % de la cultivada en los 22 municipios del estado de Michoacán.

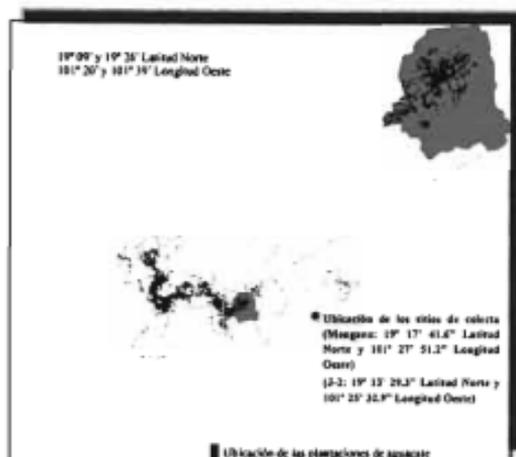


Figura 4. Ubicación del cultivo del aguacate en el municipio de Tacámbaro, Michoacán (Guillén-Andrade *et al.*, 2007).

El cultivo, en este municipio, se encuentra establecido en los climas (A)C(w₁)(w), (A)C(w₂)(w) y Aw₁(w) de acuerdo al sistema climático de Köppen, modificado por García (1981). El aguacate se presenta en alturas que van de los 1,800 a los 2,100 msnm, en suelos andosoles, acrisoles, cambisoles y feozem. La temperatura en el área oscila entre los 16 °C y 22 °C, con 1000 mm a 1,200 mm anuales de precipitación y humedad relativa del 70 % y 90 %. La probabilidad de ocurrencia de granizadas es de 1 a 4 y entre 0 y 40 heladas (Guillén-Andrade *et al.*, 2007).

El municipio de Uruapan se localiza al Oeste del estado entre los paralelos 19° 17' y 19° 37' de LN y los meridianos 101° 58' y 102° 22' de LO (Figura 5). Su cabecera municipal es Uruapan del Progreso y se localiza en las coordenadas 19° 25' de LN y 102° 03' de LO, a una altura de 1,620 msnm. Limita al Norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al Este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al Sur con Gabriel Zamora, y al Oeste con Nuevo

Parangaricutiro, Periban y Los Reyes. Presenta una extensión territorial de 159.55 km². La superficie establecida con aguacate en este municipio cubre un total de 11,601.70 ha que representa el 12.34 % de la cultivada con esta especie en los 22 municipios del estado de Michoacán. El cultivo se encuentra establecido en seis tipos de clima: (A)C(w₂)(w), Aw₁(w), (A)C(m)(w), C(m)(w), C(w₁)(w) y C(E)(w₂)(w), con base en el sistema climático de Köppen, modificado por García (1981). El aguacate, en este municipio, se presenta en alturas que van de los 1,600 a los 2,400 msnm, en suelos andosoles, acrisoles y luvisoles. La temperatura en el área oscila entre los 16 °C y 22 °C. En cuanto a la precipitación, esta se presenta en 1,000 y 1,500 mm anuales con humedad relativa del 70 % y del 90 %. La probabilidad de ocurrencia de granizadas es de 1 y 4 y, entre 0 y 60 heladas (Guillén–Andrade *et al.*, 2007).

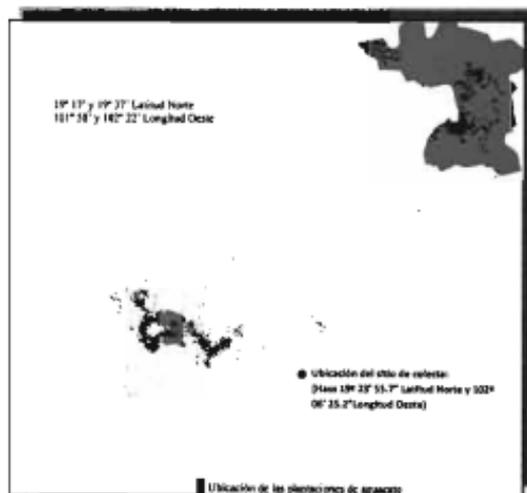


Figura 5. Ubicación del cultivo del aguacate en el municipio de Uruapan, Michoacán (Guillén–Andrade *et al.*, 2007).

3.3 Caracterización del material genético

Se seleccionaron 10 árboles sanos de la variedad Hass y 10 árboles de cada una de las variantes, se enumeraron y se dividieron en cuadrantes con el uso de una brújula y con respecto a la posición del sol. La caracterización de los árboles y sus órganos vegetativos y reproductivos se efectuó con base en el Manual (CICTAMEX, 1991) de Descriptores Para Aguacate, publicado por la Fundación Sánchez Colín con apoyo en el formato estándar que sigue el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR).

Se elaboraron formatos en Excel® para el control y registro de la siguiente información: en el encabezado, nombre del proyecto y de la variante, localidad, nombre del propietario, fecha y nombre del colector. En las líneas se anotó por separado número de cuadrante, número de árbol, y la parte vegetativa caracterizada; en columnas subsiguientes se registraron las abreviaturas de cada uno de los caracteres cualitativos y cuantitativos que sugiere identificar el Manual de Descriptores, y se anotó el resultado con números para su posterior descripción y análisis estadístico.

3.3.1 Árbol

Los datos de edad, tipo de árbol y procedencia del portainjerto fueron proporcionados por el productor. Se caracterizaron el hábito de crecimiento, vigor, forma del árbol, densidad de la copa, patrón de ramificación, distribución y ángulo de inserción de ramas principales; la superficie y diámetro del tronco y la altura de las ramas principales desde su base hasta la unión con el injerto. Después del flujo mayor de crecimiento y pasada la cosecha, se seleccionaron al azar 10 brotes jóvenes por cada árbol (100 en total), para evaluar su diámetro, la extensión de crecimiento, el patrón de ramificación, la longitud de los entrenudos, medidos con una regla de 30 cm y un vernier. Mediante inspección ocular con lupa, se determinó la presencia o ausencia de pubescencias en la superficie del vástago y del ápice, color de ápice y presencia, cantidad y color de lenticelas.

3.3.2 Hojas

Se seleccionaron al azar 10 hojas maduras y sanas de cada cuadrante por árbol, para determinar la forma, tamaño y color de la lámina foliar, tipo de margen, forma de la base, peciolo acanalado y ángulo de inserción; la longitud de la lámina y del peciolo se determinaron con una regla de 30 cm. Para el cálculo del área foliar en cm^2 , las 10 hojas de cada cuadrante se colocaron sobre una cartulina y se extendieron colocando sobre éstas un cristal transparente. Se tomaron imágenes fotográficas de cada grupo de hojas por cuadrante y se analizaron con el software "Image Tool". Las hojas se doblaron para conocer su friabilidad y se estrujaron para determinar mediante el olfato la ausencia o presencia de olor a anís; la sección transversal de la hoja se analizó observando y partiendo con navaja cada paquete de 10 hojas. La distinción y relieve de la venación del haz y envés, el ángulo de venas secundarias respecto a la principal así como la torcedura y el ángulo del ápice de la hoja se analizaron de forma visual. La presencia y color de pubescencia de haz, envés y vena principal, se determinaron con el uso de un microscopio estereoscópico Carl Zeiss® modelo Stemi DV 4 de fabricación alemana.

3.3.3 Inflorescencia

La época de floración, años transcurridos desde la plantación hasta la primera floración, presencia de floración secundaria y duración de la floración, se determinaron por la información proporcionada por el productor y las observaciones hechas durante los recorridos. En cada árbol, se seleccionaron tres inflorescencias desarrolladas por cada cuadrante (120 inflorescencias en total), para describir su color, posición en la rama, el tipo de flor y la abundancia de floración; el estilo de la flor, la base del nectario y la presencia de polen se determinaron por inspección ocular con lupa; la presencia de lenticelas y pubescencia en la inflorescencia, la densidad de pubescencia en pétalos y sépalos se detectó con un microscopio estereoscópico. La longitud del eje principal de la inflorescencia se midió con una regla de 30 cm, la longitud del pedicelo, longitud y ancho de pétalos y sépalos se determinaron con un vernier. Finalmente, el número de ramificaciones por inflorescencia y número de flores se determinaron por conteo.

3.3.4 Fruto

Se cuantificó el número de años transcurridos desde la plantación hasta la primera fructificación, la época de fructificación, el comportamiento del rendimiento y el rendimiento promedio por árbol. Además, por conteo de días se determinó el tiempo de desarrollo del fruto y los días de retención en el árbol después de alcanzar su madurez fisiológica. En cada cuadrante de los árboles, se seleccionaron al azar cinco frutos en madurez fisiológica completa, se cortaron con tijera desde la unión del pedúnculo con la rama y se registró la forma, tamaño, uniformidad del tamaño, número y presencia de aristas, longitud, diámetro y peso del fruto, éstas tres últimas variables con una regla, vernier y balanza granataria (OhausTM, USA). La forma de la base y el ápice así como la ubicación del ápice se determinó por observación.

La presencia, tamaño, tipo, color y cantidad de lenticelas se determinó con ayuda de una lupa y la persistencia del perianto mediante fuerza de separación. El color y brillantez del pericarpio, su textura, flexibilidad, adherencia y grosor se determinaron visualmente, el tacto, por doblamiento, fuerza de separación y con un vernier. La forma, color y posición del pedicelo y la descripción de la unión de éste con el pedúnculo, se caracterizaron de forma ocular; la longitud, diámetro de base y ápice del pedicelo se determinaron con vernier y la superficie del pedicelo se definió con el tacto. La longitud y diámetro del pedúnculo se efectuó con regla (30 cm) y vernier, respectivamente.

La facilidad de cosecha manual se determinó con base en la resistencia que presentó el fruto a la separación. Los frutos se partieron para observar el color de la pulpa cercana a la cáscara y a la semilla; además fue necesario comer y paladear la pulpa para determinar su textura, sabor (dulce, amargo, nogado, a anís) y contenido de fibra. El aroma a anís se determinó con el olfato, el oscurecimiento de la pulpa se cuantificó cuatro horas después de partir el fruto. El peso de materia seca de la pulpa se calculó por la diferencia de peso de una muestra de 20 g de pulpa fresca que se extrajo en forma de pequeñas hojuelas, se deshidrató en un horno microondas hasta peso constante y se volvió a pesar en balanza analítica; por último se determinaron los días de almacén y vida de anaquel en días.

3.3.4.1 Extracción de aceite

Las muestras homogeneizadas se sometieron a deshidratación en un horno de microondas hasta obtener peso constante. La determinación del contenido de aceite total de los tres genotipos estudiados se hizo utilizando el método de extracción semicontinua (AOAC, 1984) en el aparato de Soxhlet; con base en el protocolo descrito en el apéndice (28A). El porcentaje de aceite de cada muestra se obtuvo empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lípidos} = 100 (\text{Masa lípido/Masa muestra})$$

3.3.5 Semilla

Se registraron la forma, tamaño y peso de las semillas y se compararon con características similares registradas en los frutos. El peso de la semilla se obtuvo con una báscula granataria (OhausTM, USA). La adherencia de la cubierta seminal a la pulpa o a la semilla se determinó por fuerza de separación inmediatamente después de partir el fruto. La superficie de la semilla y el color del cotiledón se obtuvieron mediante el tacto y la vista, respectivamente. La longitud y diámetro de la semilla y de la cavidad seminal se midieron con vernier; una vez partido el fruto se determinó el espacio libre de la cavidad en la base, en el ápice o en ambos lados, para apreciar la forma de la sección transversal de la semilla se procedió a partirla con navaja. La presencia de semillas germinadas se observó al partir frutos con madurez de consumo completa; la adherencia de cotiledones se apreció al tratar de separarlos para determinar la posición del eje embrionario. Por último se obtuvo el porcentaje de semilla en peso relativo al peso del fruto de la siguiente manera: por medio de una regla de tres simple; primeramente, se pesó el fruto enseguida se extrajo la semilla y se pesó.

3.4 Análisis de la información

Para el análisis de las caracteres cuantitativos, se utilizó el procedimiento estadístico PROC ANOVA del paquete estadístico SAS, (1988), considerando que los cuadrantes están anidados en los árboles. La comparación de medias, en donde se determinaron diferencias significativas, se hizo mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción fenotípica de 'Hass'

4.1.1 Árbol

Los árboles caracterizados de la variedad Hass tenían 67 años de edad, son descendientes de semilla e injertados en vivero provenientes del estado de California, U.S.A., vigorosos con forma irregular, de semicircular a semielíptica, copa intermedia y abierta lo cual coincide con Barrientos-Priego *et al.*, (2000) con una distribución de ramas generalmente irregular (Figura 6). El ángulo de inserción de las ramas principales varió de agudo a obtuso, la superficie de la corteza del tronco es corrugada (Figura 6); los vástagos jóvenes presentan un patrón de ramificación intensivo con una extensión (de 16.6 a 45.2 cm) promedio de crecimiento de 29.91 cm y una longitud (de 1.5 a 7.4 cm) de entrenudos de 3.39 cm, con un diámetro de 0.87 cm (de 0.5 a 1.2 cm). El tallo es color verde y pubescente; en su longitud presenta lenticelas en cantidad de pocas a intermedias y de color verde; la superficie del ápice es pubescente de un color que varió de café a café claro. En la Figura 7 se puede apreciar las características del vástago de la variedad Hass.



Figura 6. Árbol de la variedad Hass: porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).



Figura 7. Aguacate Hass: patrón de ramificación del vástago (A), color café a café claro (B) y lenticelas (C).

4.1.2 Hoja

Las hojas maduras son de forma variable de oval a oblongo u oblongo lanceolada, con sus márgenes de rectos a ondulados; la lámina foliar es de tamaño pequeño a mediano o grande, la longitud promedio es de 11.42 cm, con peciolo de 4.13 cm de largo y un área de lamina foliar de 68.60 cm². Las hojas presentan un débil olor a anís, el color de las hojas maduras es de verde claro a verde oscuro mientras que las hojas jóvenes presentan un color café a café claro o verde claro; la forma de su base fue angular a redondeada de friabilidad correosa, con una pubescencia en el envés de ligera a moderada siendo más ligera en el haz. En el corte de la sección transversal de la hoja su forma es incurvada., el peciolo acanalado y con pubescencia de color blanco a amarillo y, un ángulo de inserción agudo a obtuso. La distinción de la venación de la superficie del haz es conspicua y de relieve alzado en el envés; el ángulo de las venas secundarias respecto a las de la vena principal es agudo, presentando una pubescencia ligera a intermedia; la torcedura del ápice puede estar presente o ausente y en ángulo, agudo, intermedio u obtuso. Las características distintivas de las hojas de la variedad Hass pueden ser observadas en la Figura 8.

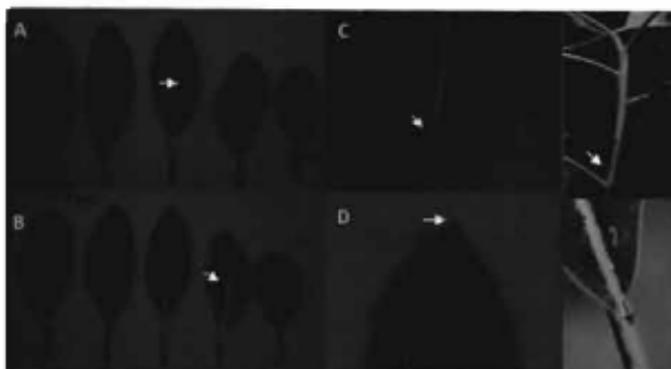


Figura 8. Caracteres principales de las hojas de la variedad Hass: longitud y área (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).

Los histogramas de frecuencias obtenidos de la información de las características evaluadas en la hojas se presentan en la Figura 9, en todos los casos se observa distribuciones continuas; la variable longitud del peciolo midió de 2 a 7.1 cm y presentó un CV= 20.84 %. Para longitud de la lámina foliar, ésta presentó valores de 6.4 hasta 20 cm con un CV= 19.60 %, finalmente, el área de lámina foliar presentó una distribución continua asimétrica hacia valores mas bajos desde 27.5 hasta 127.2 cm² con un CV= 31.81 %.

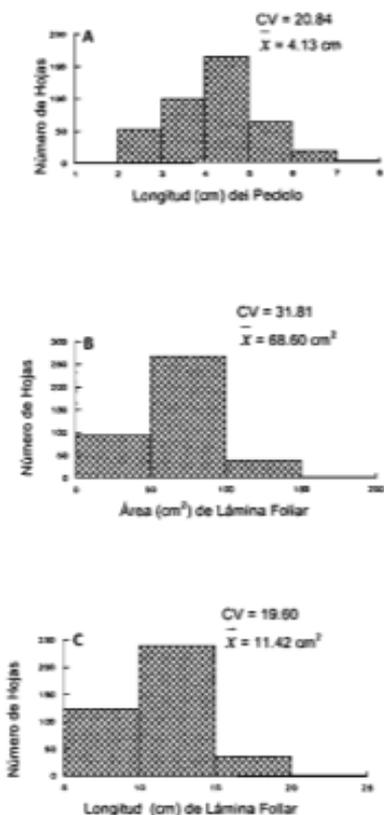


Figura 9. Histograma de frecuencias para características evaluadas en hojas maduras de aguacate de la variedad Hass: longitud del pecíolo de las hojas maduras (A), área de lámina foliar (B) y longitud de lámina foliar (C).

4.1.3 Inflorescencia

La variedad de aguacate Hass (después de injertado) inicia la floración a los dos años de su plantación con una abundancia de flor densa durante el mes de noviembre; además, presenta una segunda floración en el mes de abril. Las flores son tipo A y B, de color crema con una pubescencia moderada, desde su inicio la floración tienen una duración aproximada de 71 días lo cual es muy parecido a lo que menciona Bergh y Lahav, (1996). La inflorescencia es terminal y se observa la presencia de lenticelas de color verde; la longitud promedio del eje principal es de 16.30 cm, con 5.86 ramificaciones en la inflorescencia, y 23.28 flores en el eje más largo, valores promedio. El pedicelo tiene una longitud media de 0.58 cm y el pétalo de 0.62 cm con 0.23 cm de ancho, presenta pubescencia en cantidad media. En cuanto al sépalo, este presenta dimensiones promedio de 0.48 cm de longitud y de 0.19 cm de ancho, la pubescencia es de escasa a media. En la flor se encuentra presente el polen y base del nectario, con el estilo ligeramente torcido. (Figura 10).



Figura 10. Caracteres de la flor de la variedad Hass: inflorescencia terminal (A), estilo ligeramente torcido (B) y presencia de estambres y nectario (C).

Las distribuciones obtenidas con base en la información de las características evaluadas en la inflorescencia se presentan en la Figura 11, a excepción de la anchura del sépalo y del pétalo, todas son distribuciones continuas con diferente grado de simetría. En cuanto a la longitud del eje principal se determinaron ejes con dimensiones desde 1.5 a 23.6 cm con una distribución

continua asimétrica hacia valores mayores y un CV= 15.71 %. El número de ramificaciones presentó una distribución continua asimétrica hacia valores mayores con inflorescencias que presentaron desde de 3 hasta 11 ramificaciones y un CV= 21.47 %. El número de flores por eje principal presentó una distribución asimétrica hacia menor número de flores, los valores variaron de 11 a 41 flores, en esta característica se determinó un CV= 22.73 %. En cuanto a la longitud del pedicelo la distribución fue continua y simétrica con valores que oscilaron entre los 0.4 y 0.8 cm y para este carácter se obtuvo un CV= 16.14 %. En cuanto a las distribuciones de pétalo y sépalo, las distribuciones fueron continuas para la longitud en ambos casos; la longitud de pétalo fluctuó de 0.4 a 0.8 cm, mientras que para el sépalo fue de 0.3 a 0.7. En contraste, la anchura de pétalos y de sépalos presentaron distribuciones discretas y con valores que fluctuaron entre 0.1 a 0.6 cm y 0.1 a 0.3 cm, respectivamente.

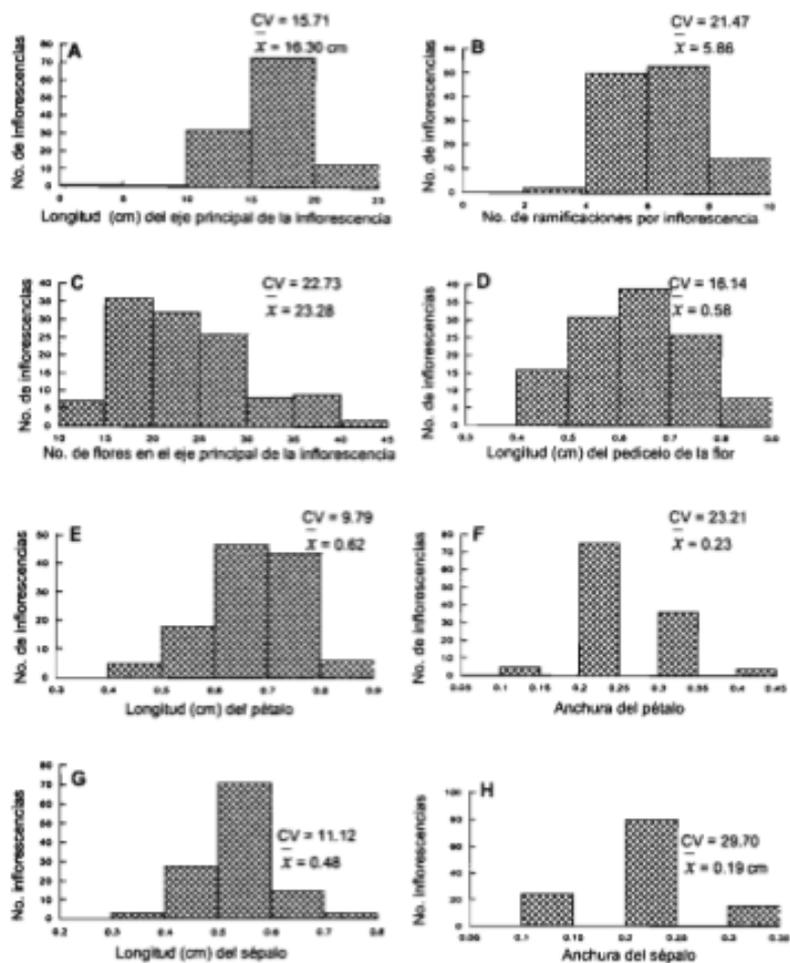


Figura 11. Histograma de frecuencias para características evaluadas en inflorescencia de aguacate de la variedad Hass: longitud del eje principal de la inflorescencia (A), número de ramificaciones de la inflorescencia (B), número de flores por inflorescencia (C), longitud del pedicelo (D), longitud del pétalo (E), anchura del pétalo (F), longitud del sépalo (G) y anchura del sépalo (H).

4.1.4 Fruto

El árbol de la variedad Hass fructifica a los tres años después de ser injertado, el ciclo de desarrollo de flor a madurez fisiológica del fruto es de 280 días. De manera general, la cosecha se efectúa de septiembre a octubre con un rendimiento promedio de 250 kg árbol⁻¹. El fruto se retiene después de alcanzar su madurez fisiológica por un periodo de tres a cinco meses dependiendo del clima en que se encuentre tal como lo menciona Lahav y Lavi, (2007) el árbol presenta un comportamiento de producción continuo y cosecha manual difícil. La forma del fruto es variable de esferoide alto a elipsoide y ovoiboide a obovado o piriforme, con una uniformidad del tamaño media. Los frutos presentaron: 9.69 cm de longitud promedio (de 6.6 hasta 12.3 cm), un diámetro de anchura de 6.66 cm (de 5.2 a 8.3 cm) y un peso de 230.37 g con variaciones de 22.2 a 352.2 g.

La forma de la base del fruto es hundida, aplanada o puntiaguda con el ápice ligeramente hundido a hundido profundamente a nivel u oblicuo y aristas ausentes rotas o enteras en cantidad de una a ocho, con presencia de lenticelas de pequeñas a intermedias y una densidad de pocas a medias de color amarillo, no hay presencia de lenticelas corchosas; el color del pericarpio es verde a verde-oscuro, negro o mezclado lo cual coincide con lo descrito por Bergh y Whitsell, (1974) con una textura de rugosa a moderadamente rugosa y grosor promedio de 0.11 cm (de 0.1 a 1.1 cm). Es flexible con una ligera adherencia a la pulpa el peso seco promedio de la pulpa fue de 0.21 g (de 3.5 a 6.0 g). El pedicelo es de forma variable de cilíndrico, cónico o redondeado con una posición central asimétrica y su forma de cabeza de clavo está ausente o presente, con una distinción conspicua en la unión con el pedúnculo. El diámetro de la base del pedicelo mide en promedio 0.71 cm (de 0.1 a 1.2 cm) y el de su ápice 0.74 cm (desde 0.1 hasta 1.2 cm) con una longitud de 1.41 cm (de 0.7 a 2.2 cm). Generalmente el pedicelo es de color verde a amarillo y de superficie lisa a arrugada. La longitud del pedúnculo fue de 12.83 cm (de 1.6 cm hasta 12.3 cm) y su diámetro en la parte media de 0.37 cm (de 0.2 a 0.7 cm).

El color de la pulpa del fruto cercano al pericarpio es verde claro y cercano a la semilla es color marfil, de una textura cremosa con un sabor ligero a anís y sin sabor dulce, amargo o nogado, presenta un ligero olor a anís y ausencia de fibras. De manera general el sabor del

fruto es bueno; el oscurecimiento de la pulpa después de 4 h de partido el fruto es intermedio; con una duración en almacén después de cosechado de 15 días y una vida de anaquel de 5 días. En la Figura 12, se pueden observar las principales características distintivas de la fruta de la variedad Hass. Todas las distribuciones (Figuras 13 y 14) obtenidas para las características evaluadas en fruto, presentaron distribuciones continuas con diferente grado de simetría. Los histogramas de los caracteres peso de fruto (CV= 19.92 %), longitud de pedúnculo (CV= 24.93 %), longitud de pedicelo (CV= 18.29 %) y peso seco de la pulpa (CV= 2.40 %) presentaron una distribución asimétrica con tendencia a valores mayores; sin embargo, los caracteres diámetro del pedúnculo (CV= 23.49 %), diámetro del ápice del pedicelo (CV= 20.53 %) y grosor de cáscara (CV= 61.42 %) tienen una distribución asimétrica con tendencia a valores menores; las características de longitud (CV= 7.83 %), diámetro de fruto (CV= 7.03 %) y diámetro de la base de pedicelo (CV= 17.17 %) presentan una distribución simétrica.



Figura 12. Frutos de aguacate Hass: forma y tamaño (A), Forma del ápice del fruto (B), rugosidad de la cáscara (C), forma de la base y posición del pedúnculo (D).

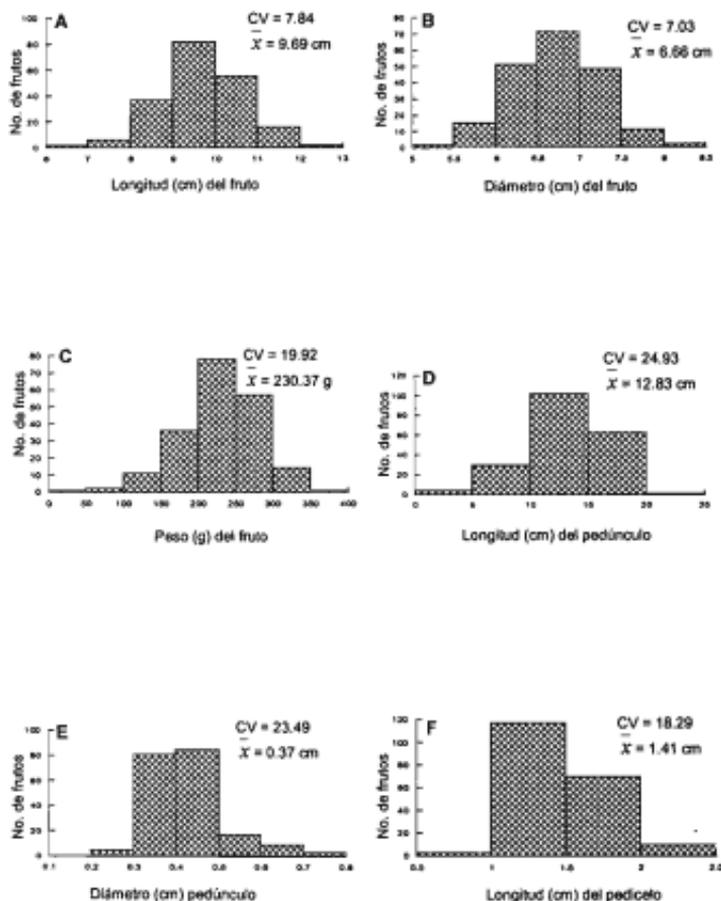


Figura 13. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variedad Hass: longitud del fruto (A), diámetro del fruto (B), peso del fruto (C), longitud del pedúnculo (D), diámetro del pedicelo (E) y longitud del pedicelo (F).

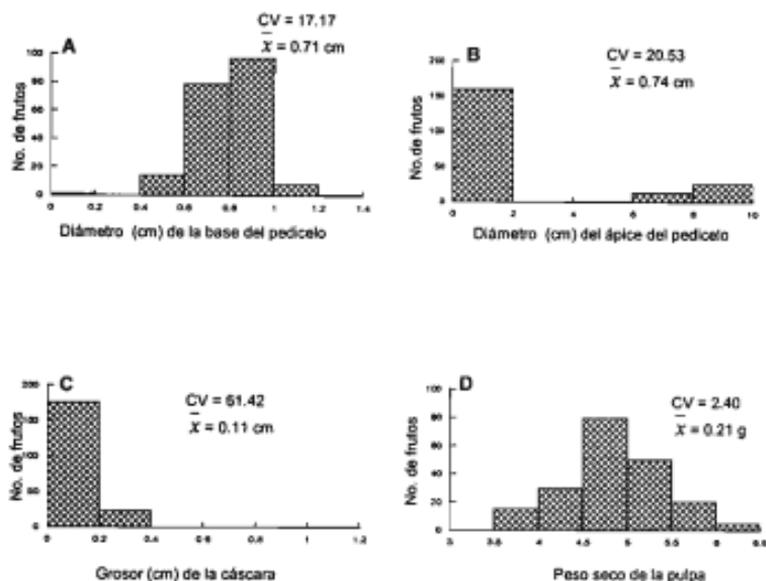


Figura 14. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variedad Hass: diámetro de la base del pedicelo (A), diámetro del ápice del pedicelo (B), grosor de la cáscara (C) y peso seco de la pulpa (D).

4.1.5 Semilla

Es de forma variable desde esferoide hasta cordiforme con base aplanada y ápice cónico o redondeado; en comparación con el fruto, se considera de pequeña a mediana y pocas veces grande, presenta en promedio una longitud de 4.09 cm con variaciones de de 1.8 a 6.0 cm y diámetro de 3.37 cm (de 1.0 a 4.4 cm), con un peso de 31.88 g (de 10.1 a 69 g) y una media de porcentaje en peso con relación al peso del fruto de 13.71 g (de 0.49 a 30.3 g). La superficie es moderadamente rugosa y color marfil a crema, amarillo o rosa, la cubierta se encuentra adherida a la semilla pero no a la pulpa, sin espacio libre en la cavidad, presentando ésta una longitud de 4.09 cm (de 1.9 cm a 6.1 cm) y un diámetro de 3.37 cm (de 1.1 a 4.5 cm). Los cotiledones están adheridos, la forma de la sección transversal de la semilla es circular y la posición de eje embrionario es vertical, sin presencia de semillas germinadas en el fruto maduro. Las características de la semilla de la variedad Hass pueden ser observadas en la

Figura 15. Al igual que en los casos indicados, los histogramas de frecuencias (Figura 16) obtenidos de datos de la semilla presentan en todos los casos, distribuciones continuas con diferente grado de simetría. Para el diámetro de la cavidad (CV= 14.01 %) y de semilla (CV= 17.17 %) así como porcentaje de semilla, con relación al peso del fruto (CV= 38.35 %) presentaron una distribución asimétrica tendiente a mayor peso. Los valores de longitud de cavidad (CV= 12.67 %) y de semilla así como el peso de semilla (CV= 34.03 %) muestran una distribución simétrica.



Figura 15. Aguacate 'Hass': forma de la semilla (A), eje embrionario con posición vertical y tamaño de la semilla (B), forma circular en corte transversal (C).

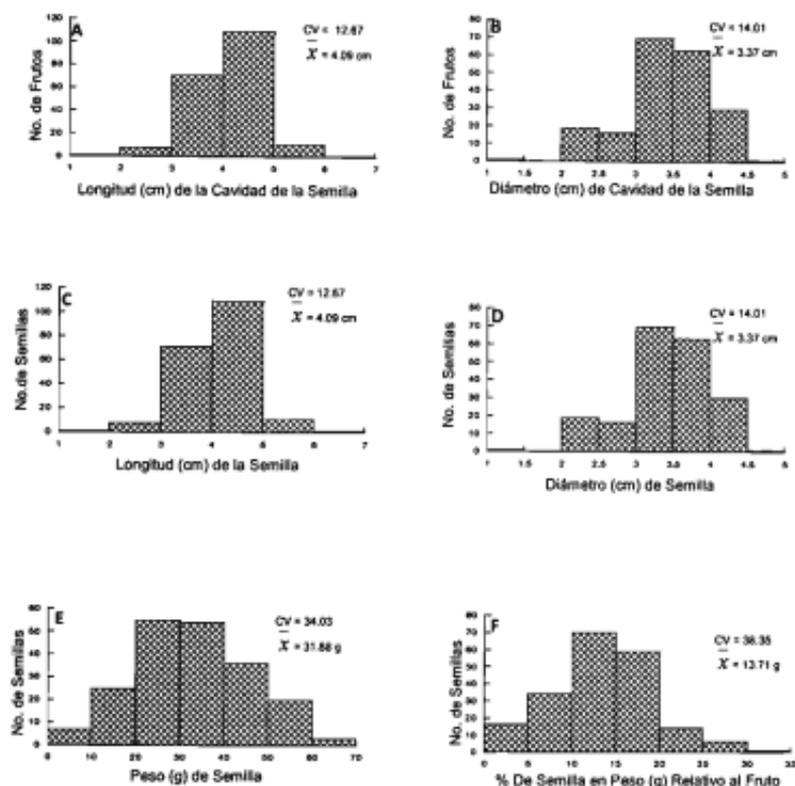


Figura 16. Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate de la variedad Hass: Longitud de la cavidad de la semilla (A), Diámetro de la cavidad de la semilla, (B), Longitud de la semilla (C), Diámetro de la semilla (D), Peso de la semilla (E), Porcentaje en peso de semilla relativo al peso del fruto (F).

4.2. Descripción fenotípica de la variante Jiménez - 2

4.2.1 Árbol

Los árboles de la variante Jiménez-2 tenían 17 años de edad cuando fueron caracterizados. Los árboles fueron injertados en vivero sobre portainjertos criollos provenientes de semilla. La copa es de forma elíptica, densa y de hábito abierto. Las ramas se distribuyen de manera irregular, el ángulo de inserción de las ramas principales es agudo, la superficie de la corteza del tronco es corrugada (Figura 17). Los vástagos jóvenes presentaron un patrón de ramificación extensivo, con una longitud promedio de 21.2 cm con un diámetro de 0.64 cm y una distancia de entrenudos de 2.79 cm. El tallo es de color verde y ligeramente pubescente, en su longitud se observaron lenticelas de color verde en cantidad intermedia, la superficie del ápice es pubescente de un color que varió de café a café claro. En la Figura 18 se muestran las principales características del vástago de la variante Jiménez-2.



Figura 17. Variante Jiménez-2, características del árbol: porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).



Figura 18. Variante Jiménez-2: patrón de ramificación del vástago (A), color café a café claro (B) y lenticelas (C).

4.2.2 Hoja

Los árboles de la variante Jiménez-2 presentan hojas de forma variable, desde ovada hasta oblongo-lanceolada; de tamaño pequeño a grande, con una longitud promedio de su lámina foliar de 13.73 cm y un área de la misma de 66.31cm^2 , presentan bordes ondulados con un débil olor a anís y de una friabilidad correosa. Sus hojas maduras son de color verde oscuro y las jóvenes verde claro, con peciolo acanalados de 5.95 cm de longitud promedio con un ángulo agudo en su inserción y una ligera pubescencia de color blanco a amarillo; la venación en el haz es de apariencia conspicua siendo su relieve de intermedio a alzado en el envés, el ángulo que forman las venas secundarias con respecto a la principal es agudo presentando una ligera pubescencia y no presenta torcedura del ápice; la forma de la base de la hoja es angular y en el corte transversal se observa la hoja incurvada. En la Figura 19 se pueden observar las hojas típicas de la variante Jiménez-2.



Figura 19. Caracteres principales de las hojas de la variante Jiménez-2: longitud y área foliar (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).

Los histogramas de frecuencia para los caracteres longitud de lámina y área foliar así como longitud de peciolo se observan en la Figura 20. Los coeficientes de variación determinados para estas características fueron 15.34 % 21.87 % y 13.51 %, respectivamente. En cuanto al área de lámina foliar se presentó una distribución continua con asimetría hacia valores bajos de 139.53 a 24.13 cm². Los datos de la variable longitud del peciolo mostraron una distribución asimétrica hacia valores altos de 2.9 a 8.8 cm; sin embargo, la lámina foliar mostró una distribución simétrica con valores de 6.9 a 22.3 cm.

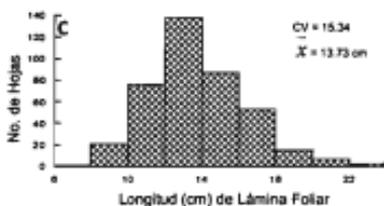
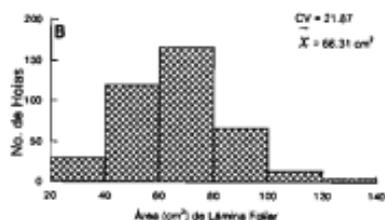
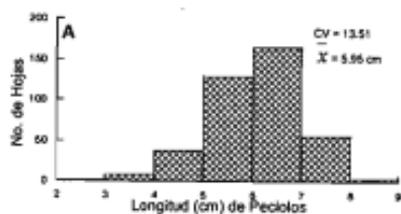


Figura 20. Histograma de frecuencias para las características evaluadas en hojas maduras de aguacate de la variante Jiménez-2: Longitud del peciolo(A), Área de lámina foliar (B) y Longitud de lámina foliar (C).

4.2.3 Inflorescencia

La variante Jiménez-2 inicia la floración a los dos años después de injertado y de manera general la floración principal ocurre en el mes de septiembre con una abundancia intermedia; también presenta un flujo floral secundario, ambas tienen una duración de 75 días. Sus flores son tipo A de color crema con una pubescencia moderada; la posición de la inflorescencia es terminal (Figura 21) con presencia de lenticelas color verde. El eje principal mide 11.41 cm con 9.23 ramificaciones promedio y 30.40 flores en el eje más largo. En las flores el pedicelo mide 0.54 cm en promedio, sus pétalos tienen una longitud de 0.49 cm y 0.30 cm de ancho, y presentan pubescencia con densidad media. El sépalo midió 0.38 cm de largo por 0.20 cm de ancho y presenta pubescencia en cantidad media. El estilo de la flor es torcido y está presente el polen así como el nectario (Figura 21).

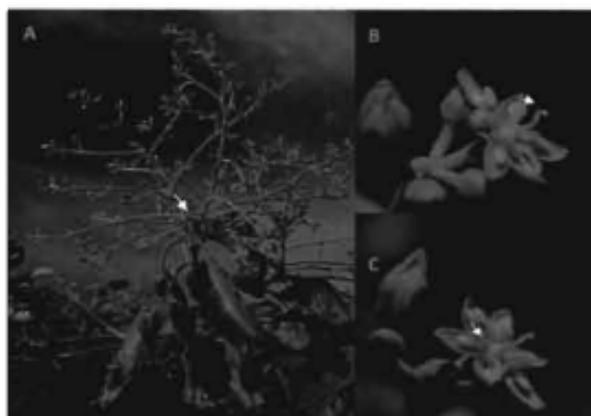


Figura 21. Variante Jiménez-2 caracteres de la flor: Posición de la inflorescencia terminal (A), estilo torcido (B) y presencia de nectarios (C).

Los histogramas de la Figura 22 muestran la distribución continua obtenida para cada una de las características evaluadas en la floración. En cuanto a la longitud del eje principal se presentaron desde de 5.2 a 19.2 cm y con distribución asimétrica hacia valores mayores y un

CV= 11.86 %. De igual manera, el número de ramificaciones presentó una distribución simétrica, con inflorescencias que presentaron desde de 4 hasta 15 ramificaciones y un CV= 16.02 %. El número de flores por eje principal presentó una distribución asimétrica hacia mayor número de flores, desde 10 a 52 flores, con un CV= 19.01 %. En cuanto a la longitud del pedicelo la distribución fue continua y asimétrica hacia valores menores desde 0.3 hasta 1.3 cm con un CV= 22.39 %. La longitud y anchura del pétalo presentaron una distribución simétrica con valores que oscilaron entre 0.2 y 0.4 cm y 0.2 a 0.6 cm con un CV= 19.93 % y 22.39 % respectivamente. La longitud de sépalos presentó una distribución continua, asimétrica, hacia valores menores desde 0.2 hasta 0.8 cm y CV= 21.13 %. La anchura del sépalo presentó una distribución simétrica con valores desde 0.1 a 0.4 cm y un CV= 20.61 %.

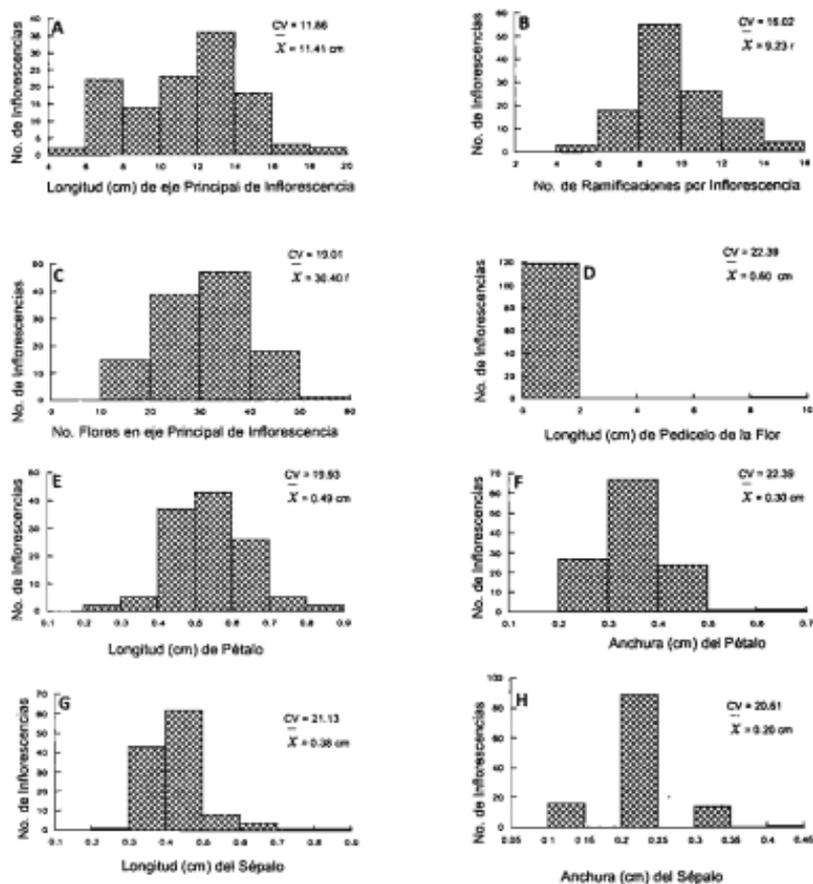


Figura 22. Histograma de frecuencias para las características evaluadas en flor de aguacate de la variante Jiménez-2: Longitud del eje principal de la inflorescencia (A), Numero de ramificaciones por inflorescencia (B), Numero de flores por inflorescencia (C), Longitud del pedicelo de la flor (D), Longitud del pétalo (E) Anchura del pétalo (F), Longitud del sépalo (G) y Anchura del sépalo (H).

4.2.4 Fruto

La primera fructificación en los árboles de la variante Jiménez-2 ocurre a los tres años después de ser injertado y plantado. El periodo de desarrollo del fruto es de 240 días, después de alcanzar la madurez fisiológica puede ser retenido en el árbol por un periodo de dos a tres meses. Se cosecha generalmente en el mes de noviembre y tiene un rendimiento promedio de 210 kg árbol⁻¹, presenta un comportamiento de producción continuo (no hay alternancia) y su cosecha manual es difícil (al intentar separar el fruto de pedúnculo se rompe la rama). La forma del fruto varía de elipsoide a obovado, de tamaño uniforme, con 10.29 cm promedio y valores de 5.6 a 12.7 cm y 7.45 cm (de 5.5 hasta 10.4 cm) de longitud y diámetro, respectivamente y un peso medio de 280.42 g (frutos de 139 a 441 g). La forma de la base es hundida, aplanada o inflada con el ápice a nivel u oblicuo y de forma ligeramente hundida o redondeada y aristas ausentes rotas o enteras, con presencia de lenticelas de pequeñas a grandes y una densidad de pocas a densas con un color que varía de amarillo a amarillo-claro, también se encuentran presentes lenticelas corchosas. La cáscara es flexible con una ligera adherencia a la pulpa, de 0.17 cm de grosor (de 0.1 a 0.2 cm), de color verde a verde-oscuro o mezclado y su brillantez débil a fuerte con una textura rugosa. El pedicelo es de forma variable con una longitud promedio de 1.41 cm (de 0.7 a 2.2 cm), cilíndrico, cónico o redondeado con un diámetro de su base de 0.75 cm (0.4 cm a 1.2 cm) de igual forma su ápice 0.79 cm (de 0.4 a 1.2 cm). La cabeza del pedicelo en forma de clavo está presente en algunos frutos, con una distinción conspicua en la unión del pedicelo con el pedúnculo; la longitud del pedúnculo fue de 14.27 cm (de 4.7 a 27.1 cm) y diámetro de 0.39 cm en la parte media, (de 0.2 a 0.7 cm). La posición del pedicelo en el fruto es asimétrica o muy asimétrica, de color amarillo a verde y superficie lisa, la persistencia del perianto es fuerte. La pulpa cercana a la cáscara es verde y la que está cerca a la semilla es amarillo claro. La pulpa es de textura cremosa con un sabor a anís bajo y sin sabor dulce, amargo o nogado, presenta un ligero olor a anís y ausencia o presencia de fibras; el peso seco de la pulpa fue de 0.20 g (de 0.1 g a 0.3 g). Después de 4 h de partir el fruto el oscurecimiento de la pulpa fue bajo; de manera general el sabor del fruto es bueno; después de ser cosechado el fruto tuvo una duración en almacén, bajo condiciones ambientales, de ocho días y una vida de anaquel de cuatro. Las características descritas pueden observarse en la Figura 23.



Figura 23. Variante Jiménez-2: forma y tamaño del fruto (A), forma del ápice del fruto (B), forma de la base y posición del pedúnculo (C) y rugosidad de la cáscara (D)

En los histogramas presentados en las Figuras 24 y 25, se aprecia el coeficiente de variación de cada una de las variables analizadas y su distribución continua, quedando de la siguiente manera: longitud de fruto, pedúnculo, pedicelo y en grosor de pericarpio, se observa una distribución continua asimétrica hacia valores mayores; en contraste, con los datos de las variables diámetro del pedúnculo y longitud del pedicelo, en donde se observa una distribución asimétrica hacia valores menores. Los caracteres diámetro y peso del fruto, diámetro de la base del pedicelo y peso seco de la pulpa, mostraron distribución simétrica.

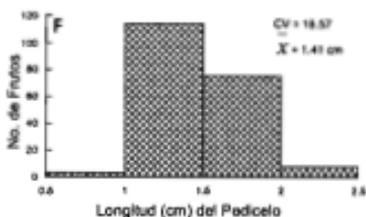
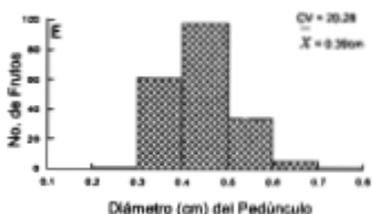
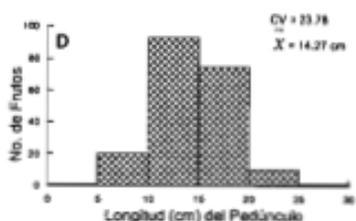
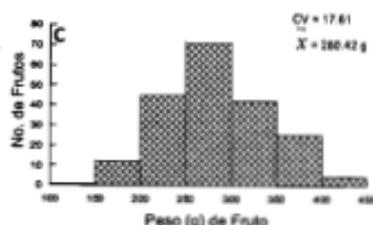
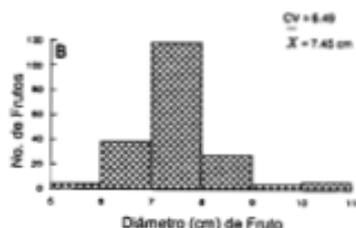
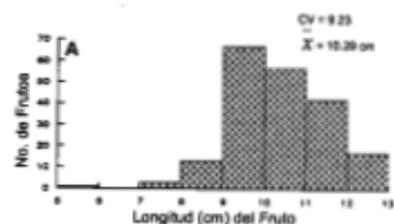


Figura 24. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de la variante Jiménez-2: Longitud del fruto (A), Diámetro del fruto (B), Peso del fruto (C), Longitud del pedúnculo (D), Diámetro del pedúnculo (E) y Longitud del pedicelo (F).

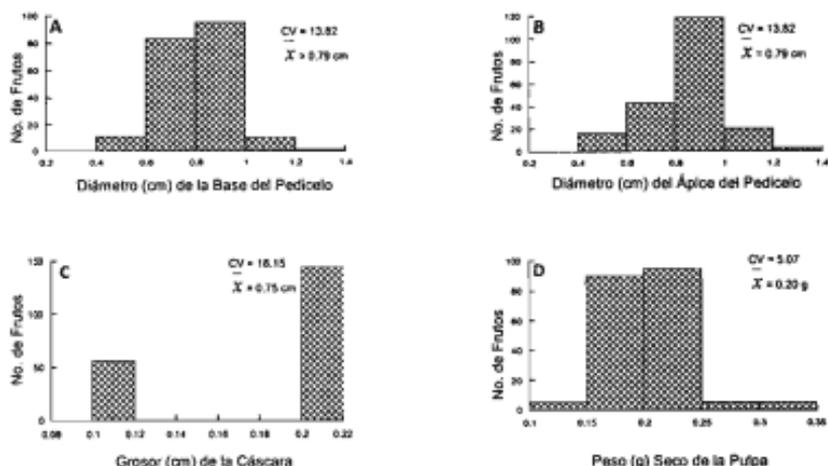


Figura 25. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variante Jiménez-2: Diámetro de la base del pedicelo (A), Diámetro del ápice del pedicelo (B), Grosor de la cáscara (C), y Peso seco de la pulpa (D).

4.2.5 Semilla

La semilla de la variante Jiménez-2 es de forma variable desde elipsoide a oblonga u ovoide con base aplanada y ápice cónico, de tamaño pequeño a mediano o grande en comparación con el fruto; presenta 4.46 cm (de 2.9 cm a 5.7 cm) de longitud promedio y 3.71 cm de diámetro (de 1.7 cm a 4.8 cm), con 36.84 g de peso promedio (de 20 a 28.5 g) y 13.65 g de porcentaje en peso con relación al peso del fruto (de 5.7 a 28.5 g). La superficie de la semilla es moderadamente rugosa y color marfil a rosa, la cubierta se encuentra adherida a la semilla pero no a la pulpa; sin espacio libre en la cavidad, la cual presentó 4.46 cm (de 3.0 a 5.8 cm) y 3.70 cm (de 1.8 a 4.9 cm) de longitud y diámetro, respectivamente. Los cotiledones están adheridos, la forma de la sección transversal de la semilla es circular y la posición del eje embrionario es vertical sin presencia de semillas germinadas en fruto maduro. Las características de la semilla indicadas se muestran en la Figura 26.



Figura 26. Variante Jiménez-2: forma de la semilla (A), eje embrionario con posición vertical y tamaño de la semilla (B), forma circular en corte transversal (C).

Las variables diámetro de la semilla y de la cavidad y porcentaje de la semilla en peso con relación al fruto, presentaron una distribución asimétrica, las primeras dos hacia valores mayores y la última hacia valores menores; mientras que los resultados de longitud de la semilla y de la cavidad y peso de la semilla mostraron una distribución simétrica. Lo descrito se puede observar en la Figura 27.

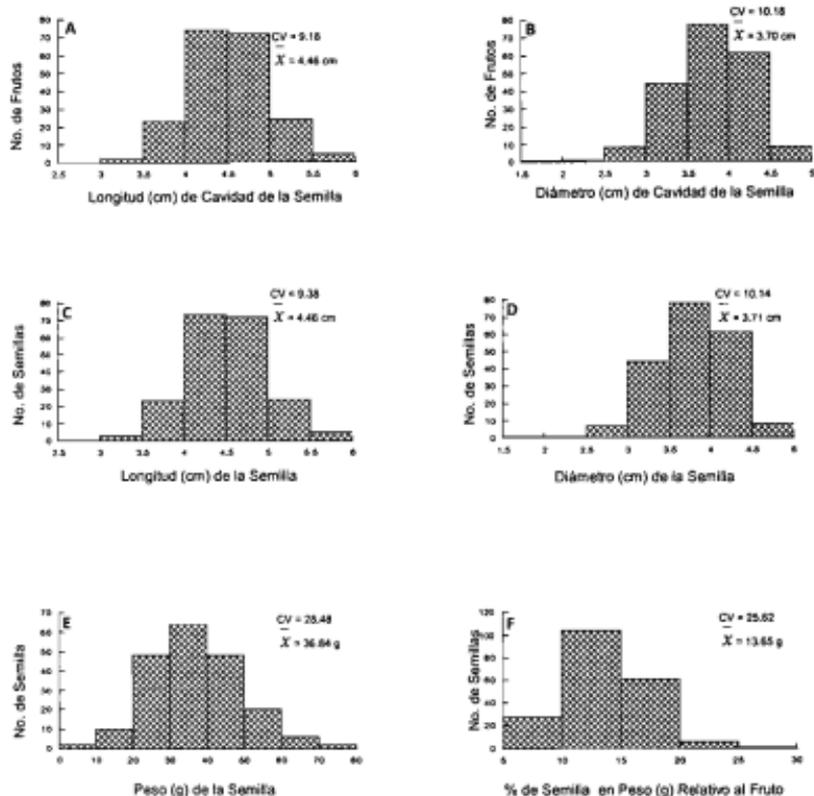


Figura 27. Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate de la variante Jiménez-2: Longitud de la cavidad de la semilla (A), Diámetro de la cavidad de la semilla (B), Longitud de la semilla (C), Diámetro de la semilla (D), Peso de la semilla (E), y Porcentaje en peso de la semilla relativo al peso del fruto (F).

4.3 Descripción fenotípica de la variante Mengano

4.3.1 Árbol

Los edad de los árboles caracterizados fluctuó entre 3 y 18 años y provienen de semilla e injertados en campo. Los árboles presentan vigor intermedio, forma columnar a piramidal, su copa varió de intermedia a abierta, con una distribución de ramas generalmente irregular; el ángulo de inserción de las ramas principales es agudo, la superficie de la corteza del tronco es lisa a ligeramente corrugada. Los vástagos jóvenes presentaron un patrón de ramificación intensivo, con una extensión de crecimiento de 23.66 cm en promedio, entrenudos de 3.2 cm de longitud y 0.75 cm de diámetro. El color del tallo es verde, pubescente con lenticelas de color verde en cantidad intermedia, la superficie del ápice es pubescente y de color café claro. Algunas de las características indicadas se observan en las Figuras 28 y 29.



Figura 28. Variante Mengano, características del árbol: porte del árbol (A), distribución de ramas primarias (B) y superficie del tronco (C).



Figura 29. Variante Mengano: patrón de ramificación del vástago (A), color de brotes de vástago joven café a café claro (B) y lenticelas (C).

4.3.2 Hoja

Las hojas son de forma variable de oval a lanceolada u oblongo lanceolada, con márgenes ondulados, presentan un olor a anís de débil a medio; la lámina foliar es de pequeña a grande con 15.49 cm de longitud promedio (Figura 30). En cuanto al área de lamina foliar el promedio fue de 54.90 cm². El color de las hojas maduras es verde oscuro y las jóvenes de color verde a rojo claro, con base de forma angular y friabilidad correosa, presentan pubescencia ligera tanto en el haz como en el envés. El corte de la sección transversal de la hoja mostró que son incurvadas o torcidas, presentan peciolo acanalado de 4.87 cm de longitud promedio y con pubescencia de color blanco a amarillo con un ángulo de inserción agudo. La distinción de la venación en el haz es conspicua y de relieve sumido, en el envés de intermedio a alzado; el ángulo de las venas secundarias respecto a la vena principal es agudo, presenta una ligera a intermedia pubescencia, la torcedura del ápice puede estar presente o ausente y en ángulo agudo.

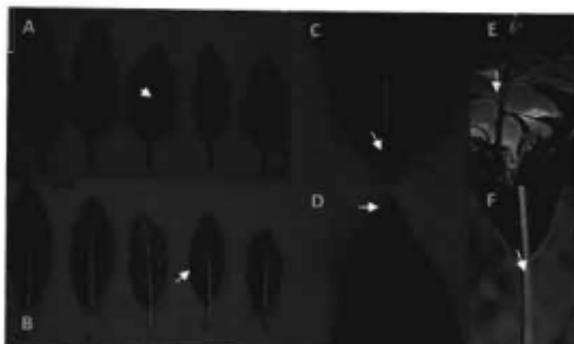


Figura 30. Variante Mengano, caracteres principales de hojas: longitud y área foliar (A), distinción de venación en el envés (B), forma de la base (C), forma del ápice (D), ángulo de inserción del peciolo (E) y acanaladura del peciolo (F).

En la Figura 31, se presentan los histogramas de frecuencias para longitud del peciolo, área y longitud de la lámina foliar, los coeficientes de variación determinados para cada característica fueron de 22.7 %, 23.75 % y 13.45 %, respectivamente. En cuanto longitud del peciolo este presentó una distribución continua, con asimetría hacia longitudes de peciolo pequeñas de 1.9 a 4.0 cm. En relación a la lámina foliar, el área y la longitud presentaron distribuciones continuas; la variación de la longitud de la lámina foliar fluctuó de 7.8 a 26.7 cm, mientras que la variación del área de la lámina foliar fue de 18 cm² hasta 135.8 cm².



SISTEMA DE BIBLIOTECAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NAYARIT

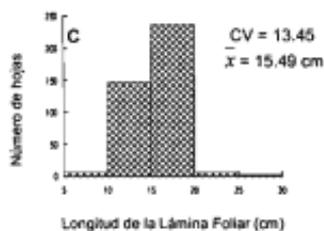
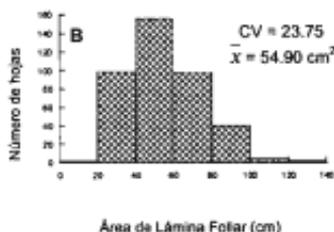
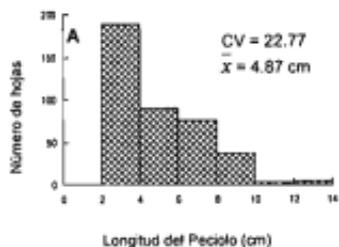


Figura 31. Histograma de frecuencias para características evaluadas en hojas maduras de aguacate de la variante Mengano: longitud del pecíolo (A), área de lámina foliar (B) y longitud de la lámina foliar (C).

4.3.3 Inflorescencia

En ésta variante la floración inicia a los dos años después del injerto con una abundancia densa durante el mes de octubre; además, presentó una segunda floración. Las flores son tipo A y B, de color crema con una pubescencia moderada, la floración tiene una duración de dos a tres meses. La inflorescencia tiene una posición subterminal (Figura 32) y se observó la presencia de lenticelas de color verde. La longitud promedio del eje principal fue de 11.66 cm, con 6.7 ramificaciones promedio en la inflorescencia, y 41.87 flores en el eje más largo. El pedicelo presentó una longitud media de 0.47 cm; el pétalo mostró una longitud media de 0.54 cm y 0.31 cm de ancho con una pubescencia en cantidad media. En cuanto al sépalo, este tuvo dimensiones promedio de 0.44 cm longitud y de 0.27 cm de ancho, además de que presentó pubescencia de escasa a media. Finalmente, el estilo de la flor se observó derecho, encontrándose presente el polen y base del nectario.



Figura 32. Variante Mengano: posición de la inflorescencia subterminal (A), flor en estado femenino (B), flor en estado masculino (C).

El tipo de distribución obtenida para cada una de las características evaluadas en la inflorescencia se presenta en la Figura 14. En cuanto a la longitud del eje principal se determinaron ejes con dimensiones desde de 5.2 a 18.3 cm y con una distribución continua y un CV= 13.40 %. De igual manera, el número de ramificaciones presentó una distribución continua con inflorescencias que presentaron desde de 3 hasta 11 ramificaciones y un CV= 18.92 %. El número de flores por eje principal presentó una distribución asimétrica hacia menor número de flores, los valores variaron de 9 a 82 flores, en esta característica se determinó un CV= 41.87 %. En cuanto a la longitud del pedicelo la distribución fue continua y simétrica con valores que oscilaron entre los 0.3 y hasta 0.9 cm y para este carácter se obtuvo un CV= 22.58 %. Los pétalos de la variante Mengano, presentaron distribuciones simétricas con valores que oscilaron entre 0.3 a 0.9 cm y 0.2 a 0.6 cm para longitud y diámetro, respectivamente. Los sépalos presentaron una distribución similar a la determinada en los pétalos, en este caso, los valores de longitud y diámetro oscilaron entre 0.2 a 0.8 cm y de 0.2 a 0.4 cm, respectivamente, lo antes indicado se presenta en las Figuras 33 y 34.

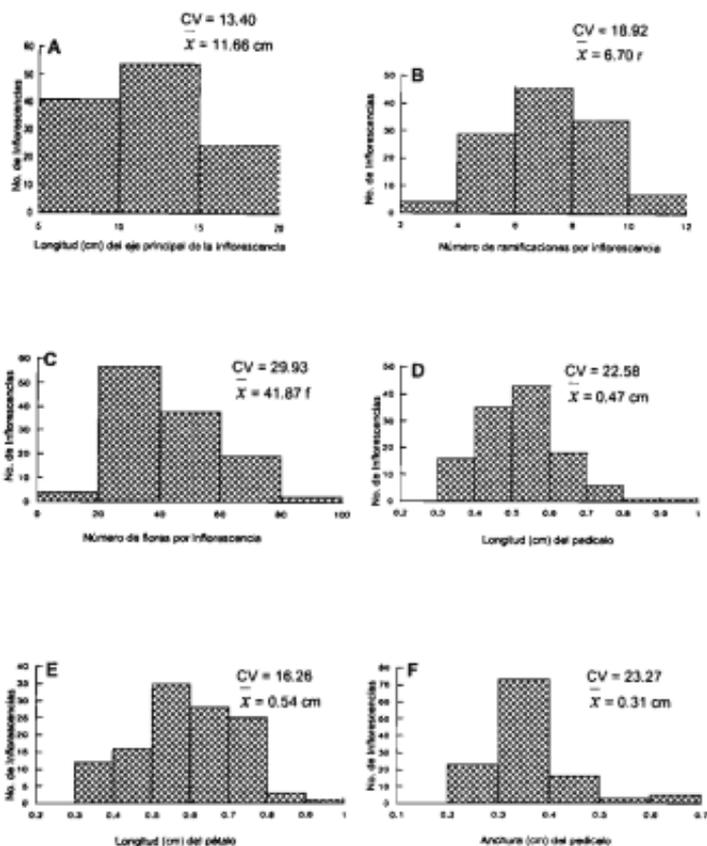


Figura 33. Histograma de frecuencias para características evaluadas en flor de aguacate de la variante Mengano: longitud del eje principal de la inflorescencia (A), número de ramificaciones de la inflorescencia (B), número de flores del eje principal (C), longitud del pedicelo (D), y del pétalo (E) y anchura del pétalo (F).

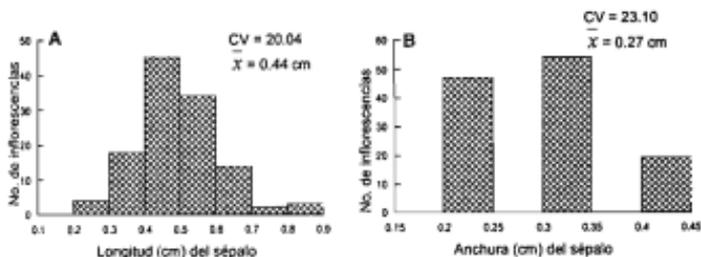


Figura 34. Histograma de frecuencias para características evaluadas en flor de la variante Mengano: longitud del sépalo (A) y anchura del sépalo (B).

4.3.4 Fruto

Los árboles de la variante Mengano fructifican a los tres años después de injertado, con un periodo de desarrollo del fruto de 270 días. La cosecha manual es difícil y de manera general ocurre en el mes de septiembre. El rendimiento promedio es de 250 kg árbol⁻¹ y presenta un comportamiento continuo. Después de alcanzar su madurez fisiológica el fruto puede ser retenido en el árbol por un periodo de dos a tres meses. La forma del fruto es variable de ovoide a obovado o piriforme. El tamaño de éste es uniforme, mediano con predominancia a grande, en promedio presentó 13.01 cm de longitud (de 8.2 a 14.1 cm), 8.27 cm de diámetro (de 5.7 hasta 9.8 cm) y 442.61 g de peso con variaciones desde 170 a 780 g. La forma de la base es aplanada y el ápice ligeramente hundido a nivel u oblicuo, con aristas ausentes o rotas en cantidad de una a tres, presenta lenticelas de pequeñas a grandes con una densidad de pocas a densas, de color amarillo y sin presencia de lenticelas corchosas con una persistencia del perianto fuerte. La cáscara es flexible, con una ligera adherencia a la pulpa, de textura moderadamente rugosa, de 0.25 cm de grosor (de 0.1 a 0.3 cm), color verde a verde-oscuro negro o mezclado y brillantez mediana. El pedicelo es de forma variable, cilíndrico o cónico, con una posición asimétrica o muy asimétrica, la forma de cabeza de clavo puede estar ausente o presente y una distinción en la unión con el pedúnculo conspicua; el diámetro en su base fue de 0.94 cm (de 0.1 a 1.6 cm) y el de su ápice de 0.86 cm (de 0.1 a 1.4 cm), con una longitud de 1.32 cm (de 0.5 a 2.2 cm), generalmente es de color verde a amarillo y de superficie rugosa; la

longitud del pedúnculo fue de 9.62 cm (de 3.20 a 16.8 cm) y diámetro de 0.55 cm (de 0.1 a 1.2 cm) en la parte media. La pulpa cercana a la cáscara es verde y la que está cerca a la semilla es amarilla, de textura cremosa sin sabor a anís, dulce, amargo o nogado, el olor a anís en la pulpa está ausente y poco o nada de fibras, de manera general el sabor del fruto es bueno; el oscurecimiento de la pulpa después de cuatro horas de partido el fruto es intermedio y el peso de materia seca de la pulpa fue de 0.19 g (de 0.1 a 0.3 g). Después de ser cosechado, el fruto tiene una duración en almacén de ocho días y una vida de anaquel de cuatro días. En la Figura 35 se observan las características del fruto de la variante Mengano.



Figura 35. Frutos de la variante Mengano: ápice (A), forma y tamaño (B), forma de la base y posición del pedúnculo (C), y rugosidad del pericarpio (D)

Los histogramas de frecuencias de cada una de las variables estudiadas en fruto se presentan en las Figuras 36 y 37. Como se puede observar todos presentan distribuciones continuas con diferente grado de simetría. Una excepción a lo indicado es el grosor del pericarpio (Figura 37 C), el cual presentó una distribución discreta que indica que ésta característica es de tipo monogénica, es decir, está determinada por la acción de un solo gen, mientras que el resto de las características del fruto son poligénicas, de acuerdo al los tipos de distribución obtenida.

Las variables diámetro de fruto y pedúnculo, longitud del pedicelo y diámetro de ápice, grosor de pericarpio y peso seco de pulpa se distribuyeron de manera asimétrica, los primeros cinco

caracteres con tendencia hacia valores mayores y, el último hacia valores menores. Los caracteres longitud y peso del fruto, longitud del pedúnculo y diámetro de la base del pedicelo presentaron una distribución simétrica.

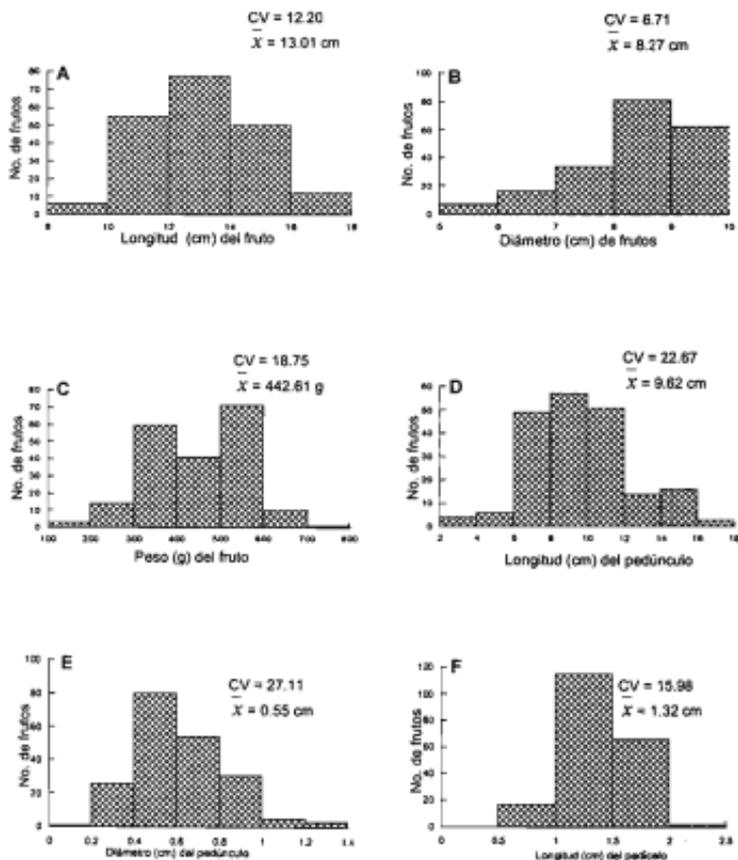


Figura 36. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de la variante Mengano: longitud del fruto (A), (B) diámetro del fruto (B), peso del fruto (C), y (D) longitud del pedúnculo del fruto (D), diámetro del pedúnculo (E) y longitud del pedicelo (F).

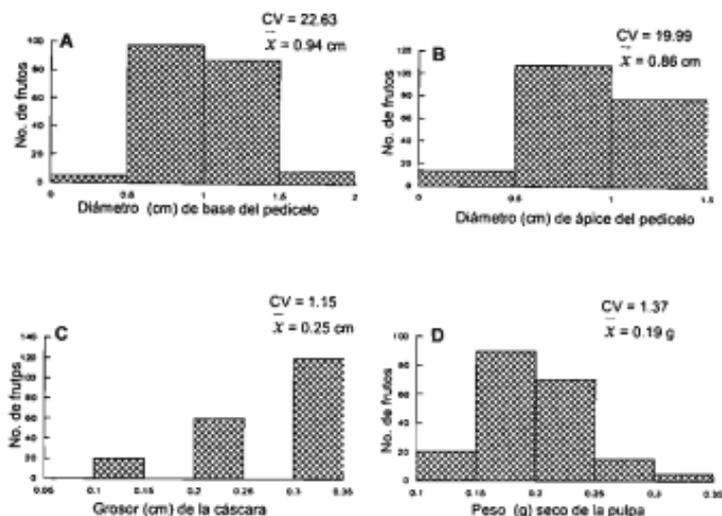


Figura 37. Histograma de frecuencias para características evaluadas en fruto de aguacate de la variante Mengano: diámetro de la base del pedicelo (A), diámetro del ápice del pedicelo (B), grosor de la cáscara (C), peso seco de la pulpa (D).

4.3.5 Semilla

La semilla de la variante Mengano es de forma ovoide con base aplanada y ápice cónico, de tamaño pequeño a grande en comparación con el fruto. En promedio presentó 4.82 cm de longitud (de 3.5 a 5.7 cm), 4.43 cm de diámetro (de 3.1 a 5.5 cm), 59.79 g de peso (de 14.8 a 87.3 g) y 13.39 g de peso con relación al peso del fruto (de 1.17 a 32.94 g). Su superficie es moderadamente rugosa a rugosa, color que varía de marfil a crema o amarillo y rosado, la cubierta se encuentra adherida a la semilla pero no a la pulpa; sin espacio libre en la cavidad, ésta presentó 4.81 cm de longitud (de 3.6 a 5.8 cm) y 4.44 cm de diámetro (de 3.2 a 5.6 cm). Los cotiledones están adheridos y la forma de la sección transversal de la semilla es circular con una posición del eje embrionario vertical y sin presencia de semillas germinadas en el fruto maduro. Las características de la semilla de la variante Mengano se pueden observar en la Figura 38.

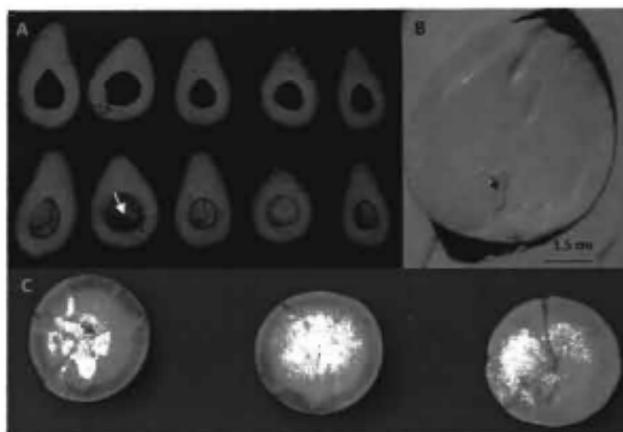


Figura 38. Variante Mengano: forma de la semilla (A), eje embrionario con posición vertical y tamaño de la semilla (B), forma circular en corte transversal (C).

En la Figura 39 se presentan los histogramas de frecuencias obtenidos para las características medidas en semilla. Se observa que las variables longitud de la cavidad, y diámetro de la semilla presentaron una distribución asimétrica hacia valores mayores. En el caso del peso (%) de semilla en relación al peso del fruto, la distribución fue asimétrica con tendencia a valores más bajos (Figura 39F). La variable peso de la semilla se distribuyó de manera asimétrica hacia valores menores (Figura 39E).

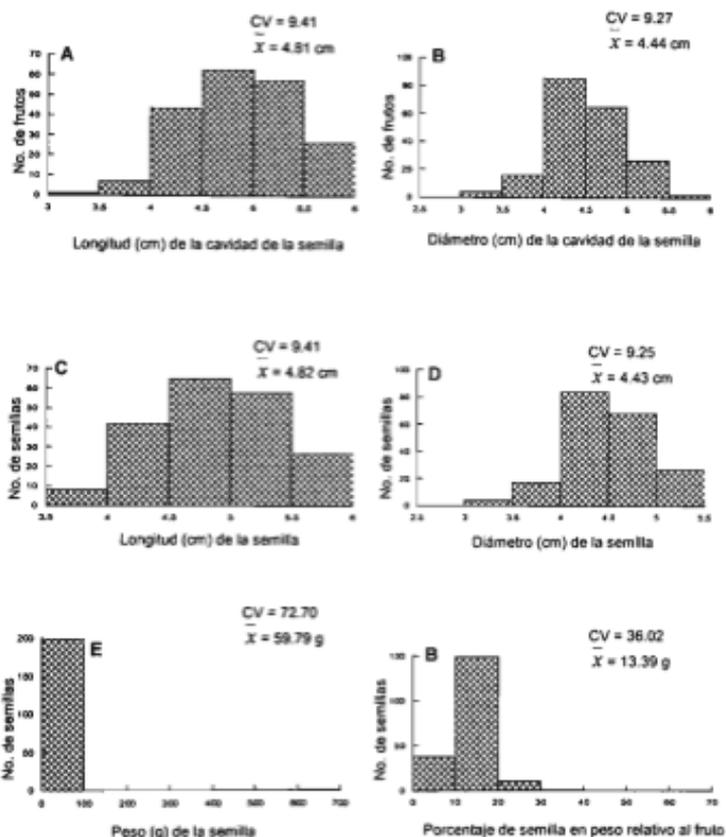


Figura 39. Histograma de frecuencias para características evaluadas en semilla de aguacate de la variante Mengano: longitud de la cavidad de la semilla (A), diámetro de la cavidad de la semilla (B), longitud de la semilla (C), diámetro de la semilla (D), peso de la semilla (E), porcentaje de la semilla relativo al peso del fruto (F).

4.4 Diferencias fenotípicas entre los genotipos de aguacate evaluados

Con base en los descriptores para aguacate (CICTAMEX, 1991) y que actualmente no se tiene una caracterización completa para la variedad Hass, se procedió a caracterizar cada una de las variantes, tomando como punto de referencia la variedad Hass de procedencia original. Por lo que la discusión se formuló de acuerdo con los resultados obtenidos para cada uno de los caracteres de los tres genotipos estudiados. Donde se encontraron diferencias significativas en gran parte de los caracteres evaluados lo cual se explica con lo que indican Bergh *et al.* (2007) de que el aguacate por ser una especie de polinización abierta, presenta una gran variabilidad genética producto de la evolución de miles de años de selección natural y de domesticación, dando origen a diversos grupos morfológicos.

4.4.1 Hojas

El análisis de varianza al que se sometieron los datos obtenidos de las características morfológicas en las hojas de los genotipos estudiados, mostraron diferencias altamente significativas, como se observa en los Cuadros del apéndice (1A-3A). Con el objetivo de determinar la agrupación estadística se realizó la comparación de medias por el método de Tukey (Cuadro 2) con un nivel de significancia de 0.05 %, que arrojó los siguientes resultados: el área de lámina foliar más grande (68.60 cm²) la presentó la variedad Hass seguido por la variante Jiménez-2 (66.31 cm²) y con el menor tamaño la variante Mengano (54.90 cm²). Sin embargo, la característica de longitud de lámina foliar mostró diferencias entre los tres tipos de árboles estudiados siendo más largas (15.49 cm) las hojas de la variante Mengano y más cortas (11.42 cm) las de 'Hass'. Los peciolo analizados de los tres tipos de árboles, mostraron diferencias en longitud; los de mayor tamaño (5.95 cm) se presentaron en la variante Jiménez-2. Los tamaños encontrados para cada genotipo corresponden a los rangos indicados para la especie *Persea americana* Mill., por Scora *et al.*, (2007). La característica más sobresaliente encontrada en hojas fue en la variante Mengano ya que presenta una forma típicamente lanceolada y más larga que las otras. Lo anterior se muestra en las Figuras 40 y 41.

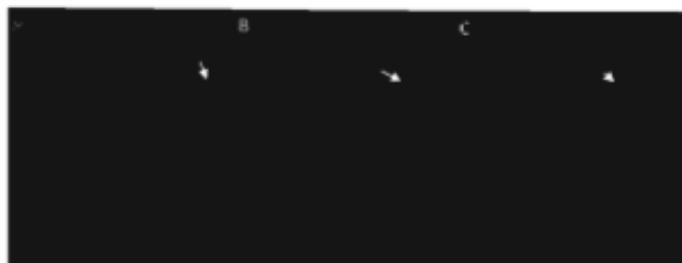


Figura 40. Comparación entre hojas de los tres genotipos estudiados: 'Hass', obovada (A), Jiménez-2, obovada (B) y Mengano, lanceolada (C).

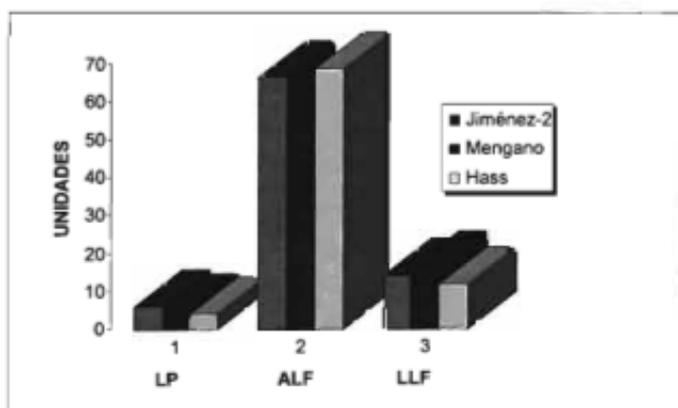


Figura 41. Características morfológicas entre hojas de los tres genotipos estudiados: longitud del pedúnculo (LP), área de lamina foliar (ALF) y longitud de lámina foliar (LLF).

Cuadro 1. Comparación de medias para tres caracteres evaluados en hojas de tres genotipos de aguacate.

Genotipo	Longitud del peciolo (cm)		Área de lámina foliar (cm ²)			Longitud de lámina foliar (cm)		
	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo
J-2	5.950	A	Hass	68.595	A	Mengano	15.498	A
Mengano	4.876	AB	J-2	66.318	A	J-2	13.739	B
Hass	4.134	B	Mengano	54.905	B	Hass	11.415	C

^a Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

4.4.2 Inflorescencia

Los resultados obtenidos mediante los análisis de varianza practicados en las variables medidas en la inflorescencia, indicaron diferencias estadísticas altamente significativas en todos los casos excepto para la anchura de pétalo, en la cual la variante Jiménez-2 y Mengano presentaron estadísticamente lo mismo, anchura promedio (0.30 cm) de pétalo. En los Cuadros del apéndice (4A-11A) se presentan los análisis de varianza hechos para las variables evaluadas. En la Figura 43 se presentan de manera gráfica las diferencias entre cada uno de los genotipos. De la misma manera, en el Cuadro 3 se indican las comparaciones de medias de Tukey hechas para cada una de las variables. El eje principal con un mayor número promedio de flores (41.87) se presentó en la variante Mengano, el eje más largo (16.31 cm) se encontró en la variedad Hass al igual que un mayor tamaño del pedicelo (0.58 cm), así como un mayor tamaño (0.62 cm) del pétalo de la flor y la longitud del sépalo (0.48 cm). Las variantes Jiménez-2 y Mengano presentaron la misma anchura promedio (0.30 cm) del pétalo, la variante Mengano presentó un sépalo más ancho (0.27 cm) con respecto a Hass y Jiménez-2; el mayor número de ramificaciones (9.24) se presentó en la variante Jiménez-2. Los valores y caracteres morfológicos obtenidos para la inflorescencia de los tres genotipos, corresponden a los rangos establecidos para la especie *Persea americana* Mill., indicados por (Scora et al., 2007; Bergh, 1986; Schroeder, 1944; Salazar-García y Lovatt, 1998). Una de las características sobresalientes es la posición de la inflorescencia; mientras que la variedad Hass y la variante Jiménez-2 presentan una inflorescencia en posición subterminal, la variante Mengano la presenta en posición terminal (Figura 42).



Figura 42. Comparación entre inflorescencias de los tres genotipos estudiados: 'Hass', terminal(A), Jiménez-2, terminal (B) y Mengano, subterminal(C).

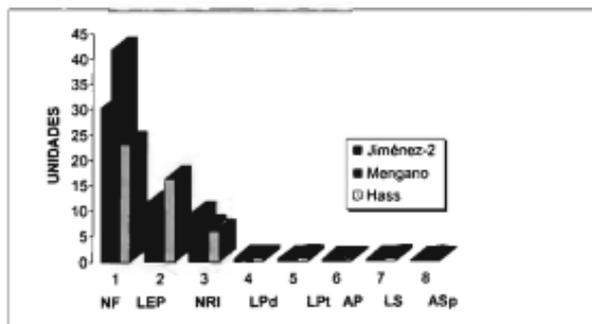


Figura 43. Caracteres morfológicos de la inflorescencia de los tres genotipos de aguacate analizados: número de flores en eje principal (NF), longitud de eje principal (LEP), número de ramificaciones de la inflorescencia (NRI), longitud del pedicelo (LPd), longitud del pétalo (LPI), anchura del pétalo (AP), longitud del sépalo (LS) y anchura del sépalo (ASp).

Cuadro 2. Comparación de medias para ocho caracteres evaluados en inflorescencias de tres genotipos de aguacate.

Número de flores en eje principal			Longitud del eje principal (cm)			Número de ramificaciones		
Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo
Mengano	41.87	A	Hass	16.31	A	J-2	9.24	A
J-2	30.41	B	Mengano	11.65	B	Mengano	6.70	B
Hass	23.28	C	J-2	11.41	C	Hass	5.86	C

Longitud de pedicelo (cm)			Longitud de pétalo (cm)			Anchura de pétalo (cm)		
Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo
Hass	0.58	A	Hass	0.62	A	J-2	0.30	A
Mengano	0.50	B	Mengano	0.53	B	Mengano	0.30	A
J-2	0.57	C	J-2	0.44	C	Hass	0.23	B

Longitud de sépalo (cm)			Anchura del sépalo (cm)		
Genotipo	Media ^a	Grupo	Genotipo	Media ^a	Grupo
Hass	0.48	A	Mengano	0.27	A
Mengano	0.44	B	J-2	0.19	B
J-2	0.38	C	Hass	0.18	C

^a Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

4.4.3 Fruto

Las 10 variables analizadas en los frutos de los tres genotipos estudiados indicaron diferencias estadísticas altamente significativas para la mayoría de los casos, excepto, en la longitud del pedicelo del pedúnculo y el diámetro del ápice del pedicelo, los cuales estadísticamente resultaron iguales, de acuerdo con los análisis de varianza que se muestran en los Cuadros del apéndice (12A-21A) y la comparación de medias de Tukey al 0.05 de significancia (Cuadro 4). En las Figuras 44, 45 y 46 se observa que para los caracteres longitud de fruto el mayor tamaño se presentó en la variante Mengano (13.01 cm) a diferencia de Hass (9.68 cm.) que fue el de menor tamaño. En cuanto al diámetro de frutos ambos genotipos se comportaron estadísticamente iguales; el mayor fue para Mengano (8.26 cm) y el menor 'Hass' (6.66 cm).

El peso del fruto fue mayor para Mengano (442.69 g) y 230.37 g para 'Hass'. La longitud del pedúnculo del fruto la mostró la variante Jiménez-2 (14.28 cm) y la menor Mengano (9.62 cm), el diámetro del pedúnculo de mayor tamaño se observó en Mengano (0.55 cm), J-2 (0.39 cm) y Hass (0.34 cm) fueron estadísticamente iguales, el diámetro de la base del pedicelo también fue más grande en Mengano (0.94 cm) y más pequeño en J-2 (0.67 cm). En cuanto al grosor del pericarpio, Mengano (0.25 cm) fue mayor que los demás, finalmente, en cuanto al peso de la pulpa, 'Hass' mostro el mayor valor (0.47 g) y estadísticamente igual en Mengano y J-2 (0.19 g). Como se indicó existió diferencia en el tamaño y forma del fruto, incluso entre los mismos genotipos, lo cual se entiende por la variación propia que está reportada para la especie *Persea americana* Mill. (Rodríguez, 1992).



Figura 44. Comparación entre frutos de los tres genotipos estudiados: 'Hass' obovado (A), Jiménez-2 obovado (B) y Mengano piriforme(C)

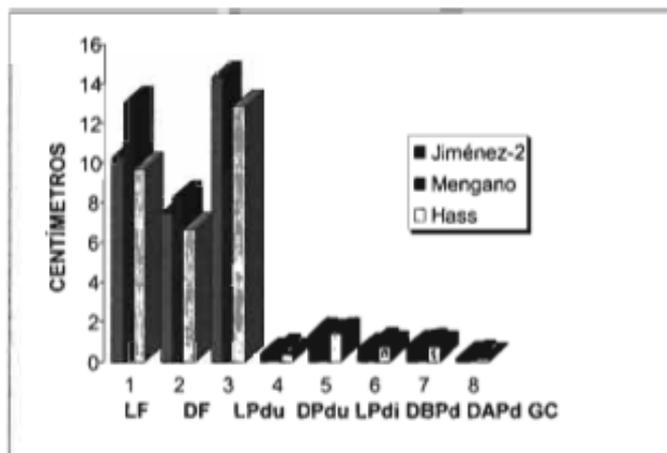


Figura 45. Caracteres de los frutos analizados de los tres genotipos de aguacate: longitud del fruto (LF), diámetro del fruto (DF), longitud del pedúnculo (LPdu), diámetro del pedúnculo (DPdu), longitud del pedicelo (LPdi), diámetro de la base del pedicelo (DBPd), diámetro del ápice del pedicelo (DAP) y grosor de la cáscara (GC).

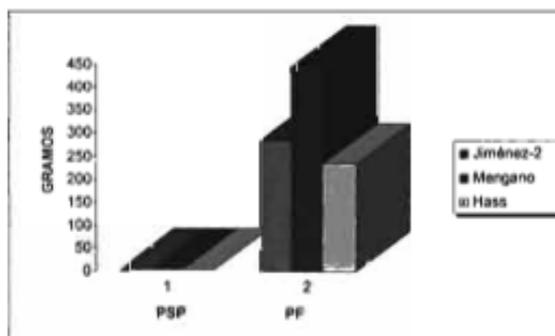


Figura 46. Diferencias en peso seco de la pulpa (PSP) y peso del fruto (PF) de los tres genotipos de aguacate analizados.

Cuadro 3. Comparación de medias para diez caracteres evaluados en frutos de tres genotipos de aguacate.

Longitud del fruto (cm)			Diámetro del fruto (cm)			Peso del fruto (g)		
Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo
Mengano	13.01	A	Mengano	8.26	A	Mengano	442.60	A
J-2	10.29	B	J-2	7.45	B	J-2	280.42	B
Hass	9.68	C	Hass	6.66	C	Hass	230.37	C

Longitud del pedúnculo (cm)			Diámetro del pedúnculo (cm)			Longitud del pedicelo (cm)		
Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo
J-2	14.28	A	Mengano	0.55	A	Hass	1.41	A
Hass	12.82	B	J-2	0.39	B	J-2	1.37	AB
Mengano	9.62	C	Hass	0.34	B	Mengano	1.32	B

Diámetro de base de pedicelo (cm)			Diámetro de ápice de pedicelo (cm)			Grosor de la cáscara (cm)		
Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo	Genotipo	Media ¹	Grupo
Mengano	0.94	A	Mengano	0.85	A	Mengano	0.25	A
Hass	0.74	B	J-2	0.79	A	J-2	0.17	B
J-2	0.67	B	Hass	0.74	A	Hass	0.11	C

¹ Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Peso seco de la pulpa (g)		
Genotipo	Media ¹	Grupo
Hass	0.47	A
Mengano	0.19	B
J-2	0.19	B

² Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

4.4.3.1 Contenido de aceite del fruto

Al hacer la comparación de medias en contenido de aceite del fruto, la variedad Hass y la variante Jiménez-2 no presentaron diferencias estadísticas, con un 22.907 y 22.597 %, respectivamente. Mientras que el menor (11.865 %) contenido lo presentó la variante Mengano. Con base en los parámetros indicados por Saavedra y López (1994) solo 'Hass' y Jiménez 2 mostraron un contenido de aceite aceptable, mientras que Mengano resultó muy por debajo del contenido de aceite ideal (20-25 %) para variedades de aguacate.

Cuadro 4. Comparación de medias para el carácter contenido de aceite en frutos de los tres genotipos de aguacate estudiados.

Genotipo	Contenido Aceite (%)	Grupo
Hass	22.907 ²	A
Jiménez 2	22.597	A
Mengano	11.865	B

² Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

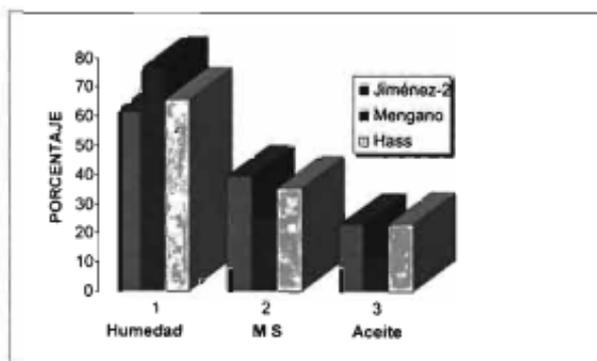


Figura 47. Contenido de humedad, materia seca y aceite en los tres genotipos de aguacate estudiados.

4.4.4 Semilla

Los análisis de varianza Cuadros del apéndice (22A-27A) y prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 6) que se efectuaron en las variables estudiadas, como: longitud de la cavidad de la semilla, diámetro de la cavidad, longitud de la semilla, diámetro de la semilla y peso de la semilla de los tres genotipos de aguacate, dieron como resultado diferencias altamente significativas, a excepción del carácter porcentaje de la semilla en peso en relación al fruto, ya que en los tres genotipos de semillas analizadas no hubo diferencias significativas resultando estadísticamente iguales. En la mayoría de los casos Mengano fue el más sobresaliente, por encima de J-2 y Hass como se puede observar en el Cuadro 6; las características mencionadas se pueden apreciar en las Figuras 48 y 49. Las características consideradas para semilla en cuanto a color amarillo crema coinciden con las reportadas por Scora *et al.* (2007) y Solares (1981) para la especie *Persea americana* Mill., aunque también se tuvo una ligera variación de esta coloración a ligeramente rosado o marfil. Los tres genotipos presentaron semillas de pequeñas a medianas con relación al tamaño del fruto lo cual está considerando dentro de los ideotipos de aguacate (Saavedra y López, 1994).

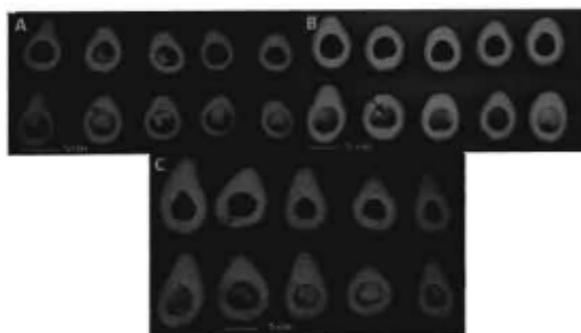


Figura 48. Comparación entre semillas: se encontró poca diferencia en las características de las semillas de los tres genotipos; Hass (A), Jiménez-2 (B) y Mengano (C).

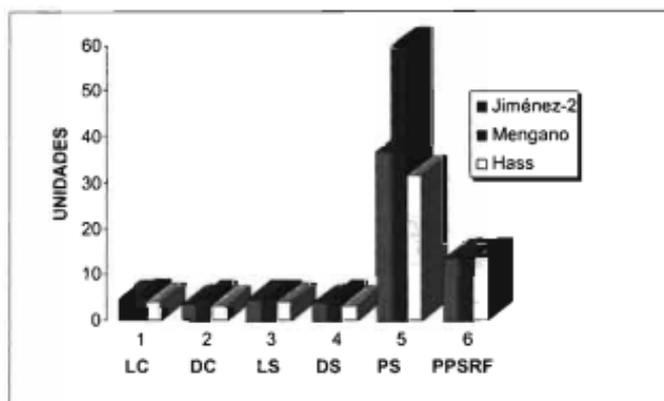


Figura 49. Características morfológicas de las semillas de los tres genotipos analizados: longitud de la cavidad (LC), diámetro de la cavidad (DC), longitud de la semilla (LS), diámetro de la semilla (DS), peso de la semilla (PS) y porcentaje en peso de la semilla con relación al fruto (PPSRF).

Cuadro 5. Comparación de medias para seis caracteres evaluados en semillas de tres genotipos de aguacate.

Longitud de la cavidad (cm)			Diámetro de la cavidad (cm)			Longitud de la semilla (cm)		
Genotipo	Media ²	Grupo	Genotipo	Media ²	Grupo	Genotipo	Media ²	Grupo
Mengano	4.81	A	Mengano	4.44	A	Mengano	4.82	A
J-2	4.46	B	J-2	3.70	B	J-2	4.45	B
Hass	4.09	C	Hass	3.38	C	Hass	4.09	C
Diámetro de la semilla			Peso de la semilla			% De semilla en peso/fruto		
Genotipo	Media ²	Grupo	Genotipo	Media ²	Grupo	Genotipo	Media ²	Grupo
Mengano	4.43	A	Mengano	59.79	A	Hass	13.71	A
J-2	3.71	B	J-2	36.85	B	J-2	13.64	A
Hass	3.37	C	Hass	31.87	B	Mengano	13.38	A

² Promedios con la misma literal en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.01).

V. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos e hipótesis planteados y procedimientos desarrollados en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- ✓ Los genotipos de aguacate Jiménez-2 y Mengano presentaron caracteres morfológicos en hojas flor y fruto que los ubican como variantes de la variedad Hass.
- ✓ Jiménez-2 presentó caracteres morfológicos de fruto semejantes a la variedad Hass, lo cual la hace candidato para ser explotado comercialmente.
- ✓ La variante Mengano presentó un bajo contenido de aceite con respecto a Hass, pero por su gran tamaño de fruto puede ser explotada con fines de procesamiento industrial.

VI. LITERATURA CITADA

- AOAC**, 1984 Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemistry. Washington D.C.
- APROAM**. 2006. Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán. Padrón de productores de aguacate. En línea [http://www.aproam.com//contenido estadística regional padrón de productores.htm.28/12/06](http://www.aproam.com//contenido_estadistica_regional_padron_de_productores.htm.28/12/06).
- ASEEAM**. 1998. El aguacate Mexicano: Producción y destino. Uruapan, Mich. 43 p.
- Bancomext**. 1998. Banco de Comercio Exterior. El aguacate en el mercado internacional. http://www.bancomext.com/sectorial/notas_aguacate.html
- Barrientos-Priego, A. F., Muñoz-Pérez, R., Borys, M. W. y Martínez- Damián, M.T.** 2000. Cultivares y portainjertos. En: Téliz, D. El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa. México. pp. 19-30.
- Barrientos-Priego, A.F., Borys, M. W., Escamilla-Prado, A., Ben- Ya'acov, De la Cruz-Torres, E. and López-López, L.**, 1992. Study of avocado germplasm resources, 1988-1990. IV. Findings in the Mexican Gulf Region. Proc. Of Second World Avocado Congress. 551-558.
- Barrientos P., A.F., R.B. Muñoz, P., J.C. Reyes A., M. W. Borys y M.T. Martínez D.** 2007. Taxonomía, cultivares y portainjertos. En: El Aguacate y Su Manejo Integrado. Téliz, D. y A. Mora. Segunda Edición. Editorial Mundi Prensa. México. pp: 29-62.
- Barrientos-Priego, A. F., López-López, L.** 2006. Historia y Genética del aguacate. En: www.avocadosource.com/Journals.
- Ben Ya'acov, A., G. Bufler, A.F. Barrientos-Priego, E. de la Cruz-Torres, and N. López-López** . 1992. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. I. General description of the international project and its findings. Proc. of Second World Avocado Congress 1992. pp: 535-541.
- Ben Ya'acov, A., A. Solis, M. and E. Peri.** 1995. Progress of the study of avocado genetic resources. II. The avocado genetic resources in Costa Rica. Program and book of abstracts of the world avocado congress III. October 22-27 Tel Aviv, Israel. 109 p.
- Bergh, B. O.** 1984. Avocado Varieties for California Avocado Society Yearbook 68: 75-93.
- Bergh, B. O.** 1992. The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook 76: 61-75.
- Bergh, B.O.** 1992. Aguacates. En: J.N. Moore J. Janick (Eds.). Avances en la genotecnia de frutales. AGT. Editor, S.A., México, D.F. pp: 687-720

- Bergh, B. O.** and Ellstrand, N. 1986. Taxonomy of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook 70: 135-145.
- Bergh, B. O.** and Lahav, E., 1996. Avocados. En: Janick, J. and Moore, J. N. Fruit Breeding, Vol. I., Tree and Tropical Fruits. John Wiley Sons, West Lafayette, Indiana, pp. 113-166.
- Blumenfield, A.** and S. Gazit. 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 (5): 442-448.
- Cano, C. G.** y J. S. Marroquin de la F. 1994. Taxonomía de plantas superiores. Ed. Trillas. México, D. F. 359 p.
- CICTAMEX**, 1991. Descriptores para aguacate. Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Folleto No. 1. Coatepec Harinas, Estado de México. 38 p.
- Crisci, J. V.** y López, M. F., 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (OEA). Washington, D. C. 132 p.
- García, E.**, 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. 3ª Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. D. F. 217 p.
- Gallardo, M.,** Luna, V. F., Martínez B. R., Paz, V. R., García, R. A. y Escalante, D. J. 1987. El origen de la producción aguacatera en el estado de Michoacán. Revista Fruticultura de Michoacán. Año II, Vol. 1 (2), 27 p.
- Gallegos, R.** 1983. Algunos aspectos de la producción del Aguacate en el Estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. Patronato Universitario. Grupo Editorial Gacetas, S.A. D.F. México. 87 p.
- González, A. F.** y Pita V. J. M., 2001. Conservación y caracterización de recursos filogenéticos. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola I.N.E.A. con la colaboración de Caja Rural del Duero. Valladolid, España. 279 p.
- Guillén-Andrade, H.,** B.N. Lara-Chavez, Gutierrez-Contreras, M., Ortiz Catón, M. y Angel Palomares E. 2007. Cartografía Agroecológica del Cultivo del Aguacate en Michoacán. Morevallado Editores de Morelia. Michoacán, México. 144 p.
- Hernández P., D.** 2001. El cultivo regional del aguacate en Michoacán a finales del siglo XIX. Memorias del 1er. Congreso Mexicano y Latinoamericano del Aguacate. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" U.M.S.N.H. Uruapan, Michoacán. 397 p.
- Hidalgo, R.** 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En: Franco, T. L. Hidalgo, Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos

- fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali Colombia. pp: 2-26.
- Kopp, L. E.** 1966. A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western Hemisphere (*Persea-Lauraceae*). *Memories of the New York Botanical Garden* 14(1): 1-120.
- Krishnamurthy, L. y J. Sahagún C.** 1991. Recursos Filogenéticos. Su conservación para un desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 13-47.
- Lahav, E., U. Lavi, S. Mhameed, Degani, Zamed, D. and Gazit, S.** 1995. 'Gil' a new avocado cultivar. *HortScience* 30: 158.
- Lahav, E., Lavi, U.** 2007. Genética y mejoramiento clásico. En: Witney, A. W., Schaffer, B. y Wolstenholme, B. N. 2007. *El Palto: botánica, producción y usos*. CABI Publishing Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 135 p.
- Noriega B., C.** 1948. El aguacate padre. *Revista Chapingo* 21:33-36.
- Ochse, J. J., Soule, M. J., Jr, Dijkman, M. J. and Wehlburg, C.** 1961. *Tropical and Subtropical Agriculture*. Vol. 1. Macmillan, New York, 760 pp.
- Querol, L. D.** 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Ed. Industrial Grafica, S.A. Lima, Perú. 218 p.
- Requejo, C., C. Lund, A. Whithe, M. Wong, McGhie, T., Eires, L., Boyd, L. and Wolf, A.**, 2003. Cold pressed avocado oil-a healthy development. V World Avocado Congress, Book of Abstracts.. Malaga, Spain. 460 p.
- Rodríguez, F. S.** 1992. El aguacate. AGT Editor, S.A. México, D.F. Cap. I pp. 13-26
- Rojas, W.** 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis MSc. Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 209 p.
- Ruehle, G. D.** 1972. *The Florida Avocado Industry*. Florida State Agricultural Experiment Station . Florida, USA. Bulletin 602.
- SAS, Institute Inc.** 1988. *SAS/TAT™ User's Guide*, Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1028 pp.
- Saavedra, G. C. y López, L. L.** 1994. Integración de un índice numérico para la selección en el cultivo del aguacate. En: *Memorias Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México*. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. pp. 107-112.

- Schieber, E., and Zentmyer, G. A.** 1987. *Persea zentmyerii*: a new species from Guatemala. California Avocado Society yearbook 76: 199-203.
- Salazar-García, S. and Lovatt, C. J.** 1998. GA₃ application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:791-797.
- Salazar-García, S.** 2007. Floración y Fructificación. En: Téliz, D. y Mora, A., 2007. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi-Prensa. México. D.F. pp. 63-86
- Sánchez, C., S.** 1987. Nuevas tecnologías en el cultivo del aguacate. Especialidad de Ingeniería Agronómica, Academia Mexicana de Ingeniería. D.F. México. 85 p.
- Sánchez, P. J. L.** 1995. La necesidad de la preservación de recursos genéticos del aguacate y sus parientes silvestres. En: Memorias Recursos Genéticos Potenciales, Tecnologías, alternativas y mercados para la agricultura de la región centro occidente de México. CRUCO-UACH. pp. 57-63
- Sánchez, P. J. L.; Alcántar, R. J. J., Coria, A. V. M., Anguiano C. J., Vidales, F. I., Tapia, V. L. M., Aguilera, M. J. L., Hernández, R. G. y Vidales, F. J. A.** 2001. Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP. Libro Técnico No. 1.
- Sánchez-Pérez, J. L.** 1999. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* V (No. Especial): 7-18.
- Schroeder, C. A.** 1944. The avocado inflorescence. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 28: 39-40.
- Scora, R. W., Wolstenholme, B. N. Lavi, U.** 2007. Taxonomía y botánica. En: Whitney, A. W., Schaffer, B. y Wolstenholme, B. N. 2007. El Palto: botánica, Producción y usos. CABI Publishing – Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. pp. 13-45
- Sedgley, M., Scholefield, P. B. and Alexander, B. McE.** 1985. Inhibition of flowering of Mexican-and Guatemaland-type avocados under tropical conditions. *Scientia Horticulturae* 25: 21-30.
- Smith, C. E. Jr.** 1966. Archaeological evidence for selección in avocado. *Economic Botany* 20, 169-175.
- Smith, N., J. Williams, Plunknett D.L. and Talbot J.P.** 1992. *Tropical Forest and their Crops* Comestock Publishing Associates, Cornell University Press. New York. USA. 568 p.
- Storey, W. B. Bergh O. and Zentmyer G.A.** 1986. The origin indigenous range and dissemination of the avocado. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 70: 132-133.

- Solares, M.** 1981. Técnicas y prácticas en el cultivo del aguacate. Editores Mexicanos Unidos, S.A. México, D.F. 226 p.
- Téliz, O. D., Mora, A. A.** 2007. Enfermedades del aguacate. En: Téliz, O. D., Mora, A. A. 2007. El aguacate y su manejo integrado. 2ª Edición. Mundi-Prensa. México, D.F.
- Téliz, O. D. y F.J. Marroquín P.** 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En: El aguacate y su manejo integrado. Téliz, D. y A. Mora (Coordinadores). Segunda Edición. Editorial Mundi Prensa. México. pp: 3-16.
- Tomer, E. and Gazit, S.** 1979. Early stages in avocado *Persea americana* (Mill.) fruit development: anatomical aspects. Botanical Gazette 140,304-309.
- Torres, N. H.** 2000. Colecta y caracterización de *Sprekelia formosissima* (L.) Herb. Una planta silvestre con potencial ornamental. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. 92 p.
- Westoby, J.,** 1989. Introduction to World Forestry. Basil Blackwel. Oxford, England.
- Williams, L.O.** 1977. The avocado, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. Economic Botany 31:315-320.
- Whiley, A. W., Schaffer, B. y Wolstenholme, B. N.** 2002. The Avocado: Botany, Production and Uses. CAB International pp. 9-11.
- Whitney, G. and Martin G.** 1995. Talking the california avocado breeding program into the next century. Proceedings of the world avocado congress III. October 22-27, 1995. Tel Aviv, Israel. pp: 114-118.
- Wilkins, W. C.** 1965. Asexual propagation in Mexico. California Avocado Society. Yearbook. Vol 49.

Páginas consultadas en Internet

<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/intra.html>

http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdeagr.html

www.avocado.org

VII. APÉNDICE

COMPARACION DE ANOVAS DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS

1A. Longitud de peciolo de hoja madura.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	16.678	8.339	7.130	0.0004
Error	27	31.578	1.169		
Total	29	48.257			

C V = 21.68 %

2A. Área de lámina foliar.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1076.000	538.000	7.5173	0.003
Error	27	1932.351	71.568		
Total	29	3008.351			

C V = 13.37 %

3A. Longitud de lámina foliar.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	83.887	41.941	40.04	0.0001
Error	27	28.283	1.049		
Total	29	112.170			

C V = 13.50 %

4A. Número de flores en eje principal.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1759.88	879.94	22.67	0.0001
Error	27	1047.73	38.80		
Total	29	2807.61			

C V = 19.55 %

5A. Longitud del eje principal.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	152.24	76.12	25.28	0.0001
Error	27	81.28	3.01		
Total	29	233.53			

C V = 13.21 %

6A. Numero de ramificaciones de inflorescencia.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	62.04	31.02	32.17	0.0001
Error	27	26.02	0.96		
Total	29	88.06			

C V = 13.50 %

7A. Longitud del pedicelo de la flor.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.05	0.02	7.96	0.002
Error	27	0.10	0.00		
Total	29	0.15			

CV=11.73

8A. Longitud del pétalo de la flor.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.16	0.08	6.32	0.006
Error	27	0.35	0.01		
Total	29	0.52			

CV = 21.56 %

9A. Anchura del pétalo de la flor.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.03	0.01	10.37	0.0001
Error	27	0.04	0.001		
Total	29	0.08			

CV = 14.63 %

10A. Longitud del sépalo de la flor.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.05	0.02	9.91	0.0001
Error	27	0.07	0.002		
Total	29	0.13			

CV = 12.10 %

11A. Anchura del sépalo de la flor.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.04	0.02	22.98	0.0001
Error	27	0.02	0.00		
Total	29	0.06			

CV = 13.86 %

12A. Longitud del fruto.

FV	Gl	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	62.81	31.40	85.76	0.0001
Error	27	9.88	0.36		
Total	29	72.69			

CV= 5.50 %

13A. Diámetro del fruto.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	12.86	6.43	25.79	0.0001
Error	27	6.73	0.24		
Total	29	19.59			

C V = 6.69 %

14A. Peso del fruto.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	246170.00	123085.00	58.42	0.0001
Error	27	56884.75	2106.84		
Total	29	303054.75			

C V = 14.44 %

15A. Longitud del pedúnculo.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	113.60	56.80	28.96	0.0001
Error	27	52.94	1.96		
Total	29	166.54			

C V = 11.43 %

16A. Diámetro del pedúnculo.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.25	0.12	9.54	0.0001
Error	27	0.36	0.01		
Total	29	0.61			

C V = 26.99 %

17A. Longitud del pedicelo del pedúnculo.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.03	0.01	1.01	0.378
Error	27	0.52	0.01		
Total	29	0.56			

C V = 10.14 %

18A. Diámetro de base del pedicelo del pedúnculo.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.37	0.18	5.94	0.007
Error	27	0.86	0.03		
Total	29	1.24			

C V = 22.73 %

19A. Diámetro de ápice del pedicelo del pedúnculo.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.06	0.03	1.06	0.35
Error	27	0.85	0.03		
Total	29	0.91			

C V = 22.21 %

20A. Grosor de la cascara del fruto.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.09	0.04	19.71	0.0001
Error	27	0.06	0.002		
Total	29	0.15			

C V = 26.79 %

21A. Peso seco de la pulpa del fruto.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.52	0.26	303.75	0.0001
Error	27	0.02	0.0008		
Total	29	0.55			

C V = 10.23 %

22A. Longitud de la cavidad de la semilla.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	5.59	1.29	22.86	0.0001
Error	27	1.53	0.05		
Total	29	4.13			

C V = 5.34 %

23A. Diámetro de la cavidad de la semilla.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	5.93	2.96	96.95	0.0001
Error	27	0.82	0.03		
Total	29	6.75			

C V = 4.34 %

24A. Longitud de la semilla.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	2.64	1.32	23.63	0.0001
Error	27	1.50	0.05		
Total	29	4.15			

C V = 5.30 %

25A. Diámetro de la semilla.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	5.85	2.92	99.25	0.0001
Error	27	0.79	0.02		
Total	29	6.64			

C V = 4.47 %

26A. Peso de la semilla.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	4435.07	2217.53	33.95	0.0001
Error	27	1763.47	65.31		
Total	29	6198.54			

C V = 18.86 %

27A. % de la semilla en peso con relación al fruto.

FV	GI	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.59	0.29	0.08	0.921
Error	27	97.45	3.60		
Total	29	98.04			

C V = 13.98 %

28A. Protocolo para extracción de aceite (AOAC, 1984).

1. Colocar los matraces en la estufa a una temperatura de 110 °C durante 2 horas hasta obtener peso constante.
2. Se transfieren los matraces a un desecador dejándolos enfriar antes de pesarlos.
3. Pesar aproximadamente 5 g de muestra (deshidratada) y colocarlos en un cartucho de papel filtro apropiado, introducirlo en el extractor Soxhlet.
4. Colocar el matraz balón en el aparato de extracción Soxhlet
5. Adicionar el solvente (aproximadamente 1.5 veces del volumen de la cámara de extracción).
6. Reflujar hasta que el hexano salga limpio y mantener a la temperatura de ebullición del solvente (aproximadamente 6 horas).
7. Apagar la parilla de calentamiento
8. Sacar los cartuchos
9. Recuperar el hexano evitando el reflujo.
10. Evaporar en la estufa los restos de solvente (10-20 min, 60-70 °C).
11. Dejar reposar en el desecador el matraz con la muestra.
12. Obtener el peso de la muestra.

29A. Formato para el registro de la información de campo

Variante: Mengano Ubicación: Huerta "Las Joyas" No. de Árbol: A-7 Fecha: 24 de agosto del 2005. Investigador: José Luis Gómez Chávez

S-Nº	4.5.1 FS	4.5.2 TSCTF	4.5.3 SC	4.5.4 CC	6.5.1 LCS	6.5.2 DCS	6.5.3 LS	6.5.4 DS	6.5.5 CS	6.5.6 ELCS	6.5.7 PS	6.5.8 %SRPF	6.5.9 FSTS	6.5.10 GSFM	6.5.11 AC
------	-------------	----------------	-------------	-------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------	---------------	-------------	----------------	---------------	----------------	--------------

CUADRANTE No. I POSICION: NE

1	5	5	2	1	4.8	4.3	4.8	4.3	1	0	55.5	18.59	1	0	3	1
2	4	5	2	1	4.6	3.4	4.6	3.4	1	0	29	11.72	1	0	3	1
3	5	5	1	1	4.3	3.8	4.3	3.8	1	0	39.5	14.64	1	0	3	1
4	5	5	2	1	5.1	4.1	5.1	4.1	1	0	50.5	16.66	1	0	3	1
5	4	7	2	1	4.8	4.2	4.8	4.2	1	0	55	19.53	1	0	3	1

CUADRANTE No. II POSICION: SE

1	5	7	2	1	4.7	4.2	4.7	4.2	1	0	49.7	18.44	1	0	3	1
2	5	3	2	1	3	2.4	3	2.4	1	0	10	4.18	1	0	3	1
3	5	5	2	1	4.8	4.1	4.8	4.1	1	0	47.8	20.47	1	0	3	1
4	5	5	2	1	4.9	3.9	4.9	3.9	1	0	42.1	14.83	1	0	3	1
5	4	5	2	1	4.2	3	4.2	3	1	0	24.6	12.33	1	0	3	1

CUADRANTE No. III POSICION: SW

1	4	7	3	1	4.9	4.3	4.9	4.3	1	0	51	17.54	1	0	3	1
2	5	3	3	1	4.8	3.9	4.8	3.9	1	0	47.8	17.88	1	0	3	1
3	4	7	3	1	4.7	4.1	4.7	4.1	1	0	51.5	18.89	1	0	3	1
4	5	7	3	1	4.7	3.9	4.7	3.9	1	0	53.8	18.87	1	0	3	1
5	4	3	2	1	2.6	2.3	2.6	2.3	1	0	11.5	9.76	1	0	3	1

CUADRANTE No. IV POSICION: NW

1	5	3	2	2	3	2.2	3	2.2	1	0	45.6	19.3	1	0	3	1
2	5	3	2	2	3.9	3.6	3.9	3.6	1	0	25.9	17.32	1	0	3	1
3	3	5	2	2	3.8	3.6	3.8	3.6	1	0	19.6	7.06	1	0	3	1
4	3	5	2	2	4	3.6	4	3.6	1	0	37.5	17.6	1	0	3	1
5	5	3	2	2	3.6	3.3	3.6	3.3	1	0	46.2	15.47	1	0	3	1