



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GENETICA

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE GENOTIPOS DE PITAHAYA (*Hylocereus* spp.)

GREGORIO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.

2013

La presente tesis, titulada: **Caracterización morfológica de genotipos de pitahaya (*Hylocereus spp.*)**, realizada por el alumno: **Gregorio Martínez Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GENÉTICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

Dr. Manuel Livera Muñoz

ASESOR:

Dr. José Alfredo Carrillo Salazar

ASESORA:

Dra. Yolanda D. Ortiz Hernández

Montecillo, Texcoco, Edo de México, Octubre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a esta tan prestigiada Institución que es El Colegio de Postgraduados, por brindarme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi formación académica. En especial Al Instituto de Recursos Genéticos y Productividad-Genética, por los conocimientos adquiridos en esta disciplina complementaria en mi carrera profesional.

Al Pueblo de México que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), financió mis estudios de maestría.

Al Dr. Manuel Livera Muñoz por su valiosa amistad, su apoyo brindado durante mis estudios y al desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Sr. Tomas Navarrete Rendón, por su trabajo en el mantenimiento del material genético y el apoyo brindado en campo para la realización de este trabajo.

Al Dr. José Alfredo Carrillo Salazar, por las valiosas sugerencias aportadas para mejorar el escrito.

A la Dra. Yolanda Donají Ortíz Hernández, por la revisión y enriquecimiento del presente trabajo.

A los profesores que contribuyeron al enriquecimiento de mi formación académica y a todas aquellas personas, que al no ser nombradas, no son menos importantes; y que de alguna manera contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.

SINCERAMENTE

GREGORIO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

DEDICATORIA

A mi esposa Esther Elizabeth Teran Guzmán:

Por ser mi compañera, mi cómplice, por brindarme apoyo en esta etapa de mi vida; sobre todo, por el amor, comprensión y sacrificio. Compartiendo alegrías y sin sabores, logros y fracasos. Sabiendo que lo importante es aprender a superarlos. Con todo mi amor.

A mi hijo José Miguel Martínez Teran:

Por los gratos momentos de felicidad que me brinda día con día, por su cariño y amor; es mi fuente de inspiración e impulso para seguir adelante y porque a través de sus sonrisas la carga de la vida es más fácil día con día. Con todo mi amor.

A mis padres Juan Martínez Germán y Margarita Hernández Buendía por todo su apoyo, hacerles saber que este logro también es de ellos.

A mis hermanos Gloria Martínez Hernández, José Juan Martínez Hernández y Juan Pablo Martínez Hernández, por estar a mi lado y ser los mejores hermanos que alguien pueda tener.

A la memoria de mi gente, de quienes tengo agradables recuerdos en ciertas etapas de mi vida.

A la familia Teran Guzmán por las palabras que motivan mi superación.

A mi familia por ser la fuente de inspiración para salir delante de cualquier adversidad y darme la fuerza para seguir luchando.

CON ADMIRACIÓN Y CARIÑO

GREGORIO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para entrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iv
SUMMARY	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1. Sitio del estudio.....	5
2.2. Material vegetal.....	6
2.3. Caracterización morfológica.....	6
2.3.1. Caracterización de filocladodios.....	6
2.3.2. Caracterización de yemas florales y flores.....	7
2.3.3. Caracterización de frutos.....	9
2.4. Análisis estadístico.....	10
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
3.1. Análisis de caracteres para filocladodios.....	11
3.1.1. Análisis de componentes principales.....	11
3.1.1.1. Valores propios.....	11
3.1.1.2. Vectores propios.....	11
3.1.2. Análisis de conglomerados jerárquicos (ACJ).....	16
3.1.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ.....	17
3.2. Análisis de caracteres para yemas florales y flores.....	20
3.2.1. Análisis de componentes principales.....	20
3.2.1.1. Valores propios.....	20
3.2.1.2. Vectores propios.....	20
3.2.2. Análisis de conglomerados jerárquicos.....	24
3.2.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ.....	25
3.3. Análisis de caracteres para frutos.....	29
3.3.1. Análisis de componentes principales.....	30
3.3.1.1. Valores propios.....	30
3.3.1.2. Vectores propios.....	30
3.3.2. Análisis de conglomerados jerárquicos.....	36
3.3.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ.....	37
3.4. Análisis con el total de caracteres.....	43
3.4.1. Análisis de componentes principales.....	43
3.4.1.1. Valores propios.....	43
3.4.1.2. Vectores propios.....	43
3.4.2. Análisis de conglomerados jerárquicos.....	49
3.4.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ.....	50
IV. CONCLUSIONES	56
LITERATURA CITADA	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Genotipos de pitahaya evaluados en esta investigación.....	6
2	Descriptores utilizados para caracterización de filocladodios en pitahaya.....	7
3	Descriptores utilizados para caracterización de yemas florales en pitahaya.....	8
4	Descriptores utilizados para caracterización de flores en pitahaya.....	8
5	Descriptores utilizados para caracterización de frutos en pitahaya.....	9
6	Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para filocladodios de 21 genotipos de pitahaya.....	11
7	Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para filocladodios de 21 genotipos de pitahaya.....	12
8	Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para yemas florales y flores de 21 genotipos de pitahaya.....	20
9	Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para yemas florales y flores de 21 genotipos de pitahaya.....	21
10	Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para fruto de 21 genotipos de pitahaya.....	30
11	Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para fruto de 21 genotipos de pitahaya.....	31
12	Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en 28 caracteres morfológicos cualitativos y 22 cuantitativos para pitahaya.....	43
13	Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en 28 caracteres morfológicos cualitativos y 22 cuantitativos para pitahaya.....	45
14	Caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, en dos formas de análisis.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Huerta experimental en Tepoztlán, Morelos.....	5
2	Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para filocladodios.....	13
3	Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-146, CP-149, CP-164, CP-140, CP-175, CP-141 y CP-171.....	14
4	Forma del margen entre areolas del genotipo CP-178.....	14
5	Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-162, CP-195, CP-165, CP-185 y CP-182.....	15
6	Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-154, CP-152, CP-120, CP-138, CP-139, CP-113, CP-119 y CP-111.....	15
7	Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres para filocladodios.....	16
8	Areola del genotipo CP-178.....	17
9	Areola de los genotipos CP-195 y CP-182.....	17
10	Areola de los genotipos CP-185 y CP-146.....	17
11	Areola de los genotipos CP-164, CP-149, CP-175, CP-171, CP-141 y CP-140.....	18
12	Areola del genotipo CP-165.....	18
13	Areola del genotipo CP-162.....	18
14	Areola del genotipo CP-139.....	18
15	Areola de los genotipos CP-154, CP-120, CP-152, CP-138, CP-113, CP-119 y CP-111.....	19
16	Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para yemas florales y flores.....	22
17	Forma de las yemas florales del primer grupo.....	22
18	Forma de las yemas florales del segundo grupo.....	23
19	Forma de las yemas florales del tercer grupo.....	23
20	Forma de las yemas florales del cuarto grupo.....	23

Figura		Página
21	Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres para yemas florales y flores.....	24
22	Flor del genotipo del primer grupo.....	25
23	Flor del genotipo del segundo.....	25
24	Flor del genotipo del tercer grupo.....	26
25	Flores de los genotipos del cuarto grupo.....	26
26	Flores de los genotipos del quinto grupo.....	27
27	Flor de los genotipos del sexto grupo.....	27
28	Flores de los genotipos del séptimo grupo.....	28
29	Flor del genotipo del octavo grupo.....	28
30	Flores de los genotipos del noveno grupo.....	29
31	Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para fruto.....	32
32	Corte longitudinal de los fruto del primer grupo.....	33
33	Corte longitudinal de los frutos del segundo grupo.....	33
34	Corte longitudinal de los frutos del tercer grupo.....	34
35	Corte longitudinal de fruto del cuarto grupo.....	34
36	Corte longitudinal del fruto del quinto grupo.....	35
37	Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres para fruto.....	36
38	Fruto del primer grupo.....	37
39	Fruto del segundo grupo.....	37
40	Fruto del tercer grupo.....	38
41	Frutos del cuarto grupo.....	38
42	Frutos del quinto grupo.....	39
43	Fruto del sexto grupo.....	39
44	Frutos del séptimo grupo.....	40
45	Fruto del octavo grupo.....	40
46	Frutos del noveno grupo.....	41
47	Frutos del décimo grupo.....	41

Figura		Página
48	Frutos del décimo primer grupo.....	42
49	Dispersión de 21 accesiones de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres cualitativos (22) y cuantitativos (28).....	46
50	Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres cualitativos (22) y cuantitativos (28).....	49
51	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del primer grupo.....	50
52	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del segundo grupo.....	50
53	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del tercer grupo.....	51
54	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del cuarto grupo.....	51
55	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del quinto grupo.....	52
56	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del sexto grupo.....	52
57	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del séptimo grupo.....	53
58	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del octavo grupo.....	54
59	Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del octavo grupo.....	55

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE GENOTIPOS DE PITAHAYA (*Hylocereus* spp.)

Gregorio Martínez Hernández, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013.

RESUMEN

Las pitahayas son utilizadas desde tiempos prehispánicos; sin embargo, solo desde hace poco más de dos décadas se han establecido como cultivo, con gran potencial para coadyuvar al desarrollo agrícola y económico de México y otros países. Conocer la diversidad de un recurso vegetal permite elegir estrategias para su mejor aprovechamiento. Por tal motivo, el propósito de este trabajo fue la caracterización morfológica de 21 genotipos de pitahaya (*Hylocereus* spp.) cultivados en Tepoztlán Morelos, México. La caracterización morfológica se realizó con 28 caracteres cuantitativos y 22 cualitativos de yemas florales, flores, filocladodios y frutos. Con base en análisis de componentes principales los genotipos se diferenciaron principalmente por caracteres de fruto. Los tres primeros componentes principales explican 77.6 % de la variación entre genotipos en las características de fruto; 76.0 % en caracteres de filocladodios y en 61.1 % en los caracteres de yemas florales y flores. El análisis de conglomerados jerárquicos determinó la conformación de ocho grupos: grupo (I) integró al genotipo CP-178; grupo (II) el genotipo CP-146; grupo (III) el genotipo CP-185; grupo (IV) integró los genotipos CP-195 y CP-182; grupo (V) conformo los genotipos CP-165 y CP-164; grupo (VI) integró el genotipo CP-162; grupo (VII) integró los genotipos CP-175, CP-171, CP-149, CP-141 y CP-140; y el grupo (VIII) conformo los genotipos CP-138, CP-154, CP-113, CP-139, CP-152, CP-120, CP-119 y CP-111. Los cuales reúnen características semejantes en sus estructuras caracterizadas.

Palabras clave: *Hylocereus* spp., caracterización, genotipos, pitahaya.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF GENOTYPES OF PITAHAYA (*Hylocereus* spp.)

Gregorio Martínez Hernández, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013.

SUMMARY

The pitahayas are utilized since prehispanic times. However, only for the last two decades pitahayas have become a new crop in Mexico, with great potential to contribute to its agricultural and economic development and for other countries also. Knowing the diversity of a plant resource can help to choose strategies for better, rational utilization. Therefore, the purpose of this work was to characterize morphologically 21 genotypes of pitahaya (*Hylocereus* spp.) grown in Tepoztlan Morelos, Mexico. Morphological characterization was performed with 28 quantitative and 22 qualitative traits of flower buds, flowers, filocladodes and fruits. Based on principal component analysis, genotypes differed mainly in fruit characteristics. The three principal components explained 77.6% of all variation among genotypes in fruit characteristics, 76.0% in filocladodes and 61.1 % in flower buds and flowers traits. The cluster analysis determined the conformation of eight groups: group (I) includes CP-178 genotype, group (II) CP-146 genotype, group (III) CP-185 genotype, group (IV) integrated genotypes CP-195 and CP-182, group (V) genotypes settle CP-165 and CP-164, group (VI) integrated CP-162 genotype, group (VII) Complete genotypes CP-175, CP-171, CP-149, CP-141 and CP-140, and the group (VIII) genotypes settle CP-138, CP-154, CP-113, CP-139, CP-152, CP-120, CP-119 and CP-111. These groups include genotypes with similar characteristics in the structures considered in this investigation.

Index Words: *Hylocereus* spp., characterization, genotypes, pitahaya.

I. INTRODUCCIÓN

Mesoamérica, que comprende parte de México y Centroamérica, es una de las regiones del mundo con mayor riqueza florística y se ha señalado como centro de origen y diversidad de plantas cultivadas que han adquirido gran importancia a nivel mundial (Borys *et al.*, 2001). Dentro de los recursos fitogenéticos de interés para la agricultura de México se distinguen dos grupos: los autóctonos y los introducidos. Los primeros son aquellos originarios del país, generalmente con diversidad considerable (Ortega *et al.*, 2000), la cual es base para la producción y la obtención de nuevas variedades, con técnicas tradicionales y biotecnológicas de mejoramiento genético (Ramírez *et al.*, 2000).

México es parte importante del centro de origen Mesoamericano de las cactáceas (Guzmán *et al.*, 2007), grupo de plantas con usos diversos (medicinal, ornato, alimento, etc.) adaptadas a regiones climáticas y edáficas adversas (Gibson y Nobel, 1986; Bravo *et al.*, 1991; Legaria *et al.*, 2005).

Las pitahayas pertenecen a la familia Cactácea, subfamilia *Cactoideae*, tribu *Hylocereeae*, subtribu *Hylocereinae* y género *Hylocereus* (Britton y Rose, 1963; Bravo, 1978). El número de especies del género ha variado de 31 a 16 (Bravo, 1978; Castillo *et al.*, 1996) y Hunt (2006) indica que se reconocen 14 especies.

Las pitahayas se distribuyen en México, Centroamérica, el Caribe y América del Sur, y posiblemente en estas regiones fue donde se originaron y diversificaron (Legarías *et al.*, 2005; Hunt, 2006). Debido a su gran potencial agrícola y económico, desde hace dos décadas se inició el establecimiento de su cultivo en México y diversas partes del mundo; además de coadyuvar al desarrollo agrícola y económico donde se cultiva (Rodríguez, 2000; Rodríguez, 2003).

En México existen cuatro especies de *Hylocereus*, siendo tres (*H. undatus*, *H. Purpusii*, *H. ocamponis*) y una subespecie (*H. undatus sub sp. luteocarpus* “Cáliz de Dios”) las de importancia como frutal (Livera *et al.*, 2010).

Su amplia variabilidad genética les confiere enorme potencial para generar variedades que permitan ofertar frutas con distintas características, o bien obtener variedades con cualidades definidas por los consumidores o requeridas en los procesos de industrialización haciéndolo un cultivo productivo y rentable (Rodríguez, 2000). Por tales razones, varios países, incluido México, se han interesado por cultivar esta especie (Castillo *et al.*, 2005).

La pitahaya se ha introducido a países con marcadas diferencias en clima y suelo (Mizrahi *et al.*, 2002). Se distribuyó de América a Asia (China, Japón, Taiwán, Vietnam, Indonesia y Corea), Europa (Italia, España) y Medio Oriente (Israel), donde ha tenido amplia aceptación. Nicaragua, Colombia, Guatemala, México, Costa Rica, Panamá y Venezuela son los países de América que cuentan con plantaciones comerciales (Flores, 2003; Meráz *et al.*, 2003; Calix de Dios *et al.*, 2001). Como señala la tendencia mundial, se apropiarán de los recursos genéticos y eventualmente registrarán variedades (Livera *et al.*, 2010).

El estudio y clasificación de las especies del género *Hylocereus* es todavía incipiente (Calix de Dios *et al.*, 2001). Se pueden encontrar diferencias morfológicas en la flor, tallo, areolas y fruto, y en ocasiones estas diferencias son resultado del efecto ambiental (Calix de Dios *et al.*, 2001). La expresión de cada una de las características morfológicas de la planta (tallo, yema floral, flor y fruto) varía, dependiendo de la especie y/o genotipo.

La situación se caracteriza por una demanda insatisfecha y creciente, ante lo cual los productores han optado por pasar los mejores especímenes de sus huertos familiares, incluso de agostaderos, a sus parcelas agrícolas para formar plantaciones comerciales, a lo cual Livera *et al.*, (2010) indican que los problemas actuales de la producción de pitahaya en México son: frutos desabridos (8 °Brix), bajo amarre de frutos, plagas y enfermedades, manejo poscosecha y mercado deficiente, entre otros.

Con el propósito de coadyuvar a la solución de algunos de estos problemas, en el Colegio de Postgraduados desde 1994 se lleva a cabo el proyecto Recursos Genéticos de *Hylocereus*: Conservación y Uso Sustentable en el Postgrado en Genética en el que se han realizado investigaciones relacionadas con la recolección, caracterización, evaluación, conservación y mejoramiento genético (hibridación y selección), el cual cuenta con genotipos sobresalientes, productivos y con fruto de calidad (Livera *et al.*, 2010) y actualmente se tiene interés en la caracterización y registro de genotipos sobresalientes.

Para la caracterización y evaluación se utilizan descriptores, que son caracteres considerados importantes y/o útiles en la descripción de una muestra, las cuales deben ser fácilmente observables, tener una alta acción discriminante y baja influencia ambiental; a cada descriptor se le asigna un estado que puede ser: un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo, que se registra *in situ* o *ex situ* dependiendo de la naturaleza del descriptor (González, 2001).

Enseguida del registro de los descriptores considerados en la caracterización, los datos obtenidos se analizan a través de técnicas estadísticas adecuadas, que van desde el uso de gráficos y estadísticos de tendencia central y dispersión, hasta los multivariados (Hidalgo, 2003).

El registro de una variedad vegetal se realiza en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), y la protección de los derechos del obtentor (DOV) se solicita de acuerdo a los términos que establece la Ley Federal de Variedades Vegetales (LFVV) y cumplir con el protocolo de la Unión Internacional de Protección de Obtentores Vegetales (UPOV), que se refiere a la Acta (Convenio) de 1978, a la que México está adherido (Carballo *et al.*, 2010). Para la inscripción de una variedad vegetal en el CNVV con fines de producir y comercializar semilla calificada en sus diferentes categorías: Básica, Registrada y Certificada, se requiere que dicha variedad este bien descrita, de acuerdo a las reglas que para tal efecto emite la Secretaría (SAGARPA), para destacar sus caracteres pertinentes que permiten su identificación.

Adicionalmente deberá cumplir con los requisitos de ser distinta, homogénea y estable. Situación que se conoce como DHE de las variedades y que les permite diferenciarse de las variedades de Uso Común o de Dominio Público y de las otras categorías de semillas expresadas en la propia Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LFPCCS), como son las semillas categoría Habilitada o categoría Declarada (Carballo *et al.*, 2010).

El objetivo de este trabajo es caracterizar morfológicamente estos genotipos sobresalientes e identificar características o descriptores útiles para distinguir variedades.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio del estudio

El estudio se desarrolló en una huerta experimental del PRGP-Genética del Colegio de Postgraduados en Tepoztlán, Morelos (Figura 1) a 1,541 m sobre el nivel del mar. El clima predominante es templado con verano cálido y se clasifica como (A)Ca(w2)(w)(i)g (García, 1988). Los meses más calurosos son de marzo a mayo, con vientos dominantes de norte a sur. La precipitación pluvial promedio anual es 1,384 mm, y la temperatura promedio es 28 °C; la distribución de lluvia es del mes de junio a octubre y el periodo estival de noviembre a mayo.



Figura 1. Huerta experimental en Tepoztlán, Morelos.

La huerta experimental de pitahaya cuenta con una superficie de 1.8 ha, la cual se estableció en el año 2002; se ubica en un terreno pedregoso con pequeños lomeríos y pendiente menor a 5 %.

2.2. Material vegetal

Se estudiaron 21 genotipos de pitahaya, del proyecto Recursos Genéticos de *Hylocereus*: Conservación y Uso Sustentable, del Colegio de Postgraduados, establecidos con espaciamiento de 5 m entre líneas y 4 m entre plantas, sobre tutores vivos de *Erythrina* sp. y/o *Spondias* sp. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos de pitahaya evaluados en esta investigación.

Genotipo	Genotipo	Genotipo	Genotipo
CP-111	CP-140	CP-162	CP-182
CP-113	CP-141	CP-164	CP-185
CP-119	CP-146	CP-165	CP-195
CP-120	CP-149	CP-171	
CP-138	CP-152	CP-175	
CP-139	CP-154	CP-178	

2.3. Caracterización morfológica

Se registraron 50 caracteres: 12 de tipo vegetativo en filocladodios jóvenes y maduros, 22 en yemas florales y flores y 16 en frutos (Cuadros 2, 3, 4 y 5).

La unidad experimental fue una planta y el experimento se estableció con base en el diseño completamente al azar. En filocladodios y frutos maduros se hicieron seis repeticiones por genotipo y en filocladodios jóvenes, yemas florales y flores, el número de repeticiones fue cuatro por genotipo.

2.3.1. Caracterización de filocladodios

Se cortaron tres filocladodios maduros por planta, por lo que se tuvieron 18 repeticiones por genotipo. En cambio, se cortaron dos filocladodios jóvenes por planta, para tener 8 repeticiones por genotipo. En total se registraron 12 caracteres, seis de tipo cuantitativo y seis de tipo cualitativo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descriptores utilizados para caracterización de filocladodios en pitahaya.

Sigla	Carácter	Escala de medición
TF	Tamaño del filocladodio	cm
TXF	Textura de la superficie	1) Lisa, 2) Rugosa
PCE	Presencia de cera	1) Presente, 2) Ausente
DAR	Distancia entre aréolas	cm
FMA	Forma del margen entre areolas	1) Cóncavo, 2) Convexo, 3) Recto
ANC	Ancho de las costillas	cm
ALON	Altura de las ondulaciones entre aréolas sucesivas en una costilla	cm
CAR	Coloración de areolas	1) Gris claro, 2) Gris, 3) Gris oscuro, 4) Amarillo opaco
NEA	Número de espinas por areola	Número
LEG	Longitud de la espina más grande	cm
CES	Color de espinas	1) Café opaco, 2) Café hueso, 3) Café claro, 4) Café, 5) Café oscuro
PRV	Pigmentación en las puntas y márgenes de los retoños vegetativos	1) Ausente, 2) Ligera, 3) Intensa

El tamaño de filocladodio y la distancia entre areolas se registraron con una cinta métrica (Pretul[®] modelo PRO-3ME). El ancho de costilla, altura de las ondulaciones entre areolas sucesivas en una costilla y longitud de la espina más grande se midió con un vernier digital (Truper[®] modelo CALDI-6M).

2.3.2. Caracterización de yemas florales y flores

Se cortaron dos yemas florales y dos flores por planta, para tener 8 repeticiones por genotipo. Se registraron 22 caracteres totales, de los cuales 10 fueron cuantitativos y 12 cualitativos (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Descriptores utilizados para caracterización de yemas florales en pitahaya.

Sigla	Carácter	Escala de medición
FYFL	Forma de la yema floral	1) Circular, 2) Elíptica, 3) Achatada
FAYFL	Forma del ápice de la yema floral	1) Aguda, 2) Redonda
CYFL	Color de la yema floral	1) Verde, 2) Amarillo verdoso, 3) Rojo intenso

Cuadro 4. Descriptores utilizados para caracterización de flores en pitahaya.

Sigla	Carácter	Escala de medición
LFL	Longitud de la flor	cm
CRB	Presencia de color rojo en las brácteas del (pericarpelo y tubo)	1) Ausente, 2) Ligero, 3) Medio, 4) Intenso
PCRSX	Patrón de coloración roja en segmentos externos	1) Ninguno, 2) En márgenes 3) En bandas, 4) En ápices
CTEP	Coloración de los tépalos externos del perianto (en la mitad superior)	1) Verde, 2) Verde cremoso, 3) Verde amarillento, 4) Amarillo verdoso, 5) Amarillo verde rojizo
CTIP	Coloración de los tépalos internos del perianto	1) Blanco, 2) Blanco cremoso, 3) Cremoso, 4) Amarillo cremoso
LPEC	Longitud del pericarpelo antes de antesis	cm
APEC	Ancho del pericarpelo antes de antesis	cm
LPEA	Longitud del perianto antes de antesis	cm
LES	Longitud del estilo	cm
GES	Grosor del estilo en la parte media	cm
NLES	Número de lóbulos del estigma	Número
BLO	Bifurcación de los lóbulos del estigma	1) Ausencia, 2) Presencia
CLO	Color de lóbulos	1) Crema verdoso, 2) Verde cremosos, 3) Verde amarillento, 4) Amarillo cremoso, 5) Amarillo
CEST	Color del estigma	1) Crema, 2) Amarillo cremoso
DH	Distancia hercogámica	1) Ausente, 2) Presente
FCO	Forma de la cavidad ovárica (corte longitudinal)	1) Pera, 2) Redonda, 3) Elíptica
EPCO	Eje polar del lóculo del ovario	cm
EECO	Eje ecuatorial del lóculo del ovario	cm
FFL	Flujos de floración	Número

Los caracteres longitud de la flor, longitud del pericarpelo, longitud del perianto y longitud del estigma se registraron con una regla de 30 cm de longitud. En un corte longitudinal de la flor, se midió con un vernier digital el eje polar y el eje ecuatorial del lóculo del ovario, y el grosor del estilo en la parte media.

2.3.3. Caracterización de frutos

Se cortaron tres frutos maduros por planta, para tener 18 frutos por cada genotipo. Se evaluaron 16 caracteres, 12 cuantitativos y cuatro cualitativos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Descriptores utilizados para caracterización de frutos en pitahaya.

Sigla	Carácter	Escala de medición
CC	Color de cáscara excluyendo brácteas	1) Amarillo, 2) Verde, 3) Rosa tenue, 4) Rosa intenso, 5) Rojo, 6) Purpura
LFR	Largo	cm
AFR	Ancho	cm
RLAFR	Relación largo/ancho	cm
FFR	Forma	1) Elongada, 2) Redonda, 3) Comprimido
NBR	Número de brácteas	Número
LBA	Longitud de la bráctea más larga del ápice	cm
LBE	Longitud de brácteas ecuatoriales	cm
ABE	Ancho de brácteas ecuatoriales	cm
CBE	Color de las brácteas ecuatoriales	1) Verde, 2) Verde amarillento, 3) Rosa con verde, 4) Rosa, 5) Rosa con purpura, 6) Rojo, 7) Purpura con verde, 8) Amarillo con verde
GP	Grosor del pericarpio	cm
PCA	Peso de la cascara	g
PFR	Peso del fruto	g
RCP	Relación cáscara/pulpa	g
CPU	Color de pulpa	1) Blanca, 2) Rosa tenue, 3) Rosa, 4) Rosa intenso, 5) Rojo tenue, 6) Rojo intenso, 7) Purpura
SS	Sólido	°Brix

Los caracteres de fruto se registraron en estado maduro, cuando 70 % del pericarpio cambió de color verde a rosa, rojo o amarillo. El peso de fruto se obtuvo con una balanza digital (Ohaus[®], modelo CS-5000) y la longitud y ancho, tanto de fruto como de sus brácteas, se realizó con un vernier digital. La determinación del grosor de la cáscara y sólidos solubles totales, se hizo en la parte media de un corte longitudinal del fruto maduro con un vernier digital y un refractómetro manual (Daigger[®], 0-32 %, resolución 0.2%), respectivamente. El contenido de sólidos solubles totales (SST) se determinó en jugo del fruto en grados Brix; para esto se colocaron unas gotas de jugo en el refractómetro, previamente calibrado con agua destilada.

2.4. Análisis estadístico

Los resultados se codificaron en una hoja de cálculo y se obtuvo una matriz básica de datos por cada estructura caracterizada que contenía las observaciones de cada carácter por genotipo. Con la matriz se hizo un análisis multivariado con los programas estadísticos NTSYSp[®] (Numerical Taxonomy System Ver. 2.21o) y SAS[®] (Statistical Analysis System Ver. 9.0), para comparar los resultados y determinar la variabilidad morfológica entre accesiones.

Para el proceso de la información, se estandarizaron los datos obtenidos. El análisis por componentes principales se realizó mediante la obtención de una matriz de correlaciones entre caracteres. Se consideraron los valores propios (Eigenvalues) y los vectores propios (Eigenvectors). Los componentes principales se graficaron en un plano bidimensional, para agrupar las accesiones caracterizadas.

Con el paquete estadístico NTSYSp[®] se realizó el análisis de conglomerados jerárquicos mediante la matriz de distancias taxonómicas medias entre caracteres y el algoritmo por agrupamiento jerárquico (UPGMA) y con el programa estadístico SAS[®] se realizó este análisis con la matriz de correlaciones entre caracteres y el algoritmo por agrupamiento jerárquico (WARD), los cuales generaron un dendrograma para distinguir los grupos conformados por las accesiones caracterizadas.

Con fines ilustrativos se incluyeron en el presente trabajo los gráficos obtenidos con el paquete estadístico NTSYSp[®] (Numerical Taxonomy System Ver. 2.21o).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de caracteres para filocladodios

3.1.1. Análisis de componentes principales (ACP)

3.1.1.1. Valores propios

El análisis de componentes principales con base en la matriz de correlación de 12 variables (seis cuantitativas y seis cualitativas) para filocladodios, indicó que con los primeros tres componentes principales (CP) se explica el 76.0% de la variación total entre los genotipos caracterizados (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para filocladodios de 21 genotipos de pitahaya.

CP	Valor propio	Proporción	Acumulado
CP1	4.01	33.47	33.47
CP2	3.24	27.06	60.53
CP3	1.86	15.53	76.06

3.1.1.2. Vectores propios

En el Cuadro 7 se representan los vectores propios correspondientes a los tres primeros componentes principales. Las variables que contribuyen significativamente a cada componente principal son: En el **CP1**, la textura de la superficie del filocladodio (TXF), la presencia de cera en la superficie del filocladodio (PCE), el número de espinas por areola (NEA), y el color de las espinas (CES). En el **CP2**, el tamaño del filocladodio (TF), y la distancia entre areolas sucesivas (DAR). En el **CP3**, la altura de las ondulaciones entre areolas sucesivas (ALON), y la pigmentación en retoños vegetativos (PRV). Con esto se demuestra que estos son los caracteres con mayor influencia en la distinción de grupos.

Cuadro 7. Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para filocladodios de 21 genotipos de pitahaya.

Variables	Componentes principales		
	CP1	CP2	CP3
TF	0.3346	0.8500	0.0539
TXF	0.7632	-0.6247	-0.0856
PCE	-0.7632	0.6247	0.0856
DAR	-0.0973	0.9708	0.0463
FMA	-0.4628	0.0606	-0.2208
ANC	0.6737	0.5914	-0.1789
ALON	-0.4441	-0.1077	0.7616
CAR	-0.2056	-0.1081	0.2552
NEA	0.8649	0.3879	-0.2063
LEG	0.6315	-0.3410	0.6234
CES	0.7962	0.1618	0.1834
PRV	0.2041	0.3637	0.8084

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Ramírez (1999), Maldonado (2000), Grimaldo (2001), Aguirre (2002), Potrero (2003) y Castillo *et al.*, (2005) quienes concluyeron que los caracteres más importantes para filocladodios, son: el tamaño, textura, presencia de cera, la distancia entre aréolas, la altura de las ondulaciones entre areolas sucesivas, número de espinas por aréolas, color de las espinas y la pigmentación en retoños vegetativos. Se coincide con Potrero (2003) en que el número de espinas por areola es una variable importante, porque permite diferenciar algunos genotipos. La altura de las ondulaciones y su área le permitieron a Grimaldo (2001) separar genotipos. De igual forma se coincide con Cruz (2008) que observó en variables de tallos diferencias estadísticas, siendo la presencia de cera una de las más importantes.

Graficar los componentes principales en un plano bidimensional, permite agrupar las accesiones por similitudes y formar grupos homogéneos. En la Figura 2 se representa la dispersión correspondiente al **CP1** y **CP2**.

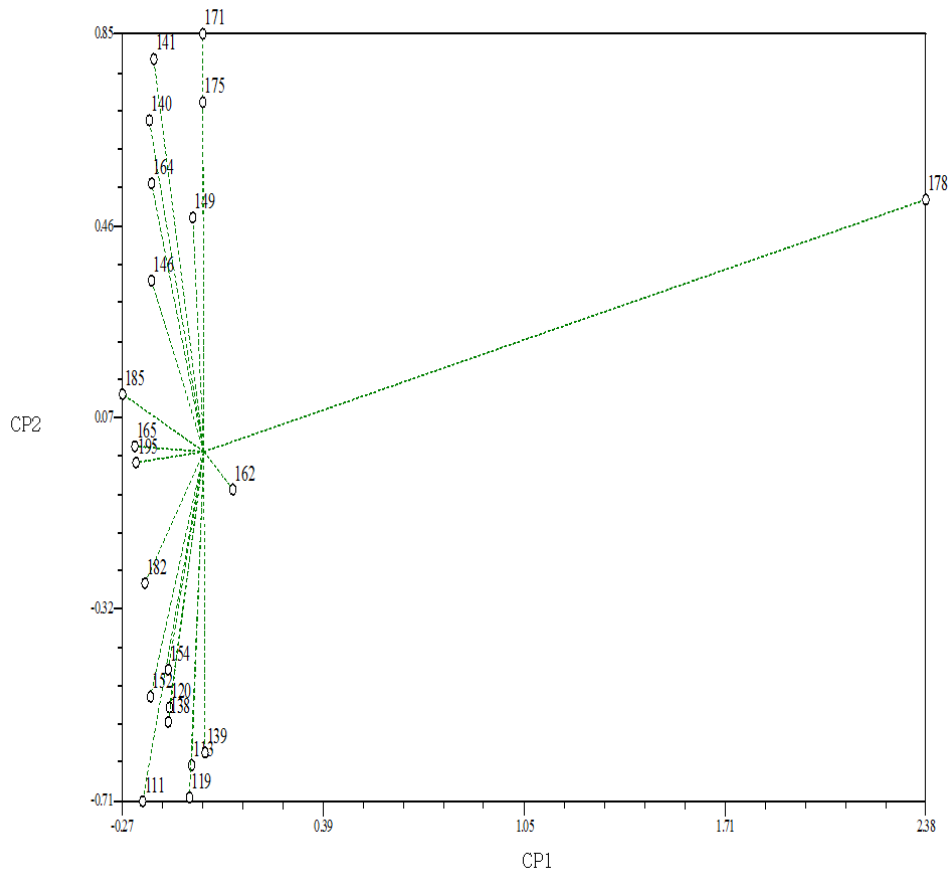


Figura 2. Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para filocladodios.

Los caracteres del filocladodio, ayudan de manera significativa hacer una mejor distinción de grupos o genotipos. Los caracteres que determinan al **CP1** son para forma y en el **CP2** son para tamaño de los filocladodios. Lo cual permite distinguir cuatro grupos.

El primer grupo se integró por siete genotipos; donde los filocladodios presentan superficie lisa, no hay presencia de cera, su tamaño es de 50-60 cm y la distancia entre areolas de 4-6 cm (Figura 3).

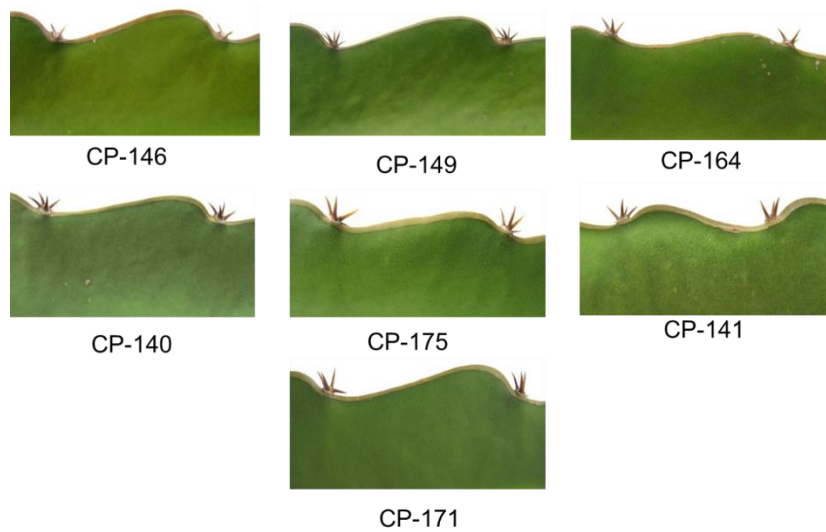


Figura 3. Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-146, CP-149, CP-164, CP-140, CP-175, CP-141 y CP-171.

El segundo grupo integró un genotipo; donde los filocladodios presentan superficie lisa, hay presencia de cera, su tamaño es de 30-40 cm y la distancia entre areolas es de 2-3 cm (Figura 4).



Figura 4. Forma del margen entre areolas del genotipo CP-178.

El tercer grupo lo integraron cinco genotipos; los filocladodios de estos cinco genotipos presentan superficie lisa, no hay presencia de cera, su tamaño es de 35-45 cm y la distancia entre areolas de 3-5 cm (Figura 5).

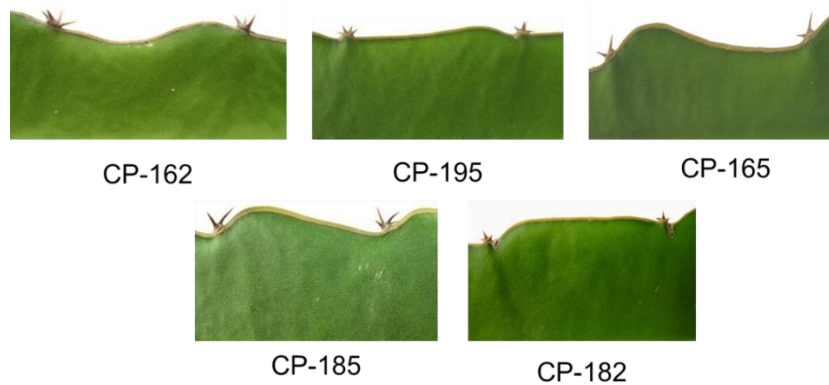


Figura 5. Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-162, CP-195, CP-165, CP-185 y CP-182.

El cuarto grupo integró ocho genotipos; donde los filocladodios de estos ocho genotipos presentan superficie lisa, no hay presencia de cera, su tamaño es de 30-45 cm y la distancia entre areolas es de 3-4 cm (Figura 6).

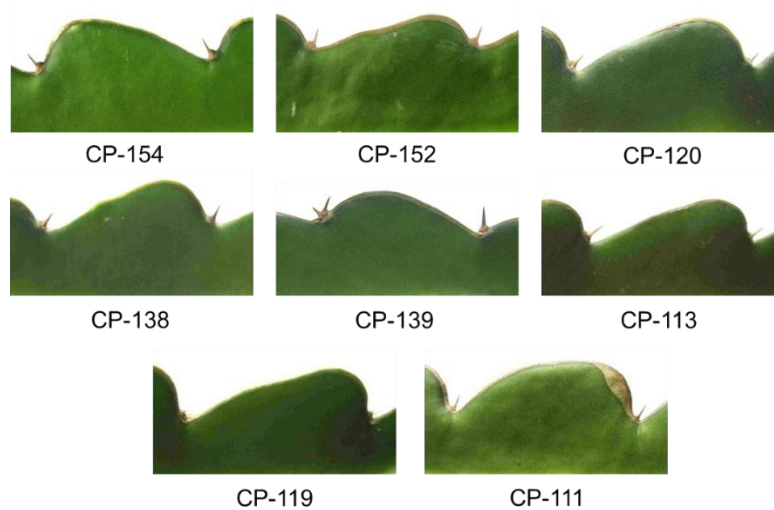


Figura 6. Forma del margen entre areolas de los genotipos CP-154, CP-152, CP-120, CP-138, CP-139, CP-113, CP-119 y CP-111.

3.1.2. Análisis de conglomerados jerárquicos (ACJ)

Con base en una distancia de ligadura de 0.72 se determinaron ocho grupos (Figura 7).

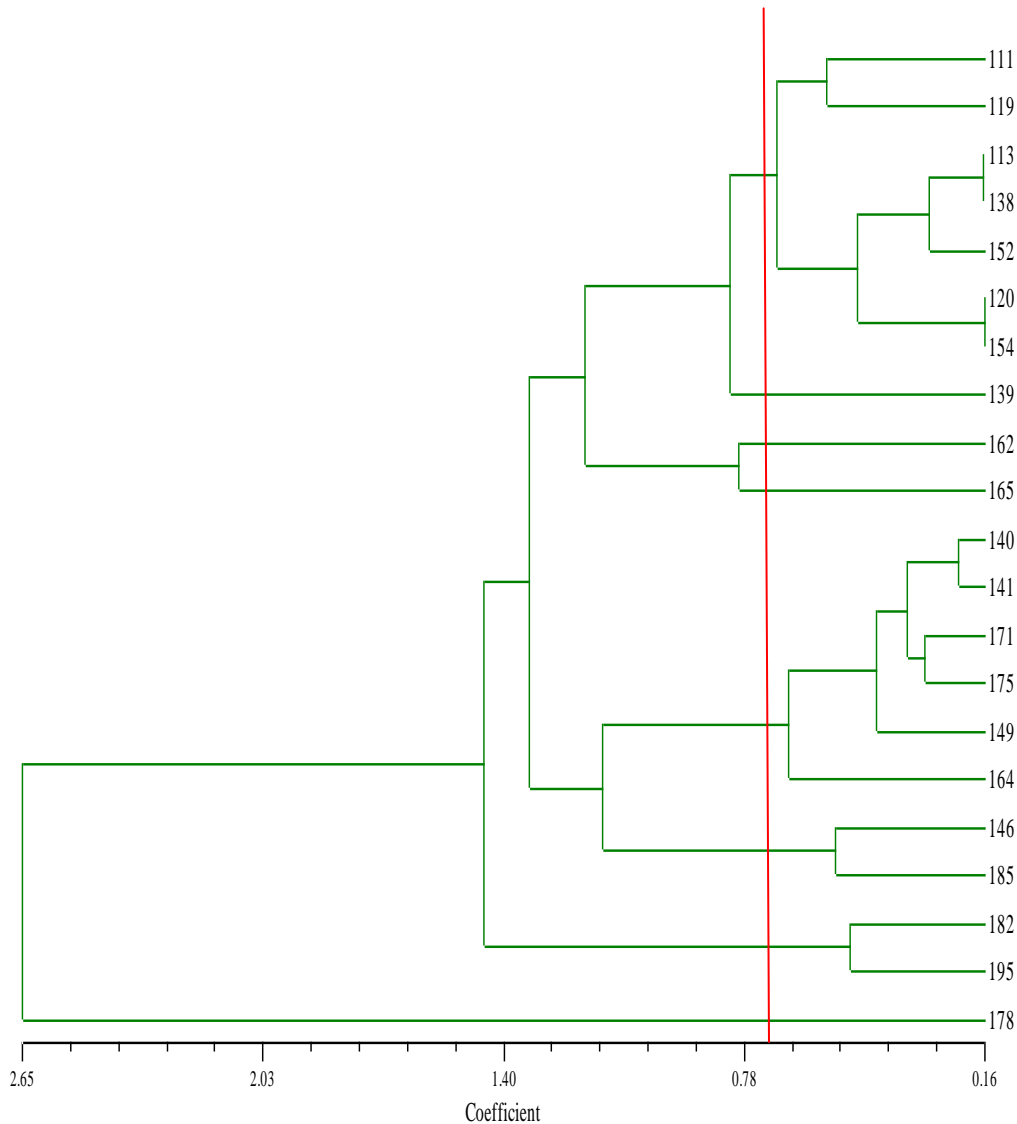


Figura 7. Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres para filocladodios.

El número de espinas por areola fue muy variable entre los diferentes genotipos, así como su longitud. Esto coincide con Ramírez (1999), Juárez (2004) y Cruz (2008) quienes observaron que el número de espinas y su longitud, son variables con diferencias entre clones de *H. undatus*, *H. purpusii* y *H. ocamponis*, respectivamente.

3.1.2.1. Presentación y análisis por ACJ

El primer grupo lo integró un genotipo. El número de espinas por areola es de 5-7, y el color de las espinas es café oscuro (Figura 8).



CP-178

Figura 8. Areola del genotipo CP-178.

El segundo grupo lo integraron dos genotipos, el número de espinas por areola es de 3-4, y el color de las espinas es café claro (Figura 9).



CP-195

CP-182

Figura 9. Areola de los genotipos CP-195 y CP-182.

El tercer grupo lo integraron dos genotipos, donde el número de espinas por areola es de 3-4, el color de las espinas es café para el genotipo CP-185 y café opaco para el genotipo CP-146 (Figura 10).



CP-185

CP-146

Figura 10. Areola de los genotipos CP-185 y CP-146.

El cuarto grupo lo integraron seis genotipos. El número de espinas por areola es de 3-5, y el color de las espinas es café (Figura 11).



Figura 11. Areola de los genotipos CP-164, CP-149, CP-175, CP-171, CP-141 y CP-140.

El quinto grupo lo integró un genotipo. El número de espinas por areola es de 3-4, y el color de las espinas es café claro (Figura 12).



CP-165

Figura 12. Areola del genotipo CP-165.

El sexto grupo lo integró un genotipo. El número de espinas por areola es de 3-4, y el color de las espinas es café opaco (Figura 13).



CP-162

Figura 13. Areola del genotipo CP-162.

El séptimo grupo lo integro un genotipo. El número de espinas por areola es de 1-2, el color de las espinas es café claro (Figura 14).



CP-139

Figura 14. Areola del genotipo CP-139.

El octavo grupo lo integraron siete genotipos, en este grupo, el número de espinas por areola es de 1-2, y el color de las espinas es café hueso (Figura 15).

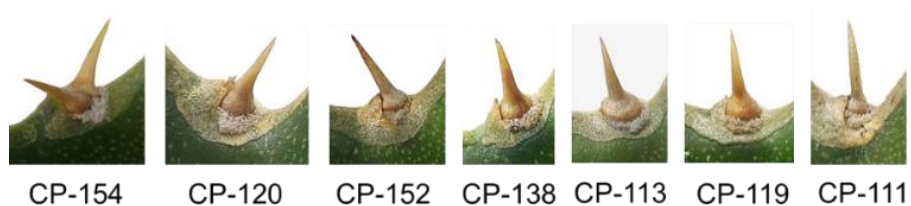


Figura 15. Areola de los genotipos CP-154, CP-120, CP-152, CP-138, CP-113, CP-119 y CP-111.

Juárez (2004), Ramírez (2000) y Maldonado (2000) indican que el número y longitud de espinas es una variable muy constante en *Hylocereus* por lo cual podría ser una característica confiable en la descripción de genotipos de pitahaya. Pero Juárez (2004) reporta en *H. purpusii* una tendencia a reducir el número de espinas y su longitud en tallos que se desarrollaron en ambientes a menor temperatura y Cruz (2008) reporta que la longitud, la altura del podario y el índice de sinuosidad fue influenciada por el ambiente ya que se presentaron valores menores a mayor radiación solar y menor temperatura ambiental.

3.2. Análisis de caracteres para yemas florales y flores

3.2.1. Análisis de componentes principales

3.2.1.1. Valores propios

El análisis de componentes principales con base en la matriz de correlación de 22 variables (10 cuantitativas y 12 cualitativas) para yemas florales y flores, indicó que con los primeros tres componentes principales (CP) se explica 61.1 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para yemas florales y flores de 21 genotipos de pitahaya.

CP	Valor propio	Proporción	Acumulado
CP1	5.59	25.42	25.42
CP2	4.85	22.07	47.49
CP3	3.00	13.64	61.14

3.2.1.2. Vectores propios

En el Cuadro 9 se representan los vectores propios correspondientes a los tres primeros componentes principales. Las variables que contribuyen significativamente a cada componente principal son: En el **CP1**, la forma de la yema floral (FYFL), el grosor del estilo en la parte media (GES), y el eje polar de la cavidad ovárica (EPCO). En el **CP2**, la forma del ápice de la yema floral (FAYFL), el color de la yema floral (CYFL), el color rojo en las brácteas (CRB), y la coloración de los tépalos internos del perianto (CTIP). En el **CP3**, la longitud de la flor (LFL), el patrón de coloración roja de los segmentos externos (PCRSX), y el eje ecuatorial de la cavidad ovárica (EECO). Lo anterior indica que estos son los caracteres con mayor influencia en la distinción de grupos.

Cuadro 9. Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para yemas florales y flores de 21 genotipos de pitahaya.

Variables	Componentes principales		
	CP1	CP2	CP3
FYFL	0.7627	0.5269	0.1827
FAYFL	-0.5101	0.7604	-0.0727
CYFL	-0.2858	0.8731	0.0572
LFL	-0.1659	-0.0522	-0.7467
CRB	0.1620	0.7986	-0.1324
PCRSX	-0.0014	-0.2637	-0.7823
CTEP	-0.3785	0.5741	-0.0533
CTIP	-0.4040	0.7980	-0.2621
LPEC	0.4460	0.5757	-0.1100
APEC	0.6259	0.0621	-0.5451
LPEA	0.3134	0.1267	0.1956
LES	0.5542	0.2008	0.0110
GES	0.7509	-0.0216	-0.4427
NLES	-0.6847	-0.4348	-0.4495
BLO	0.0500	-0.0367	-0.2737
CLO	0.3687	0.6696	0.1202
CEST	-0.4257	0.6173	-0.3197
DH	0.3529	0.1153	0.1335
FCO	-0.6473	-0.0542	0.2221
EPCO	-0.8916	-0.1120	-0.0997
EECO	0.4985	-0.0874	-0.7725
FFL	-0.6122	0.3356	-0.3004

Los resultados de este trabajo son similares a los de Ramírez (1999), Grimaldo (2001), Potrero (2003), Juárez (2004), Castillo *et al.*, (2005) y Cruz (2008) quienes concluyeron que los caracteres para yemas florales y flores que permiten distinguir genotipos, son: en la yema floral la forma, forma del ápice y el color, la longitud de la flor, el color rojo en las brácteas, el patrón de coloración roja de los segmentos externos, la coloración de los tépalos internos del perianto, el grosor del estilo en la parte media, el eje polar y el eje ecuatorial de la cavidad ovárica.

El determinar grupos con base en componentes principales, facilita la distinción entre los genotipos caracterizados, como lo han demostrado Ramírez (1999), Grimaldo (2001), Potrero (2003), Juárez (2004), Castillo *et al.*, (2005) y Cruz (2008), en la Figura 16 se representa la dispersión correspondiente al **CP1** y **CP2**.

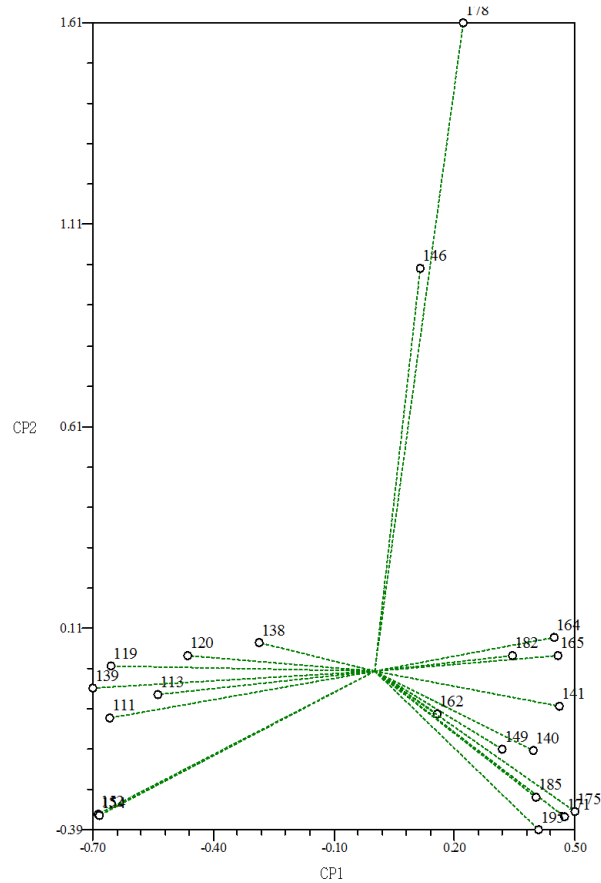


Figura 16. Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para yemas florales y flores.

Los caracteres de yemas florales y flores, ayudaron en menor grado a hacer una distinción de grupos o genotipos. Los caracteres que determinan al **CP1** y al **CP2** permiten distinguir cuatro grupos.

El primer grupo lo integraron dos genotipos (CP-146 y CP-178). La forma de la yema floral fue circular, la forma del ápice redonda, y de color rojo intenso (Figura 17).

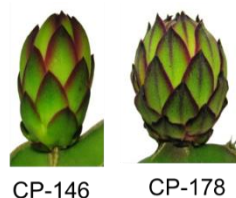


Figura 17. Forma de las yemas florales del primer grupo.

El segundo grupo lo integraron seis genotipos (CP-138, CP-120, CP-113, CP-111, CP-119 y CP-139). La forma de la yema floral fue elíptica, la forma del ápice aguda, y de color verde (Figura 18).

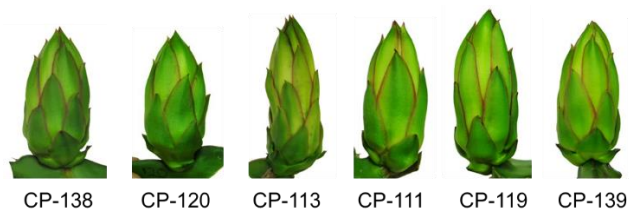


Figura 18. Forma de las yemas florales del segundo grupo.

El tercer grupo estuvo integrado por 11 genotipos (CP-162, CP-149, CP-182, CP-140, CP-185, CP-195, CP-164, CP-165, CP-141, CP-171 y CP-175). La forma de la yema floral fue elíptica, la forma del ápice aguda, y de color amarillo verdoso (Figura 19).

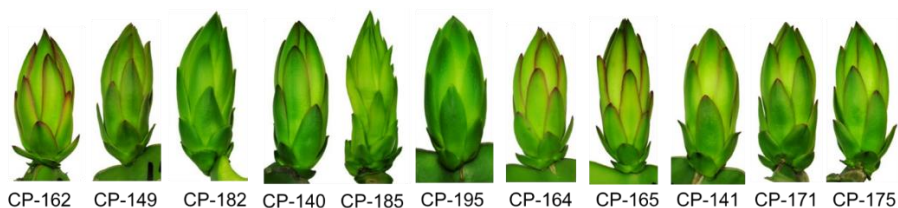


Figura 19. Forma de las yemas florales del tercer grupo.

El cuarto grupo lo integraron dos genotipos (CP-152 y CP-154). La forma de la yema floral fue elíptica, la forma del ápice aguda, y de color amarillo verdoso (Figura 20).



Figura 20. Forma de las yemas florales del cuarto grupo.

Ramírez (1999), Juárez (2004) y Cruz (2008) indican que las yemas florales, variaron en la forma del ápice y la coloración de las escamas de los brotes florales. Lo cual coincide con este trabajo ya que la forma de la yema floral, la forma del ápice y el color son caracteres que ayudan a la distinción de genotipos.

3.2.2. Análisis de conglomerados jerárquicos

Con base en una distancia de ligadura de 0.96 se determinaron nueve grupos (Figura 21).

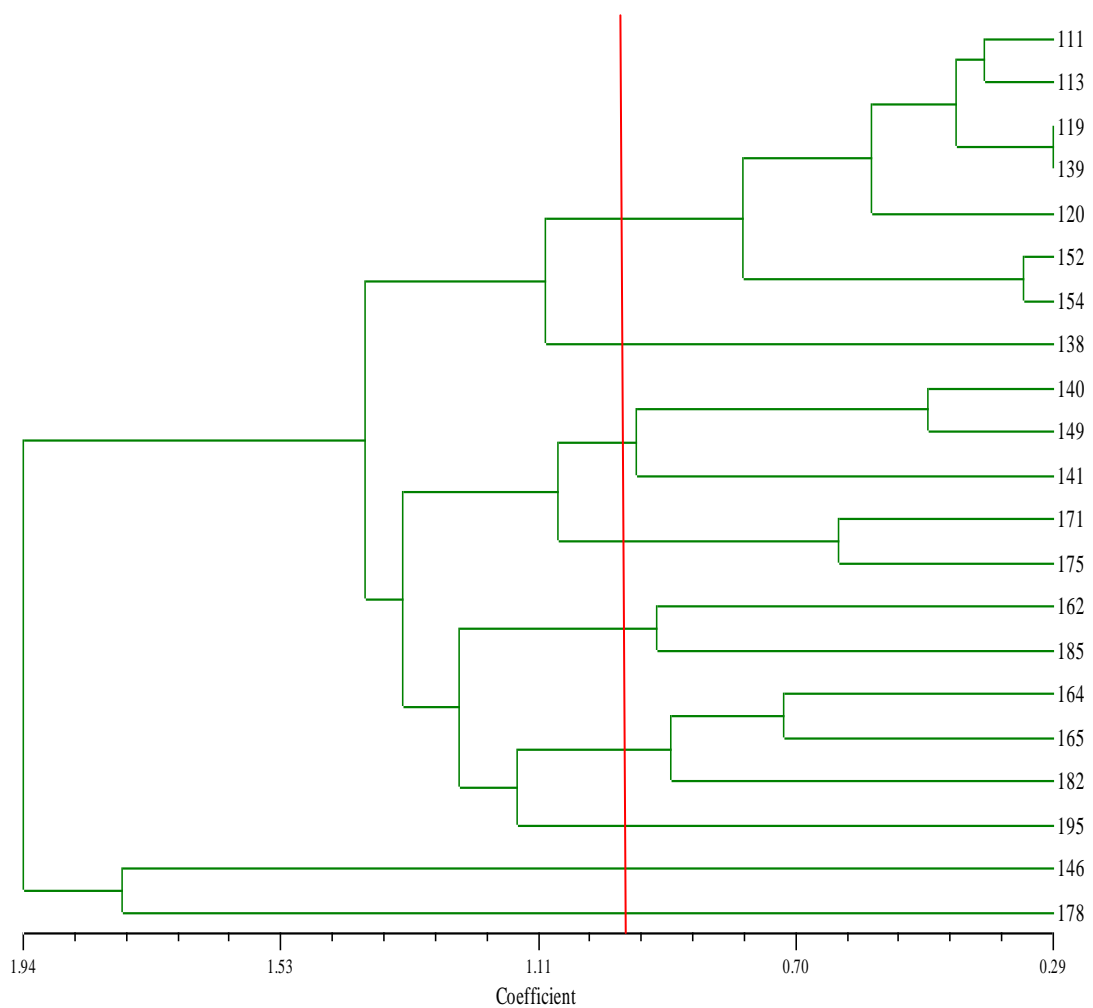


Figura 21. Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres de yemas florales y flores.

Para características internas de la flor, se coincide con lo reportado por Ramírez (1999) en que la forma del ovario en su corte transversal, el color del

estigma y la longitud del estilo son importantes para distinguir genotipos. En las características externas, se coincide con lo señalado por Juárez (2004) en que el patrón de coloración roja de los bordes de las escamas del pericarpelo es importante también para diferenciar genotipos.

3.2.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ

El primer grupo lo integró un genotipo (CP-178). El grosor del estilo en la parte media es de 0.50 cm, el eje polar de la cavidad ovárica es de 2.07 cm, el color rojo en las brácteas es intenso y la coloración de los tépalos internos del perianto es cremosa (Figura 22).



CP-178

Figura 22. Flor del genotipo del primer grupo.

El segundo lo integró un genotipo (CP-146). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.45 cm, el eje polar de la cavidad ovárica fue de 2.31 cm, el color rojo en las brácteas fue intenso y la coloración de los tépalos internos del perianto de color cremosa (Figura 23).



CP-146

Figura 23. Flor del genotipo del segundo grupo.

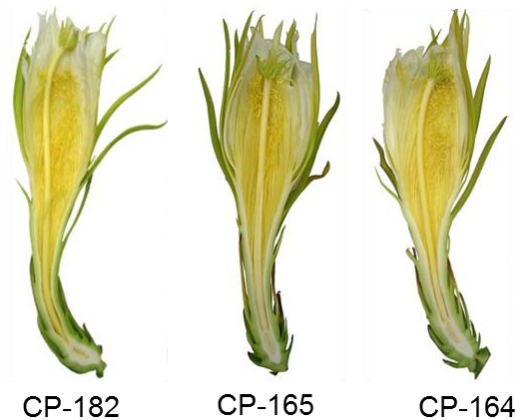
El tercer grupo lo integró un genotipo (CP-195). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.45 cm, el eje polar de la cavidad ovárica fue de 1.85 cm, es ausente el color rojo en las brácteas y los tépalos internos del perianto son de color blanco (Figura 24).



CP-195

Figura 24. Flor del genotipo del tercer grupo.

El cuarto grupo estuvo integrado por tres genotipos (CP-182, CP-165 y CP-164). El grosor del estilo en la parte media para el genotipo CP-182 fue de 0.5 cm y para los genotipos CP-165 y CP-164 fue de 0.57 cm. El eje polar de la cavidad ovárica fue de 2 cm. A excepción del genotipo CP-182, la parte media de las brácteas de los demás genotipos fueron de color rojo con tépalos internos del perianto de color blanco (Figura 25).



CP-182

CP-165

CP-164

Figura 25. Flores de los genotipos del cuarto grupo.

El quinto grupo lo integraron dos genotipos (CP-185 y CP-162). El grosor del estilo en la parte media para el genotipo CP-185 fue de 0.45 cm y para el genotipo CP-162 fue de 0.55 cm. El eje polar de la cavidad ovárica fue de 1.6 cm y el color rojo en las brácteas es ausente para el genotipo CP-185 y tenue para el genotipo CP-162 y la coloración de los tépalos internos del perianto es blanco cremoso (Figura 26).

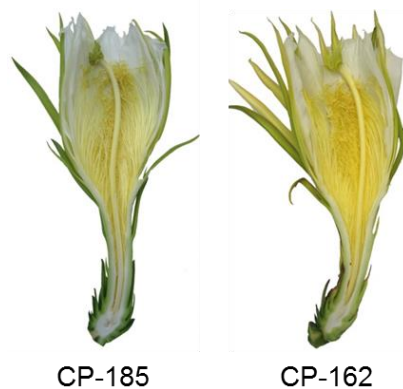


Figura 26. Flores de los genotipos del quinto grupo.

El sexto grupo integraron dos genotipos (CP-175 y CP-171). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.6 cm, el eje polar de la cavidad ovárica midió 2 cm, ligeramente de color rojo en las brácteas y tépalos internos del perianto de color blanco (Figura 27).



Figura 27. Flor de los genotipos del sexto grupo.

El séptimo grupo lo integraron tres genotipos (CP-141, CP-149 y CP-140). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.55 cm, el eje polar de la cavidad ovárica midió 1.8 cm, las brácteas ligeramente de color rojo y tépalos internos del perianto de color blanco cremoso (Figura 28).

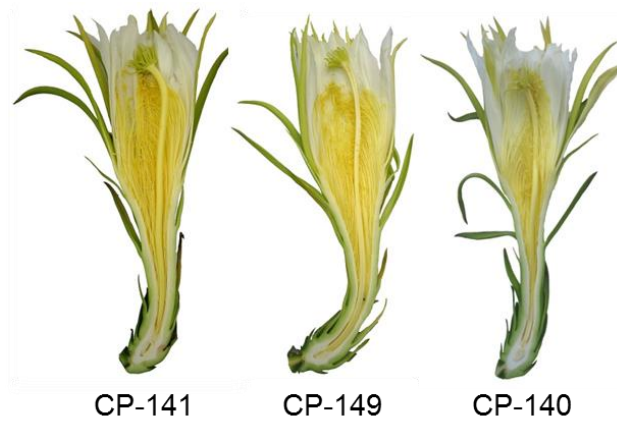


Figura 28. Flores de los genotipos del séptimo grupo.

El octavo grupo lo integró un genotipo (CP-138). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.6 cm, el eje polar de la cavidad ovárica midió 1.4 cm, color rojo en las brácteas y la coloración de los tépalos internos del perianto es blanco cremoso (Figura 29).



Figura 29. Flor del genotipo del octavo grupo.

El noveno grupo lo integraron siete genotipos (CP-154, CP-152, CP-120, CP-139, CP-119, CP-113 y CP-111). El grosor del estilo en la parte media fue de 0.6 cm, el eje polar de la cavidad ovárica fue de 1.4 cm, color rojo en las brácteas y la coloración de los tépalos internos del perianto es blanco cremoso y para los genotipos CP-154 y CP-152 es blanco (Figura 30).

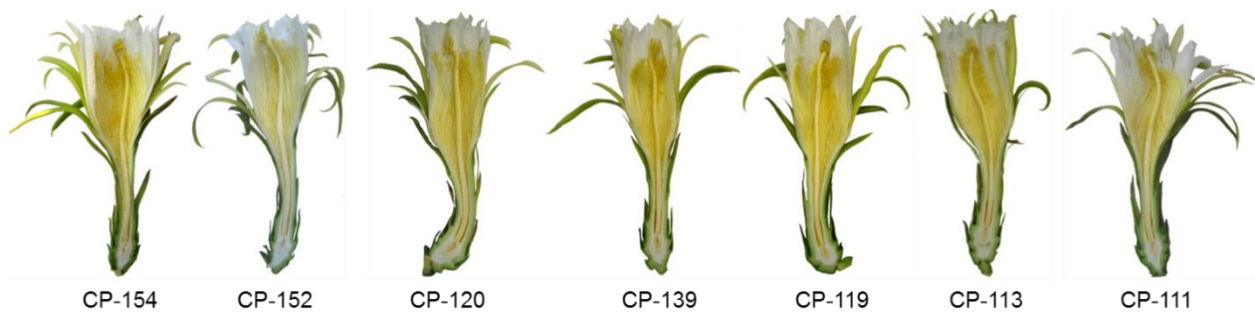


Figura 30. Flores de los genotipos del noveno grupo.

Aunque en este trabajo las características del estilo no fueron de importancia para la separación de grupos, Cruz (2008) menciona que estas características son constantes en flores desarrolladas en un individuo por lo que pueden ser de ayuda en la distinción de cultivares registrados.

La hercogamia en este estudio no fue una variable que aportara a la distinción de genotipos caracterizados, Cruz (2008) en su trabajo con *H. ocamponis*, Ramírez (1999) con *H. undatus* y Juárez (2004) en colectas de *H. purpusii*, mencionan que esta característica es propia del género *Hylocereus*.

3.3. Análisis de caracteres para frutos

3.3.1. Análisis de componentes principales

3.3.1.1. Valores propios

El análisis de componentes principales del fruto con base en la matriz de correlación de 16 variables (12 cuantitativas y cuatro cualitativas) indicó que con los primeros tres componentes principales (CP) se explica el 77.6 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para fruto de 21 genotipos de pitahaya.

CP	Valor propio	Proporción	Acumulado
CP1	5.96	37.25	37.25
CP2	4.08	25.53	62.78
CP3	2.38	14.89	77.68

3.3.1.2. Vectores propios

En el Cuadro 11 se presentan los vectores propios correspondientes a los tres primeros componentes principales. Las variables que contribuyeron significativamente a cada componente principal son: En el **CP1**, el color de la cascara (CC), la longitud del fruto (LFR), el ancho del fruto (AFR), el peso de la cascara (PCA), el peso del fruto (PFR), el color de la pulpa (CPU) y el contenido de sólidos solubles totales (SS). En el **CP2**, fue el número de brácteas (NBR), la longitud de la bráctea del ápice (LBA) y el ancho de las brácteas ecuatoriales (ABE). En el **CP3**, la relación largo y ancho del fruto (RLAFR). Lo anterior indica que estos son los caracteres con mayor influencia en la distinción de grupos.

Cuadro 11. Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en caracteres para fruto de 21 genotipos de pitahaya.

Variables	Componentes principales		
	CP1	CP2	CP3
CC	0.7382	0.1240	0.4366
LFR	-0.8959	0.1812	-0.2243
AFR	-0.8279	0.3444	0.3332
RLAFR	0.3274	0.2997	0.7942
FFR	0.3825	-0.1927	0.6171
NBR	0.0172	0.8860	0.1931
LBA	0.0317	-0.8107	-0.2877
LBE	-0.4224	-0.6499	-0.1966
ABE	-0.4215	-0.7935	0.1986
CBE	-0.1242	0.5233	-0.3709
GP	-0.4908	-0.5041	0.5764
PCA	-0.8505	-0.0704	0.4516
PFR	-0.9052	0.2024	0.2941
RCP	0.4523	-0.5741	0.2421
CPU	0.7795	0.4187	-0.0040
SS	0.8402	-0.4673	0.0521

Los frutos presentaron variación entre los tipos de pitahaya, encontrándose diferencias, tanto en su aspecto externo como interno. Los resultados de Ramírez (1999), Maldonado (2000), Grimaldo (2001), Potrero (2003), Castillo *et al.*, (2005) y los del presente estudio concuerdan en que las características relevantes del fruto son longitud, ancho, relación largo ancho, color de la cascara, peso de la cascara, número de brácteas, longitud y anchura de estas últimas estructuras, peso del fruto, color de la pulpa y grados Brix, esto porque hubo diferencias entre genotipos y contribuyen de forma significativa a la distinción de grupos.

Para facilitar la distinción y agrupación de los genotipos por similitudes, se presenta en la Figura 31 los componentes principales **CP1** y **CP2**.

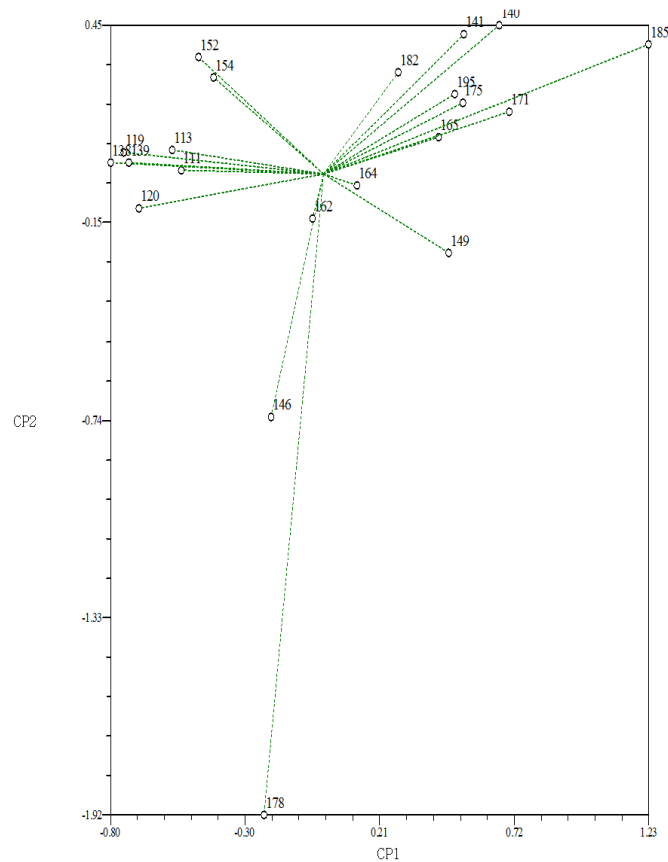


Figura 31. Dispersión de 21 genotipos de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres para fruto.

En este trabajo con 21 genotipos de pitahaya. Los caracteres para fruto contribuyen de forma significativa a la distinción de grupos o genotipos. Los caracteres que determinan al **CP1** son para tamaño y color de fruto y en el **CP2** son para número y tamaño de las brácteas. Lo cual permite distinguir cinco grupos.

El primer grupo integró ocho genotipos (CP-165, CP-195, CP-182, CP-171, CP-175, CP-141, CP-140 y CP-185). La longitud de los frutos fue de 10.5 cm con un ancho de 7.5 cm. El peso de la cáscara fue de 84 g, el color de la pulpa blanca y el contenido de sólidos solubles totales fue de 14.1 °Brix (Figura 32).



Figura 32. Corte longitudinal de los frutos del primer grupo.

El segundo grupo integró ocho genotipos (CP-152, CP-154, CP-111, CP-113, CP-138, CP-139, CP-119 y CP-120). La longitud del fruto fue de 7.5 cm con un ancho de 5 cm y un peso de la cáscara de 43.6 g. El color de la pulpa para los genotipos CP-152 y CP-154 fue rosa tenue y para los genotipos CP-111, CP-113, CP-138, CP-139, CP-119 y CP-120 es rosa intenso y el contenido de sólidos solubles totales fue de 14.1 °Brix (Figura 33).



Figura 33. Corte longitudinal de los frutos del segundo grupo.

El tercer grupo integró tres genotipos (CP-162, CP-164 y CP-149). La longitud y ancho de frutos fue de 9.2 y 6 cm respectivamente, con un peso de la cáscara de 63 g, el color de la pulpa blanca y el contenido de sólidos solubles totales fue de 14.7 °Brix (Figura 34).



Figura 34. Corte longitudinal de los frutos del tercer grupo.

El cuarto grupo lo integró un genotipo (CP146). La longitud del fruto fue de 9.5 cm y 6.9 cm de ancho y un peso de la cáscara de 45 g. El color de la pulpa rojo intenso y el contenido de sólidos solubles totales fue de 15.6 °Brix (Figura 35).



Figura 35. Corte longitudinal de fruto del cuarto grupo.

El quinto grupo lo integró un genotipo (CP-178). La longitud del fruto fue de 7.61 cm y 6.68 cm de ancho con un peso de la cascara de 49 g. El color de la pulpa es purpura y el contenido de solidos solubles totales fue de 14.6 °Brix (Figura 36).



CP-178

Figura 36. Corte longitudinal del fruto del quinto grupo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Ramírez (1999) y Juárez (2004) indican que en frutos de los diferentes clones observaron variación en sus características, principalmente en la longitud, el diámetro, índice de redondez, el color de la pulpa y la cantidad de solidos solubles.

3.3.2. Análisis de conglomerados jerárquicos

Con base en una distancia de ligadura 0.68 se determinaron 11 grupos (Figura 37).

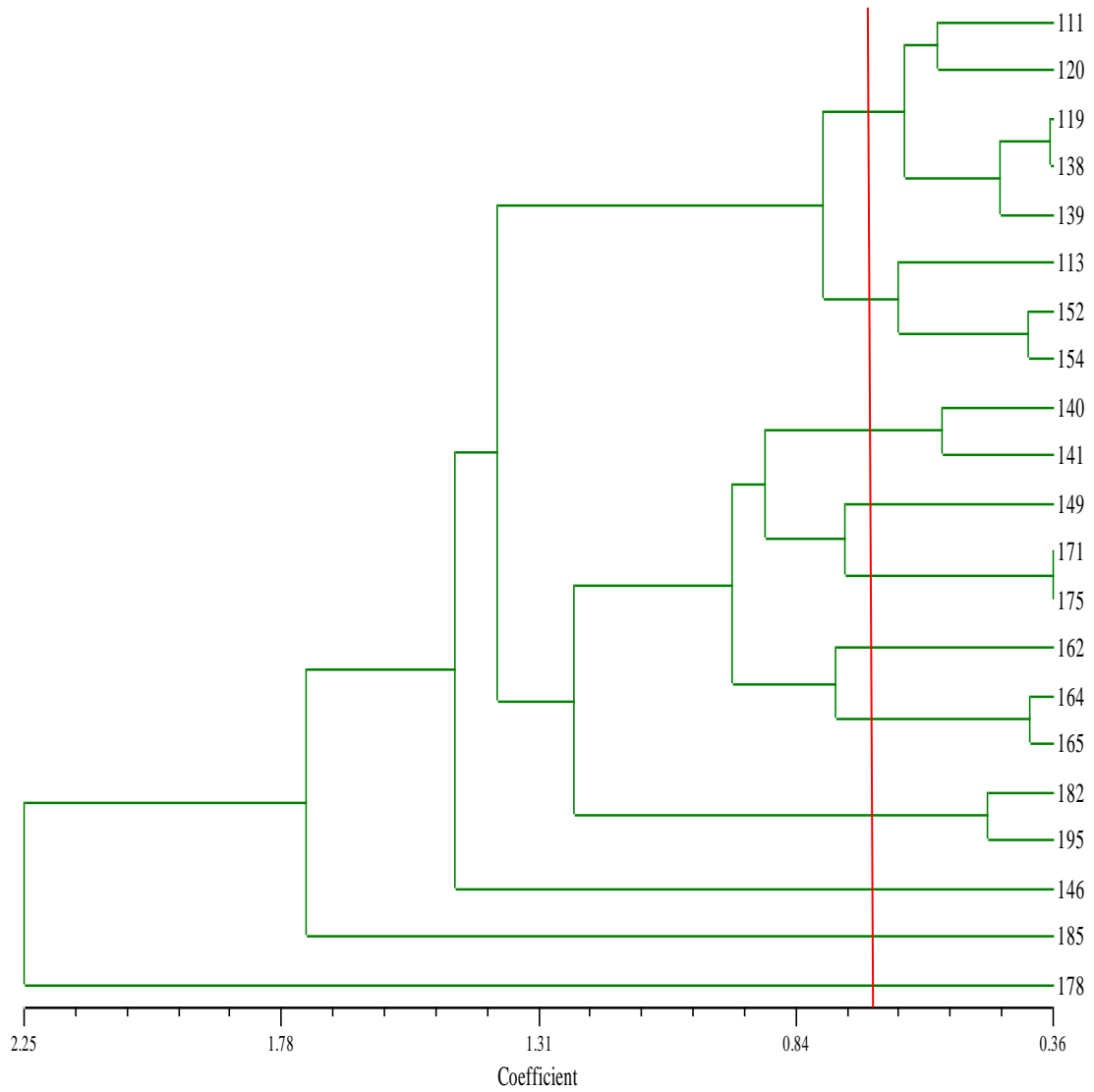


Figura 37. Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres para fruto.

3.3.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ

El primer grupo lo integró un genotipo (CP-178). El peso del fruto fue de 183 g, la cáscara de color púrpura con 43 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 2.89 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 1.16 cm (Figura 38).



CP-178

Figura 38. Fruto del primer grupo.

El segundo grupo lo integró un genotipo (CP-185). El peso del fruto fue de 410 g, la cáscara de color rosa tenue con 23 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 4.53 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 3.67 cm (Figura 39).



CP-185

Figura 39. Fruto del segundo grupo.

El tercer grupo lo integró un genotipo (CP-146). El peso del fruto fue de 135 g, la cáscara de color rojo con 32 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 4.6 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.19 cm (Figura 40).



CP-146

Figura 40. Fruto del tercer grupo.

El cuarto grupo lo integraron dos genotipos (CP-195 y CP-182). El peso del fruto fue de 203 g, la cáscara de color amarillo con 22 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 5.9 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.7 cm (Figura 41).



CP-195

CP-182

Figura 41. Frutos del cuarto grupo.

El quinto grupo lo integraron dos genotipos (CP-165 y CP-164). El peso del fruto fue de 176 g, la cáscara de color rosa tenue para el genotipo CP-165 y rosa intenso para el genotipo CP-164, con 24 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 4.5 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.6 cm (Figura 42).

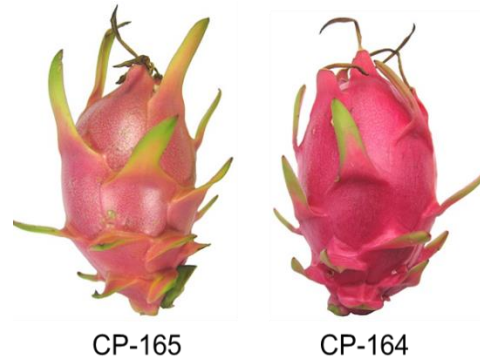


Figura 42. Frutos del quinto grupo.

El sexto grupo lo integró un genotipo (CP-162). El peso del fruto fue de 141 g, la cáscara de color rosa intenso con 25 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 4.21 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.9 cm (Figura 43).



Figura 43. Fruto del sexto grupo.

El séptimo grupo lo integraron dos genotipos (CP175 y CP 171). El peso del fruto fue de 292 g, la cáscara de color rosa intenso con 19 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 5.8 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.6 cm (Figura 44).

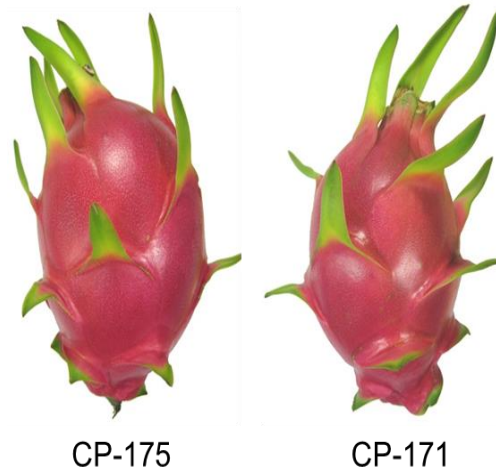


Figura 44. Fruto del séptimo grupo.

El octavo grupo lo integró un genotipo (CP-149). El peso del fruto fue de 276 g, la cáscara de color rosa intenso con 23 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 4.9 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.2 cm (Figura 45).



Figura 45. Fruto del octavo grupo.

El noveno grupo lo integraron dos genotipos (CP-141 y CP-140). El peso del fruto fue de 242 g, la cáscara de color rosa tenue para el genotipo CP-141 y rosa intenso para el genotipo CP-140 con 25 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 6.1 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 3.1 cm (Figura 46).

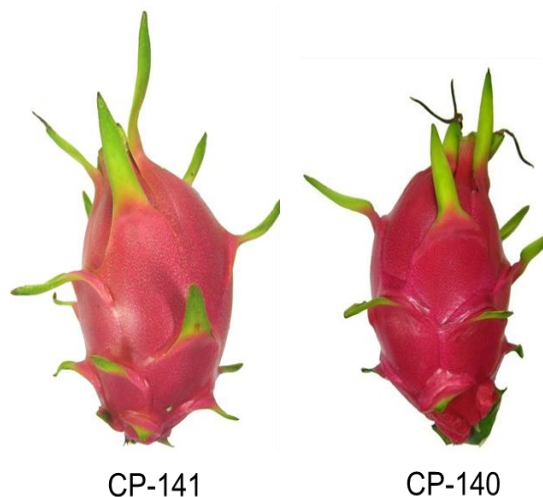


Figura 46. Frutos del noveno grupo.

El décimo grupo lo integraron tres genotipos (CP-154, CP-152 y CP-113). El peso del fruto fue de 107 g, la cáscara de color rojo con 19 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 6.3 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 3 cm (Figura 47).

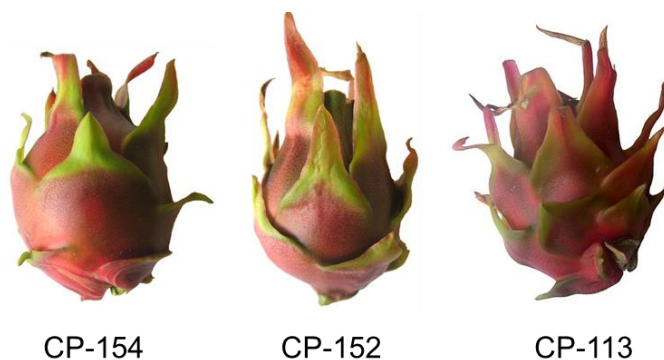


Figura 47. Frutos del décimo grupo.

El décimo primer grupo lo integraron cinco genotipos (CP-139, CP-138, CP-119, CP-120 y CP-111). El peso del fruto fue de 69 g, la cáscara fue de color rojo con 19 brácteas. La longitud de la bráctea del ápice fue de 5.9 cm y el ancho de las brácteas ecuatoriales de 2.7 cm (Figura 48).

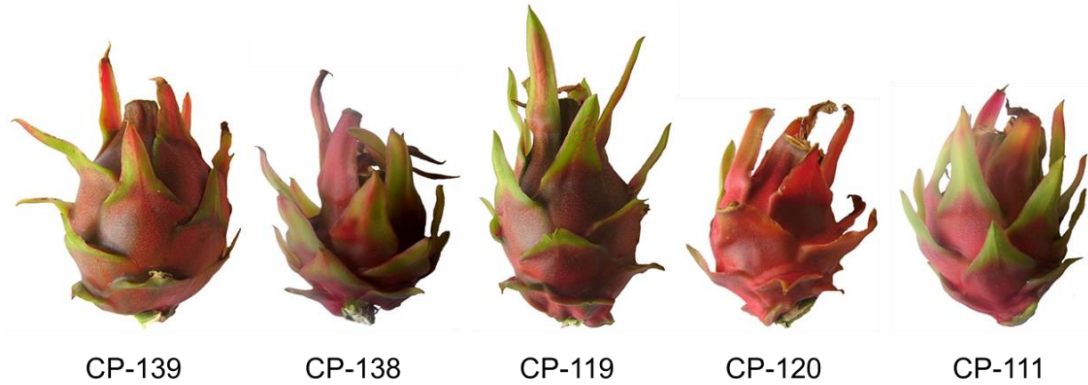


Figura 48. Frutos del décimo primer grupo.

Estos resultados muestran que las principales características del fruto útiles para distinguir y agrupar genotipos son el peso, el color de la cascara, número de escamas y su coloración. Otros autores (Ramírez, 1999; Juárez, 2004) encontraron resultados similares.

3.4. Análisis con el total de caracteres

3.4.1. Análisis de componentes principales

3.4.1.1. Valores propios

El análisis de componentes principales con base en la matriz de correlación de 50 variables (28 cuantitativas y 22 cualitativas) indicó que con los primeros tres componentes principales (**CP**) se explica 63.8 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados. El componente principal **CP1** explicó el 27.3 %, el **CP2** el 23.8 % y **CP3** el 12.6 % de la variación total (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por componentes principales, con base en 28 caracteres morfológicos cualitativos y 22 cuantitativos para pitahaya.

CP	Valor propio	Proporción	Acumulado
CP1	13.69	27.39	27.39
CP2	11.92	23.84	51.23
CP3	6.30	12.60	63.84

3.4.1.2. Vectores propios

En el Cuadro 13 se representan los vectores propios correspondientes a los tres primeros componentes principales. Las variables que contribuyen significativamente a cada componente principal son: En **CP1**, fueron el ancho de las costillas (ANC), la altura de las ondulaciones entre aréolas sucesivas en una costilla (ALON), número de espinas por areola (NEA), la forma de la yema floral (FYFL), el número de lóbulos en el estigma (NLES), el color de los lóbulos (CLO), el eje polar de la cavidad ovárica (EPCO), la longitud del fruto (LFR), el ancho del fruto (AFR), el peso de la cascara (PC), peso del fruto (PFR), y sólidos solubles (SS). En el **CP2**, fueron la textura del filocladodio (TXF), la presencia de cera en el filocladodio (PCE), la forma del ápice de la yema floral (FAYFL), el color de la yema floral (CYFL), el color de los tépalos internos del perianto (CTIP), el color del estigma (CEST), el número de brácteas (NBR), la longitud de la bráctea del ápice (LBA), la longitud de la bráctea ecuatorial (LBE), y el ancho de la bráctea ecuatorial (LBE).

En el **CP3**, fueron la longitud de la espina más grande (LEG), la pigmentación de los retoños vegetativos (PRV), el patrón de coloración roja de los segmentos externos (PCRSX), y el eje ecuatorial de la cavidad ovárica (EECO). Lo anterior indica que estos son los caracteres con mayor influencia en la distinción de grupos.

Grimaldo (2001) en su trabajo con 21 genotipos de pitahaya explica 60% de la variación total existente entre los genotipos caracterizados con los primeros tres componentes principales. Los caracteres que contribuyeron al **CP1** fueron la altura al vértice del ángulo, la altura de ondulación, el área de ondulación, la abertura del ángulo, la distancia entre aréolas, el diámetro de aréola, el número de espinas por aréola y la longitud de las espinas. En la flor fueron la longitud y ancho de la cámara nectarial, así como la longitud de los lóbulos del estigma. En el fruto fueron el peso, longitud, ancho, número de brácteas y grosor del pericarpio fueron los importantes. En **CP2** fue la profundidad de la costilla, y en flor fueron el número de segmentos interiores y exteriores del perianto, número de escamas del tubo receptacular, longitud de segmentos interiores del perianto, número, longitud y ancho de brácteas del pericarpelo y la longitud del ovario, y en el fruto fue el ancho de las brácteas. En **CP3** los caracteres de mayor importancia fueron en la flor el ancho del ovario y en el fruto el índice de redondez de la semilla.

Cuadro 13. Vectores propios y caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en 28 caracteres morfológicos cualitativos y 22 cuantitativos para pitahaya.

Variables	Componentes principales		
	CP1	CP2	CP3
TF	0.6967	0.2553	0.3899
TXF	0.0329	-0.9150	0.1294
PCE	-0.0329	0.9150	-0.1294
DAR	0.5762	0.6107	0.1767
FMA	-0.1022	0.4952	-0.3212
ANC	0.8074	-0.1433	0.2620
ALON	-0.7225	0.3423	0.5161
CAR	-0.0963	0.0473	-0.1165
NEA	0.8504	-0.3970	0.2776
LEG	-0.1791	-0.5580	0.7365
CES	0.4949	-0.3695	0.4937
PRV	0.0700	0.1534	0.7435
FYFL	-0.9129	0.0805	-0.0610
FAYFL	0.0644	-0.8691	-0.0686
CYFL	-0.2031	-0.8199	-0.2186
LFL	0.2530	-0.2090	0.6364
CRB	-0.5808	-0.5546	0.2164
PCRSX	0.2314	0.1010	0.7636
CTEP	-0.0295	-0.5607	-0.1056
CTIP	-0.1059	-0.8580	0.0022
LPEC	-0.6131	-0.1288	0.0813
APEC	-0.4795	0.0942	0.5095
LPEA	-0.2982	0.1173	0.0826
LES	-0.5106	0.1223	0.2777
GES	-0.6171	0.3097	0.5837
NLES	0.8678	-0.0702	0.3756
BLO	-0.0390	0.0960	0.2248
CLO	-0.7446	-0.3606	-0.2343
CEST	0.0329	-0.9150	0.1294
DH	-0.3884	0.0493	-0.1734
FCO	0.4881	-0.2412	-0.2973
EPCO	0.8019	-0.3229	-0.2973
EECO	-0.2532	0.1425	0.7710
FFL	0.3051	-0.6885	0.0194
CC	-0.6095	-0.4067	0.5442
LFR	0.8642	0.1958	0.5442
AFR	0.8610	-0.0607	0.1437
RLAFR	-0.1861	-0.5150	0.3972
FFR	-0.5283	-0.0261	0.0885
NBR	0.3134	-0.8830	0.0046
LBA	-0.3119	0.7331	0.0499
LBE	0.1907	0.7180	-0.3055
ABE	0.0672	0.8645	0.0232
CBE	0.2528	-0.4156	-0.6299
GP	0.3049	0.5280	0.4949
PCA	0.7464	0.3018	0.3393
PFR	0.8724	0.1099	0.1687
RCP	-0.5821	0.2920	0.2216
CPU	-0.6035	-0.6672	-0.0457
SS	-0.9525	0.1360	0.0896

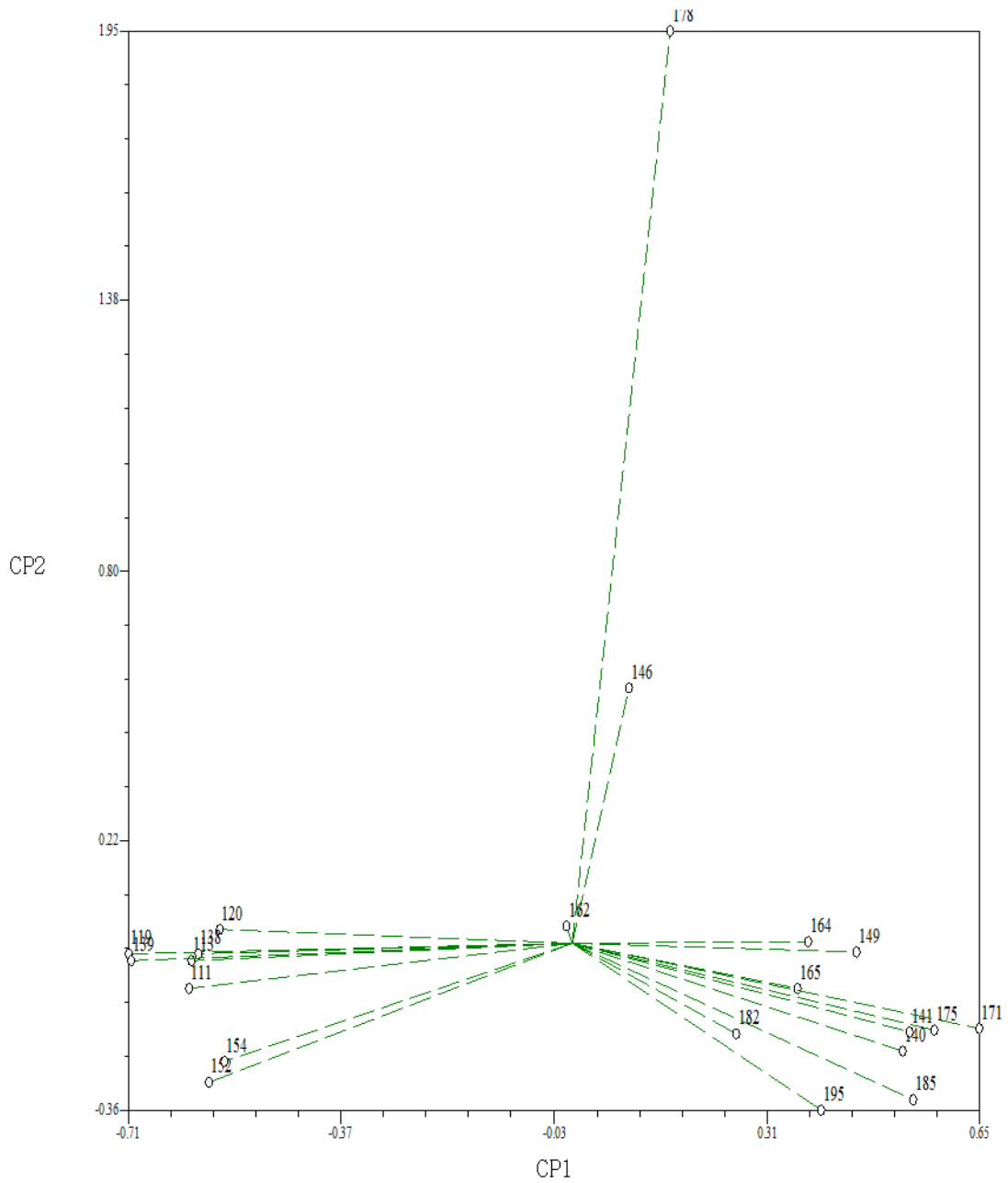


Figura 49. Dispersión de 21 accesiones de pitahaya mediante los componentes principales CP1 y CP2 con base en caracteres cualitativos (22) y cuantitativos (28).

El gráfico de los componentes principales **CP1** y **CP2** permite agrupar a los genotipos por similitudes y formar grupos homogéneos (Figura 49). Con base en la dispersión se pueden distinguir seis grupos.

El primer grupo lo integró un genotipo: CP-178.

El segundo grupo lo integró un genotipo: CP-146.

El tercer grupo lo integró un genotipo: CP-162.

El cuarto grupo lo integraron seis genotipos: CP-120, CP-138, CP-113, CP-111, CP-139 y CP-119.

El quinto grupo lo integraron dos genotipos: CP-154 y CP-152.

El sexto grupo lo integraron diez genotipos: CP-182, CP-195, CP-164, CP-165, CP-149, CP-185, CP-140, CP-141, CP-175 y CP-171.

El hacer análisis de componentes principales con caracteres por separado, según la estructura caracterizada y hacer análisis con la totalidad de caracteres, sirve para saber cuáles son los que mejor ayudan a la separación de grupos o genotipos. En el Cuadro 14 se hace una comparación de los caracteres que contribuyeron a la separación de genotipos en las dos formas de análisis por componentes principales de los datos.

En el análisis de **CP** por caracteres separados fueron 29 y en el análisis de **CP** con la totalidad de caracteres fueron 26 los que contribuyen a la separación de genotipos. De estos caracteres son 20 los que coinciden en las dos formas de análisis por componentes principales: la textura del filocladodio (TXF), la presencia de cera en el filocladodio (PCE), la altura de las ondulaciones entre aréolas sucesivas en una costilla (ALON), el número de espinas por areola (NEA), la pigmentación de los retoños vegetativos (PRV), la forma de la yema floral (FYFL), la forma del ápice de la yema floral (FAYFL), el color de la yema floral (CYFL), el patrón de coloración roja de los segmentos externos (PCRSX), el color de los tépalos internos del perianto (CTIP), el eje polar de la cavidad ovárica (EPCO), el eje ecuatorial de la cavidad ovárica (EECO), la longitud del fruto (LFR), el ancho del fruto (AFRU), el número de brácteas (NBR), la longitud de la bráctea del ápice (LBA), el ancho de la bráctea ecuatorial (ABE), el peso de la cascara (PCA), el peso del fruto (PFR) y los sólidos solubles (SS).

Nueve descriptores son diferentes para el análisis por caracteres separados: el tamaño del filocladodio (TF), la distancia entre areolas sucesivas (DAR), el color de las espinas (CES), la longitud de la flor (LFL), el color rojo en las brácteas (CRB), el grosor del estilo en la parte media (GES), el color de la cascara (CC), la relación largo y ancho del fruto (RLAFR), y el color de la pulpa (CPU). Y seis descriptores son diferentes para el análisis con la totalidad de caracteres: el ancho de las costillas (ANC), la longitud de la espina más grande (LEG), el número de lóbulos en el estigma (NLES), el color de los lóbulos (CLO), el color del estigma (CEST), y la longitud de la bráctea ecuatorial (LBE).

Cuadro 14. Caracteres que contribuyen a la varianza total explicada por componentes principales, con base en dos formas de análisis.

Análisis por caracteres separados	Análisis con el total de caracteres
TF	TXF
TXF	PCE
PCE	ANC
DAR	ALON
ALON	NEA
NEA	LEG
CES	PRV
PRV	FYFL
FYFL	FAYFL
FAYFL	CYFL
CYFL	PCRSX
LFL	CTIP
CRB	NLES
PCRSX	CLO
CTIP	CEST
GES	EPCO
EPCO	EECO
EECO	LFR
CC	AFR
LFR	NBR
AFR	LBA
RLAFR	LBE
NBR	ABE
LBA	PCA
ABE	PFR
PCA	SS
PFR	
CPU	
SS	

3.4.2. Análisis de conglomerados jerárquicos

Con base en una distancia de ligadura de 0.88 se determinaron ocho grupos (Figura 50).

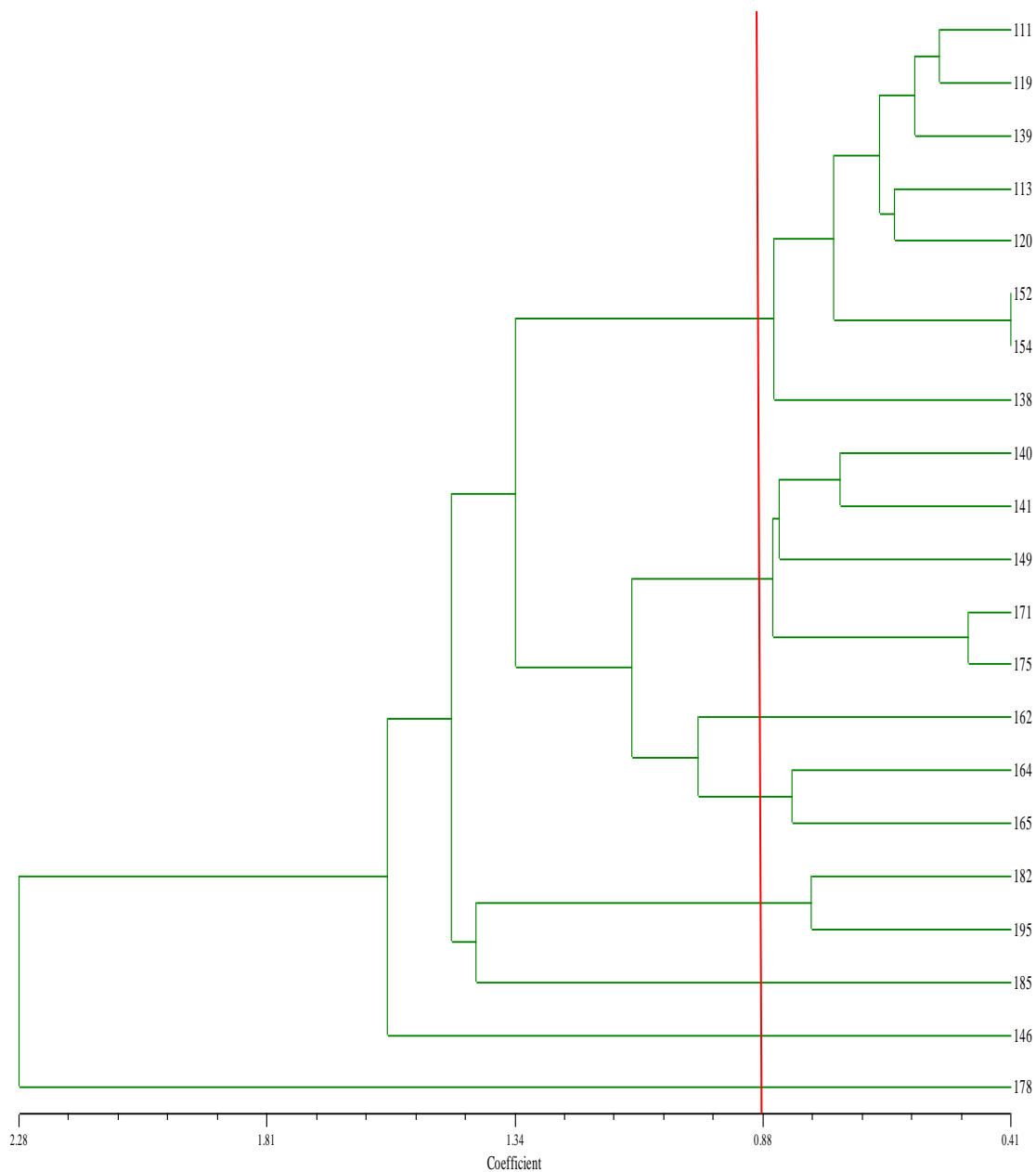


Figura 50. Dendrograma para 21 genotipos de pitahaya con base en caracteres cualitativos (22) y cuantitativos (28).

3.4.2.1. Presentación y análisis de grupos por ACJ

El primer grupo lo integró el genotipo CP-178 (Figura 51).

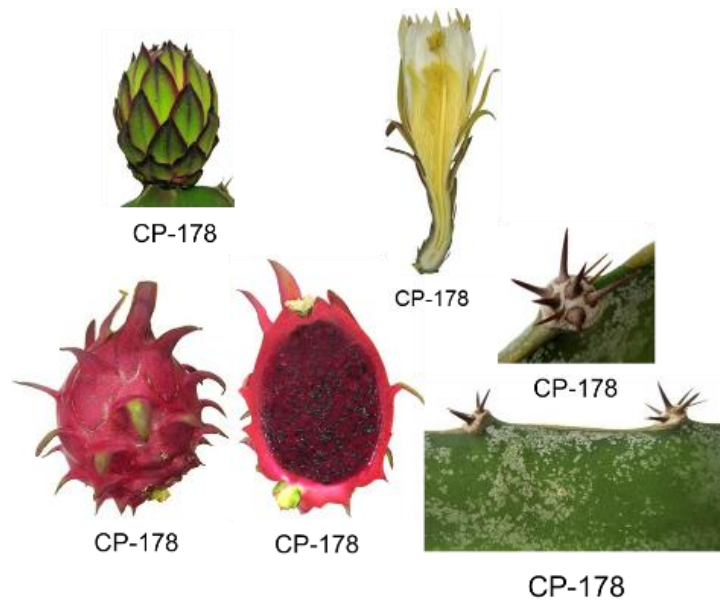


Figura 51. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del primer grupo.

El segundo grupo lo integró el genotipo CP-146 (Figura 52).

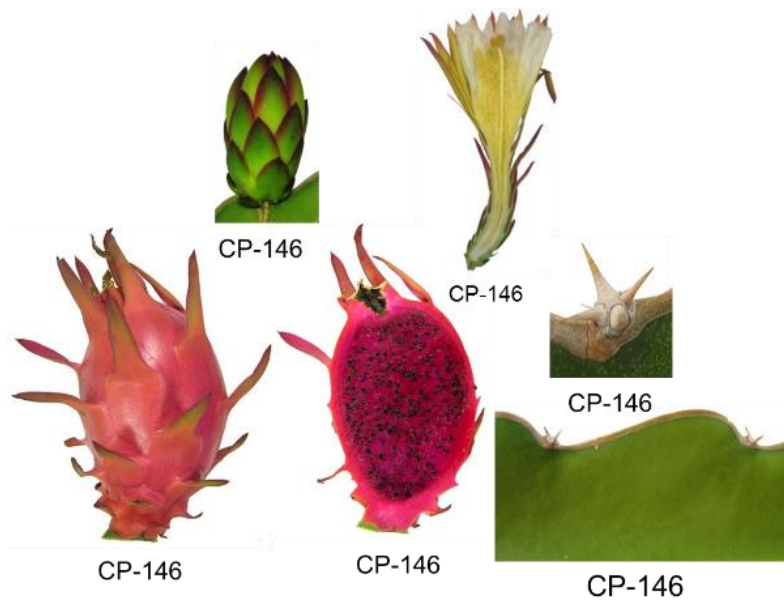


Figura 52. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del segundo grupo.

El tercer grupo lo integró el genotipo CP-185 (Figura 53).

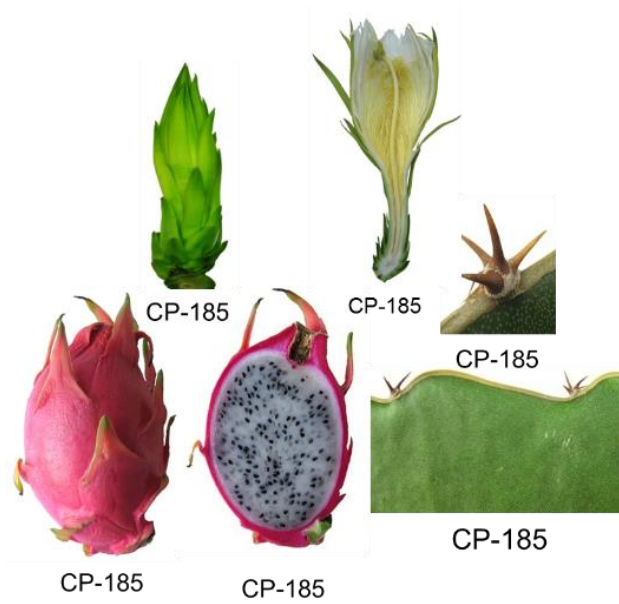


Figura 53. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del tercer grupo.

El cuarto grupo lo integraron los genotipos CP-195 y CP-182 (Figura 54).

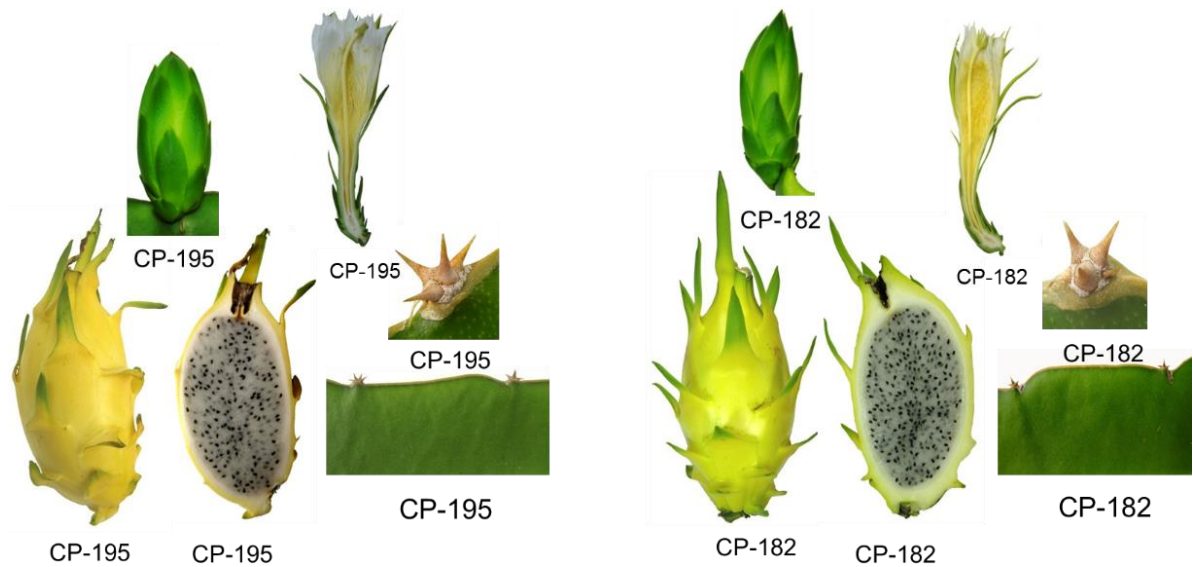


Figura 54. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del cuarto grupo.

El quinto grupo lo integraron los genotipos CP-165 y CP-164 (Figura 55).

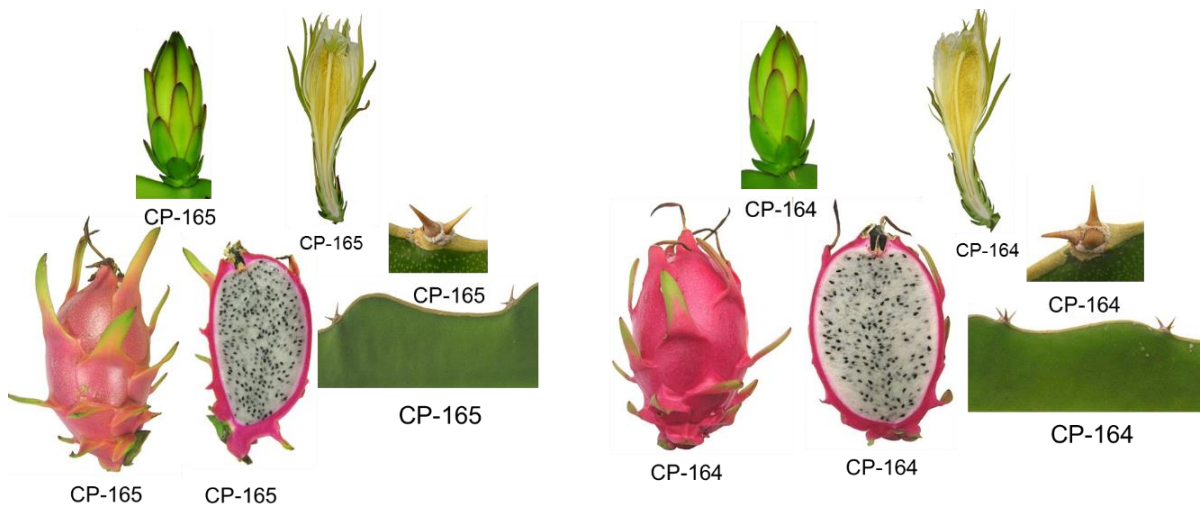


Figura 55. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del quinto grupo.

El sexto grupo lo integró el genotipo CP-162 (Figura 56).

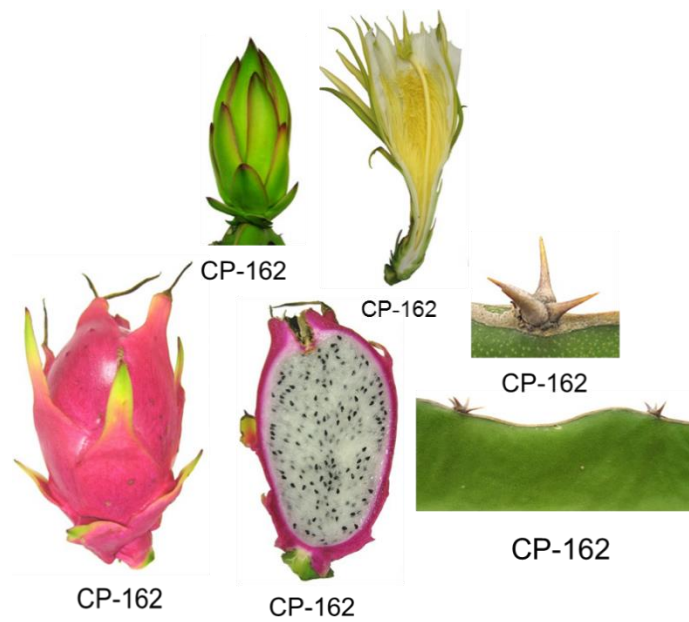


Figura 56. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del sexto grupo.

El séptimo grupo lo integraron los genotipos CP-175, CP-171, CP-149, CP-141 y CP-140 (Figura 57).

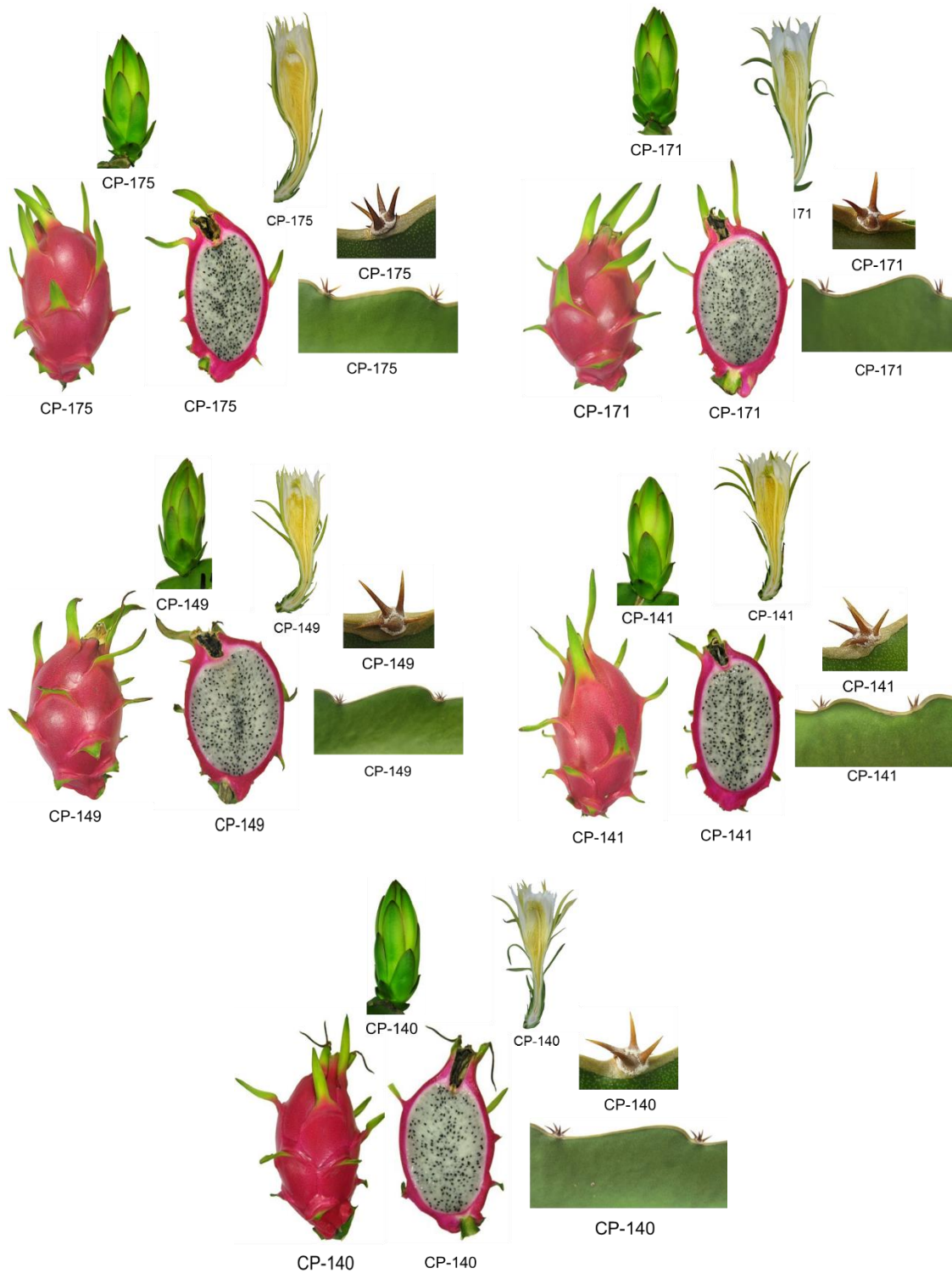


Figura 57. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del séptimo grupo.

El octavo grupo lo integraron los genotipos CP-138, CP-154, CP-113, CP-139, CP-152, CP-120, CP-119 y CP-111 (Figuras 58 y 59).

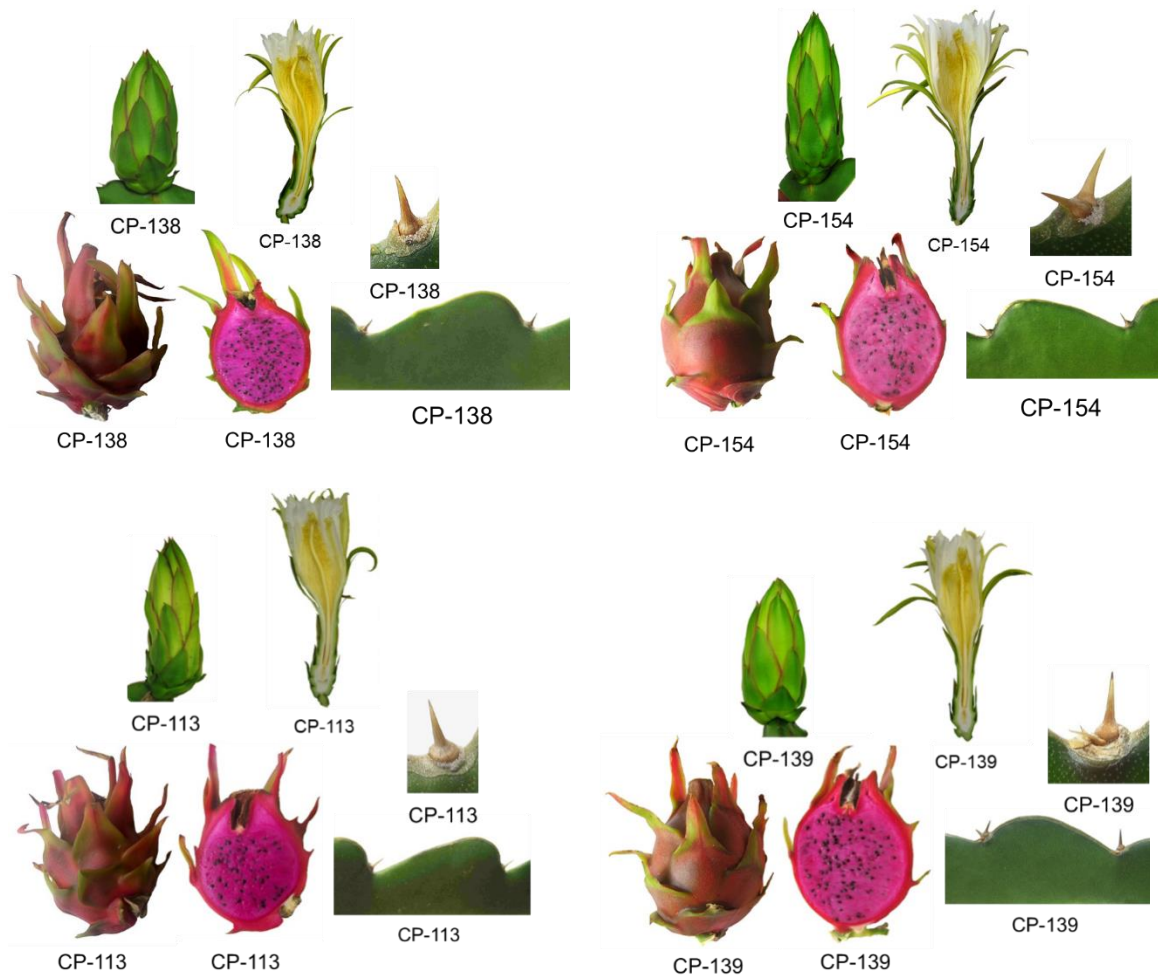


Figura 58. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del octavo grupo.

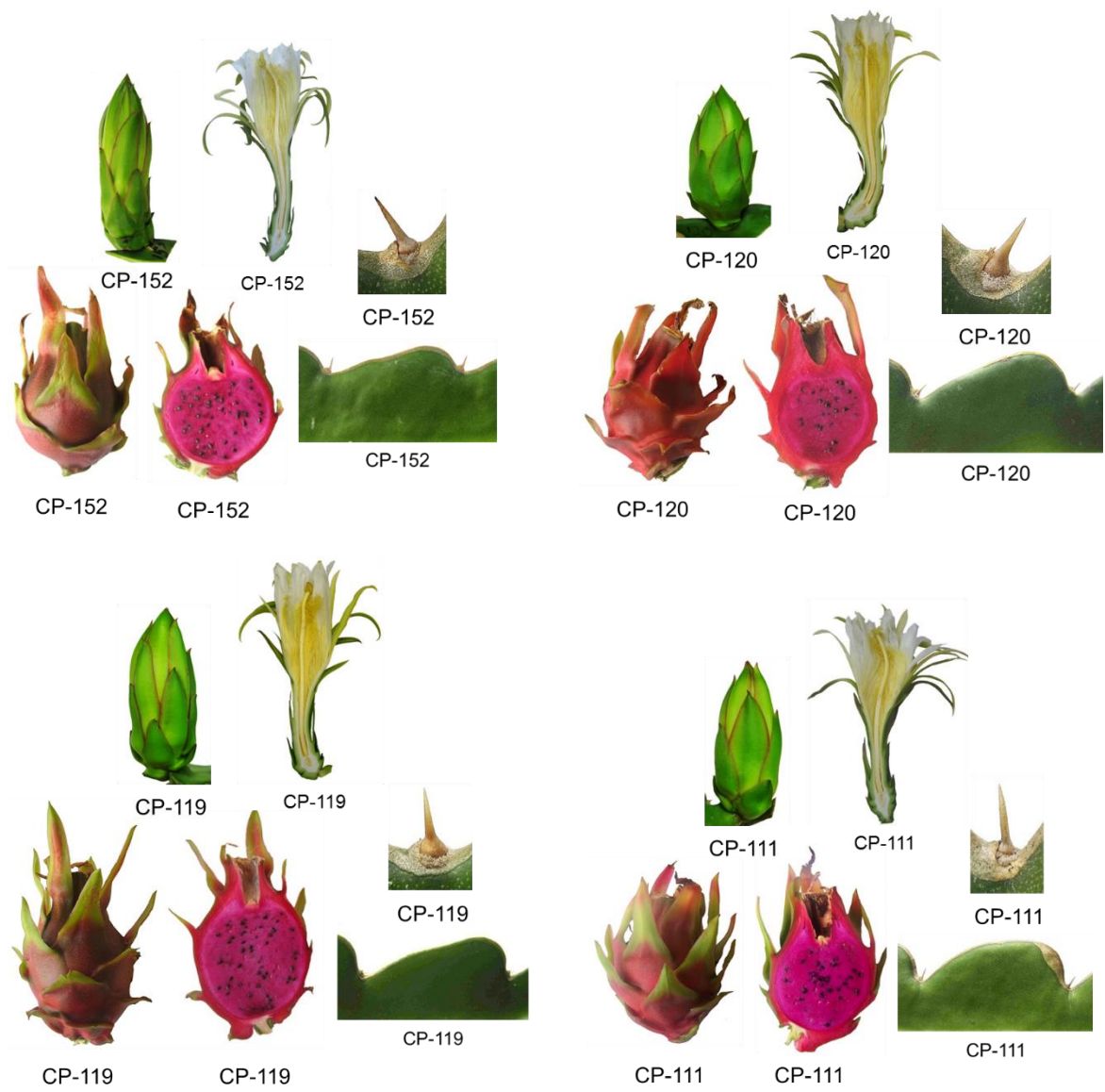


Figura 59. Areola, forma del margen entre areolas, yema floral, flor y fruto del octavo grupo.

IV. CONCLUSIONES

Los caracteres para filocladodios explicaron el 76 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados y son 10 los caracteres más importantes: el tamaño, la textura, la presencia de cera, la altura de las ondulaciones entre aréolas sucesivas en una costilla, el número de espinas por areola, la pigmentación de los retoños vegetativos, la distancia entre areolas sucesivas, el color de las espinas, el ancho de las costillas y la longitud de la espina más grande.

Los caracteres para yema floral y flores explicaron el 61 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados y son 13 los caracteres más importantes: la forma y color de la yema, la forma del ápice de la yema, el patrón de coloración roja de los segmentos externos, el color de los tépalos internos del perianto, el eje polar y ecuatorial de la cavidad ovárica, la longitud de la flor, el color rojo en las brácteas, el grosor del estilo en la parte media, el número de lóbulos en el estigma, el color de los lóbulos y el color del estigma.

Los caracteres para fruto explicaron el 77 % de la variación total existente entre los genotipos caracterizados y son 12 los más importantes: la longitud y ancho del fruto, el número de brácteas, la longitud de la bráctea del ápice, la longitud y ancho de la bráctea ecuatorial, el peso y color de la cáscara, el peso del fruto, los sólidos solubles, la relación largo y ancho del fruto y el color de la pulpa.

LITERATURA CITADA

- Aguirre P K E (2002)** Caracterización morfológica y fitosanitaria de clones selectos de pitahaya (*Hylocereus* spp.). Tesis de Maestría en Ciencias. PRGP-Genética, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 88 p.
- Borys M W, H Leszczyńska Borys (2001)** El potencial genético frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec de Harinas, Edo. De México. 99 p.
- Bravo H H (1978)** Las cactáceas de México. Vol I. 2da edición. (Ed.) Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 743 p.
- Bravo H H, H Sánchez Mejorada (1991)** Las cactáceas de México. Vol 3. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 443 p.
- Britton N L, J N Rose (1963)** The *Cactaceae*: Descriptions and illustrations of plants of the cactus Family. Vol I. (Ed.) Devor Publications. New York, USA. pp:183-195.
- Carballo C A, J A Estrada Gómez, A Hernández Livera, J Virgen Vargas, Ma E Ramírez, J Muñoz Hernández (2010)** Registro y protección de variedades vegetales. En: La investigación al servicio del campo mexicano. S Cruz Izquierdo, A Muratalla Lúa, A T Kato Yamakake. (Comps.). Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. pp: 55-56.
- Castillo M R, H Calix de Dios, A Canto Rodríguez (1996)** Guía técnica para el cultivo de pitahaya. CONACYT, Universidad de Quintana Roo, INIFAP, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. De México. 158 p.

- Castillo M R, M Livera Muñoz, G J Márquez Guzmán (2005)** Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia* 39:183-194.
- Cálix de Dios H, R Castillo Martínez, A Rodríguez Canto, B Rodríguez Castañeda (2001)** El cultivo de la pitahaya en el trópico. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villa Hermosa, Tabasco. 109 p.
- Cruz I V (2008)** La pitahaya roja (*Hylocereus ocamponis*) en el estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 66 p.
- Flores V C A (2003)** Pitayas y pitahayas. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 175 p.
- García E (1988)** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª edición. (Ed.) Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 132 p.
- Gibson C A, P S Nobel (1986)** The Cactus Primer. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. London, England. 286 p.
- González A F, V J M PITA (2001)** Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. (Ed.) Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Madrid. 279 p.
- Guzmán U, S Arias, P Dávila (2007)** Catálogo de Cactáceas Mexicanas. UNAM-CONABIO. México, D. F. 315 p.

- Grimaldo J O, A García Velázquez, J Ortiz Cereceres, L M Ruiz Posadas (2001)** Características cariotípicas de seis genotipos de pitahaya (*Hylocereus* spp.). Revista Chapingo Serie Horticultura 7:177-195.
- Hidalgo R (2003)** Variabilidad Genética y Caracterización de especies vegetales. En: Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. T L Franco, R Hidalgo. (Eds.). Boletín técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- Hunt D (2006)** Cites Cactaceae checklist. Whitstable litho ltd. Whitstable, Kent. UK. 315 p.
- Juárez S I (2004)** Caracterización de la pitahaya de Jalisco (*Hylocereus purpusii*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Zonas Áridas. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 66 p.
- Legaria S J P, M E A Cano, R G Hernández (2005)** Diversidad genética en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth. Britton y Rose). Rev. Fitotecnia. Mexicana. Vol. 28:179-185.
- Livera M M, Y D Ortiz Hernández, R Castillo Martínez, F Castillo González, R Martínez Chávez, J J Ramírez Delgadillo, A J Valencia Botín, J A Carrillo Salazar (2010)** Pitahaya (*Hylocereus* spp.): problemas, logros y perspectivas. En: La investigación al servicio del campo mexicano. S Cruz Izquierdo, A Muratalla Lúa, A T Kato Yamakake. (Comps.). Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. De México. pp: 69-71.

- Maldonado P L (2000)** Caracterización y clasificación fenotípica de pitahaya Blanca (*Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose) del Estado de Yucatán. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Mérida Yucatán, México. 119 p.
- Meráz A M del R, M A Gómez Cruz, R Schwentesius Rinderman (2003)** Pitahaya de México producción y comercialización en el contexto internacional. En: Pitayas y pitahayas. C A Flores Valez. (Ed.) Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco Edo. De México. pp: 98-121.
- Mizrahi Y, A Nerd, Y Sitrit (2002)** New Fruits for Arid Climates. In: New Trends in New Crops and New Uses. J Janick, A Whipkey. (Eds). ASHS Press, Alexandria, VA. pp: 378-384.
- Ortega P R, M A Martínez Alfaro, J de J S González (2000)** Recursos fitogenéticos autóctonos En: Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. (Eds). P Ramírez Vallejo, R Ortega Paczka, A Lopez Herrera, F Castillo González, M Livera Muñoz, F Rincón Sánchez, F Zavala García. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 188 p.
- Potrero A S M (2003)** Caracterización morfológica y reproductiva de clones de pitahaya (*Hylocereus* spp.). Tesis de Maestría en Ciencias. PRGP-fisiología vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. De México. 122 p.
- Ramírez M F de J (1999)** Caracterización y compatibilidad en pitahaya *Hylocereus* spp. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 108 p.

Ramírez P V, R Ortega Paczka, A López Herrera, F González, M Livera Muñoz, F Rincón Sánchez, F Zavala García (2000) Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. Chapingo, Texcoco Edo. De México 188 p.

Rodríguez C A (2000) Pitahayas estado mundial de su cultivo y comercialización. Fundación Yucatán Produce, A.C. y Centro Regional Universitario Península de Yucatán CRUPY-UACH. Yucatán, México. 153 p.

Rodríguez C A (2003) Pitahaya (*Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*). Producción, Comercialización en el mundo y México. En: Pitayas y pitahayas, producción, poscosecha, industrialización y comercialización. C A Flores Valez. (Ed.). Programa NOPAL/CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco Edo. De México. 173 p.