



Agrociencia

ISSN: 1405-3195

agrocien@colpos.mx

Colegio de Postgraduados

México

Castillo Martínez, Roberta; Livera Muñoz, Manuel; Márquez Guzmán, Guadalupe J.
Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus*
undatus)

Agrociencia, vol. 39, núm. 2, marzo-abril, 2005, pp. 183-194

Colegio de Postgraduados

Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239206>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y COMPATIBILIDAD SEXUAL DE CINCO GENOTIPOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND SEXUAL COMPATIBILITY OF FIVE PITAHAYAS (*Hylocereus undatus*) GENOTYPES

Roberta Castillo-Martínez¹, Manuel Livera-Muñoz² y Guadalupe J. Márquez-Guzmán³

¹Universidad de Quintana Roo. Boulevard Bahía s/n. 77019. Chetumal, Quintana Roo. (robcasti@correo.uqroo.mx). ²Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (mlivera@colpos.mx). ³Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 04510. México D. F. (jmg@hp.fciencias.unam.mx)

RESUMEN

El cultivo de pitahaya (*Hylocereus* spp.), en México y otros países, es muy promisorio debido a la aceptación de su fruto y su resistencia a la sequía. Sin embargo, sus incipientes plantaciones enfrentan varios problemas, entre otros la heterogeneidad genética y la escasa proporción de frutos desarrollados respecto al total de flores producidas por algunos genotipos. Conocer la biodiversidad de un recurso vegetal permite elegir estrategias para su mejor aprovechamiento. Por tal motivo, el propósito de este trabajo fue la caracterización morfológica y la evaluación de la compatibilidad sexual de cinco genotipos (1, 3, 4, 5 y 6) cultivados en el sur de Quintana Roo, México. La caracterización morfológica se realizó con variables cuantitativas (i. e., longitud y diámetro) de la flor, el fruto, el tallo, las semillas y el polen; y el color del pericarpio (variable cualitativa). La compatibilidad sexual se evaluó mediante autopolinizaciones. Los genotipos se diferenciaron principalmente por las características de sus estructuras reproductivas. Con base en análisis de varianza, de conglomerados y de componentes principales, se determinó que los genotipos 1, 3 y 6 reúnen características semejantes en sus estructuras reproductivas, mientras que los genotipos 5 y 4 presentan más diferencias. Los genotipos 1 y 5 fueron autocompatibles y tienen mayor potencial para la región por las características de sus frutos.

Palabras clave: *Hylocereus undatus*, Cactaceae, morfología vegetal, polinización.

INTRODUCCIÓN

Los frutos atractivos de especies poco comunes, como el de la pitahaya (*Hylocereus* spp.), son muy cotizados en los mercados europeos y asiáticos. Aunque el fruto es el producto más demandado, toda la planta se puede aprovechar como alimento y como medicina. Por tales razones, varios países, incluido México, se han interesado por cultivar esta especie (Raveh *et al.*, 1993; Reyes, 1995; Rodríguez, 2000; Cáliz y Castillo,

ABSTRACT

In México and other countries, cultivation of pitahaya (*Hylocereus* spp.) is considered very promising because its fruit is well accepted and it is resistant to drought. However, new plantations in México have several problems, including genetic heterogeneity of plantation material and low fruit production relative to total flower production of some genotypes. Knowing biodiversity of a plant resource allows election of strategies for better use. This motivated the study of five genotypes (1, 3, 4, 5 and 6) cultivated in southern Quintana Roo, México, to characterize their morphology and evaluate their sexual compatibility. The morphological characterization was determined with quantitative variables (length and diameter) of flower, fruit, stem, seed and pollen, as well as with color of the pericarp (qualitative variable). Sexual compatibility was evaluated with self-pollination. The genotypes were differentiated mainly by the characteristics of their reproductive structures. Based on an analysis of variance, clusters and principal components, it was determined that genotypes 1, 3 and 6 have similar characteristics in their reproductive structures, while genotypes 4 and 5 have more differences. Genotypes 1 and 5 were self-compatible and have more productive potential for the region because of the characteristics of their fruits.

Key words: *Hylocereus undatus*, Cactaceae, plant morphology, pollination.

INTRODUCTION

The attractive fruits of uncommon species, such as pitahaya (*Hylocereus* spp.), are highly prized in European and Asian markets. Although the fruit is the most demanded product, the entire plant can be used for food and medicine. For these reasons, several countries, including México, have become interested in cultivating this species (Raveh *et al.*, 1993; Reyes, 1995; Rodríguez, 2000; Calix and Castillo, 2001). In the Yucatán Peninsula, México, commercial cultivation of pitahaya has been promoted and there is a little more than 300 ha under production. These plantations have been established with plants from family gardens and, to

Recibido: Enero, 2004. Aprobado: Enero, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 39: 183-194. 2005.

2001). En la Península de Yucatán, México, se ha fomentado más su cultivo comercial y hay poco más de 300 ha en producción. Estas plantaciones se han establecido con plantas procedentes de huertos familiares y, en menor proporción, con plantas silvestres, por lo que la heterogeneidad del material genético de los huertos es un problema importante. Los frutos difieren en forma, tamaño, color, número y tamaño de brácteas; y en contenido de sólidos solubles. Otro problema es el reducido número de frutos desarrollados respecto al total de flores producidas; por ejemplo, en la Península de Yucatán se encontró un genotipo con fruto de color amarillo claro, cuya floración es abundante pero con reducida producción de frutos. Problemas parecidos se han observado en otros lugares de México y Nicaragua.

La diversidad biológica de *Hylocereus* es poco conocida, incluyendo los tipos cultivados en traspatios y en las plantaciones recién iniciadas. Sólo en Nicaragua se han seleccionado algunos materiales que son los más cultivados en ese país (Maltez, 1994). En México, las investigaciones son incipientes (Ramírez, 1999⁴; Maldonado, 2000⁵; Grimaldo, 2001). Tanto en Nicaragua como en México los materiales estudiados han procedido principalmente de huertos familiares.

En diferentes especies se estudian las causas del reducido número de frutos producidos respecto al total de flores desarrolladas (Ganders, 1976; Sutherland, 1986; Weiss *et al.*, 1994; Ramírez, 1999; Lichtenzweig *et al.*, 2000). En pitahaya la causa principal es la autoincompatibilidad sexual (Weiss *et al.*, 1994; Ramírez, 1999; Lichtenzweig *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad de las pitahayas cultivadas de la Península de Yucatán a través de la caracterización morfológica y el estudio de aspectos relacionados con la producción de frutos de genotipos provenientes de huertos familiares, para iniciar la selección de los más prometedores y su eventual cultivo en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material de estudio

Los genotipos estudiados se cultivan en secano en una plantación, experimental y otra comercial, ubicadas en el sur de Quintana Roo, México (18° 31' N y 88° 28' S), cuyos promedios anuales de temperatura y precipitación son 26 °C y 1200 mm. La pitahaya usada fue de la especie *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose. Los genotipos 1, 3 y 4 fueron recolectados en el Municipio de Othón P.

a lesser degree, wild plants; thus, the heterogeneity of the genetic material of the orchards is a major problem. The fruits differ in shape, size, color, number and size of bracts, and content of soluble solids. Another problem is the reduced number of fruits that develop relative to the total number of flower produced. For example, in the Yucatán Península a genotype was found with pale yellow fruit; it flowers abundantly but produces little fruit. Similar problems have been observed in other sites in México and Nicaragua.

The biological diversity of *Hylocereus* is little known, even those types cultivated in home gardens and recently initiated plantations. Only in Nicaragua have some materials been selected, the most frequently cultivated in that country (Maltez, 1994). In México, studies are incipient (Ramírez, 1999⁴; Maldonado, 2000⁵; Grimaldo, 2001). Both in Nicaragua and México the materials studied are mainly from home gardens.

In different species the causes of the reduced number of fruits produced relative to the total number of flowers developed have been studied (Ganders, 1976; Sutherland, 1986; Weiss *et al.*, 1994; Ramírez, 1999; Lichtenzweig *et al.*, 2000). In pitahaya the main cause is sexual self-incompatibility (Weiss *et al.*, 1994; Ramírez, 1999; Lichtenzweig *et al.*, 2000).

The objective of this study was to evaluate the diversity of pitahaya cultivated in the Yucatán Península in home gardens through the morphological characterization and study of aspects related to the production of fruits, in order to begin selection of the most promising varieties and their future cultivation in the region.

MATERIALS AND METHODS

Material

The genotypes studied are rainfed cultivated in two plantations, one experimental and other commercial, located in southern Quintana Roo, México (18° 31' N and 88° 28' W). Mean annual temperature is 26 °C and average annual precipitation is 1200 mm. The pitahaya species used was *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton and Rose. Genotypes 1, 3 and 4 were collected in the Municipality of Othón P. Blanco, Quintana Roo; genotype 5 was obtained in Mérida, Yucatán; el genotype 6 in China, Campeche. Genotypes 1, 3, 4 and 5 have a reddish pericarp, but genotype 6 is pale yellow and is known regionally as Pitahaya Blanca. Because of its morphological characteristics, Pitahaya Blanca was classified as belonging to the species *H. undatus* by Maldonado (2000)⁵ and Grimaldo (2001), although in its original

⁴ Ramírez M., F. de J. 1999. Caracterización y compatibilidad en pitahaya *Hylocereus* sp. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 108 p.

⁵ Maldonado P., L. 2000. Caracterización y clasificación fenotípica de Pitahaya Blanca (*Hylocereus undatus* (Haworth) Britton y Rose) del estado de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. Tesis Profesional. Mérida, Yucatán, México. 119 p.

Blanco, Quintana Roo; el genotipo 5 fue obtenido en Mérida, Yucatán; el genotipo 6 en Chiná, Campeche. Los genotipos 1, 3, 4 y 5 poseen pericarpio rojizo, pero el del genotipo 6 es amarillo claro, y es conocido regionalmente como Pitahaya Blanca. Por sus características morfológicas, la Pitahaya Blanca fue clasificada como perteneciente a la especie *H. undatus* por Maldonado (2000)⁵ y Grimaldo (2001), aunque en su descripción original (*H. undatus* (Haw.) Britt & Rose) no se menciona a ese genotipo en esta especie. Todos los materiales se cultivan en la plantación experimental, pero el genotipo 1 es muy escaso en ese lugar, por lo que los experimentos con ese genotipo se hicieron en la plantación comercial. Las plantas del genotipo 5 sólo se encuentran en la plantación comercial.

Caracterización morfológica

En al menos 15 plantas de los genotipos 1, 3, 4, y 6 y en ocho del genotipo 5, se recolectaron estructuras reproductoras y vegetativas. En diferentes plantas de cada genotipo se cortaron 15 a 40 flores, se midió su longitud, el diámetro del ovario, la longitud y el grosor del estilo, el número de lóbulos del estigma, la longitud de los estambres, el diámetro y longitud del lóculo del ovario, distancia hercogamia, el color del estigma, y la coloración de las flores. Se midieron los diámetros ecuatorial y polar de 50 granos de polen de cada genotipo, previamente acetolizados (Moore *et al.*, 1991). Algunos granos de polen se desecaron a temperatura ambiente, se colocaron sobre la superficie adhesiva de una cinta conductiva de carbón, que previamente se había depositado sobre una cara de un cilindro de cobre, se cubrieron con oro y se fotografiaron en microscopio electrónico de barrido (Bozzola y Russell, 1999).

En 20 a 50 frutos por genotipo se determinó su color, el diámetro ecuatorial, la longitud, el número de brácteas, la longitud y la anchura de brácteas, el grosor y peso del pericarpio, el peso de la pulpa, y el contenido de sólidos solubles (medido con un refractómetro manual); esta última variable se midió 1 ó 2 d después de que los frutos iniciaron su maduración con el fin de evaluarlos con un grado de madurez similar. Para calcular el número de semillas por fruto, dado que las semillas son muy abundantes y tienen una distribución uniforme en la pulpa, se contaron las semillas de una muestra de 10 % de la pulpa, tomada de la parte media del fruto, y el resultado se extrapoló al peso total de la pulpa de cada fruto. Además, se calculó el peso promedio de 100 semillas de diferentes frutos.

Las variables vegetativas incluyeron la anchura de la superficie más plana del tallo, la distancia entre aréolas y la altura de las ondulaciones entre aréolas sucesivas en una costilla. En cada aréola se contó el número de espinas y se obtuvo el promedio de la longitud de las espinas y del diámetro de la base. Las mediciones resultaron del promedio de 50 a 100 estructuras por genotipo. También se registró el grado de pigmentación en las puntas y márgenes de los retoños vegetativos.

El diseño experimental fue completamente al azar. Las estructuras de cada genotipo se consideraron como una unidad experimental, donde el número de repeticiones para cada estructura fue diferente. El análisis de los datos se hizo con SAS (SAS, 1999), y se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias.

description (*H. undatus* (Haw.) Britt & Rose), there is no mention of this genotype within the species. All of the materials are cultivated in the experimental plantation, but genotype 1 is very rare in this site; thus, the experiments with this genotype were conducted in the commercial plantation. The plants of genotype 5 are found only in the commercial plantation.

Morphological characterization

In at least 15 plants from genotypes 1, 3, 4 and 6, and in eight of genotype 5, reproductive and vegetative structures were collected. In different plants of each genotype 15 to 40 flowers were cut and were measured for length, diameter of ovary, length and thickness of style, number of lobules of the stigma, length of pistil, diameter and length of the ovarian locule, hercogamy distance, stigma color and flower color. Equatorial and polar diameters of 50 previously acetified (Moore *et al.*, 1991) pollen grains of each genotype were measured. Some pollen grains were dried at room temperatures and placed on the adhesive surface of a carbon conductive tape, which had been previously deposited on a face of a copper cylinder. The pollen grains were covered with gold and photographed in an electronic scanning microscope (Bozzola and Russell, 1999).

In 20 to 50 fruits per genotype color, equatorial diameter, length, number of bracts, length and width of bracts, thickness and weight of pericarp, weight of pulp, and content of total soluble solids (measured with a manual refractometer) were determined; the last variable was measured 1 or 2 d after the fruits initiated maturation in order to evaluate them at a similar degree of maturity. To calculate the number of seeds per fruit, given that the seeds are abundant and are evenly distributed in the pulp, seeds taken from a 10% sample of the pulp from the middle part of the fruit were counted, and the result was extrapolated to the total weight of the pulp of each fruit. Also, the average weight of 100 seeds from different fruits was calculated.

The vegetative variables included the width of the flattest surface of the stem, distance between areoles and height of undulations between successive areoles on a side. The number of thorns on each areole was counted, and average length of the thorns and diameter of the base were obtained. The measurements were the result of an average of 50 to 100 structures per genotype. Also recorded was the degree of pigmentation on the tips and edges of the vegetative sprouts.

The experimental design was completely random. The structures of all the genotypes were each considered one experimental unit, where the number of replications for each structure was different. The analysis of the data was performed with SAS (SAS, 1999), and the Tukey test was used to compare means.

Phenetic analysis

To determine the relationship among the five genotypes, cluster and order analyses were performed. With the quantitative traits, a data matrix was formed with five operative taxonomic units (UTO) and 30 traits or variables; this was processed to obtain the cluster analysis and the order analysis (Hair *et al.*, 1999). In the cluster analysis the unweighted average of paired groups was used (UPGMA, Unweighted

Análisis fenético

Para determinar la relación entre los cinco genotipos se efectuó un análisis de agrupamiento y de ordenación. Con los caracteres cuantitativos se formó una matriz de datos de cinco unidades taxonómicas operativas (UTO) y 30 caracteres o variables, la cual se procesó para obtener el análisis de agrupamiento y el análisis de ordenación (Hair *et al.*, 1999). En el análisis de agrupamiento se empleó el promedio no ponderado de grupos apareados (UPGMA, Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages) propuesto por (Sokal and Michener, 1958) y el coeficiente de distancia euclidiano. Se efectuaron tres análisis de agrupamiento: a) con los datos de todas las variables (reproductivas y vegetativas); b) con los datos de las variables reproductivas; c) con los datos de las estructuras vegetativas. El método de ordenación empleado fue el análisis de componentes principales (ACP), para el cual se utilizaron los datos de todas las variables vegetativas y reproductoras. Los análisis de agrupamiento y el de componentes principales se efectuaron con SAS (SAS, 1999).

Compatibilidad sexual

Se determinó la compatibilidad sexual de 15 individuos de los genotipos 1, 3, 4, 6 y de ocho del genotipo 5. Se autopolinizaron manualmente 15 flores; otras 15 polinizadas libremente sirvieron como testigos. Así, en los genotipos 1, 3, 4 y 6 se usaron dos flores por planta, mientras que en el genotipo 5 se emplearon tres a cuatro flores por planta. En las autopolinizaciones se cubrieron los estigmas (de flores no emasculadas) con bolsas de papel encerado aproximadamente 36 h antes de la apertura floral; luego, alrededor de 8 h antes de la apertura de las flores, se autopolinizaron manualmente. Como en la pitahaya las flores que no desarrollan frutos abortan una semana después de la antesis, el registro de los datos para verificar el desarrollo de frutos se efectuó 15 d después de la polinización. La unidad experimental fue una flor con 15 repeticiones, comparándose los porcentajes de los frutos desarrollados en cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica

Los cinco genotipos de pitahaya son discernibles entre sí principalmente por las características de sus estructuras reproductoras. Las flores de los genotipos 4 y 5 son las de menor longitud. Las flores del genotipo 4 tienen, además, el ovario más delgado, la mayor cantidad de pigmentación rojiza en las brácteas verdes y petaloides, el mayor número de lóbulos por estigma y éstos son bi o trifurcados; las flores del genotipo 5 tienen el ovario y el estilo más gruesos (Cuadros 1 y 2; Figura 1).

Las características consideradas en esta investigación que permiten distinguir las flores de los genotipos, son: la longitud, la separación entre estambres y estigmas, el grosor del estilo, y el número de lóbulos del estigma;

Pair Group Method Using Arithmetic Averages) and the Euclidian distance coefficient were used. Three cluster analyses were performed: a) with data from all the variables (reproductive and vegetative), b) with data from reproductive variables, and c) with data from the vegetative structures. The order method used was the analysis of principal components, for which data from all the vegetative and reproductive variables were used. The cluster analysis and that of principal components were performed with SAS (SAS, 1999).

Sexual compatibility

Sexual compatibility of 15 individuals from genotypes 1, 3, 4, 6 and eight from genotype 5 was determined. Fifteen flowers were self-pollinated manually; another 15 free-pollinated individuals served as control. Thus in genotypes 1, 3, 4 and 6 two flowers per plant were used, while in genotype 5 three to four flowers per plant were used. In the self-pollinations the stigmas (from non-emasculated flowers) were covered with waxed paper bags approximately 36 h before flower aperture, and later, they were manually self-pollinated about 8 h before flower aperture. Because in pitahaya the flowers that do not develop fruits abort one week after anthesis, to verify fruit development, data were recorded 15 d after pollination. The experimental unit in this case was one flower, with 15 replications. Percentages of fruits developed in each treatment were compared.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphological characterization

The five pitahaya genotypes are discernible mainly by the characteristics of their reproductive structures. The flowers of genotypes 4 and 5 are the shortest. The flowers of genotype 4 also have the thinnest ovary, the most reddish pigment in the green bracts and petaloids, and the highest number of lobules per stigma, which are bi- or tri-furcated. The flowers of genotype 5 have the thickest ovary and style (Tables 1 and 2; Figure 1).

The characteristics considered in this study that distinguish the flowers of the genotypes are length, separation among stamen and stigma, thickness of the style, and number of lobules of the stigma. According to Ramírez (1999)⁴ and Maldonado (2000)⁵, these are useful for the purpose. Other important characteristics are diameter of the ovary and presence or absence of bi- or tri-furcations on the stigma lobules. The bifid stigma is important as a descriptive characteristic and allows differentiation among *H. lemairei*, *H. venezuelensis* and *H. monacanthus* (Kimmach, 1984). The stigma lobules of genotype 4 were the most numerous and the only lobules that were bi- or trifurcated. This trait is not indicated in the original description of *H. undatus*.

Fruit weight of genotype 5 (Table 2) is significantly higher than the rest of the specimens; in contrast, genotype 4 had the lowest fruit weight. Fruit weights of

Cuadro 1. Características de flor de cinco genotipos de pitahaya.
Table 1. Flower characteristics of five pitahaya genotypes.

Genotipo	Longitud (cm)	Diámetro ovario (cm)	Número brácteas	Distancia hercogamia (cm)	Longitud estambre (cm)	Estilo		Número lóbulos estigma	Polen	
						Longitud (cm)	Grosor (mm)		Eje polar (μm)	Diámetro ecuatorial (μm)
1	32.0 a	4.1 b	84.5 a	0.25 c	9.5 a	26.7 b	5.5 c	23.5 b	82.5 a	89.7 a
3	31.2 b	3.9 bc	83.3 a	1.03 b	8.9 ab	27.4 b	6.0 b	24.4 b	76.7 b	80.2 b
4	27.2 d	3.5 d	78.6 a	0.0 cd	8.7 b	23.6 c	6.3 ab	27.2 a	76.8 b	78.3 c
5	29.5 c	4.5 a	83.4 a	0.23 cd	8.6 b	24.7 c	6.8 a	23.4 b	76.0 b	77.6 c
6	31.6 ab	3.7 cd	80.4 a	1.78 a	8.7 b	29.6 a	5.5 c	23 b	75.9 b	80.2 b
DSH	1.5	0.27	10.78	1.31	0.63	1.56	0.35	1.84	1.91	1.62

Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).**Cuadro 2. Características del fruto de cinco genotipos de pitahaya.**
Table 2. Fruit characteristics of five pitahaya genotypes.

Geno-tipo	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso			Brácteas			Grosor pericarpio (mm)	Número semillas	Peso semi-lla (mg)	Grados Brix
			Total (g)	Pericarpio (g)	Pulpa (g)	Número	Anchura (cm)	Longitud (cm)				
1	9.6 b	7.8 b	347.1 b	110.5 ab	236.4 b	24.1 a	2.6 bc	3.4a	3.5 ab	4518 a	1.8b c	12.7 b
3	8.7 bc	7.9 b	342.8 b	118.2 a	224.6 b	22.9 a	2.9 b	2.7c	3.7 a	3709 ab	2.1 a	12.0 bc
4	7.4 c	6.7 c	212 c	72.4 c	139.6 c	15.6 bc	2.6 bc	3.1b	3.6 a	3081 b	1.8 bc	10.9 c
5	9.2 b	8.8 a	436.5 a	116.5 a	320.1 a	18.1 b	3.7 a	2.7c	2.6 c	4525 a	1.9 b	14.1 a
6	11.4 a	7.6 b	353.8 b	120.5 a	233.3 a	21.6 a	2.4 c	2.9bc	3.0 bc	3839 ab	1.7 c	12.8 b
DSH	0.91	0.65	74.85	20.76	61.88	3.4	0.37	0.33	0.58	1296	0.13	1.45

Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).

según Ramírez (1999)⁴ y Maldonado (2000)⁵ son útiles para dicho propósito. Otras características importantes son el diámetro del ovario y la presencia o ausencia de bi o trifurcaciones en los lóbulos estigmáticos. El estigma bifido es importante como características descriptiva y permite diferenciar a *H. lemairei*, *H. venezuelensis* y *H. monacanthus* (Kimmach, 1984). Los lóbulos estigmáticos del genotipo 4 fueron los más numerosos y los únicos bi o trifurcados; este carácter no se indica en la descripción original de *H. undatus*.

El peso del fruto del genotipo 5 (Cuadro 2) es significativamente mayor que en el resto de los ejemplares; pero el genotipo 4 produjo los frutos de menor peso. Los pesos de los frutos de los genotipos 1, 3 y 6 son similares; el genotipo 6 se distingue por el color amarillo claro del pericarpio. El genotipo 1 tiene las brácteas más largas y la tonalidad rojiza de su pericarpio es más intensa que la del genotipo 3. Los resultados de Ramírez (1999), Maldonado (2000), Grimaldo (2001) y los del presente estudio concuerdan en que las características relevantes del fruto son peso, peso de la pulpa, longitud, diámetro, grosor del pericarpio, grados Brix, número de brácteas, longitud y anchura de estas últimas estructuras, porque hubo diferencias significativas entre genotipos.

genotypes 1, 3 and 6 are similar. Genotype 6 is distinguished by the pale yellow pericarp of its fruit. Genotype 1 has the longest bracts and the reddish color of the pericarp is more intense than that of genotype 3. The results of Ramírez (1999), Maldonado (2000), Grimaldo (2001) and those of this study coincide in that the relevant characteristics of the fruit are weight, pulp weight, length, diameter, thickness of pericarp, Brix degrees, number of bracts, and length and width of bracts since there were significant differences among genotypes.

According to fruit color, size and Brix degrees, the fruits of genotypes 1, 5 and 6 are the best. Another advantage of genotype 1 is that the fruits come off easily at harvest; its long bracts can be considered its only disadvantage. The pale yellow fruits of genotype 6 have a very good appearance, but this genotype is not valued in the region since the population is more familiar with fruit with red pericarp. Fortunately, the pitahaya with yellow pericarp is well accepted on the international market. Rodríguez (2000) suggests that this acceptance responds to the association that exists with the yellow fruit of *Selenicereus megalanthus*, the pitahaya cultivated in Colombia which had won prestige before *Hylocereus* was introduced into the international market. One

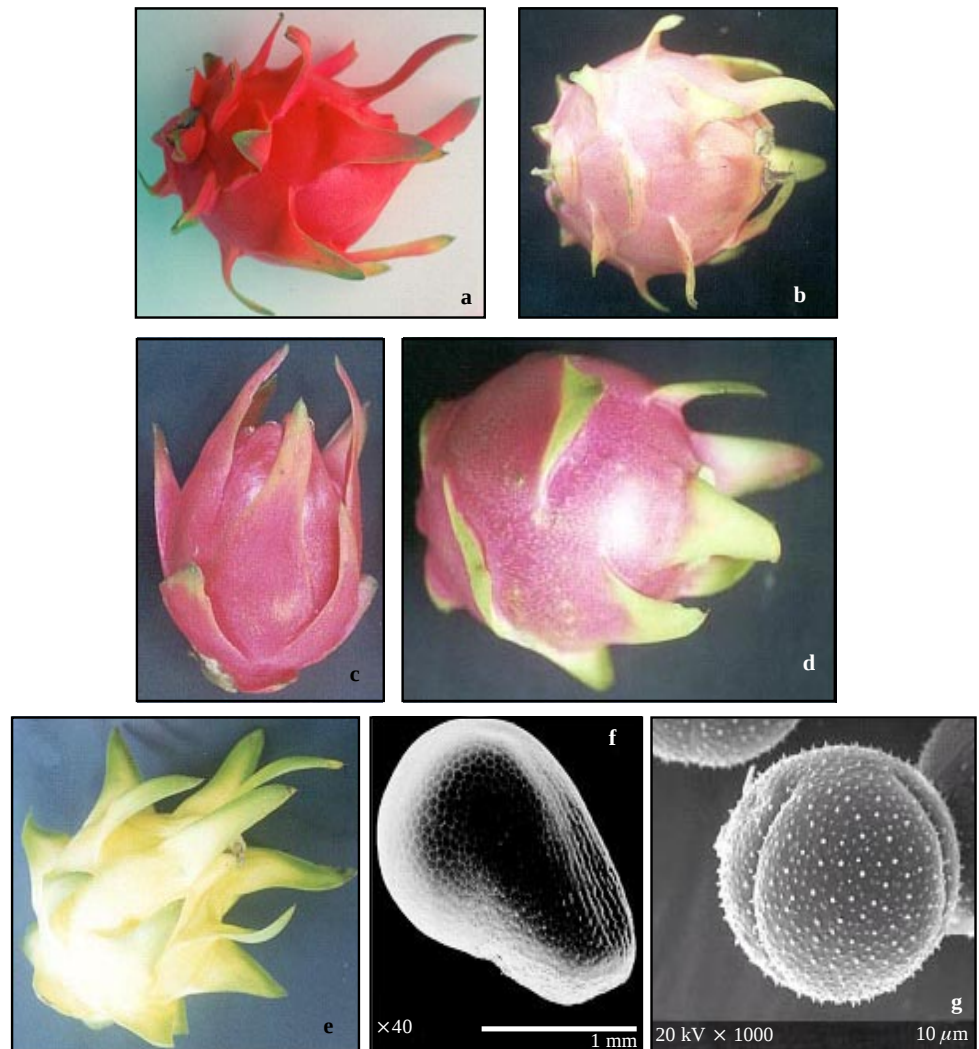


Figura 1. Frutos maduros: a) genotipo 1; b) genotipo 3; c) genotipo 4; d) genotipo 5; e) genotipo 6; f) semilla manura; g) polen maduro.
Figure 1. Mature fruits: a) genotype 1; b) genotype 3; c) genotype 4; d) genotype 6; e) genotype 6; f) mature seed; g) mature pollen.

Según el color del fruto, su tamaño y los grados Brix, los frutos de los genotipos 1, 5 y 6 son los mejores. Otra ventaja del genotipo 1 es que el fruto se desprende fácilmente durante su cosecha; sus brácteas largas pueden considerarse su única desventaja. Los frutos de color amarillo claro del genotipo 6 tienen muy buena apariencia, pero este genotipo es poco cotizado en la región, porque la gente está más familiarizada con los frutos de pericarpio rojo. Afortunadamente, en el mercado internacional las pitahayas de pericarpio amarillo son bien aceptadas. Rodríguez (2000) sugiere que tal aceptación responde a la asociación que hay con el fruto amarillo de *Selenicereus megalanthus*, la pitahaya cultivada en Colombia, que ganó prestigio antes que *Hylocereus* ingresara al mercado internacional. Un inconveniente de la

inconvenience of the White (or yellow) Pitahaya is that it appears to be more susceptible to diseases (Reyes, 1995), and it would be important to evaluate this aspect before initiating commercial cultivation on a large scale. Because of its size and sweeter flavor, the fruit of genotype 5 could be the best. Its disadvantage is that the apical bracts often abscise, leaving scars that reduce visual quality. The fruit of genotype 3 is of good size and sweetness, but its pale color can give the impression that it is not completely mature. Also, when the fruit is very ripe, the pericarp tears at the base during harvest, a problem that is easily solved by cutting the fruit with a section of the stem, as is done in Nicaragua and Colombia. The fruit of genotype 4 has an intense red pericarp that is visually pleasing, but it is small, not very sweet and the stem suffers chlorosis

Pitahaya Blanca (o amarilla) es que parece ser más susceptible a las enfermedades (Reyes, 1995), y sería importante evaluar este aspecto antes de iniciar cultivos comerciales a gran escala. Por su tamaño y mayor dulzura, el fruto del genotipo 5 podría ser el mejor; su desventaja es que las brácteas apicales suelen sufrir abscisión, dejando cicatrices que disminuyen su calidad visual. El fruto del genotipo 3 es de buen tamaño y dulzura, pero su color pálido puede dar la impresión de no estar completamente maduro; además, cuando su fruto está muy maduro el pericarpio se desgarrar de la base durante su cosecha, aunque este problema puede solucionarse fácilmente cortando la fruta con una sección de tallo, como se hace en Nicaragua y en Colombia. El fruto del genotipo 4 tiene un pericarpio rojo intenso agradable a la vista, pero su fruto es muy pequeño, poco dulce, y el tallo sufre clorosis por exposición al sol; por tales razones, es el menos recomendado.

Las aréolas del genotipo 4 tienen mayor cantidad de espinas, las cuales son largas, delgadas, y casi cilíndricas; además, están bastante separadas entre sí. Los tallos del genotipo 1 se distinguen por tener pocas espinas (largas y delgadas) por aréola (Cuadro 3). Las aréolas del genotipo 5 son las más cercanas entre sí y sus espinas son más cortas y gruesas, con forma cónica.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Ramírez (1999), Maldonado (2000)⁴, y Grimaldo (2001)⁵, quienes concluyeron que la distancia entre aréolas, el número de espinas por aréolas y su longitud promedio son variables descriptivas del tallo. Se coincide con Maldonado (2000) en que el diámetro de las espinas es una variable valiosa, porque permite diferenciar algunos genotipos. La importancia de las aréolas para distinguir especies fue también indicada por Kimnach (1955). La altura de ondulación entre aréolas adyacentes también resultó un carácter valioso para distinguir genotipos en el presente estudio. La altura de las ondulaciones y su área le permitieron a Grimaldo (2001) separar genotipos. Sin embargo, Ramírez (1999)⁴ observó genotipos silvestres con sinuosidad cóncava o borde recto, pero éstas

from exposure to the sun. For these reasons it is the least recommendable.

The areoles of genotype 4 have a large number of thorns, which are long, thin and almost cylindrical; also, they are far apart. The stems of genotype 1 are distinguished by a few long, thin thorns per areole (Table 3). The areoles of genotype 5 are the closest together and the thorns are shorter, thicker and conical.

The results of this study coincide with those of Ramírez (1999), Maldonado (2000)⁴ and Grimaldo (2001)⁵, who concluded that the distance between areoles, the number of thorns per areole and their average length are descriptive variables of the stem. We coincide with Maldonado (2000) in that the diameter of the thorns is a valuable variable because it allows differentiation of some genotypes. The importance of the areoles to distinguish species was also indicated by Kimnach (1955). The height of the undulation between adjacent areoles also showed to be a valuable trait for distinguishing genotypes in this study. The height of the undulation and its area permitted Grimaldo (2001) to separate genotypes. However, Ramírez (1999)⁴ observed wild genotypes with concave sinuosity or straight edge, but these changed to convex sinuosity when cultivated in a colder, drier climate. Therefore, it is recommendable to verify the influence of environment on the characteristic of undulation. During this study, it was observed that most sprouting occurs in October and November; in this period it was easiest to identify genotype 4 by its highly pigmented vegetative buds, followed by genotype 1.

Characterizations of pitahaya have considered principally the variables of fruit, flower and stem. Broad genetic diversity in *Hylocereus* is suggested by Ramírez (1999)⁴, who studied 35 characteristics in 11 genotypes cultivated in home gardens of Puebla and two wild genotypes from Tabasco; Maldonado (2000)⁵, who analyzed 22 characteristics of 39 genotypes from Yucatán and two from Campeche, cultivated in home gardens; Grimaldo (2001), who assessed 40 characteristics of 10 genotypes from Puebla, three from Veracruz and eight

Cuadro 3. Características del tallo de cinco genotipos de pitahaya.
Table 3. Stem characteristics of five pitahaya genotypes.

Genotipo	Ancho (cm)	Distancia entre aréolas (cm)	Altura ondulación (mm)	Número espinas por aréola	Longitud espinas aréola (mm)	Diámetro base espinas por aréola (mm)
1	6.0 a	4.4 b	3.7 b	3.0 c	4.6 a	0.81 b
3	4.8 c	4.8 a	0.4 e	3.3 b	3.0 b	1.04 a
4	5.6 ab	5.0 a	5.7 a	4.7 a	4.2 a	0.54 c
5	5.1 bc	4.0 b	2.7 c	3.5 bc	2.4 c	1.10 a
6	5.2 cb	3.5 c	1.6 d	3.6 b	1.5 d	1.20 a
DSH	0.55	0.33	0.46	0.56	0.58	0.18

Medias con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$).

cambiaron a sinuosidad convexa cuando se cultivaron en un clima más frío y seco. Por tanto, sería conveniente constatar la influencia del ambiente sobre la característica de la ondulación. Durante el presente estudio se observó la mayor brotación vegetativa en octubre y noviembre, identificándose fácilmente al genotipo 4 por sus retoños vegetativos muy pigmentados, seguido por el genotipo 1.

Las caracterizaciones de pitahaya han considerado principalmente variables de fruto, flor y tallo. Una alta diversidad genética en *Hylocereus* es sugerida por: Ramírez (1999)⁴, quien estudió 35 características en 11 genotipos cultivados en huertas familiares de Puebla y dos genotipos silvestres de Tabasco; Maldonado (2000)⁵, quien analizó 22 características de 39 genotipos de Yucatán y dos de Campeche, cultivados en huertos familiares; Grimaldo (2001), quien evaluó 40 características de 10 genotipos de Puebla, tres de Veracruz, y ocho de Yucatán, cultivados en huertos familiares. Los datos del presente estudio apoyan tal suposición, pues los cinco genotipos estudiados resultaron diferentes visualmente (Figura 1); además, los resultados de los análisis de varianza, los análisis de agrupamiento y de ordenación indican diferencias entre los genotipos. Es evidente que el número de características empleado en cada estudio ha sido variable, y la mayoría de las características consideradas por los autores difirió. Las variables comunes empleadas para el fruto fueron peso, longitud, número de brácteas, longitud y anchura de las brácteas, color del pericarpio y grados Brix; en la flor, número de lóbulos del estigma, longitud del estilo y número de estambres; en el tallo, número de espinas por aréola, longitud de las espinas, distancia entre aréolas, y altura de las ondulaciones. Con excepción del número de estambres, las demás características resultaron valiosas para diferenciar los genotipos.

Análisis fenético

El dendrograma generado con la información de los caracteres reproductivos (Figura 2a) agrupó los genotipos 3 y 6 a una distancia de disimilitud de 0.77; al que se une el genotipo 1 a 0.84; este grupo se une a una distancia de 1.02 con el genotipo 5, y el genotipo 4 se une a una disimilitud de 1.15. Del análisis de conglomerados con todos los datos (reproductivos y vegetativos) se obtuvo un dendrograma (Figura 2b) ligeramente diferente al caso anterior; el dendrograma de las estructuras vegetativas (Figura 2c) fue diferente a los dos anteriores.

El análisis de conglomerados de las variables reproductivas agrupó a los genotipos de manera similar a los resultados de los análisis de varianza, donde los genotipos más diferentes fueron el 5 y el 4, principalmente este último. El dendrograma que incluye las

from Yucatán, cultivated in home gardens. The data from our study supports this assumption since five genotypes studied were visually different (Figure 1). Also, the results of the analysis of variance, the cluster analysis and the order analysis indicate differences among the genotypes. It is evident that the number of characteristics used in each study has varied, and most of the characteristics considered by the authors differed. The common variables used for the fruit were weight, length, number of bracts, length and width of bracts, pericarp color and Brix degrees. In the flower the variables were number of stigma lobules, style length and number of stamens; in the stem they were number of thorns per areole, length of thorns, distance between areoles and height of undulations. With the exception of number of stamens, these characteristics were valuable for differentiation of genotypes.

Phenetic analysis

The dendrogram generated with the information on the reproductive traits (Figure 2a) grouped genotypes 3 and 6 at a distance of dissimilarity of 0.77, which is joined to genotype 1 at 0.84. This group joins genotype 5 at a distance of 1.02, and genotype 4 joins at a dissimilarity of 1.15. From the cluster analysis with all of the data (reproductive and vegetative) a dendrogram (Figure 2b) was obtained that was slightly different from the previous case; the dendrogram of the vegetative structures (Figure 2c) was different from the first two.

The cluster analysis of the reproductive variables grouped the genotypes in a manner similar to the results of the analysis of variance where genotypes 5 and 4 most differed, principally the latter. The dendrogram that includes the reproductive and vegetative variables was very similar to Figure 2a; however, the position of genotype 5 does not coincide with the result of the analysis of variance, where this genotype had the most significant differences. The dendrogram of the vegetative characteristics was of little use because it approximated genotypes whose reproductive organs had characteristics that were evidently different (genotypes 5 and 6). It is concluded that the dendrogram of the reproductive structures better reflects the differences among genotypes. The results of the present study do not coincide with those of Grimaldo (2001) who emphasized that the vegetative traits are more important than reproductive traits in separating groups.

Order analysis

With the order analysis it was found that the first three principal components (PC) explain 86% of the variation of the five pitahaya genotypes, considering the information of 30 variables globally (Tables 4 and 5).

variables reproductivas y vegetativas fue muy parecido a la Figura 2a; sin embargo, la posición del genotipo 5 no concuerda con el resultado del análisis de varianza, donde este genotipo presentó más diferencias significativas. El dendrograma de las características vegetativas tuvo poca utilidad, debido a que aproximó genotipos cuyas características de los órganos reproductores son evidentemente diferentes (genotipos 5 y 6). Se concluye que el dendrograma de las estructuras reproductoras refleja mejor las diferencias entre genotipos. Los resultados, del presente estudio no coinciden con los de Grimaldo (2001) quien enfatizó que los caracteres vegetativos son más importantes que los reproductivos para separar los grupos.

Análisis de ordenación

En el análisis de ordenamiento se encontró que los primeros tres componentes principales (CP) explican 86% de la variación de los cinco genotipos de pitahaya, considerando globalmente la información de 30 variables (Cuadros 4 y 5). Individualmente, cada componente explica 40, 30 y 16% de la variación total. La gráfica obtenida

Individually, each component explains 40, 30 and 16% of the total variation. The graph obtained with the first two principal components shows that genotype 4 differs more than the other four; among these, genotypes 3 and 6 are those that are most similar in their characteristics (Figure 3).

Morphology of pollen and seeds

The seeds of the five genotypes were obovate, with a basal lateral hilar region (Figure 1f). Variation was found in seed weight, an important characteristic for the second PC. Ramírez (1999)⁴ also found differences in seed weight and size among several pitahaya genotypes.

The pollen of the five pitahaya genotypes is tricolpate, tectal, with equinate ornamentation, few gems and edged perforations (Figure 1g). Pollen size varied, the polar axis was statistically larger only in genotype 1. In contrast, three significantly different sizes were found in equatorial diameter (Table 1) where genotype 1 was largest. Equatorial diameter was important in the first PC, while the polar axis was important in the second and third PC, and both are thus valuable in differentiating genotypes.

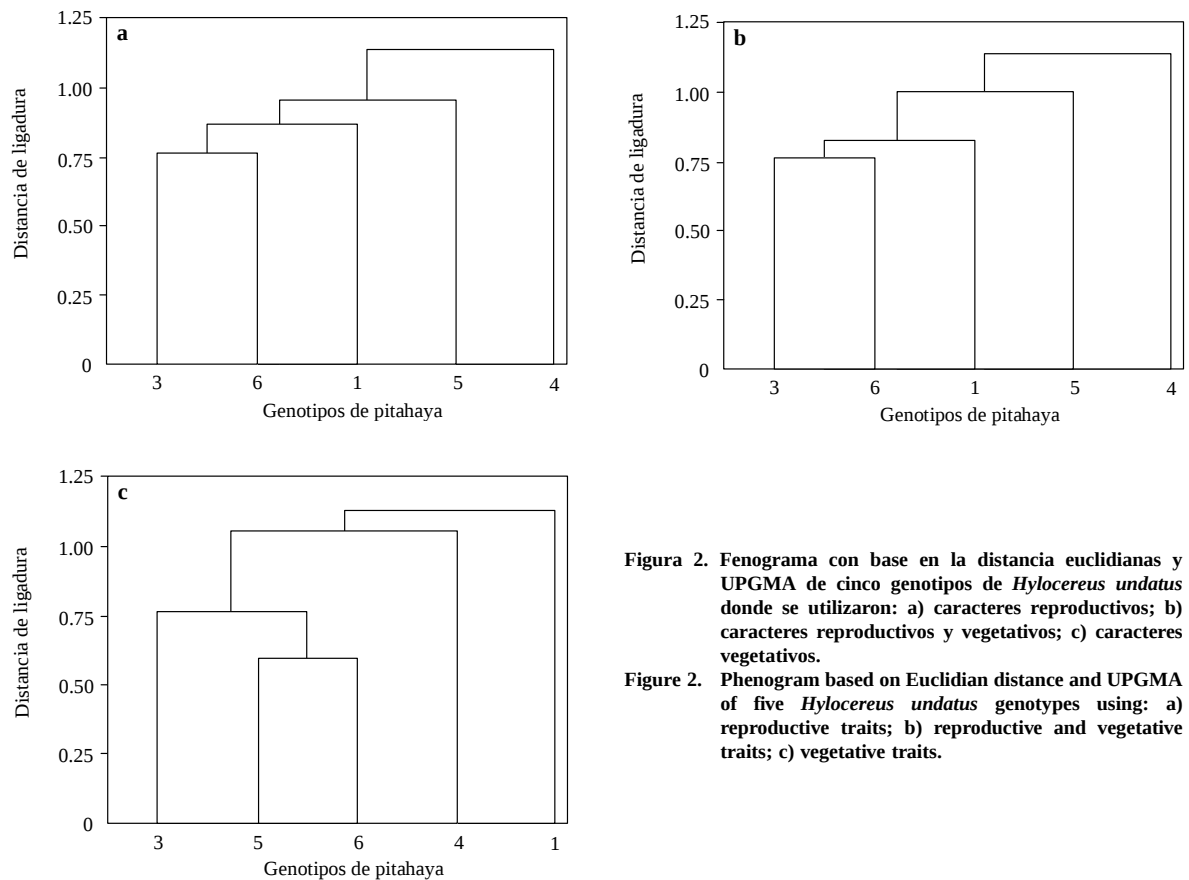


Figura 2. Fenograma con base en la distancia euclidianas y UPGMA de cinco genotipos de *Hylocereus undatus* donde se utilizaron: a) caracteres reproductivos; b) caracteres reproductivos y vegetativos; c) caracteres vegetativos.

Figure 2. Phenogram based on Euclidian distance and UPGMA of five *Hylocereus undatus* genotypes using: a) reproductive traits; b) reproductive and vegetative traits; c) vegetative traits.

Cuadro 4. Valores para cada uno de los primeros tres componentes principales (Eigenvectores) en la caracterización de cinco genotipos de pitahaya por medio de 30 variables.**Table 4. Values for each of the first three principal components (Eigenvectors) in the characterization of five pitahaya genotypes with 30 variables.**

Variable	Componentes principales (Eigenvectores)		
	I	II	III
Longitud de la flor	0.1973	0.2325	-0.0795
Diámetro del ovario	0.2201	-0.0580	0.2789
Número de brácteas de la flor	0.2327	0.0277	0.0515
Distancia hercogamia	0.1513	0.0410	-0.3824
Longitud de estambres	0.0899	0.3137	0.0796
Longitud del estilo	0.1873	0.1481	-0.2795
Número lóbulos del estigma	-0.2776	-0.0579	-0.0671
Grosor del estilo	-0.0333	-0.3236	0.1060
Longitud del fruto	0.2147	0.1025	-0.1834
Diámetro del fruto	0.1605	-0.1266	0.2973
Número de brácteas del fruto	0.1823	0.2344	-0.0226
Anchura de brácteas del fruto	0.0812	-0.2454	0.2789
Longitud de brácteas del fruto	-0.1188	0.2500	0.1791
Peso del fruto	0.2672	-0.0801	0.1207
Peso de la cáscara del fruto	0.2342	-0.0106	0.1511
Peso de pulpa del fruto	0.2255	-0.1152	0.2323
Peso de la semilla	0.0219	-0.2157	-0.0700
Grosor de la cáscara del fruto	-0.1308	0.1429	-0.0900
Número de semillas del fruto	0.1895	0.0607	0.1880
Grados Brix	0.2763	-0.0708	-0.0390
Anchura del tallo	-0.1244	0.2218	0.2666
Distancia entre las aréolas	-0.1616	-0.0002	0.1345
Altura de la ondulación	-0.2545	-0.0030	0.2014
Número de espinas por aréolas	-0.2447	-0.1398	-0.1328
Longitud de espinas	-0.2191	0.2052	0.0920
Diámetro de espinas	0.2537	-0.0780	-0.1748
Eje polar del polen	-0.0016	0.2754	0.2604
Diámetro ecuatorial del polen	0.0471	0.3054	0.1740
Diámetro del lóculo del ovario	-0.0149	-0.1355	0.0154
Longitud del lóculo del ovario	-0.0017	0.3275	-0.0902

con los primeros dos componentes principales muestra que el genotipo 4 difiere más de los otros cuatro; entre estos últimos, los genotipos 3 y 6 presentan mayor semejanza en sus características (Figura 3).

Morfología del polen y las semillas

Las semillas en los cinco genotipos fueron de forma obovada, con una región hilar lateral basal (Figura 1f). Se encontró variación en el peso de las semillas, característica importante para el segundo CP. Ramírez (1999)⁴ también encontró diferencias en el peso y el tamaño de las semillas en diversos genotipos de pitahaya.

El polen en los cinco genotipos de pitahaya es tricolpado, tectado, con ornamentación equinada, escasas gemas, y con perforaciones con bordes (Figura 1g). El tamaño del polen fue variable, el eje polar sólo fue estadísticamente mayor en el genotipo 1; en contraste, se encontraron tres tamaños significativamente diferentes en el diámetro ecuatorial (Cuadro 1) donde el genotipo

Cuadro 5. Lista de coordenadas principales en la caracterización de cinco genotipos de pitahaya usando 30 variables.**Table 5. List of main coordinates in the characterization of five pitahaya genotypes using 30 variables.**

Coordenadas	Eigen-valores	Diferencias	Proporción	Acumulativo
1	12.216	3.372	0.407	0.407
2	8.844	4.021	0.294	0.702
3	4.822	0.706	0.160	0.862
4	4.115	4.115	0.137	1.000
5	0.000	0.000	0.000	1.000
...	0.000	0.000	0.000	1.000
30	0.000	0.000	0.000	1.000

In genotypes 4, 5 and 6 some very small pollen grains (less than 15%) were found; this could suggest that they are hybrid genotypes (Beatriz Ludlow⁶, pers. comm.). Benerji and Sen (1955) measured pollen grains with a reduced equatorial diameter (46.2 μm), which was perhaps degenerated pollen since there was no fruit development.

1 tuvo el mayor tamaño. El diámetro ecuatorial fue importante en el primer CP, mientras que el eje polar lo fue en el segundo y tercer CP, por lo que ambas variables son valiosas en la diferenciación de genotipos. En los genotipos 4, 5 y 6 se encontraron algunos granos de polen (menos de 15%) muy pequeños, lo que podría sugerir que son genotipos híbridos (Beatriz Ludlow⁶, com. pers.). Benerji y Sen (1955) midieron granos de polen con un diámetro ecuatorial reducido ($46.2 \mu\text{m}$), quizá polen degenerado, dado que no hubo desarrollo de frutos.

Compatibilidad sexual

Los genotipos 1 y 5 desarrollaron frutos al recibir su mismo polen, es decir, fueron autocompatibles; los genotipos 3, 4 y 6 no fueron capaces de desarrollar frutos cuando recibieron su mismo polen, por lo que son autoincompatibles. Estos últimos tuvieron un comportamiento similar a *H. costaricensis*, *Hylocereus* spp. (Weiss *et al.*, 1994) e *H. polyrhizus* (Weiss *et al.*, 1994; Lichtenzweig *et al.*, 2000), así como a un genotipo silvestre y otro cultivado de *Hylocereus* spp. (Ramírez, 1999). Lo anterior significa que predominan las plantas autoincompatibles, infiriéndose que la autocompatibilidad es una característica derivada. Weiss *et al.* (1994) encontraron en *Selenicereus megalanthus* que las anteras y el estigma se encuentran a la misma altura en la flor abierta; lo mismo encontró Ramírez (1999)⁴ en *H. undatus* cultivada. En ambos trabajos se sugiere que este carácter facilita la autopolinización. Anteras y estigma a la misma altura se encontraron en el genotipo 1 (autocompatible); sin embargo, aunque el carácter se encontró en el genotipo 4, éste resultó autoincompatible.

La autoincompatibilidad que presentan algunas plantas cultivadas posiblemente explica la escasez de plantas autoincompatibles como plantas cultivadas. Por ejemplo, en la Península de Yucatán es muy difícil localizar plantas con frutos de pericarpio amarillo en los huertos familiares. En Puebla no es fácil localizar plantas con frutos de pulpa roja, identificadas como Roja y Solferina que son autoincompatibles (Ramírez, 1999)⁴.

El cultivo de los genotipos 1 y 5, que son autocompatibles, asegura una buena producción de frutos, mientras que los otros tres genotipos autoincompatibles deberán cultivarse intercalados con otros genotipos de *Hylocereus* que florezcan al mismo tiempo para promover la polinización cruzada. Puesto que la floración ocurrió al mismo tiempo en los cinco genotipos de pitahaya de este estudio, se sugiere que éstos pueden intercalarse.

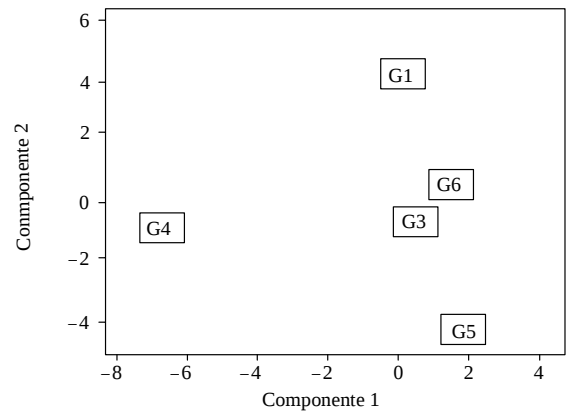


Figura 3. Dispersión de cinco genotipos del género *Hylocereus*, en el plano determinado por los dos primeros componentes principales.

Figure 3. Dispersion of five genotypes of the genus *Hylocereus* in the plane determined by the first two principal components.

Sexual compatibility

Genotypes 1 and 5 developed fruit when they received their own pollen; that is, they were self-compatible. Genotypes 3, 4 and 6 were not able to develop fruits when they received their own pollen and so are self-incompatible. The latter had a behavior similar to *H. costaricensis*, *Hylocereus* spp. (Weiss *et al.*, 1994) and *H. polyrhizus* (Weiss *et al.*, 1994; Lichtenzweig *et al.*, 2000) as well as to a wild and another cultivated *Hylocereus* spp. (Ramírez, 1999). The above indicates that self-incompatible plants predominate, inferring that self-compatibility is a derived characteristic. Weiss *et al.* (1994) found that the anthers and stigma of *Selenicereus megalanthus* are found at the same height in the open flower; this was also found by Ramírez (1999) in cultivated *H. undatus*. Both studies suggest that this trait facilitates self-pollination. Anthers and stigmas at the same height were found in genotype 1 (self-compatible); however, this trait was also found in genotype 4, which was self-incompatible.

The self-incompatibility of some cultivated plants possibly explains the scarcity of self-incompatible plants as cultivated plants. For example, in the Yucatán Peninsula it is very difficult to find fruits with yellow pericarp in home gardens. In Puebla it is not easy to locate plants with reddish pulp fruits, which are identified as Roja and Solferina and are self-incompatible (Ramírez, 1999)⁴.

The cultivation of genotypes 1 and 5, which are self-compatible, assures good fruit production, while the other

⁶ Palinóloga del Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias, UNAM.

CONCLUSIONES

Los cinco genotipos difieren en características de flores, frutos y tallos. Las características de las estructuras reproductivas fueron las más importantes para diferenciar los genotipos. El análisis de varianza y el análisis multivariado indicaron que los genotipos 3, 6 y 1 presentan mayor semejanza, mientras que el genotipo 4 es el más diferente. Los genotipos con potencial para cultivar en la Península de Yucatán son el 1 y el 5 porque reúnen características deseables, incluyendo la auto-compatibilidad que asegura la producción de frutos. El genotipo 4 es el menos recomendado por tener un fruto muy pequeño, poco dulce, además de ser auto-incompatible.

LITERATURA CITADA

- Benerji, I., and S. Sen. 1955. A contribution to the cytology and embryology of *Hylocereus undatus* (Haw) Br. y R. Bull. Bot. Soc. Berg 8:18-23.
- Bozzola, J. J., and L. D. Russell. 1999. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. 2^a ed. Jones and Bartlett. London. 670 p.
- Cáliz de Dios, H., y R. Castillo M. 2001. Soportes vivos para pitahaya (*Hylocereus* spp.) en sistemas agroforestales. Agroforestería de las Américas 2: 23-27.
- Ganders, F. R. 1976. Self-incompatibility in the Cactaceae. Cactus and Succulent J. (G. Britain) 38:38-40.
- Grimaldo J., O. 2001. Caracterización citológica y morfológica de 21 genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. México. 81 p.
- Hair, J. F. (Jr.), R. E. Anderson, R. L. Tatham, y W. C. Black. 1999. Análisis Multivariante. 5th ed. Prentice Hall. Madrid. 799 p.
- Kimnach, M. 1955. *Hylocereus calcaratus*. Cactus and Succulent J. Am. (U. S.) 10:102-105.
- Kimnach, M. 1984. *Hylocereus esculintensis* a new species from Guatemala. Cactus and Succulent J. Am. (U. S.) 56:177-180.
- Lichtenzweig, J., S. Abbo, A. Nerd, N. Tel-Zur, and Y. Mizrahi. 2000. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. Am. J. Bot. 87:1058-1065.
- Maltez P., R. 1994. Caracterización de las variedades de pitahaya cultivadas en Nicaragua. In: Memoria del Primer Encuentro Nacional del Cultivo de la Pitahaya. San Marcos, Carazo, Nicaragua. pp: 21-42.
- Moore P. D., J. A. Webb, and M. E. Collinson. 1991. Pollen Analysis. 2^a ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 216 p.
- Raveh, E., J. Weiss, A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1993. Pitayas (Genus *Hylocereus*): A new fruit crop for the Negev Desert of Israel. In: Janick, J. and J. E. Simon (eds). New Crops. Wiley, New York. pp: 491-495.

three self-incompatible genotypes should be planted alternately with other *Hylocereus* genotypes that flower at the same time to promote cross-pollination. It is suggested that this is possible since flowering occurred at the same time in the five pitahaya genotypes under study.

CONCLUSIONS

The five genotypes differ in characteristics of flowers, fruits and stems. The characteristics of the reproductive structures were the most important in differentiating genotypes. The analysis of variance and the multivariate analysis indicated that genotypes 3, 6 and 1 were most similar, while genotype 4 is the most different. The genotypes that have potential for cultivation in the Yucatán Peninsula are 1 and 5 because they bring together desirable characteristics, including self-compatibility, which assures fruit production. Genotype 4 is the least recommendable because its fruit is very small and not sweet, and is self-incompatible.

—End of the English version—



- Reyes R., N. de la P. 1995. El cultivo de las pitahayas y sus perspectivas de desarrollo en México. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 91 p.
- Rodríguez C., A. 2000. Pitahayas: estado mundial de su cultivo y comercialización. Fundación Yucatán Produce, A. C., Universidad Autónoma Chapingo. Maxcanú, Yucatán, México. 153 p.
- SAS. 1999. SAS/STAT guide for personal computer, ver. 8 SAS Inst., Inc., Cary, N.C.
- Sokal, R. R., and C. D. Michener. 1958. A Statistical Method for Evaluating Systematic Relationships. University of Kansas Sci. Bull. 28: 1409-1438.
- Sutherland, S. 1986. Patterns of fruit-set: what controls fruit-flower ratios in plants. Evolution 40:117-128.
- Weiss J., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. Hort. Sci. 29:1487-1492.