

EVALUACIÓN DE PLANTAS DE PITAYA (*Stenocereus* spp) DE POBLACIONES NATURALES DE MONTE ESCOBEDO, ZACATECAS

Eduardo Campos-Rojas³; José Manuel Pinedo- Espinoza²;
Rafael German Campos-Montiel¹; Alma Delia Hernández-Fuentes^{1¶}.

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km 1 Rancho Universitario, Tulancingo de Bravo Hidalgo C. P. 43000 MÉXICO. Apartado Postal Núm. 32.

Correo-e: almadhf@yahoo.com.mx ([¶]Autor para correspondencia).

²Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma Zacatecas. km 15.5 Carretera Zacatecas-Guadalajara. Zacatecas, Zacatecas, C.P. 98170. MÉXICO.

³Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

En Zacatecas las pitayas (*Stenocereus* spp) existen en varios municipios, donde son recolectadas para autoconsumo, aunque en años recientes, en el municipio de Monte Escobedo, Zac., se han convertido en un cultivo con altas perspectivas de comercialización. Por lo anterior, en este trabajo se evaluaron cuatro fenotipos de pitaya (según el color del fruto maduro: amarillo, blanco, morado y rojo). Los frutos se cosecharon en madurez comercial. En la planta se evaluó: diámetro del tallo, altura de planta, número de brotes por planta y número de frutos por brote. En el fruto se evaluó: peso de fruto, peso de pulpa, peso de cáscara, diámetro polar, diámetro ecuatorial, firmeza, azúcares totales, azúcares reductores, pH, acidez titulable y contenido de proteínas en semilla y pulpa. Las pitayas amarillas presentaron mayor altura de planta con respecto a la morada y una altura igual a las pitayas blanca y roja. Las amarillas tuvieron mayor número de brotes por planta que las pitayas blanca y roja. En relación al diámetro de tallo, la pitaya amarilla fue menor que otros fenotipos. Las moradas presentaron mayor número de brotes con fruto que las pitayas blanca y roja. Por las características de longitud del fruto, peso de cáscara, pulpa y fruto, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de proteína en pulpa y semilla, los frutos de pitaya roja son una opción con potencial para la producción y comercialización.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Cactácea, fruto dragón, poscosecha.

EVALUATION OF PITAYA PLANTS (*Stenocereus* spp) OF NATURAL POPULATIONS OF MONTE ESCOBEDO, ZACATECAS

ABSTRACT

In Zacatecas, the pitayas (*Stenocereus* spp) exist in several municipalities where they are collected for local consumption, although in recent years, in the municipality of Monte Escobedo, Zac., it has become a crop of high prospects for commercialization. Therefore, in this work an evaluation was made of four phenotypes of pitaya (according to the color of the mature fruit: yellow, white, purple and red). The fruits were harvested in commercial maturity. The following were evaluated in the plant: stem diameter, plant height, number of shoots per plant and number of fruits per shoot. In the fruit, the following were evaluated: fruit weight, pulp weight, peel weight, polar diameter, equatorial diameter, firmness, total sugars, reducing sugars, pH, titratable acidity and protein content in seeds and pulp. Yellow pitayas exhibited greater plant height with respect to the purple and a height equal to that of white and red. The yellow pitayas had a greater number of shoots per plant compared with the white and red. With respect to stem diameter, the yellow pitaya was smaller than other phenotypes. The purple pitayas presented a higher number of shoots with fruit than the white and red varieties. Due to the characteristics of fruit length, weight of rind, pulp and fruit, firmness, total soluble solids, titratable acids, protein content in pulp and seed, the red pitaya fruits are an option with potential for production and commercialization.

ADDITIONAL KEY WORDS: Cactus, dragon fruit, postharvest.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas de México crecen las cactáceas columnares, y dentro de este grupo se encuentran los pitayos (*Stenocereus* spp), que se distribuyen en ambientes desérticos (Nerd *et al.*, 2002). Estas plantas han sido motivo de atención en nuestro país por el agradable sabor que tienen sus frutos, y un ejemplo de ellas es la pitaya (*Stenocereus* spp), conocida por su sabor agri dulce (Bravo-Hollis y Sánchez, 1978). México posee una amplia gama de regiones agroecológicas que no se aprovechan de manera eficiente (Llamas, 1984); tal es el caso de las regiones consideradas como áridas y semiáridas, con una superficie nacional de 80,000,000 ha (Llamas, 1984).

El desarrollo de especies frutícolas bajo las condiciones áridas y semiáridas es reducido y sobresalen algunas especies de cactáceas como la pitaya, con potencial para mercados regional, nacional e internacional (Piña-Lujan, 1977). Este fruto tiene gran demanda por sus propiedades organolépticas (color, sabor y aroma) y un gran consumo de la fruta en fresco, en aguas frescas, en helados y en mermeladas.

En Zacatecas, las pitayas existen en varios municipios, donde sus frutos son apreciados y recolectados para autoconsumo, pero en años recientes los turistas han impulsado su demanda (Pimienta y Nobel, 1994).

En los límites de Zacatecas con Jalisco, en el municipio de Monte Escobedo, en los meses de abril a junio los frutos de pitayo representan para los pobladores un complemento en su alimentación, y son recolectados y vendidos a precios redituables para el productor. Sin embargo, es importante seleccionar plantas para establecer huertos e identificar cuáles de las pitayas amarilla, blanca, morada y roja por sus características físicas y químicas pueden tener mayor potencial para su producción y comercialización, por su tamaño, sabor y firmeza de fruto. La selección de mejores fenotipos de pitayo en esta región es importante para mejorar progresivamente los genotipos con atributos en el fruto, como tamaño, color de fruto maduro, grosor de cáscara, número de semillas, volumen de pulpa, sólidos solubles totales, acidez titulable y contenido de vitamina C, entre otras. Para el registro y protección legal para uso común de los genotipos valiosos, es necesaria su caracterización y evaluación morfológica, fenológica, reproductiva, molecular y agronómica.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar materiales de pitayo silvestre en el municipio de Monte Escobedo, Zacatecas, que presenten las mejores características de fruto para su cultivo y comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de

INTRODUCTION

In the arid zones of Mexico the columnar cactuses grow, and included in this group are the pitayos (*Stenocereus* spp), which are distributed in desert environments (Nerd *et al.*, 2002). These plants have received attention in this country because of the pleasant flavor of their fruits, an example of which is the pitaya (*Stenocereus* spp), known for its sour-sweet taste (Bravo-Hollis and Sánchez, 1978). Mexico has a wide variation of agroecological regions that are not utilized efficiently (Llamas, 1984); such is the case of the regions considered arid and semi-arid, with a national surface of 80,000,000 ha (Llamas, 1984).

The development of fruit species under arid and semi-arid conditions is limited, and some species of cactus such as pitaya are outstanding, with potential for regional, national and international markets (Piña-Lujan, 1977). This fruit has great demand because of its organoleptic properties (color, flavor, and aroma) and a wide consumption of the fresh fruit, in fruit water, in ice cream and marmalades.

In Zacatecas, the pitayas exist in various municipalities where their fruits are appreciated and collected for local consumption, but in recent years tourists have stimulated their demand (Pimienta and Nobel, 1994).

In the limits of Zacatecas and Jalisco, in the municipality of Monte Escobedo, in the months of April to June the fruits of the pitayo represent for the inhabitants a dietary complement, and are collected and sold at prices that are profitable for the producer. However, it is important to select plants to establish orchards and identify which of the yellow, white, purple and pitayas can have highest potential for their physical and chemical properties for production and commercialization, for their size, flavor and firmness. The selection of the best genotypes of pitayo of this region is important to progressively improve the genotypes with attributes in the fruit, such as size, color of mature fruit, peel thickness, number of seeds, pulp volume, total soluble solids, titratable acidity and vitamin C content, among others. For the register and legal protection for common use of the valuable genotypes, their morphological, phenological, reproductive, molecular and agronomic characterization and evaluation is necessary.

Based on the above, the objective of the present study was to identify materials of wild pitayo in the municipality of Monte Escobedo, Zacatecas, which represent the best fruit characteristics for its cultivation and commercialization.

MATERIALS AND METHODS

Study zone

The present study was carried out in the municipality of Monte Escobedo, in the southeast of Zacatecas, Mexico, at 20° 55' latitude north and 103° 38' longitude west, with an altitude of 1,600 m and a climate classified as DSI-HW (w), which is characterized for being semi-warm, semidry

Monte Escobedo, en el suroeste de Zacatecas, México, a 20° 55' de latitud norte y 103° 38' de longitud oeste, con una altitud de 1,600 m y un clima clasificado como DSIHW (w), que se caracteriza por ser semicálido, semiseco en otoño y seco en invierno; con temperatura media anual promedio superior a 18° C; con lluvias de junio a agosto, aunque en algunos años también se presentan lluvias invernales (Salcedo y Arreola, 1991). El suelo presenta una profundidad menor de 10 cm, pendientes mayores de 40 %, pedregosidad superficial, y los afloramientos rocosos cubren más del 60 % del área.

Selección de plantas

En la zona de estudio se eligieron plantas con base en los colores de sus frutos: blancos, rojos, amarillos y morados. Se seleccionaron 20 de cada color.

Variables evaluadas en plantas

A las plantas seleccionadas se les midieron las siguientes variables:

- a) Diámetro de tallo. Se midió en el tallo principal a 50 cm de la superficie del suelo.
- b) Altura de planta.
- c) Número de brotes por planta.
- d) Número de brotes con frutos por planta.
- e) Número de frutos por rama (brazo).
- f) Número de frutos por planta.

Selección de frutos

De las plantas seleccionadas, se recolectaron 20 frutos, durante la mañana, para mantener la firmeza y evitar la deshidratación de los frutos.

En laboratorio se eliminaron los frutos que presentaban daños (físicos, mecánicos, por plagas, por enfermedades, etc.).

Variables evaluadas en frutos

A los frutos seleccionados se les midieron las siguientes variables:

- a) Diámetros polar y ecuatorial. Se midieron con un vernier Stainless Helios Hardened Throughout.
- b) Peso de fruto
- c) Peso de pulpa.
- d) Peso de cáscara
- e) Firmeza. Se determinó con un penetrómetro manual (Magness Taylor®), con sensibilidad de 1 a 25 kg y con un puntal de 11 mm de diámetro. Se evaluó en tres puntos: en los polos y en la parte ecuatorial del fruto, en frutos con y sin cáscara
- f) Azúcares totales. Se determinó mediante la técnica

in autumn and dry in winter; with mean annual average temperature of over 18° C; with rains from June to August, although in some years there are also winter rains (Salcedo and Arreola, 1991). The soil has a depth of less than 10 cm, inclines of more than 40 %, stony surface, and rocky outcroppings cover more than 60 % of the area.

Plant selection

In the study zone plants were selected based on the colors of their fruits: white, red, yellow and purple. Twenty of each color were selected.

Variables evaluated in plants

The following variables were evaluated in the selected plants:

- a. Stem diameter. The main stem was measured 50 cm from the soil surface.
- b. Plant height.
- c. Number of shoots per plant.
- d. Number of fruits per plant.
- e. Number of fruits per branch.
- f. Number of fruits per plant.

Fruit selection

Of the selected plants, 20 fruits were collected during the morning, to maintain firmness and avoid dehydration of the fruits.

In the laboratory the fruits that presented damage (physical, mechanical, from pests, from disease, etc.) were eliminated.

Variables evaluated in fruits

The following variables were measured of the selected fruits:

- a) Polar and equatorial diameter. They were measured with a Stainless Hardened Throughout Vernier.
- b) Fruit weight.
- c) Pulp weight.
- d) Peel weight.
- e) Firmness. Determined with a manual penetrometer (Magness Taylor®), with sensitivity of 1 to 25 kg and with a pointer of 11 mm diameter. It was evaluated at three points: in the poles and the equatorial part of the fruit, in fruits with and without peel.
- f) Total sugars. It was determined through the technique described by Whithan *et al.* (1971).
- g) Reducing sugars. Determined through the methodology of Fehling (AOAC, 1998).
- h) Total soluble solids. The methodology of the AOAC

descrita por Whithan *et al.* (1971).

- g) Azúcares reductores. Se determinó por el método de Fehling (AOAC, 1998).
- h) Sólidos solubles totales. Se siguió la metodología de la AOAC (1998).
- i) pH. Se determinó directamente del extracto del fruto, empleando un potenciómetro Conductronic® pH 20.
- j) Acidez titulable. Se determinó por el método AOAC (1998).
- k) El contenido de proteínas en semilla y pulpa fue evaluado por el método descrito por Ramírez *et al.* (2007).

Todas estas variables fueron evaluadas en la etapa de madurez comercial (75 % de coloración en el pericarpio); el indicador de cosecha fue el fácil desprendimiento de las espinas.

Análisis estadístico

Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos, consistentes en las plantas agrupadas con base en el color de sus frutos: blancos, amarillos, morados y rojos. Para las variables evaluadas en plantas, la unidad experimental consistió en una planta, y se tuvieron 10 repeticiones. Para evaluar las variables químicas en frutos, se prepararon tres muestras compuestas a partir de 10 frutos cada una, mismas que constituyeron las unidades experimentales. Para las variables físicas, se evaluaron 10 frutos y cada uno constituyó una unidad experimental.

A las variables evaluadas en frutos y en plantas, se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación múltiples de medias, por el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados de las variables evaluadas en planta (Cuadros 1 y 2) se determinó que la pitaya amarilla presentó el menor diámetro de tallo (58 cm), una mayor altura de la planta (6.00 m) con respecto a la morada, y una altura igual a las pitayas blanca y roja. También presentó mayor número de brotes por planta (31.00) en comparación con las pitayas blanca y roja. En los frutos por rama (brazo) y número de frutos por planta no se encontraron diferencias significativas entre las pitayas silvestres evaluadas.

Los frutos de las pitayas rojas fueron los más largos (8.10 cm) y junto con los frutos de pitaya amarilla presentaron los diámetros más grandes (Cuadro 3). Schwentesius *et al.* (1999) mencionan que los frutos de pitaya para exportación deben tener una longitud mínima de 8 cm y 5 cm de diámetro. Los frutos de pitaya roja cumplen con este requisito, por lo cual ésta podría ser útil para selección de cultivares, comercialización y programas de mejoramiento genético.

was used (1998).

- i) pH. It was determined directly from the fruit extract, employing a Conductronic® potentiometer pH 20.
- j) Titratable acid. Determined through the AOAC method (1998).
- k) The protein content in seed and pulp was evaluated by the method described by Ramírez *et al.* (2007).

All of these variables were evaluated in the commercial maturity stage (75 % of coloration in the pericarp); the harvest indicator was the easy detachment of the spines.

Statistical analysis

The experimental design was completely randomized, with four treatments, consisting of the plants grouped according to the color of their fruits: white, yellow, purple and red. For the variables evaluated in plants, the experimental unit consisted of one plant, and there were 10 replicates. To evaluate the chemical variables in fruits, three composed samples were prepared of 10 fruits each, which comprised the experimental units. For the physical variables, 10 fruits were evaluated and each one comprised an experimental unit.

To the variables evaluated in fruits and in plants, analyses of variance and tests of comparisons of means were made with the Tukey test ($P \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

From the results of the variables evaluated in plant (Tables 1 and 2), it was determined that the yellow pitaya presented the smallest stem diameter (58 cm), a greater plant height (6.00 m) with respect to the purple and a height equal to the white and red pitayas. There were also a greater number of shoots per plant (31.00) with respect to the white and red pitayas. In fruits per branch (arm) and number of fruits per plant, no significant differences were found among the wild pitayas evaluated.

The fruits of the red pitayas were the longest (8.10 cm) and together with the fruits of the yellow pitaya presented the largest diameters (Table 3). Schwentesius *et al.* (1999) mention that the pitaya fruit for exportation should have a minimum length of 8 cm and 5 cm diameter. The fruits of red pitaya satisfy this requirement, thus it could be useful for crop selection, commercialization and breeding programs.

Luna and Aguirre (2006) reported for *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb, yellow, white, purple and red cultivated in the Oaxaca Mixteca Baja, polar longitudes of fruit of 7.2 to 9.5 cm, which are greater than those determined in the wild pitaya materials in Escobedo, Zac. Benito (1997) determined in pitaya fruits (*S. griseus*) that the equatorial diameter (transversal) varied between 5 and 12 cm.

In peel weight it was found that red pitayas presented the highest weight (40.25 g) and the white and purple pitaya

CUADRO 1. Características caulinares de pitaya (*Stenocereus* spp) de poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.**TABLE 1. Cauline characteristics of pitaya (*Stenocereu* spp) of natural populations in Monte E scobedo, Zacatecas, Mexico.**

Pitaya	Diámetro de tallo (cm)	Altura de planta (m)	Número de brotes por planta
Amarilla	58.00 b ^z	6.00 a	31.00 a
Blanca	110.25 a	5.37 ab	27.00 b
Morada	121.50 a	4.97 b	28.00 ab
Roja	117.50 a	5.80 ab	25.66 b
DMS	40.45	1.00	3.99
CV (%)	17.76	8.29	5.47

^z Valores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

^zValues with the same letters within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

CUADRO 2. Características de brotes con frutos, frutos por brote y número de frutos por planta de pitaya (*Stenocereus* spp) en poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.**TABLE 2. Characteristics of shoots with fruits, fruits per shoot and number of fruits per pitaya plant (*Stenocereus* spp) in natural populations in Monte Escobedo, Zacatecas, Mexico.**

Pitaya	Brotes con frutos	Frutos por rama (brazo)	Número de frutos por planta
Amarilla	31.00 ab ^z	7.00 a	250.75 a
Blanca	28.66 b	9.75 a	286.75 a
Morada	31.33 a	10.00 a	234.25 a
Roja	25.66 c	9.50 a	256.00 a
DMS	2.61	5.30	239.86
CV (%)	3.42	26.40	56.63

^z Valores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación

^zValues with the same letters within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

CUADRO 3. Diámetros polar y ecuatorial de frutos de *Stenocereus* spp en poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.**TABLE 3. Polar and equatorial diameter of fruits of *Stenocereus* spp in natural populations in Monte Escobedo, Zacatecas, Mexico.**

Pitaya	Longitud polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
Amarilla	6.02 bc ^z	6.67 a
Blanca	5.62 c	5.32 b
Morada	6.40 b	4.75 b
Roja	8.10 a	6.22 a
DMS	0.72	4.19
CV (%)	5.25	5.00

^zValores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación.

^zValues with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

Luna y Aguirre (2006) reportaron para *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. amarillas, blancas, moradas y rojas cultivadas en la Mixteca Baja oaxaqueña longitudes polares de fruto de 7.2 a 9.5 cm, los cuales resultan mayores a los determinados en los materiales silvestres de pitaya en Escobedo, Zac. Benito (1997) determinó en frutos de pitaya (*S. griseus*) que el diámetro ecuatorial (transversal) varió entre 5 y 12 cm.

En el peso de la cáscara se encontró que el mayor peso lo presentaron las pitayas rojas (40.25 g) y el menor las pitayas blancas y moradas (Cuadro 4). Luna y Aguirre (2006) reportaron pesos similares en pitayas amarilla, blanca, morada y roja.

El mayor grosor de la cáscara de pitaya roja podría ser un factor de calidad en el manejo de la fruta, debido a que los frutos de cáscara delgada pueden ser más sensibles a problemas de agrietamiento y daños en poscosecha (Nerd *et al.*, 1999), por lo que los frutos de pitayas amarilla y roja podrían tener buenos potenciales para su comercialización al presentar una cáscara más gruesa y minimizar posibles daños mecánicos en su manejo.

El mayor peso de pulpa se registró en pitayas rojas (131.0 g) (Cuadro 4), y los menores correspondieron a pitayas blancas y moradas; las amarillas fueron intermedias en este carácter. En peso del fruto existieron diferencias significativas entre fenotipos; el menor peso se registró en pitayas blancas (92.0 g) y el mayor en pitayas rojas (171.25 g). Los pesos del fruto fueron similares a los reportados por Luna y Aguirre (2006) en pitayas *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. cultivadas. En especies frutales nativas de México que se han sometido a domesticación y cultivo,

CUADRO 4. Características de cáscara, de pulpa y de frutos de *Stenocereus* spp en poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.

TABLE 4. Characteristics of peel, pulp and fruits of *Stenocereus* spp in natural populations in Monte Escobedo, Zacatecas, Mexico.

Pitaya	Peso de cáscara (g)	Peso de pulpa (g)	Peso de fruto (g)
Amarilla	35.50 b ^z	97.25 b	132.75 b
Blanca	18.75 c	73.25 c	92.00 c
Morada	23.00 c	80.25 c	103.50 c
Roja	40.25 a	131.00 a	171.25 a
DMS	4.47	4.47	15.36
CV (%)	7.25	5.82	5.89

^aValores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación.

^aValues with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

Evaluación de plantas...

yas the lowest (Table 4). Luna and Aguirre (2006) reported similar weights in yellow, white, purple and red pitayas.

The greater peel thickness of red pitaya could be a factor of quality in the management of the fruit, due to the fact that the fruits of thin peel may be more sensitive to problems of cracking (splitting) and damage in postharvest (Nerd *et al.*, 1999), thus the fruits of yellow and red pitayas could have good potential for commercialization, as they present a thicker peel, thus minimizing possible mechanical damages in their management.

The greatest pulp weight was registered in red pitayas (131.0 g) (Table 4), and the lowest corresponded to white and purple; the yellow were intermediate in this character. In fruit weight there were significant differences among phenotypes; the lowest weight was registered in white pitayas (92.0 g) and the highest in red pitayas (171.25 g). The weights of the fruit were similar to those reported by Luna and Aguirre (2006) in cultivated pitayas (*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. In native fruit species of Mexico which have been subjected to domestication and cultivation, such as the case of cactuses with fruit potential: for *Opuntia* spp and *Stenocereus* spp increments of more than 300 % have been reported in fruit weight during their cultivation (Pimienta-Barrios and Nobel, 1994; Pimienta-Barrios and Nobel, 1995).

In fruit firmness significant differences were observed; the red and yellow pitayas presenting the greatest firmness (2.46 and 2.36 kgf, respectively) (Table 5). Fruit firmness of pitaya is not considered an important characteristic for the harvester and/or consumer, but it is a relevant characteristic as selection criteria for postharvest management, above all because the relevant criteria for the producer are maximum fruit size and duration in postharvest and with few seeds in fruit, characteristics that favor its sale and commercialization (Rosales-Bustamante *et al.*, 2009).

In the firmness of a fruit, various factors have influence, which are intrinsic to its composition and turgor of tissues, the type of cells that comprise it, the disposition of the cells within the tissues and their cohesion and rigidity. At the level of chemical components, the pectic substances play an important role in the firmness of the fruits. During maturation of the fruit, as with during its process of degradation, the content of water soluble pectic substances increases as a result of a depolymerization and deesterification, reaching its characteristic firmness and texture in its optimum point of consumption (Dueñas *et al.*, 2008).

In pH no significant differences were found among the pitayas (Table 5). Pimienta and Tomas (1993), when evaluating 25 varieties of pitaya fruits (*S. queretaroensis*) determined that in most of the varieties the pH of the pulp varied from 4 to 5; similar to what was observed in the present study and to what was reported for *S. queretaroensis* (Pimienta-Barrios and Nobel, 1995). Rodríguez *et al.* (2005) reported values of pH of 5.00 to 5.33 in yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw), determining that the re-

como es el caso de cactáceas con potencial frutícola: para *Opuntia* spp y *Stenocereus* spp se han reportado incrementos de más de 300 % en el peso del fruto durante su cultivo (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994; Pimienta-Barrios y Nobel, 1995).

En firmeza de fruto se observaron diferencias significativas, siendo las pitayas roja y amarilla las que presentaron la mayor firmeza (2.46 y 2.36 kgf, respectivamente) (Cuadro 5). La firmeza del fruto de pitaya no es considerada como una característica importante por el cosechador y/o consumidor, pero es un carácter relevante como criterio de selección para el manejo poscosecha, sobre todo porque los criterios relevantes para el productor se rigen por el mayor tamaño del fruto y duración en poscosecha y con pocas semilla en fruto, características que favorecen su venta y comercialización (Rosales-Bustamante *et al.*, 2009).

En la firmeza de un fruto influyen varios factores que son intrínsecos a la composición de éste, entre los que se pueden citar: la composición y turgencia de tejidos, el tipo de células que lo conforman, la disposición de las células dentro de los tejidos y la cohesión y rigidez de éstas. A nivel de componentes químicos, las sustancias pécticas cumplen un papel importante en la firmeza de los frutos. Durante la maduración de los frutos, igual que durante su proceso de degradación, el contenido de sustancias pécticas solubles en agua aumenta como resultado de una despolimerización y desesterificación, alcanzando su firmeza y textura características en su punto óptimo de consumo (Dueñas *et al.*, 2008).

En pH no se encontraron diferencias significativas entre las pitayas (Cuadro 5). Pimienta y Tomas (1993), al evaluar 25 variedades de frutos de pitaya (*S. queretaroensis*) determinaron que en la mayoría de las variedades el pH de la pulpa varió de 4 a 5; similar a lo observado en el presente estudio y a lo reportado para *S. queretaroensis*

ported pH corresponded to fruits in physiological maturity. It should be pointed out that for the processing of pitaya fruits, a high pH and low acidity are disadvantageous.

In titratable acidity it was found that the highest percentage was for the fruits of white pitaya (28 %) compared with the yellow, purple and red pitayas (Table 5). In *Selenicereus megalanthus*, Haw Rodríguez *et al.* (2005) reported values of between 0.90 and 1.68 % in the final stage of fruit maturation, values which are above those found in the present study.

The protein content in pulp and seed was higher for fruits of red pitaya (91.0 and 1.35 g·kg⁻¹, respectively) (Table 6). Pimienta and Nobel (1994) reported for pitayas *Stenocereus queretaroensis* values of 84 to 92.9 g·kg⁻¹ of protein in pulp and of 0.2 to 1.4 g·kg⁻¹ of protein in seed; the highest values are similar to the highest values found in this work for red pitaya. Pimienta *et al.* (2004) report values of total protein in two varieties of cultivated pitaya "Luci" and "Roja" which vary between 8 and 10 %. The protein content is important, as its value in diet products is recognized.

In the present study it is important that the relevant characteristics of the fruit such as fruit weight, pulp weight, length, diameter, peel thickness and total soluble solids, are the most relevant characters for the selection and acceptance of wild pitaya fruits, which coincides with what was reported by Castillo *et al.* (2005), who also propose the number, length and width of bracts for the acceptance and distinction of genotypes of wild and cultivated pitayas.

CONCLUSIONS

For the characteristics of fruit length, weight of peel, pulp and fruit, firmness, total soluble solids, titratable acidity, protein content in pulp and seed, red pitaya fruits are an option with highest potential for production and commercialization.

CUADRO 5. Firmeza, pH, acidez titulable y sólidos solubles totales en frutos de *Stenocereus* spp. en poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.

TABLE 5. Firmness, titratable acidity and total soluble solids in fruits of *Stenocereus* spp in natural populations in Monte Escobedo, Zacatecas, Mexico.

Pitaya	Firmeza de fruto (con cáscara) (kgf)	Firmeza de la pulpa del fruto (kgf)	pH	Acidez titulable (%)	Sólidos solubles totales (%)
Amarilla	2.36 ab ²	1.06 a	4.12 a	0.25 b	11.00 a
Blanca	2.20 b	0.96 a	4.10 a	0.28 a	10.25 ab
Morada	1.90 c	0.90 a	4.25 a	0.25 b	9.75 b
Roja	2.46 a	1.10 a	4.20 a	0.25 b	11.00 a
DMS	0.21	0.21	0.37	0.31	1.13
CV (%)	3.65	8.09	4.25	5.66	5.14

¹Valores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación.

²Values with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

(Pimienta-Barrios y Nobel, 1995). Rodríguez *et al.* (2005) reportaron valores de pH de 5.00 a 5.33 en pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw), determinando que el pH reportado correspondió a frutos en madurez fisiológica. Cabe señalar que para el procesamiento de frutos de pitaya resulta desventajoso un alto pH, y baja acidez.

En acidez titulable se encontró que el porcentaje más alto fue para los frutos de pitayas blancas (28 %) en comparación con las pitayas amarilla, morada y roja (Cuadro 5). En *Selenicereus megalanthus*, Haw Rodríguez *et al.* (2005) reportaron valores entre 0.90 y 1.68 % en la fase final de maduración del fruto, valores que están por arriba de los encontrados en este trabajo.

Sólidos solubles totales (SST) las pitayas amarilla y roja superaron a las de fruto morado (11, 11 y 9.73 % respectivamente) (Cuadro 5). Al respecto, Luna y Aguirre (2006) reportaron valores superiores a 12 % de SST en pitayas amarillas, blancas, moradas y rojas, mientras que en *Selenicereus megalanthus* Haw, Rodríguez *et al.* (2005) determinaron valores en un intervalo de 12.33 a 17.83 %. Gallo (1993) indicó que el porcentaje de SST no contribuye a la determinación del grado de maduración de la fruta, teniendo en cuenta que éstos (°Brix) varían con el tamaño del fruto y condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto. Los sólidos solubles totales y acidez titulable desempeñan un papel importante en el sabor final de los frutos y en la calidad del fruto y son parámetros que pueden tener relevancia para la industria de los productos procesados, ya que estas variables son base en la formulación de los productos.

En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas en cuanto al contenido de azúcares totales, los cuales variaron entre 10.5 a 11 %, ni en azúcares reductores, que variaron de 9.75 a 10.0 % (Cuadro 6). Rodríguez *et al.* (2005) reportaron para pitaya amarilla

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the producers of Monte Escobedo, Zacatecas, for their support in the realization of the present work.

End of English Version

valores de 0.05 a 6.6 % de azúcares reductores al final de la maduración del fruto; estos valores fueron menores que los registrados por Nerd *et al.* (1999), quienes reportaron valores de 8 a 9 % en azúcares reductores, lo cual coincide más con lo determinado en el presente trabajo.

El contenido de proteína en pulpa y semilla fue mayor para los frutos de pitaya roja (91.0 y 1.35 g·kg⁻¹, respectivamente) (Cuadro 6). Pimienta y Nobel (1994) reportaron para pitayas *Stenocereus queretaroensis* valores de 84 a 92.9 g·kg⁻¹ de proteína en pulpa y de 0.2 a 1.4 g·kg⁻¹ de proteína en semilla; los valores más altos son similares a los más altos encontrados en este trabajo para pitaya roja. Pimienta *et al.* (2004) reportan valores de proteína total en dos variedades de pitaya cultivada 'Luci' y 'Roja' que varían entre 8 y 10 %. Es importante el contenido de proteína, ya que se reconoce su valor en productos dietéticos.

En el presente estudio se destaca que las características relevantes del fruto como el peso del fruto, peso de la pulpa, longitud, diámetro, grosor de cáscara y sólidos solubles totales, son los caracteres más relevantes para la selección y aceptación de frutos de pitaya silvestre, lo cual es coincidente con lo reportado por Castillo *et al.* (2005), quienes además proponen el número, longitud y anchura de brácteas para la aceptación y distinción de genotipos de pitayas silvestres y cultivadas.

CUADRO 6. Contenido de azúcares totales y proteína en frutos de *Stenocereus* spp. en poblaciones naturales en Monte Escobedo, Zacatecas, México.

TABLE 6. Content of total sugars and protein in fruits of *Stenocereus* spp in natural populations in Monte Escobedo, Zacatecas, Mexico.

Pitaya	Azúcares Totales (%)	Azúcares reductores (%)	Contenido de proteína en pulpa (g·kg ⁻¹)	Contenido de proteína en semilla (g·kg ⁻¹)
Amarilla	11.00 a ^z	9.75 a	1.25 b	82.25 b
Blanca	11.25 a	9.75 a	1.07 c	90.00 a
Morada	10.75 a	10.50 a	1.06 c	80.00 b
Roja	10.50 a	10.00 a	1.35 a	91.00 a
DMS	2.14	1.76	0.04	7.34
CV (%)	9.38	8.41	1.24	4.07

^aValores con las mismas letras dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación.

^aValues with the same letter within columns are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

MSD: Minimum significant difference.

CV: Coefficient of variation.

CONCLUSIONES

Por las características de longitud del fruto, peso de cáscara, pulpa y fruto, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de proteína en pulpa y semilla, los frutos de pitaya roja son una opción con mayor potencial para la producción y comercialización.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de Monte Escobedo, Zacatecas, por el apoyo en la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1998. Official methods of analysis. S. William (ed). Published by the Association of Official Analytical Chemists. USA pp. 219-221.
- BENITO B., P. 1997. Agroindustrial use of some cacti fruits. *In*: Suculentas mexicanas. Cactaceas. C. VALLES S. (ed.). Publicaciones S. A. de C. V. pp. 130-131.
- BRAVO-HOLLÍS, H.; SÁNCHEZ, H. 1978. Las cactáceas de México. Volumen III Universidad Nacional Autónoma de México. 3ra. Edición. México, D. F. 643 p.
- CASTILLO-MARTÍNEZ, R; LIVERA-MUÑOZ, M.; MÁRQUEZ-GUZMÁN G. 2005. Morphological characterization and sexual compatibility of five pitahayas (*hylocereus undatus*) genotypes. *Agrociencia* 39: 183-194.
- DUEÑAS, G.; NARVAEZ, C.M.; RESTREPO, L.S. 2008. Inhibición de lesiones por frío en pitaya amarilla (*Acanthuseus pitajaya*) a través del choque térmico, catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas. *Acta. Biol.* 13: 95-106.
- GALLO, F. 1993. Índice de madurez para piña cayena lisa, guanábana, pitaya amarilla y maracuyá. *Agrodesarrollo* pp. 171-200.
- LLAMAS L., J. 1984. El cultivo del pitayo en Huajuapán de León. *Cactáceas Suculentas Mexicanas* 29(3): 63-64.
- LUNA M., C. DEL C.; AGUIRRE, R. J. 2006. Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de pitaya mixteca en México. *Interciencia* 26: 18-24.
- NERD, A. F.; MIZRAHI, G. 1999. Ripening and postharvest behavior of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biology Technology* 17:39-45.
- NERD, A. N.; TEL-ZUR, Y. M. 2002. Fruits of vine and columnar cacti, *In*: Cacti. Biology and Uses. P.S. NOBEL (ed.). University of California Press. U. S. A., pp. 185-197.
- PIMIENTA-BARRIOS, E.; NOBEL, P. S. 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): An ancient and modern fruit crop of México. *Economic Botany* 48:76-83.
- PIMIENTA-BARRIOS, E.; NOBEL, P. S. 1995. Reproductive characteristics of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) and their relationship with soluble sugars and irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 1082-1086.
- PIMIENTA B. E.; TOMAS, V. M. 1993. Caracterización de la variación en el peso fresco y la composición química del fruto en variedades de pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) (Weber) (Buxbaum). *Revista Cactáceas Suculentas Mexicanas*. 36(4): 82-88.
- PIMIENTA, E; PIMIENTA, E; NOBEL, P. 2004. Ecophysiology of the pitaya de Queretaro (*Stenocereus queretaroensis*). *Journal of and Environmental* 59: 1-17.
- PIÑA-LUJAN, I. 1977. Pitayas y otras cactáceas afines del estado de Oaxaca. *Cactáceas Suculentas Mexicanas* 22(1):3-13.
- RAMÍREZ H., B.; PIMIENTA B., E.; CASTELLANOS R., Z.; MUÑOZ U., A.; PALOMINO H., G.; PIMIENTA B., E. 2007. Sistemas de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 675-687.
- RODRÍGUEZ R., D.; PATIÑO G., M.; MIRANDA L., D.; FISCHER, G.; GALVIS V., J. 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional Agronomía* 58(2): 2837-2857.
- ROSALES-BUSTAMANTE, E. P.; LUNA-MORALES, C. DEL C. y CRUZ-LEON, A. 2009. Clasificación y selección tradicional de pitaya (*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb.) en Tanguistengo, Oaxaca, y variación morfológica de cultivares. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15: 75-82.
- SALCEDO P., E.; ARREOLA N., J. 1991. El cultivo del pitayo en Techaluta, Jalisco. *Revista Cactáceas Suculentas Mexicanas* 36(4): 84-91.
- SCHWENTESIUS R., R.; GÓMEZ CRUZ, M. A. 1999. Perspectivas de la comercialización y exportación de frutas exóticas mexicanas en los mercados internacionales. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. México. 60 p.
- WITHAN, F. H.; BLAYDER, D. F.; DEVLIN, R. M. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Company. USA. 245 p.