

COLECTA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA *in situ* DE CHILES (*Capsicum* spp.) CULTIVADOS EN TABASCO, MÉXICO

Carlos A. Narez-Jiménez; Efraín de la Cruz-Lázaro*; Armando Gómez-Vázquez;
César Márquez-Quiroz; Pedro García-Alamilla

Maestría en Ciencias Agroalimentarias. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa km 25. Centro, Tabasco, MÉXICO. C.P. 86800.

Correo-e: efrain.delacruz@ujat.mx (*Autor para correspondencia)

RESUMEN

El chile es la segunda hortaliza más importante en México. El objetivo del presente trabajo fue, realizar la colecta y evaluación *in situ* de la diversidad morfológica de chiles cultivados en el estado de Tabasco, México. De enero a mayo de 2013 se realizó la exploración de 21 comunidades del estado, se tomaron datos *in situ* de 25 variables de planta, flor y fruto de 43 colectas, a las que se les realizaron análisis de componentes principales (CP) y de conglomerados. Los primeros tres CP explicaron 63.14 % de la variación total entre colectas, el mayor aporte lo tuvieron las variables ancho de fruto, peso de fruto, forma del fruto, forma del ápice del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, largo y ancho de hoja. Con el análisis de conglomerados de las variables seleccionadas se diferenciaron a las colectas en tres grupos. Las evidencias disponibles indican que en los chiles cultivados y de traspatio del estado de Tabasco existe diversidad morfológica, útil para programas de mejoramiento genético.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Análisis de componentes principales, diversidad genética, germoplasma, descriptores de *Capsicum*.

COLLECTION AND *in situ* MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PEPPERS (*Capsicum* spp.) CULTIVATED IN TABASCO, MEXICO

ABSTRACT

Pepper is the second most important vegetable in Mexico. The aim of the present study was to collect peppers grown in the state of Tabasco, Mexico and then carry out an *in situ* assessment of their morphological diversity. From January to May 2013, a survey was made of 21 communities throughout the state, and data relating to 25 plant, flower and fruit variables were taken *in situ* from 43 collections which were subjected to principal component (PC) and cluster analysis. The first three PCs accounted for 63.14 % of the total variation among collections; the variables with the greatest contribution were fruit width, fruit weight, fruit shape, fruit apex shape, fruit shape at the junction with the pedicel, and leaf length and width. Cluster analysis of the selected variables differentiated the collections into three groups. The available evidence indicates that there is enough morphological diversity in commercial and backyard peppers grown in the state of Tabasco to be useful for breeding programs.

ADDITIONAL KEYWORDS: Principal component analysis, genetic diversity, germplasm, *Capsicum* descriptors.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos más importantes del mundo (Ortiz et al., 2010). El género *Capsicum* está formado por alrededor de 30 especies, dentro de las cuales destacan *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruiz & Pavón, *C. chinense* Jacq. y *C. baccatum* L., como las especies cultivadas de mayor importancia (Bosland y Votava, 2012). Desde el punto de vista agrícola y económico, la especie más importante es *C. annuum* (Moreno-Pérez et al., 2011). Esta tiene su centro de diversidad y domesticación en México (Martínez-Sánchez et al., 2010) y presenta gran variabilidad en forma, tamaño, color, sabor y picor, con una distribución desde el nivel del mar hasta los 2,500 m (Hernández-Verdugo et al., 1998). En particular en el estado de Tabasco se pueden encontrar en siembras comerciales y de traspatio las especies *C. annuum* y *C. chinense*, además de plantas silvestres de las especies *C. frutescens* y *C. annuum* var. *glabriusculum* (Castañón-Nájera et al., 2008).

La falta de conocimiento sobre diversidad genética que conservan los productores en sus parcelas de cultivo, el traspatio o huertos familiares, conlleva al conocimiento limitado de la distribución geográfica del género *Capsicum* en México y de la variabilidad de las especies que se cultivan de forma comercial y para autoconsumo (Latournerie et al., 2002). En ese sentido, los recursos fitogenéticos relacionados con el género *Capsicum*, adquieren gran relevancia por el potencial genético que presentan y por ser la base para obtener variedades mejoradas (Moreno-Pérez et al., 2011). Al respecto, Rodríguez et al. (2007) indican que se requiere caracterizar y rescatar la diversidad genética que se encuentra dispersa en las variedades criollas y en los parientes silvestres de *Capsicum* spp., ya que constituyen un arsenal para el mejoramiento genético del cultivo.

La caracterización morfológica de los recursos vegetales, es de utilidad, porque permite definir una serie de descriptores útiles de importancia agronómica o de clasificación e identificación de grupos genéticos. En particular, los estudios realizados sobre la diversidad del género *Capsicum*, se han basado en métodos descriptivos por medio de caracteres morfológicos de planta, flor y fruto (Moreno-Pérez et al., 2011); en los que se ha encontrado variación en caracteres relacionados con la fenología, la arquitectura de la planta, la flor y la forma del fruto (Bosland y Votava, 2012). Siendo los órganos más importantes para la descripción morfológica aquellos que tienen menos influencia del ambiente, como el fruto, las hojas y el tallo (Hernández-Verdugo et al., 1998); por lo que es importante realizar estudios para identificar caracteres agronómicos de interés. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue colectar y realizar la evaluación *in situ* de la diversidad morfológica de chiles comerciales y de traspatio que se siembran en el estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue el estado de Tabasco, que se localiza entre 90° 58' 08" y 94° 07' 00" O, y los 17° 15' 00" y 18° 38' 45"

INTRODUCTION

Pepper (*Capsicum* spp.) is one of the most important crops in the world (Ortiz et al., 2010). The genus *Capsicum* consists of about 30 species, of which *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruiz & Pavón, *C. chinense* Jacq., and *C. baccatum* L. stand out as the cultivated species of greatest importance (Bosland and Votava, 2012). From the agricultural and economic standpoint, the most important species is *C. annuum* (Moreno-Pérez et al., 2011). Its center of diversity and domestication is Mexico (Martínez-Sánchez et al., 2010), and it also has great variability in shape, size, color, taste and pungency, with a distribution from sea level to 2,500 m (Hernández-Verdugo et al., 1998). In particular, in the state of Tabasco in commercial and backyard plantings, the species *C. annuum* and *C. chinense* and wild plants of the species *C. frutescens* and *C. annuum* var. *glabriusculum* can be found (Castañón-Nájera et al., 2008).

The lack of knowledge about genetic diversity retained by producers in their farm plots, backyards or home gardens leads to limited knowledge of the geographical distribution of the genus *Capsicum* in Mexico and the variability of the species grown commercially and for self-consumption (Latournerie et al., 2002). In that sense, plant genetic resources related to the genus *Capsicum* take on great importance for their genetic potential and as the basis for obtaining improved varieties (Moreno-Pérez et al., 2011). In this regard, Rodríguez et al. (2007) indicate that the genetic diversity found dispersed in landraces and wild relatives of *Capsicum* spp. needs to be characterized and rescued, as it constitutes a storehouse for genetically improving this crop.

Morphological characterization of plant resources is beneficial because it allows defining a number of useful descriptors of agronomic importance or of classification and identification of genetic groups. In particular, studies on the diversity of the genus *Capsicum* have been based on descriptive methods using morphological plant, flower and fruit characters (Moreno-Pérez et al., 2011), in which variation in characters related to phenology, plant architecture, the flower and fruit shape have been found (Bosland and Votava, 2012). The most important organs for morphological description are those that are influenced to a lesser degree by the environment, such as the fruit, leaves and stem (Hernández-Verdugo et al., 1998), making it important to conduct studies to identify agronomic traits of interest. Therefore, the objective of this study was to collect commercial and backyard peppers that are grown in the state of Tabasco and perform an *in situ* assessment of their morphological diversity.

MATERIALS AND METHODS

The study area was the state of Tabasco, which is located between 90° 58' 08" and 94° 07' 00" W, and 17° 15' 00" and 18° 38' 45" N, on the coastal plain of the Gulf of Mexico. It has an area of 24,738 km², representing 1.3 % of the country's terri-

N; sobre la llanura costera del Golfo de México. Tiene una extensión territorial de 24,738 km², que representa 1.3 % del territorio nacional. El clima predominante durante casi todo el año es cálido húmedo *Am(f)''(i)g* con abundantes lluvias en verano, precipitación promedio entre los 2,500 y 3,000 mm con temperatura media anual de 25 °C (Ruíz-Álvarez *et al.*, 2012).

La colecta y caracterización morfológica *in situ* se realizó de enero a mayo de 2013. Las comunidades de exploración se seleccionaron con base en estudios previos realizados por Castañón-Nájera *et al.* (2008), Pérez-Castañeda *et al.* (2008), Castañón-Nájera *et al.* (2010) y por información de comerciantes de chiles en los mercados de los municipios explorados.

Se obtuvieron 43 colectas en 21 comunidades de 10 municipios del estado de Tabasco. En cada lugar se registraron las coordenadas para ubicar los sitios de colecta (Figura 1). Se evaluaron 25 variables morfológicas de planta, flor y fruto (Cuadro 1) de acuerdo con Anónimo (1995) y Anónimo (2013). Cuando el sitio de muestreo fue en siembra comercial, las variables se midieron en 20 plantas tomadas al azar y en los huertos familiares se incluyó el total de cada morfotipo que se encontraba al momento de la colecta. Las variables de fruto se midieron en 25 frutos en siembras comerciales y cinco frutos en las colectas de traspatio. Los frutos se guardaron en bolsas de papel y se trasladaron al Centro de Investigaciones en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez

tory. The predominant climate for most of the year is warm and humid *Am(f)''(i)g* with abundant rains in summer, average rainfall between 2,500 and 3,000 mm and a mean annual temperature of 25 °C (Ruíz-Álvarez *et al.*, 2012).

The collection and *in situ* morphological characterization was conducted from January to May 2013. The surveyed communities were selected based on previous studies by Castañón-Nájera *et al.* (2008), Pérez-Castañeda *et al.* (2008), Castañón-Nájera *et al.* (2010) and by information from pepper merchants in the municipal markets explored.

A total of 43 collections were obtained in 21 communities located in 10 municipalities in the state of Tabasco. In each place, the coordinates for locating the collection sites were recorded (Figure 1). Twenty-five morphological plant, flower and fruit variables were evaluated (Table 1) according to Anónimo (1995) and Anónimo (2013). When the sampling site was in a commercial planting, the variables were measured in 20 plants selected at random and in home gardens the total of each morphotype found at the time of the collection was included. The fruit variables were measured in 25 fruits in commercial plantings and in five in backyard collections. The fruits were stored in paper bags and moved to the Centro de Investigaciones en Ciencias Agropecuarias (Research Center for Agricultural Sciences) at the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, where the seed was extracted to obtain the number of seeds per fruit of each collection.

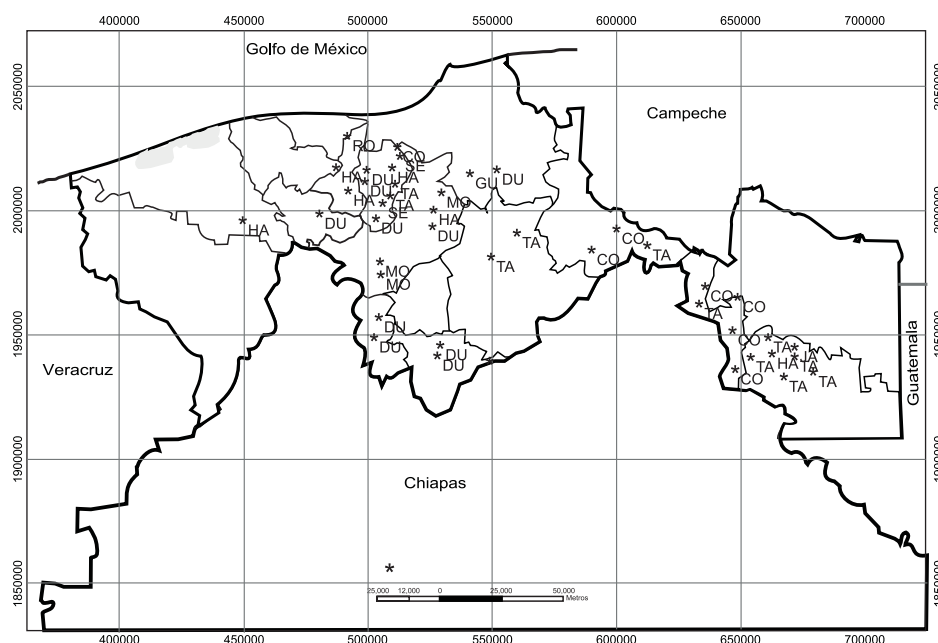


FIGURA 1. Sitios de colecta de chiles cultivados del estado de Tabasco. MO = morrón, CO = costeño, TA = tabaquero, SE = serrano, JA = jalapeño, HA = habanero, DU = dulce, GU = güero, BO = bola, RO = rosita.

FIGURE 1. Collection sites of peppers grown in the state of Tabasco. MO = morrón, CO = costeño, TA = tabaquero, SE = serrano, JA = jalapeño, HA = habanero, DU = dulce, GU = güero, BO = bola, RO = rosette.

CUADRO 1. Descriptores de planta, flor y de fruto usados en la caracterización morfológica *in situ* de chiles cultivados del estado de Tabasco, México.

Variable		Forma de medir
Planta	Diámetro de tallo	Codificada: muy corto (1): < 6.82 mm, corto (3): 6.83 – 10.83 mm, medio (5): 10.84 – 14.84 mm, largo (7): 14.85 – 18.85 mm, muy largo (9): > 18.86 mm
	Pubescencia del tallo	Ordinal: 3 = escasa, 5 = intermedia, 5 = densa
	Altura de planta	Codificada: muy baja (1): < 52 cm, baja (3): 53 – 77 cm, media (5): 78 – 105 cm, alta (7): 106 – 133 cm, muy alta (9): > 134 cm
	Ancho de planta	Codificada: muy delgada (1): < 49 cm, delgada (3): 50 – 77 cm, media (5): 78 – 105 cm, ancha (7): 106 – 133 cm, muy ancha > 134
	Hábito de crecimiento	Ordinal: 3 = postrada, 5 = intermedia, 7 = erecta, 9 = otro
	Densidad de ramificación	Ordinal: 3 = escasa, 5 = intermedia, 7 = densa
	Color de hoja	Ordinal: 1 = amarillo, 2 = verde claro, 3 = verde, 4 = verde oscuro, 5 = morado claro, 6 = morado, 7 = jaspeado, 8 = otro
	Forma de la hoja	Ordinal: 1 = deltoide, 2 = oval, 3 = lanceolada
	Margen de la lámina foliar	Ordinal: 1 = entera, 2 = ondulada, 3 = ciliada
	Pubescencia de la hoja	Ordinal: 3 = escasa, 5 = intermedia, 7 = densa
	Largo de hoja	Codificada: muy corta (1): < 34.46 mm, corta (3): 34.47 – 56.46 mm, media (5): 56.47 – 78.46 mm, largo (7): 78.47 – 100.46 mm, muy larga > 100.47 mm
Flor	Ancho de hoja	Codificada: muy delgada (1) < 16.11 mm, delgada (3): 16.12 – 25.45 mm, media (5): 25.46 – 34.79 mm, ancho (7): 34.80 – 44.13 mm, muy ancho (9): > 44.14 mm
	Número de flores por axila	Ordinal: 1 = una, 2 = dos, 3 = tres o más, 4 = muchas flores en el racimo, pero cada una en una axila individual, 5 = otro
	Posición de la flor	Ordinal: 3 = pendiente, 5 = intermedia, 7 = erecta.
	Color de corola	Ordinal: 1 = blanco, 2 = amarillo claro, 3 = amarillo, 4 = amarillo-verdoso, 5 = morado con la base blanca, 6 = morado con la base púrpura, 8 = morado, 9 = otro
	Forma de corola	Ordinal: 1 = redonda, 2 = acampanalada, 3 = otra
Fruto	Color de fruto	Ordinal: 1 = blanco, 2 = amarillo-limón, 3 = amarillo-naranja pálido, 4 = amarillo-naranja, 5 = naranja pálido, 6 = naranja, 7 = rojo claro, 8 = rojo, 9 = rojo oscuro, 10 = morado, 11 = marrón, 12 = negro y 13 = otro
	Largo de fruto	Codificada: muy corto (1): < 39.68 mm, corto (3): 39.69 – 68.41 mm, medio (5): 68.42 – 97.14 mm, largo (7): 97.15 – 125.87 mm, muy largo (9): > 125.88
	Ancho de fruto	Codificada: muy delgado (1): < 15.17 mm, delgado (3): 15.18 – 27.34 mm, medio (5): 27.35 – 39.51 mm, ancho (7): 39.52 – 51.68 mm, muy ancho (9): > 51.69
	Peso de fruto	Codificada: muy bajo < 16.61 g, bajo 16.62 – 32.06 g, medio 32.07 – 47.51 g, alto 47.52 – 62.96 g, muy alto > 62.93 g
	Forma del fruto	Ordinal: 1 = elongada, 2 = casi redonda, 3 = triangular, 4 = acampanada, 5 = acampanada y en bloque, 6 = otro
	Forma de la unión del fruto con el pedicelo	Ordinal: 1 = agudo, 2 = obtuso, 3 = truncado, 4 = cordado, 5 = lobulado
	Forma del ápice del fruto	Ordinal: 1 = puntudo, 2 = romo, 3 = hundido, 4 = hundido y puntudo, 5 = otro
	Número de semillas por fruto	Codificada: pocas (3) < 75 semillas, intermedias (5): 76 – 127 semillas, muchas (7): > 128 semillas
Fruto	Color de semilla	Ordinal: 1 = amarillo, 2 = marrón, 3 = negro, 4 = otro

TABLE 1. Plant, flower and fruit descriptors used in *in situ* morphological characterization of peppers grown in the state of Tabasco, Mexico.

Variable		Measurement format
Plant	Stem diameter	Coded: very small (1): < 6.82 mm, small (3): 6.83 – 10.83 mm, medium (5): 10.84 – 14.84 mm, large (7): 14.85 – 18.85 mm, very large (9): > 18.86 mm
	Stem pubescence	Ordinal: 3 = scarce, 5 = intermediate, 5 = dense
	Plant height	Coded: very low (1): < 52 cm, low (3): 53 – 77 cm, medium (5): 78 – 105 cm, high (7): 106 – 133 cm, very high (9): > 134cm
	Plant width	Coded: very narrow (1): < 49 cm, narrow (3): 50 – 77 cm, medium (5): 78 – 105 cm, wide (7): 106 – 133 cm, very wide > 134
	Growth habit	Ordinal: 3 = prostrate, 5 = intermediate, 7 = erect, 9 = other
	Branching density	Ordinal: 3 = scarce, 5 = intermediate, 7 = dense
	Leaf color	Ordinal: 1 = yellow, 2 = light green, 3 = green, 4 = dark green, 5 = light purple, 6 = purple, 7 = marble, 8 = other
	Leaf shape	Ordinal: 1 = deltoid, 2 = oval, 3 = lanceolate
	Leaf blade margin	Ordinal: 1 = entire, 2 = wavy, 3 = ciliated
	Leaf pubescence	Ordinal: 3 = scarce, 5 = intermediate, 7 = dense
	Leaf length	Coded: very short (1): < 34.46 mm, short (3): 34.47 – 56.46 mm, medium (5): 56.47 – 78.46 mm, long (7): 78.47 – 100.46 mm, very long >100.47 mm
	Leaf width	Coded: very narrow (1) < 16.11 mm, narrow (3): 16.12 – 25.45 mm, medium (5): 25.46 – 34.79 mm, wide (7): 34.80 – 44.13 mm, very wide (9): > 44.14 mm
Flower	Number of flowers per axil	Ordinal: 1 = one, 2 = two, 3 = three or more, 4 = many flowers in the cluster, but each in a single axil, 5 = other
	Flower position	Ordinal: 3 = hanging, 5 = intermediate, 7 = erect.
	Corolla color	Ordinal: 1 = white, 2 = light yellow, 3 = yellow, 4 = greenish yellow, 5 = purple with white base, 6 = purple with purple base, 8 = purple, 9 = other
	Corolla shape	Ordinal: 1 = round, 2 = bell-shaped, 3 = other
Fruit	Fruit color	Ordinal: 1 = white, 2 = lemon yellow, 3 = yellow-pale orange, 4 = yellow-orange, 5 = pale orange, 6 = orange, 7 = dark red, 8 = red, 9 = dark red, 10 = purple, 11 = brown, 12 = black and 13 = other
	Fruit length	Coded: very short (1): < 39.68 mm, short (3): 39.69 – 68.41 mm, medium (5): 68.42 – 97.14 mm, long (7): 97.15 – 125.87 mm, very long (9): > 125.88
	Fruit width	Coded: very narrow (1): < 15.17 mm, narrow (3): 15.18 – 27.34 mm, medium (5): 27.35 – 39.51 mm, wide (7): 39.52 – 51.68 mm, very wide (9): > 51.69
	Fruit weight	Coded: very low < 16.61 g, low 16.62 – 32.06 g, medium 32.07 – 47.51 g, high 47.52 – 62.96 g, very high > 62.93 g
	Fruit shape	Ordinal: 1 = elongated, 2 = nearly round, 3=triangular, 4= bell-shaped, 5 = bell-shaped and square, 6 = other
	Fruit shape at the junction with the pedicel	Ordinal: 1 = pointy, 2 = obtuse, 3 = truncated, 4 = cordate, 5 = lobed
	Fruit apex shape	Ordinal: 1 = pointy, 2 = obtuse, 3 = sunken, 4 = sunken and pointy, 5 = other
	Number of seeds per fruit	Coded: few (3) < 75 seeds, intermediate number of (5): 76 – 127 seeds, many (7): > 128 seeds
	Seed color	Ordinal: 1 = yellow, 2 = brown, 3 = black, 4 = other

Autónoma de Tabasco, donde se extrajo la semilla para obtener el número de semillas por fruto de cada colecta.

Con las medias y las modas de las variables evaluadas que presentaron variación se realizó un análisis de componentes principales (ACP), que incluyó 20 variables, las cuales se estandarizaron. La significancia de los eigenvalores y eigenvectores se determinó con la regla de Keiser (1960). En ambos análisis, la estimación de los CP se realizó con la matriz de correlaciones, con la finalidad de que las variables involucradas en el análisis tuvieran la misma importancia. Para después, realizar un análisis de conglomerados jerárquicos con el método de ligamiento promedio (UPGMA), con la distancia euclidiana como media de disimilitud y con la matriz de distancias se construyó el dendrograma. El punto de corte para la formación de grupos se basó en la R^2 semiparcial mayor a 70 % y las pruebas de la pseudo F y la pseudo t^2 donde las diferencias entre grupos son significativas (Anónimo, 2008). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS 9.2 para Windows.

RESULTADOS

Se encontraron 10 morfotipos de chiles, de los cuales el 40 % se cultivan en forma comercial, para consumo en fresco (morrón y habanero) y en seco (costeño y tabaquero); mientras que el 60 % restante de los morfotipos se cultivan para autoconsumo en traspatio. Los morfotipos con mayor porcentaje de colectas fueron tabaquero (25.58 %), dulce (23.26 %) y costeño (16.28 %), mientras que los morfotipos rosita, bola y güero sólo tuvieron una colecta cada uno.

En lo referente a los sitios de colecta, los morfotipos tabaquero y costeño se obtuvieron en los municipios de Emiliano Zapata, Macuspana, Tenosique y Balancán, con excepción de las colectas TA76 y TA77 del morfotipo tabaquero que fueron realizadas en el municipio de Nacajuca. Con respecto al morfotipo habanero, se realizaron colectas en siembras comerciales y en traspatio; en siembras comerciales en los municipios de Tenosique, Centro y Cárdenas, mientras que en traspatio se encontró en los municipios de Nacajuca y Comalcalco. En lo referente al morfotipo morrón, las tres colectas se realizaron en el municipio del Centro; en tanto que, el morfotipo dulce se localizó en siete de los 10 municipios explorados.

De las 25 variables incluidas como descriptores de la diversidad, la pubescencia de tallo (escasa), margen de la lámina foliar (entera), forma de corola (redonda), posición de la flor (pendiente) y color de semilla (amarillo), no mostraron variabilidad. Por lo que el ACP se realizó con 20 variables, el cual mostró que con los tres primeros CP, se explica 63.14 % de la variabilidad morfológica total (Cuadro 2). El CP1 explicó 36.40 % de la variación total, presentando la mayor contribución las variables: ancho de fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, forma de ápice del

With the means and modes of the evaluated variables that showed variation, principal component analysis (PCA), which included 20 standardized variables, was performed. The significance of the eigenvalues and eigenvectors was determined using the Keiser rule (1960). In both analyzes, PC estimation was performed using the correlation matrix, in order for the variables involved in the analysis to have the same importance. In order to later perform hierarchical cluster analysis with the average linkage method (UPGMA), with the Euclidean distance as the dissimilarity average and with the distance matrix, the dendrogram was constructed. The cutoff point for cluster formation was based on the semipartial R^2 greater than 70 % and evidence of the pseudo F and pseudo t^2 where the differences among groups are significant (Anónimo, 2008). Statistical analyzes were performed using SAS version 9.2 software for Windows.

RESULTS

We found 10 pepper morphotypes, of which 40 % are cultivated commercially, for fresh ('morrón' and 'habanero') and dry ('costeño' and 'tabaquero') consumption, while the remaining 60 % are grown in backyards for personal consumption. The morphotypes with the highest percentage of collections were 'tabaquero' (25.58 %), 'dulce' (23.26 %) and 'costeño' (16.28 %), while the 'rosita', 'bola' and 'güero' morphotypes had only one collection each.

Regarding the collection sites, the 'tabaquero' and 'costeño' morphotypes were obtained in the municipalities of Emiliano Zapata, Macuspana, Tenosique and Balancán, with the exception of the TA76 and TA77 'tabaquero' morphotype collections that were made in the municipality of Nacajuca. With regard to the 'habanero' morphotype, collections were made in commercial and backyard plantings, the former in the municipalities of Tenosique, Centro and Cárdenas, and the latter in the municipalities of Nacajuca and Comalcalco. Regarding the 'morrón' or bell pepper morphotype, three collections were made in the municipality of Centro, while the 'dulce' morphotype was located in seven of the 10 municipalities explored.

Of the 25 variables included as diversity descriptors, stem pubescence (sparse), leaf blade margin (entire), corolla shape (round), flower position (hanging), and seed color (yellow) showed no variability. As a result, PCA was performed with 20 variables, which showed that the three first PCs explained 63.14 % of total morphological variability (Table 2). PC1 explained 36.40 % of total variation, with the following variables having the greatest contribution: fruit width, fruit shape at the junction with the pedicel, fruit apex shape, fruit width, fruit shape, fruit weight, leaf length, leaf width, growth habit and fruit weight. PC2 explained 17.42 % of total variation, which was determined by nine variables, four negatively and five positively, with the determination of the component being influenced to a greater extent by the variables corolla color, plant width and stem diameter.

CUADRO 2. Vectores y valores de los CP con las variables de planta, flor y fruto de mayor valor descriptivo de 43 colectas de chiles cultivados del estado de Tabasco.

TABLE 2. PC vectors and values with the plant, flower and fruit variables of greater descriptive value of 43 collections of peppers grown in the state of Tabasco.

Variable	CP1 / PC1	CP2 / PC2	CP3 / PC3
Diámetro de tallo / Stem diameter	0.1369	0.3242*	-0.0218
Altura de planta / Plant height	0.1946	0.2113*	0.2740*
Ancho de planta / Plant width	0.0236	0.3696*	0.2468*
Hábito de crecimiento / Growth habit	0.2664*	-0.1347	0.2423*
Densidad de ramificación / Branching density	-0.1153	0.0153	0.1730
Color de hoja / Leaf color	0.1176	0.2170*	0.0110
Forma de la hoja / Leaf shape	-0.2714*	-0.1769	-0.0370
Pubescencia de hoja / Leaf pubescence	-0.1396	-0.1437	0.4909*
Largo de hoja / Leaf length	0.2915 *	-0.0730	-0.2707*
Ancho de hoja / Leaf width	0.2711*	-0.0356	-0.3776*
Posición de la flor / Flower position	-0.1486	-0.1824	-0.2700*
Color de corola / Corolla color	0.0426	0.4767*	-0.2462*
Color del fruto maduro / Mature fruit color	0.0881	-0.2233*	0.2403*
Largo de fruto / Fruit length	0.1913	-0.3172*	-0.1586
Ancho de fruto / Fruit width	0.3198*	-0.1164	-0.1309
Peso de fruto / Fruit weight	0.2860*	-0.2331*	0.0676
Forma de fruto / Fruit shape	0.2888*	0.1767	0.0130
Forma del fruto en la unión con el pedicelo / Fruit shape at the junction with the pedicel	0.3136*	-0.0939	0.1045
Forma del ápice del fruto / Fruit apex shape	0.3080*	0.1607	0.1963*
Número de semillas por fruto / Number of seeds per fruit	0.2529*	-0.2113*	0.1691
Valor propio / Eigenvalue	7.2808	3.4840	1.8639
Variación explicada / Explained variation	0.3640	0.1742	0.0932
Variación acumulada / Cumulative variation	0.3640	0.5382	0.6314

*Significativo de acuerdo con Keiser (1960).

*Significant according to Keiser (1960).

fruto, ancho de fruto, forma de fruto, peso de fruto, largo de hoja, ancho de hoja, hábito de crecimiento y peso de fruto. El CP2 explicó 17.42 % de la variación total, estando determinado por nueve variables, cuatro de forma negativa y cinco de forma positiva, influyendo en mayor proporción en la determinación del componente las variables color de corola, ancho de planta y diámetro de tallo. De la misma forma, el CP3 contribuyó con 9.32 % de la variación total y se relaciona de forma positiva con las variables pubescencia de hoja, altura de planta, ancho de planta, hábito de crecimiento, largo del fruto y forma del ápice del fruto, mientras que el ancho de hoja, largo de hoja, color de corola y posición de la flor se relacionaron de forma negativa.

En la Figura 2 se presenta la distribución de las colectas mediante los dos primeros CP, en donde se observa la for-

Likewise, PC3 contributed 9.32 % of total variation and is related positively with the variables leaf pubescence, plant height, plant width, growth habit, fruit length and fruit apex shape, while leaf width, leaf length, corolla color and flower position were related negatively.

Figure 2 shows the distribution of the collections by the first two PCs, wherein the formation of three groups is observed. The first group was formed with 36 collections of the 'costeño,' 'dulce,' 'güero,' 'jalapeño,' 'morrón,' 'serrano' and 'tabaquero' morphotypes. These morphotypes are distributed in the four quadrants, with the 'tabaquero,' 'jalapeño,' and 'serrano' morphotypes and the CO31, CO33 and CO51 collections of the 'costeño' morphotype being distributed on the left side of the PC1 axis; the collections of these morphotypes have the lowest fruit weight and smallest fruit size

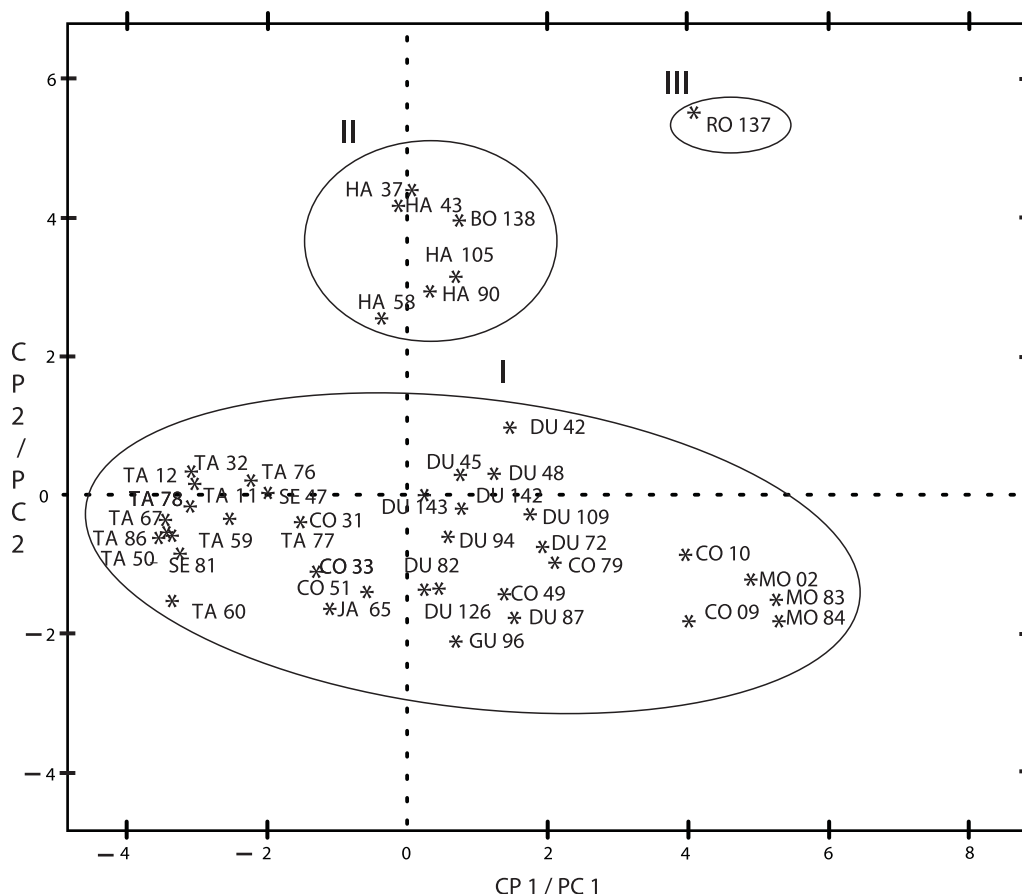


FIGURA 2. Distribución de las 43 colectas de *Capsicum* en función de los componentes principales 1 y 2 obtenido con la matriz de correlación. MO = morrón, CO = costeño, TA = tabaquero, SE = serrano, JA = jalapeño, HA = habanero, DU = dulce, GU = güero, BO = bola, RO = rosita. Grupo 1 (I), grupo 2 (II) y grupo 3 (III).

FIGURE 2. Distribution of 43 *Capsicum* collections based on principal components 1 and 2 obtained with the correlation matrix. MO= morrón, CO= costeño, TA= tabaquero, SE= serrano, JA= jalapeño, HA= habanero, DU= dulce, GU= güero, BO= bola, RO= rosita. Group 1 (I), group 2 (II) and group 3 (III).

mación de tres grupos. El primer grupo se formó con 36 colectas de los morfotipos costeño, dulce, güero, jalapeño, morrón, serrano y tabaquero. Estos morfotipos están distribuidos en los cuatro cuadrantes, distribuyéndose en la parte izquierda del eje del CP1 los morfotipos tabaquero, jalapeño, serrano y las colectas CO31, CO33 y CO51 del morfotipo costeño, las colectas de estos morfotipos presentan los frutos de menor peso y tamaño del grupo. Mientras que en la parte derecha del CP1 se encontraron las colectas de los morfotipos dulce, costeño, güero y morrón, las cuales se caracterizan por tener los frutos de mayor tamaño y peso, sobresaliendo el morfotipo morrón con los mayores pesos y tamaños de fruto. El grupo II se formó por seis colectas que se localizan en la parte superior del CP2 entre la parte izquierda y derecha del eje del CP1, en este grupo se encontraron las cinco colectas del morfotipo habanero y la única colecta de bola, con frutos de forma acampanulada, ápice hundido, y color de frutos amarillo (HA58 y HA90), naranja (HA37, HA43 y HA105) y rojo (BO138). Mientras

of the group. While on the right side of PC1, the collections of the 'dulce', 'costeño', 'güero' and 'morrón' morphotypes, which are characterized by fruits of greater size and weight, highlighted by the 'morrón' morphotype with the greatest fruit weights and sizes, are found. Group II was formed by six collections located in the upper part of PC2 between the left and right side of the PC1 axis; this group contains the five 'habanero' morphotype collections and the only 'bola' collection, with bell-shaped fruits, sunken apex, and yellow (HA58 and HA90), orange (HA37, HA43 and HA105) and red (BO138) fruits. Finally, group III is located to the right of PC1 and in the upper part of PC2, and was formed by the only collection of the 'rosita' morphotype (RO137), which is characterized by flattened red fruits, with a sunken apex and two or more flowers per node.

Cluster analysis enabled grouping the 43 *in situ*-evaluated collections (Figure 3) from the state of Tabasco into three morphologically different groups according to the semi-

que el grupo III se encuentra a la derecha del CP1 y en la parte superior del CP2, y se formó por la única colecta del morfotipo rosita (RO137) que se caracteriza por tener frutos aplanados de color rojo, con ápice hundido y dos o más flores por nudo.

Con base en el análisis de conglomerados fue posible agrupar las 43 colectas evaluadas *in situ* (Figura 3), provenientes del estado de Tabasco, en tres grupos morfológicamente diferentes de acuerdo con el R^2 semiparcial mayor al 70 %, la pseudo F y la pseudo t^2 ; tomando como referencia una distancia euclidiana de 0.75 unidades. El grupo I estuvo integrado por 36 colectas que pertenecen a los morfotipos costeño, dulce, güero, jalapeño, morrón, serrano y tabaquero. En este grupo se observa del lado izquierdo los morfotipos morrón, costeño y dulce que presentaron los mayores pesos de frutos; mientras que del lado derecho se ubicaron los frutos de los morfotipos tabaquero, serrano, jalapeño y los frutos de menor peso de costeño y dulce. En tanto que el grupo II se formó por seis colectas de los morfotipos habanero y bola con frutos de color amarillo, naranja y rojo. Mientras que el grupo III se formó por la única colecta del morfotipo rosita que se caracteriza por tener plantas con altura promedio de 1.50 m y frutos con peso promedio de 7.37 g.

DISCUSIÓN

Se sabe que los morfotipos son los principales niveles de diversidad, pero también existe la diversidad intra-morfotipos que puede aprovecharse con fines de conservación y usos (Latournerie *et al.*, 2002). De los morfotipos colectados,

partial R^2 greater than 70 %, the pseudo F and the pseudo t^2 , taking as a reference a Euclidean distance of 0.75 units. Group I consisted of 36 collections belonging to the 'costeño', 'dulce', 'güero', 'jalapeño', 'morrón', 'serrano' and 'tabaquero' morphotypes. On the left side of this group, the 'morrón', 'costeño' and 'dulce' morphotypes that had the highest fruit weights can be seen, while on the right side the 'tabaquero', 'serrano', and 'jalapeño' morphotype fruits and the lower-weight 'costeño' and 'dulce' fruits were located. Group II was formed by six collections of the 'habanero' and 'bola' morphotypes, with yellow, orange and red fruits, while group III, formed by the only 'rosita' morphotype collection, was characterized by having plants with an average height of 1.50 m and fruits with an average weight of 7.37 g.

DISCUSSION

Morphotypes are known to be the main levels of diversity, but there is also intra-morph diversity which can be used for conservation purposes and uses (Latournerie *et al.*, 2002). Of the morphotypes collected, only 'costeño', 'tabaquero', 'habanero' and 'morrón' are grown commercially, while 'dulce', 'serrano', 'jalapeño', 'güero', 'bola' and 'rosita' are grown in backyards, plots or gardens near houses for personal consumption. The higher percentage of collections and morphotypes in home gardens indicates that the greatest diversity of peppers is grown for personal consumption, which coincides with Hodgkin (2002) who notes that the greatest diversity of peppers is held in the homes of the communities where they are planted for consumption. The BO138, RO138 and TA77 collections have unique characteristics.

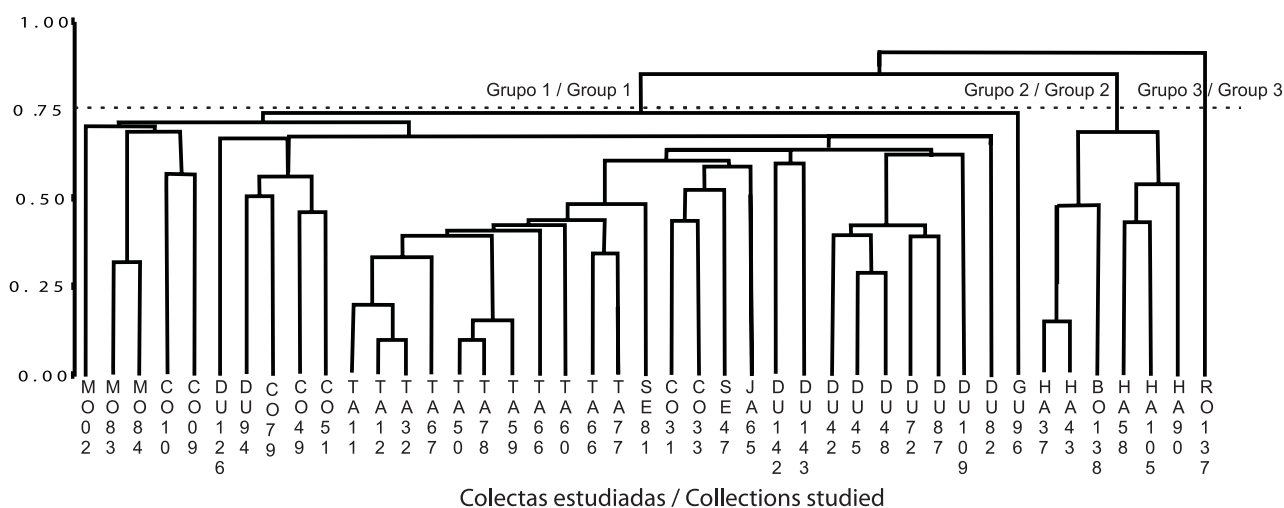


FIGURA 3. Dendrograma de agrupamiento de las 43 colectas de chiles cultivados del estado de Tabasco, con base en 20 variables. MO = morrón, CO = costeño, TA = tabaquero, SE = serrano, JA = jalapeño, HA = habanero, DU = dulce, GU = güero, BO = bola, RO = rosita.

FIGURE 3. Dendrogram showing the clustering of 43 collections of peppers grown in the state of Tabasco, based on 20 variables. MO = morrón, CO = costeño, TA = tabaquero, SE = serrano, JA = jalapeño, HA = habanero, DU = dulce, GU = güero, BO = bola, RO = rosita.

sólo costeño, tabaquero, habanero y morrón se siembran de forma comercial; en tanto que dulce, serrano, jalapeño, güero, bola y rosita se cultivan en traspatio, en terrenos o huertos cercanos a las casas para autoconsumo. El mayor porcentaje de colectas y de morfotipos en traspatio, indica que la mayor diversidad de chiles se cultiva para autoconsumo, lo cual coincide con Hodgkin (2002) quien señala que la mayor diversidad de chiles se conserva en los hogares de las comunidades donde se siembra para autoconsumo. Las colectas BO138, RO138 y TA77 tienen características únicas. Al respecto, Medina *et al.* (2006) señalan que los genotipos con estados únicos, tienen atributos con valor potencial, como el caso de la colecta TA77 con frutos de color naranja; que puede usarse para formar materiales mejorados de chile tabaquero, que podrían tener sobreprecio, como ocurre con los chiles costeños de frutos de color naranja, que tienen sobreprecio con respecto a los frutos de color rojo (Pérez-Castañeda *et al.*, 2008).

El ACP con las 20 variables de mayor diversidad, encontró que los tres primeros CP explican 63.14 % de la variabilidad total (Cuadro 2), mostrando valores propios significativos de acuerdo con el criterio de Keiser (1960). Al respecto, estudios realizados por Moreno-Pérez *et al.* (2011) y Nsabiyeira *et al.* (2013) sobre diversidad de chiles, encontraron que con los tres primeros CP se explica el 57.70 y 63.81 % de la variación morfológica total, valores que son similares a los encontrados en el presente trabajo. El CP1 explicó 36.40 % de la variación total, el cual estuvo determinado por cinco variables de fruto y tres de planta, lo que es consistente con estudios sobre diversidad morfológica de chiles en los que el primer componente estuvo explicado en mayor proporción por variables de fruto (Castañón-Nájera *et al.*, 2008; Lahbid *et al.*, 2012). El CP2 explicó 17.42 % y fue determinado por cuatro variables de planta y una de flor. De la misma forma el CP3 contribuyó con 9.32 % de la variación total y se relaciona de forma positiva con dos variables de fruto y cuatro de planta. En general las siete variables de fruto influyeron en alguno de los tres CP; al respecto, Latournerie *et al.* (2002), Castañón-Nájera *et al.* (2008), Moreno-Pérez *et al.* (2011) y Hernández-Verdugo *et al.* (2012) reportan que las variables de fruto son de mayor valor descriptivo en el ACP de la diversidad morfológica de chiles.

La distribución de los morfotipos mediante los dos primeros componentes principales (Figura 2), dio lugar a la formación de tres grupos. El primer grupo se integró por colectas de siete morfotipos, el segundo grupo por colectas de dos morfotipos y el tercer grupo por un morfotipo. La agrupación de los morfotipos coincide con Ortiz *et al.* (2010) quienes encontraron agrupación en el dendrograma de chiles de la especie *C. annuum* y *C. chinense*. Este agrupamiento de las colectas se debe en mayor proporción a las variables de fruto, las cuales influyeron en mayor cantidad en la explicación de la variabilidad. Al respecto, Castañón-Nájera *et al.* (2008) reportan que las variables de fruto con-

In this regard, Medina *et al.* (2006) indicate that genotypes with unique states have attributes with potential value, as in the case of the TA77 collection with orange fruits, which can be used to form improved 'tabaquero' pepper materials, which could have a higher price, like the orange fruits of 'costeño' peppers that have a higher price than the red fruits (Pérez-Castañeda *et al.*, 2008).

The PCA with the 20 variables with greater diversity found that the first three PCs explained 63.14 % of total variability (Table 2), showing significant eigenvalues according to the criterion of Keiser (1960). In this regard, studies by Moreno-Pérez *et al.* (2011) and Nsabiyeira *et al.* (2013) on pepper diversity found that the first three PCs explain 57.70 and 63.81 %, respectively, of total morphological variation, values that are similar to those found in the present work. PC1 explained 36.40 % of total variation, which was determined by five fruit variables and three plant ones, which is consistent with studies on the morphological diversity of peppers in which the first component was explained to a greater extent by fruit variables (Castañón-Nájera *et al.*, 2008; Lahbid *et al.*, 2012). PC2 explained 17.42 % and was determined by four plant variables and a single flower one. Likewise, PC3 contributed 9.32 % of total variation and is positively related to two fruit variables and four plant ones. Overall the seven fruit variables had some degree of influence on the three PCs; in this regard, Latournerie *et al.* (2002), Castañón-Nájera *et al.* (2008), Moreno-Pérez *et al.* (2011) and Hernández-Verdugo *et al.* (2012) report that fruit variables are of greater descriptive value in PCA of the morphological diversity of peppers.

The distribution of morphotypes using the first two principal components (Figure 2) resulted in the formation of three groups. The first group was made up of seven morphotype collections, the second group by two and the third by one. The clustering of morphotypes in the present study coincides with that of Ortiz *et al.* (2010) who found clustering in the dendrogram for the pepper species *C. annuum* and *C. chinense*. This grouping of collections is largely due to the fruit variables, which contributed the most to explaining variability. In this regard, Castañón-Nájera *et al.* (2008) reported that fruit variables contribute the most to explaining the diversity of the genus *Capsicum*. The first group contained the collections having the largest and heaviest fruits, with elongated, triangular, bell and square shapes, with a pointy, obtuse and sunken apex. Due to the fruit and flower characteristics, as well as the diversity of morphotypes that make up the group, it follows that the collections of the group belong to the species *C. annuum*, which has a great diversity of fruit shapes, but within its distinctive features is the presence of one white color flower per node (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999; Bosland and Votava, 2012). In this regard, Long (2011) indicates that all the different types of peppers grown in Mexico today belong to *C. annuum*, with the exception of 'habanero' and 'manzano' peppers.

tribuyen en mayor proporción a explicar la diversidad del género *Capsicum*. En el primer grupo se ubicaron las colectas de mayor tamaño y peso de fruto, de forma elongada, triangular, acampanada y en bloque, con ápice puntudo, romo, hundido y puntudo. Por las características del fruto y de la flor, así como por la diversidad de morfotipos que forman el grupo, se infiere que las colectas del grupo pertenecen a la especie *C. annuum*. La cual presenta gran diversidad de formas de frutos, pero dentro de sus características distintivas se encuentra la presencia de una flor de color blanca por nudo (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999; Bosland y Votava, 2012). Al respecto, Long (2011) indica que a la especie *C. annuum* pertenecen todos los tipos de chiles cultivados actualmente en México, con la excepción de los chiles habanero y manzano.

El grupo II se formó por seis colectas, cinco del morfotipo habanero y la única colecta de bola. Estas colectas se caracterizan por tener más de dos flores por nudo con corola blanca y frutos de forma acampanulada, las cuales son características que presenta la especie *C. chinense* Jacq (Bosland y Votava, 2012). Mientras que Mongkolporn y Taylor (2011) reportan que esta especie presenta frutos de color rojo, amarillo, naranja y blanco, de los cuales en el presente estudio se encontraron los primeros tres colores de fruto. De forma similar Pérez-Castañeda *et al.* (2008) reportan que *C. chinense* se encuentra en siembras comerciales y en traspatio en el estado de Tabasco. El grupo III se formó por la colecta (RO137) del morfotipo rosita, la cual no se ubicó dentro de ninguno de los dos grupos anteriores, pero que presentó dentro de sus variables morfológicas más de dos flores por nudo, y los campesinos suelen llamarle habanero dulce, por lo que se infiere que pertenece a la especie *C. chinense* (Mongkolporn y Taylor, 2011).

El análisis de conglomerados agrupó las 43 colectas (Figura 3) en tres grupos, al tomar como referencia una distancia euclidiana de 0.75 unidades. El grupo I estuvo integrado por siete morfotipos, que por sus características de flor y fruto pertenecen a *C. annuum* (Mongkolporn y Taylor, 2011). Mientras que los grupos II y III se formaron por colectas de los morfotipos bola, habanero y rosita, que se ubicaron dentro de la especie *C. chinense*.

La especie *C. annuum* está presente en todos los municipios incluidos en el estudio, en tanto que *C. chinense* sólo se encontró en cuatro municipios, la mayor proporción de colectas (83.72 %) y morfotipos (70 %) se ubicaron dentro de la especie *C. annuum*. Lo cual coincide con Long (2011) quien señala que la mayoría de chiles cultivados en México pertenecen a *C. annuum*.

CONCLUSIONES

Se encontró variabilidad en los chiles cultivados y de traspatio del estado de Tabasco, que se agrupa en 10 morfotipos, de los cuales 40 % se siembra de forma comercial y 60 % en

Group II was formed by six collections, five of the 'habanero' morphotype and the only 'bola' collection. These collections are characterized by having more than two flowers per node with a white corolla and bell-shaped fruits, which are characteristics presented by the species *C. chinense* Jacq (Bosland and Votava, 2012), while Mongkolporn and Taylor (2011) report that this species has red, yellow, orange and white fruits, whereas the present study only found the first three of these colors. Similarly, Pérez-Castañeda *et al.* (2008) reported that *C. chinense* is found in commercial and home garden plantings in the state of Tabasco. Group III was formed by the 'rosita' morphotype collection (RO137), which was not placed within any of the two previous groups, but it presented within its morphological variables more than two flowers per node, and farmers usually call it 'habanero dulce,' from which it can be inferred that it belongs to the species *C. chinense* (Mongkolporn and Taylor, 2011).

Cluster analysis grouped the 43 collections (Figure 3) into three groups, taking as a reference a Euclidean distance of 0.75 units. Group I consisted of seven morphotypes, which due to their flower and fruit characteristics belong to *C. annuum* (Mongkolporn and Taylor, 2011), while groups II and III were formed by collections of the 'bola,' 'habanero' and 'rosita' morphotypes, which were placed within the species *C. chinense*.

The species *C. annuum* is present in all the municipalities included in the study, while *C. chinense* was found only in four municipalities; the largest proportion of collections (83.72 %) and morphotypes (70 %) was located within the species *C. annuum*, which coincides with the findings of Long (2011) who reported that most peppers grown in Mexico belong to *C. annuum*.

CONCLUSIONS

Variability was found in the commercial and home garden peppers grown in the state of Tabasco. They are grouped into 10 morphotypes, of which 40 % are planted commercially and 60 % in home gardens. The highest percentage of collections (83.27 %) and morphotypes (70 %) is located within the species *C. annuum*. The morphological variability found indicates that the commercial and home garden peppers grown in the state of Tabasco constitute a valuable genetic resource. As such, they deserve to be studied to determine their characteristics and potential uses.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank PFI - UJAT for supporting project UJAT-2013-IB-23 and PNPC for granting a scholarship to the first author to study his Master's degree.

traspatio. El mayor porcentaje de colectas (83.27 %) y morfotipos (70 %) se ubican dentro de la especie *C. annuum*. La variabilidad morfológica encontrada, indica que los chiles cultivados y de traspatio del estado de Tabasco constituyen un recurso genético valioso que amerita ser estudiado, para conocer sus características y sus usos potenciales.

AGRADECIMIENTOS

Al PFI – UJAT por el apoyo al proyecto con clave UJAT-2013-IB-23 y al PNP por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de Maestría.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Genéticos, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwan y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica 51 p. [ftp://www.bgbd.net/ipgri/MAARTEN_VAN_ZONNEVELD/Manual%20y%20datos%20curso%20SIG/Literatura%20adicional/Publicaciones%20Bioversity/Listas%20de%20descriptores/Descriptores%20capsicum.pdf](http://www.bgbd.net/ipgri/MAARTEN_VAN_ZONNEVELD/Manual%20y%20datos%20curso%20SIG/Literatura%20adicional/Publicaciones%20Bioversity/Listas%20de%20descriptores/Descriptores%20capsicum.pdf)
- ANÓNIMO. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugstatmodel/61751/PDF/default/statugstatmodel.pdf>
- ANÓNIMO. 2013. Guía técnica para la descripción varietal. Chile (*Capsicum annuum* L.). SAGARPA-SNICS. Tlalnepantla, Edo. de México. 17 p. snics.sagarpa.gob.mx/dov/Documents/CHILE.pdf
- BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. 2nd (Ed.). Cabi publishing. London UK. 230 p. http://books.google.com.mx/books?id=5AWTPZeFL8QC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- CASTAÑÓN-NÁJERA, G.; LATOURNERIE-MORENO, L.; LESHER-GORDILLO, J.; DE LA CRUZ-LÁZARO, E.; MENDOZA-ELOS, M. 2010. Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia 26:225-234. <http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/26-3-2010/2-709.pdf>
- CASTAÑÓN-NÁJERA, G.; LATOURNERIE-MORENO, L.; MENDOZA-ELOS, M.; VARGAS-LÓPEZ, A.; CÁRDENAS-MORALES, H. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. Phytón-Revista Internacional de Botánica Experimental 77:189-202. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol77/CAS-TANION.pdf>
- HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; PORRAS, F.; PACHECO-OLVERA, A.; LÓPEZ-ESPAÑA, R. G.; VILLAREAL-ROMERO, M.; PARRA-TERRAZA, S.; ASUNA, E. T. 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de Chile (*Capsicum annuum* Var. *Glabriusculum*) silvestre del Noroeste de México. Polibotánica 33:175-191. [http://sistema-](http://sistema-nodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/_11_articulosrevistasindexadas/270.pdf)
- HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; GUEVARA-GONZÁLEZ, R. G.; RIVERA-BUSTAMANTE, R. F.; VÁZQUEZ -YANES, C.; OYAMA, K. 1998. Los parientes silvestres del Chile (*Capsicum* spp.) como recursos genéticos. Boletín de la Sociedad Botánica de México 62:171-181. [http://www.researchgate.net/publication/224806819_Los_parientes_silvestres_del_chile_\(Capsicum_spp.\)_como_recursos_genticos](http://www.researchgate.net/publication/224806819_Los_parientes_silvestres_del_chile_(Capsicum_spp.)_como_recursos_genticos)
- HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; DÁVILA, A. P.; OYAMA, K. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64: 65-84.
- HODGKIN, T. 2002. Home gardens and the maintenance of genetic diversity. In: Watson, J. W.; Eyzaguirre, P. B. (Editors) Proceedings of the Second International Home Gardens Workshop: Contribution of home gardens to *in situ* conservation of plant genetic resources in farming systems, 17–19 July 2001, Witzenhausen, Federal Republic of Germany. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. pp. 14-18.
- KEISER, H. F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and Psychological Measurement 20:141-151. doi: 10.1177/001316446002000116
- LAHBID, K.; BNEJDI, F.; EL-GAZZAH, M. 2012. Genetic diversity evaluation of pepper (*Capsicum annuum* L.) in Tunisia based on morphologic characters. African Journal of Agricultural Research 7: 3413-3417. doi: 10.5897/ajar11.2171
- LATOURNERIE, M. L.; CHAVÉZ, S. J. L.; PÉREZ, P. M.; CASTAÑÓN, N. G.; RODRÍGUEZ, H. S. A.; ARIAS, R. L. M.; RAMÍREZ V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana 25:25-33. <http://www.redalyc.org/comocitar.oe?id=61025104>
- LONG, T. J. 2011. El *Capsicum* a través de la historia mexicana. In: Richterich, C. (Coord. Edi.). El Chile. Protagonista de la independencia y la revolución. Fundación Herdez. México, D.F. pp. 7-19. http://fundacionherdez.com.mx/pageFlip/pdf/ElChile_01.pdf
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, D.; PÉREZ-GRAJALES, M.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. E.; MORENO-PÉREZ, E. C. 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 16: 169-176. doi: 10.5154/r.rchsh.2010.16.021
- MEDINA, C. I.; LOBO, M.; FARLEY, G. A. 2006. Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. Revista Corpoica 7: 25-39. http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/4_variabilityCapsicum_RevCorpoica_v7N2_2006.pdf
- MONGKOLPORN, O.; TAYLOR, P. W. J. 2011. Capsicum. In: Kole, Ch. (Ed.) Wild Crop relatives: Genomic and breeding resources. Springer-Verlag. Berlin, German. pp. 43-57. doi: 10.1007/978-3-642-20450-0_4
- MORENO-PÉREZ, E. C.; AVENDAÑO-ARRAZATE, C. H.; MORA-AGUILAR, R.; CADENA-IÑIGUEZ, J.;

- AGUILAR-RINCÓN, V. H.; AGUIRRE-MEDINA, J. F. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17: 23-30. doi:10.5154/rchsh.2011.17.004
- NSABIYERA, V.; LOGOSE, M.; OCHWO-SSEMAKULA, M.; SSRUWAGI, P.; GIBSON, P.; OJIEWO, C. 2013. Morphological characterization of local and exotic hot pepper (*Capsicum annuum* L.) collections in Uganda. Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability 7:22-32. [http://www.researchgate.net/publication/253342091_Morphological_Characterization_of_Local_and_Exotic_Hot_Pepper_\(Capsicum_annuum_L.\)_Collections_in_Uganda](http://www.researchgate.net/publication/253342091_Morphological_Characterization_of_Local_and_Exotic_Hot_Pepper_(Capsicum_annuum_L.)_Collections_in_Uganda)
- ORTIZ, R.; DELGADO-DE LA FLOR, F.; ALVARADO, G.; CROSSA, J. 2010. Classifying vegetable genetic resource – A case study with domesticated *Capsicum* spp. Scientia Horticulturae 126:186-191. doi. 10.1016/j.scienta.2010.07.007
- PÉREZ-CASTAÑEDA, M.; CASTAÑÓN-NÁJERA, G.; MAYEK-PÉREZ, N. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. Cuadernos de Biodiversidad 27:11-22. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/7713>
- RODRÍGUEZ, J.; PEÑA, O. B. V.; GIL, M. A.; MARTÍNEZ, C. B.; MANZO, F.; SALAZAR, L. L. 2007. Rescate *in situ* de chile “Poblano” en Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30: 25-32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030103>
- RUÍZ-ÁLVAREZ, O.; ORTEGA-RAMÍREZ, R.; VÁZQUEZ-PEÑA, M. A.; ONTIVEROS, C. R. E.; LÓPEZ-LÓPEZ, R. 2012. Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia 28:1-14. <https://es.scribd.com/doc/122237574/BALANCE-HIDRICO-Y-CLASIFICACION-CLIMATICA-DEL-ESTADO-DE-TABASCO-MEXICO-pdf>