

## Identification of morphological variation patterns of squash species from the coast and sierra of Nayarit, Mexico

## Identificación de patrones de variación morfológica de especies de calabaza de la costa y sierra de Nayarit, México

Ruelas-Hernández PG\*, Mejía-Martínez K, García-López M.

Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura,  
km 9 Carretera Tepic-Compostela, C. P. 63780, Xalisco Nayarit, México.

### ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the morphological variability of 14 accessions of two squash species from the coast and sierra of Nayarit, Mexico. Seven accessions of each species of *Cucurbita moschata* and *C. argyrosperma* were characterized with 19 morphological descriptors of fruit, peduncle and seed. Statistical analysis consisted of principal component analysis, classification and correlation. The first three components explained 82 % of the total variability. The dendrogram formed five groups with similar morphological characteristics at a distance of 0.09. The characters that best explained the variability were: weight, width, length and shape of the fruit, number of seeds per fruit, pulp thickness and length of the peduncle. The correlation analysis showed positive association among width and fruit weight, number of seeds per fruit and pulp thickness, fruit weight was related to the number of seeds per fruit and pulp thickness.

### KEY WORDS

*Cucurbita* spp., characterization, principal components, cluster analysis, correlation analysis.

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: march 4<sup>th</sup> 2014.

Accepted/Aceptado: june 18<sup>th</sup> 2014.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue caracterizar la variabilidad morfológica de 14 accesiones de dos especies de calabaza provenientes de la costa y sierra de Nayarit, México. Siete accesiones de cada especie de *Cucurbita moschata* y *C. argyrosperma* fueron caracterizadas con 19 descriptores morfológicos de fruto, pedúnculo y semilla. El análisis estadístico consistió en análisis de componentes principales, de clasificación y correlación. Los tres primeros componentes explicaron el 82 % de la variabilidad total. El dendrograma formó cinco grupos con características morfológicas similares a una distancia de 0.09. Los caracteres que mejor explicaron la variabilidad fueron: peso, ancho, largo y forma del fruto, número de semillas por fruto, grosor de la pulpa y longitud del pedúnculo. El análisis de correlación mostró asociaciones positivas entre ancho y peso de fruto, número de semillas por fruto y grosor de la pulpa; peso de fruto se relacionó con número de semillas por fruto y grosor de la pulpa.

### PALABRAS CLAVE

*Cucurbita* spp., caracterización, componentes principales, análisis de clasificación, análisis de correlación.

#### \*Corresponding Author:

Pablo Germán Ruelas-Hernández, Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, km 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. Phone: +52(311) 211 0127. E-mail: pablogerman82@hotmail.com

## Introduction

Mexico is an important center of origin, domestication and diversification of squash (*Cucurbita* spp) growth (Acevedo, 2009). The genre consists of a total of 20 species or subspecies. In the country, varieties of four from the five domesticated species in Mesoamerica are grown: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duch Ex Lam, *C. argyrosperma* Huber and *C. ficifolia* Bouché (Lira-Saade, 1995). At a national level, in 2011, the surface sown of squash was of 28,446.67 ha, from which 43.3 % was used to courgette (vegetable), 11 % squash (pastry) and 45.8 % for seed consumption. In Nayarit, in the same year 2,056.5 ha were sown used for courgette (11.8%), squash (33.5 %) and for consuming as seed (54.7 %), SIAP (2011).

In Mexico, local varieties of squash have been lost due to the lack of continuance in its use, and by being replaced by new and more productive selections (Molina and Córdoba, 2006), some are kept isolated and others require characterization, selection and improvement in order to identify outstanding characteristics (Villanueva, 2007).

The current approach of the genetic variability of germplasm of a species demands the most possible complete documentation of the accessions; this information includes the geographical origin, morphologic and molecular characterization (Franco and Hidalgo, 2003).

Studies of morphological characterization can be made by using qualitative and quantitative data (Gonzales-Andrés and Pita-Villamil, 2001). Canul *et al.*, (2005), Rodríguez-Amaya *et al.*, (2009), Cerón *et al.*, (2010), Jacobo-Valenzuela *et al.*, (2011) are some of the studies that have been made in Mexico about characterization; these studies have proven the existence of different grades of diversity between and within species.

Canul *et al.*, (2005) and Lira-Saade (1995) refer that in these types of studies, fruits and seeds have received the most attention, while the vegetal characteristics have not been widely studied, although there is some variation. Studies made by Azurdia (1999) showed that germplasm of *C. moschata* shares 12 % of the typical features of *C. argyrosperma*.

In Nayarit, the species of cultivated squash are diverse; in the coast and valleys regions it is grown big scale, commercially mainly; while in the Sierra of Nayarit (El Nayar) it

## Introducción

México es un importante centro de origen, domesticación y diversificación del cultivo de calabaza (*Cucurbita* spp), (Acevedo, 2009). El género consta de un total de 20 especies o subspecies, en el país se cultivan variedades de cuatro de las cinco especies domesticadas en Mesoamerica: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duch Ex Lam, *C. argyrosperma* Huber y *C. ficifolia* Bouché (Lira-Saade, 1995). A nivel nacional en el año 2011 la superficie sembrada de calabaza fue de 28,446.67 ha, de las cuales el 43.3 % se destinó a calabacita (verdura), 11 % calabaza (repostería) y 45.8 % para consumo como semilla; en Nayarit, en el mismo año fueron sembradas 2,056.5 ha destinadas a calabacita (11.8 %), calabaza para repostería (33.5 %) y consumo como semilla (54.7 %), SIAP (2011).

En la República Mexicana, variedades locales de calabaza se han perdido por falta de continuidad de uso, y al ser desplazadas por selecciones nuevas y más productivas (Molina y Córdoba, 2006), algunas se mantienen aisladas y otras requieren caracterización, selección y mejora para identificar características sobresalientes (Villanueva, 2007).

El enfoque actual del estudio de la variabilidad genética de las colecciones de germoplasma de una especie, exige la documentación lo más completa posible de las accesiones, esta información incluye el origen geográfico, la caracterización morfológica y molecular (Franco e Hidalgo, 2003).

Los estudios de caracterización morfológica se pueden realizar utilizando caracteres cualitativos y cuantitativos (González-Andrés y Pita-Villamil, 2001), son diversos los estudios sobre caracterización que se han realizado en México, Canul *et al.*, (2005), Rodríguez-Amaya *et al.*, (2009), Cerón *et al.*, (2010), Jacobo-Valenzuela *et al.*, (2011), entre algunos otros; estos estudios han demostrado la existencia de diferentes grados de diversidad entre y dentro de especies.

Canul *et al.*, (2005) y Lira-Saade (1995) hacen referencia a que en estos tipos de estudio, los frutos y semillas han recibido la mayor atención, mientras que las características vegetativas han sido poco estudiadas, aunque también existe variación. Estudios realizados por Azurdia (1999) mostraron que el germoplasma de *C. moschata* comparte el 12 % de los caracteres típicos de *C. argyrosperma*.

En Nayarit, son diversas las especies de calabaza cultivada, en la región de la costa y valles se cultiva a gran escala, principalmente de manera comercial; en tanto que, en la zona serrana

is grown for personal consumption, where it is appreciated by its inhabitants (mostly indigenous), which is grown along with corn and bean that are used in daily diet as a source of carbohydrates, proteins, minerals, vitamins and oil.

The objective of this work was to perform the morphological characterization of accessions of two species of squash grown in two regions of Nayarit, Mexico in order to identify morphological variation patterns between and within them.

## Materials and Methods

### Germplasm and morphological characterization

Fourteen accessions of *C. moschata* and *C. argyrosperma* (seven each) species were collected in the year 2009 in the coast and Sierra regions of Nayarit (Table 1), each of the accessions consisted of fruit (5 to 10) and seed (1 kg) of producer houses, stands and local markets. In the 2011 season the assay was established in land of the Agriculture School in Xalisco, Nayarit in a block design made completely random with two repetitions, 10 individuals from each accession were taken and 19 characters were measured which contemplated peduncle, fruit and seeds characteristics. Descriptors used were 11 nominal qualitative and eight quantitative (Table 2), in accordance with the descriptors of *Curcubita* proposed by Esquinas-Alcazar and Gulick (1983) and others proposed by Villanueva (2007).

All measurements were taken at the momento of fruit cut (physiological maturity) excepting pulp thickness (PT), seed number per fruit (SNF), pulp color (PC) which were made 20 days later.

### Statistical Analysis

For the treatment of the obtained data of the qualitative varieties the mode value was taken, and for the quantitative ones the average value. An analysis of main components was performed, by means of which the variables with higher descriptive value of the phenotypic variation were determined. With the standardized values a group analysis using the Ward method was made; in addition, a correlation analysis was made in order to estimate the relations between quantitative origin variables. For all analyses the statistic program SAS was used (Statistical Analysis System, 2002).

de Nayarit (El Nayar) se cultiva para autoconsumo, donde es apreciada por sus habitantes (en su mayoría indígenas) la cual se cultiva junto con maíz y frijol, mismos que son utilizados en la alimentación como fuentes de carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas y aceite.

El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización morfológica de accesiones de dos especies de calabaza cultivadas en dos regiones de Nayarit, México para identificar patrones de variación morfológica entre y dentro de ellas.

## Materiales y Métodos

### Germoplasma y caracterización morfológica

Catorce accesiones de las especies *C. moschata* y *C. argyrosperma* (siete de cada una) fueron recolectadas en el año 2009 en la zona costa y sierra del estado de Nayarit (Tabla 1), cada una de las accesiones consistió en frutos (5 a 10) y semilla (1 kg) obtenidas en casas de productores, puestos y mercados locales. En el temporal del 2011 se estableció el ensayo en terrenos de la Unidad Académica de Agricultura en Xalisco, Nayarit en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, se tomaron 10 individuos de cada accesión y se midieron 19 caracteres que contemplaron características de pedúnculo, fruto y semilla. Los descriptores utilizados fueron 11 cualitativos nominales y ocho cuantitativos (Tabla 2), de acuerdo con los descriptores de *Cucurbita* propuesto por Esquinas-Alcazar y Gulick (1983) y otros propuestos por Villanueva (2007).

Todas las medidas fueron tomadas al momento del corte del fruto (madurez fisiológica) con excepción de grosor de la pulpa (PT), número de semillas por fruto (SNF) y color de la pulpa (PC), las que se realizaron 20 días después.

### Análisis estadístico

Para el tratamiento de los datos obtenidos de las variables cualitativas se tomó el valor de la moda y para los cuantitativos el valor promedio. Se efectuó un análisis de componentes principales para determinar las variables de mayor valor descriptivo de la variación fenotípica. Con las variables estandarizadas se realizó un análisis de agrupamiento por el método Ward; se realizó además, un análisis de correlación con el fin de estimar las relaciones entre variables de origen cuantitativo, para todos los análisis se utilizó el programa estadístico SAS (*Statistical Analysis System*, 2002).

**Table 1.**  
**Localization and listing of accessions of two species of grown squash (*C. moschata* y *C. argyrosperma*) collected in the coast and Sierra zones in the State of Nayarit, Mexico. 2009.**

**Tabla 1.**  
**Localización y listado de accesiones de dos especies de calabaza cultivada (*C. moschata* y *C. argyrosperma*) recolectadas en la zona costera y sierra del estado de Nayarit, México. 2009.**

Accession*	Municipality	Locality	Length W	Latitude N	Altitude** masl
mos06	Jala	Jala	104° 26' 13.1"	21° 4' 53.0"	1045
mos01	Santiago Ixc.	Villa Hidalgo	105° 13' 51.9"	21° 44' 36.9"	30
mos32	Tecuala	Tecuala	105° 28' 26.4"	22° 23' 49.9"	11
arg10	El Nayar	San Gregorio	104° 42' 9.71"	22° 11' 2.76"	1260
arg11	El Nayar	Mesa del Nayar	104° 38' 49.2"	22° 12' 48.9"	1403
arg15	Huajicori	Mesa de los Ricos	105° 4' 50.8"	22° 4' 50.8"	1710
arg13	El Nayar	Mesa del Nayar	104° 38' 49.2"	22° 12' 48.9"	1403
arg23	El Nayar	Mesa del Nayar	104° 38' 49.2"	22° 12' 48.9"	1403
arg37	El Nayar	Cumbre del Duraznito	104° 44' 18.9"	22° 8' 44.8"	1740
arg08	El Nayar	Santa Rosa	104° 27' 58.6"	22° 16' 26.7"	660
mos22	Rosamorada	Rosamorada	105° 12' 57.5"	22° 5' 40.9"	25
mos09	El Nayar	Ciénaga del Mango	104° 48' 5.7"	22° 0' 38.8"	700
mos21	Rosamorada	Rosamorada	105° 12' 57.5"	22° 5' 40.9"	25
mos02	Santiago	Villa Hidalgo	105° 13' 51.9"	21° 44' 36.9"	30

\*mos = *C. moschata*, arg = *C. argyrosperma*. \*\* (masl) = meters above sea level.

\*mos = *C. moschata*, arg = *C. argyrosperma*. \*\* (msnm) = metros sobre el nivel del mar.

## Results and Discussion

The first three main components (CP) explained that the 82 % of the total variability of the evaluated characteristics (Table 3). The CP1 was the most important with a higher percentage of participation (54 %). In the same Table 3, variables that influence the most in the variability of the first three main components are registered, being those that expressed the higher values of correlation; hence, CP1 was associated with characteristics of the fruit (FWI, FWE, PT and SNF) and the peduncle with TFP and PL. The CP2 was also related with the characteristics of the fruit (ETF, FL, FF, BFF and SCDF). In CP3, the characteristics were related with the fruit color in SCF and PC. This way, the morphological characteristics of the fruit and peduncle were determining in the most part of the diversity shown by

## Resultados y Discusión

Los tres primeros componentes principales (CP) explicaron el 82 % de la variabilidad total de las características evaluadas (Tabla 3). El CP1 fue el más importante con un mayor porcentaje de participación (54 %). En la misma Tabla 3 se registran las variables que más influyeron en la variabilidad de los tres primeros componentes principales, siendo aquellos que expresaron los mayores valores de correlación; por lo que, el CP1 se asoció con características del fruto (FWI, FWE, PT y SNF) y del pedúnculo con TFP y PL. El CP2 también se relacionó con características del fruto (ETF, FL, FF, BFF y SCDF). En el CP3 las características estuvieron relacionadas con el color del fruto en SCF y PC. De esta forma las características morfológicas de fruto y pedúnculo, fueron determinantes en la mayor parte de la diversidad mostrada por las diferentes accesiones de calabaza. Al respecto, Lira-Saade (1995) señala

**Table 2.**  
**Agro-morphological descriptors and measure and qualification criteria used in the characterization of 14 accessions of two squash species (*C. moschata* y *C. argyrosperma*) in Nayarit, Mexico. 2011.**

**Tabla 2.**  
**Descriptores agro-morfológicos y criterios de medición y calificación utilizados en la caracterización de 14 accesiones de dos especies de calabaza (*C. moschata* y *C. argyrosperma*) en Nayarit, México. 2011.**

<b>Variables</b>	<b>Measure criteria and asignment of values</b>
Length of Internode (LI)	Media value of the measure of three interones between the first and the fourth flower of the principal stalk (cm)
Transversal Form of the peduncle (TFP)	(3) Round, (5) Slightly angular, (7) Markedly angular
Peduncle Length (PL)	Measure taken between the attachment of the stalk and the insertion of the fruit (cm)
Characteristic of the peduncle (CAP)	(1) Hard not flared, (2) Hard and flared, (3) Not flared, enlarged by hard rind, (4) Not flared, enlarged by soft rind
Fruit Form (FF)	(1) Globular round, (2) Flattened, (3) Discoidal, (4) Oblong rectangular, (4.1) Oblong cillindric, (5) Eliptic, (6) Heart-shaped, (7) Pyriform, (8) Barbell shape, (9) Elongated, (10) Turbined in the upper part, (11) Turbined in the inferior part, (12) Crowned, (13) Curved, (14) Curved neck
Fruit Ribs (FB)	(0) Absent, (3) Superficial, (5) Intermediate, (7) Deep
Apical Form of the Fruit (AFF)	(1) Sunken, (3) Flatten, (5) Rounded, (7) Pointed
Basal Form of the Fruit (BFF)	(1) Sunken, (3) Flatten, (5) Rounded, (7) Pointed
External Color of the Fruit (ECF)	The one that covers most part of the Surface. (0) no secondary color, (2) Green, (3) Blue, (4) Creamy, (5) Yelloe, (6) Orange, (7) Red, (8) Pink, (9) Brown, (10) Gray, (11) Black, (12) White
Secondary Color of the Fruit (SCF)	The one that covers the second biggest área of the fruit (0) no secondary color, (1) White, (2) Green, (3) Blue, (4) Creamy, (5) Yellow, (6) Orange, (7) Red, (8) Pink
Secondary color design of the fruit (SCDF)	(0) no secondary color, (1) Dotted (dotts < 0.5 cm), (2) Spotted (spots > 0.5 cm), (3) Stripped, (4) Veined, (5) Bisectorial
External Texture of the Fruit (ETF)	(1) Soft, (2) Granular, (3) Finely wrinkled, (4) Superficially corrugated, (5) Reticulated, (6) With warts, (7) With spines
Fruit Length (FL)	Measure taken from the apical to the basal part (cm)
Fruit Width (FWI)	Measure taken from the widest part of the fruit (cm)
Fruit Weight (FWE)	Weight value expressed in kg
Pulp Thickness (PT)	Measure taken in the maximum diameter of the fruit (cm)
Pulp Color (PC)	(1) White, (2) Green, (3) Yellow, (4) Orange, (5) Salmon
Seed number per fruit (SNF)	Total number of sedes per fruit
Weight of 100 seeds (W100S)	Average of two random samples (g)

**Table 3.**  
**Vectors and values of the analysis of main components (CP) of the variables of higher descriptive value of the total variance in 14 accessions of cultivated squash in coast and sierra zones of Nayarit, Mexico.**

**Tabla 3.**  
**Vectores y valores propios del análisis de componentes principales (CP) de las variables de mayor valor descriptivo de la varianza total en 14 accesiones de calabaza cultivada en la zona costa y sierra del estado de Nayarit, México.**

Agro-morphological Variables	MC1	MC2	MC3
Length of Internode (LI)	0.261193	0.054207	0.185208
Transversal Form of the peduncle (TFP)	<b>0.269800</b>	0.150688	0.074690
Peduncle Length (PL)	<b>0.297309*</b>	0.089392	0.078803
Characteristic of the peduncle (CAP)	-0.269521	-0.149169	-0.035102
Fruit Form (FF)	-0.178923	<b>0.409366</b>	-0.050743
Fruit Ribs (FB)	0.253162	0.101301	-0.187680
Apical Form of the Fruit (AFF)	-0.251453	0.220908	0.155119
Basal Form of the Fruit (BFF)	-0.058089	<b>0.299926</b>	-0.065484
External Color of the Fruit (ECF)	0.255217	0.094883	0.142420
Secondary Color of the Fruit (SCF)	0.102357	0.155115	<b>0.471099</b>
Secondary color design of the fruit (SCDF)	-0.127893	<b>0.279239</b>	0.455940
External Texture of the Fruit (ETF)	0.014392	<b>0.492164</b>	-0.193767
Fruit Length (FL)	0.161948	<b>0.452032</b>	-0.064018
Fruit Width (FWI)	<b>0.292984</b>	-0.134953	0.121249
Fruit Weight (FWE)	<b>0.295258</b>	-0.054117	0.131308
Pulp Thickness (PT)	<b>0.295846</b>	-0.129377	0.010266
Pulp Color (PC)	-0.177582	-0.058443	<b>0.546195</b>
Seed number per fruit (SNF)	<b>0.294031</b>	-0.099054	0.086632
Weight of 100 seeds (W100S)	-0.195729	-0.137158	0.238543
Own values	10.1995	3.4045	1.7437

\*numbers marked in bold represent the highest values of vectors in the variables of higher descriptive value for each component.

\*los números señalados con negritas representan a los valores más altos de vectores de las variables de mayor valor descriptivo para cada componente.

the different accessions of squash. In this respect, Lira-Saade (1995) state that variability of cultivated squash is found in the morphology and size of fruits and seeds, color, type and flavor of the pith.

In regard of the graphic representation of the distribution of the accessions of squash studied, CP1 (Figure 1), indicates that distribution of settlements over this axis is related with the highest values of correlation that refer to the evaluated characteristics, therefore accessions 01, 21, 22 and 06 of *C. moschata* in the positive extreme of the axis registered the heavier, wider fruits, with higher pulp thickness, seed amount and peduncle

que la variabilidad de la calabaza cultivada se encuentra en la morfología y tamaño de frutos y semillas, coloración, tipo y sabor del mesocarpio.

Con respecto a la representación gráfica de la distribución de las accesiones estudiadas de calabaza el CP1 (Figura 1), indica que la distribución de las poblaciones sobre este eje, está relacionada con los valores mayores de correlación referentes a las características evaluadas, por lo que las accesiones 02, 21, 22 y 06 de *C. moschata* en el extremo positivo del eje, registró los frutos más pesados, más anchos, con mayor grosor de la pulpa, cantidad de semillas y longitud del pedúnculo; mientras que las ubicadas en el extremo ne-

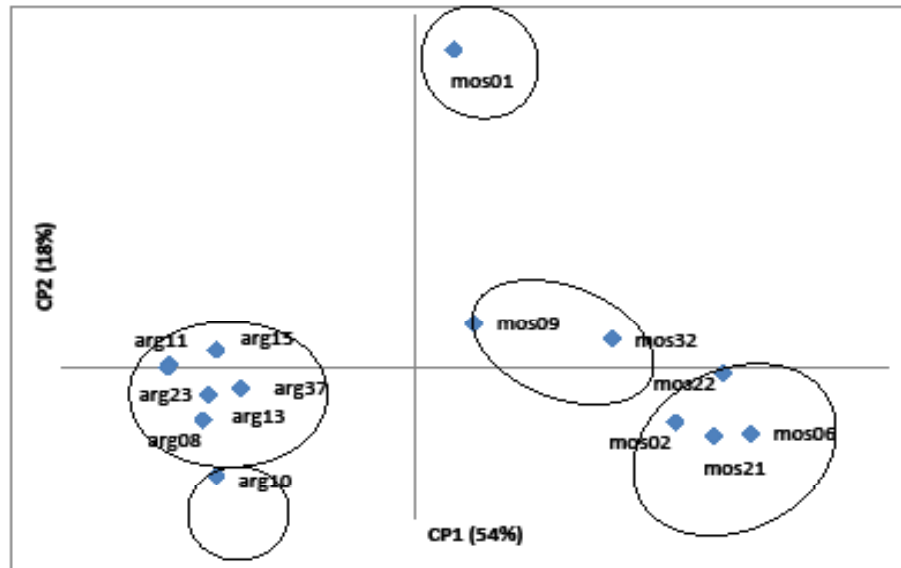


Figure 1. Dispersion of 14 accessions of squash based in the first two main components (CP). Xalisco, Nayarit, Mexico. 2011.

Figura 1. Disposición de 14 accesiones de calabaza con base en las dos primeras componentes principales (CP). Xalisco, Nayarit, México. 2011.

length; while the ones located in the negative extreme of the axis (*C. argyrosperma*) showed the lowest levels for the same variables.

Considering the axis of CP2, order of accessions locates those with highest value in the positive part of the axis, which present the characteristics of the fruit with higher length, texture and curved neck form (*mos01*). In the lower part of the negative axis, accessions in the scale of lower value that correspond to flatten globular fruits for *C. moschata* were located, and predominate for *C. argyrosperma* fruits of pyriform shape, with color variation and fruit length similar in both species; in the same axis, accessions of both species in the negative and positive part are located at a same distance since they share a common characteristics such as ETF (1), FF (7) and BFF (5). The lack of accessions in the central part of the axes infer that the distinctive characteristics of the species are widely marked by their own characteristics.

The analysis of conglomerates (Figure 2) allowed to morphologically differentiate both species and formed five groups with 14 accessions of squash in a similarity of 0.09.

gativo del eje (*C. argyrosperma*) mostraron los más bajos valores para las mismas variables.

Considerando el eje del CP2, la ordenación de las accesiones ubica aquellas con mayor valor en la parte positiva del eje, misma que presentan las características de frutos con mayor longitud, textura del fruto y forma de cuello encorvado (*mos01*). En la parte del eje negativo, se ubicaron las accesiones en la escala de menor valor que corresponden a frutos globulares aplanados para *C. moschata* y predominan para *C. argyrosperma* frutos de forma piriforme, con variación en el color y con longitudes de fruto similares en ambas especies, en este mismo eje se ubican en la misma distancia accesiones de ambas especies en la parte positiva y negativa, por la razón de que comparten características en común como ETF (1), FF (7) y BFF (5). La ausencia de accesiones en la parte central de los ejes, hace suponer que las características distintivas de las especies están ampliamente señaladas por sus características propias.

El análisis de conglomerados (Figura 2) permitió diferenciar morfológicamente a ambas especies y formó cinco grupos con las 14 accesiones de calabaza a una distancia de similitud de 0.09.

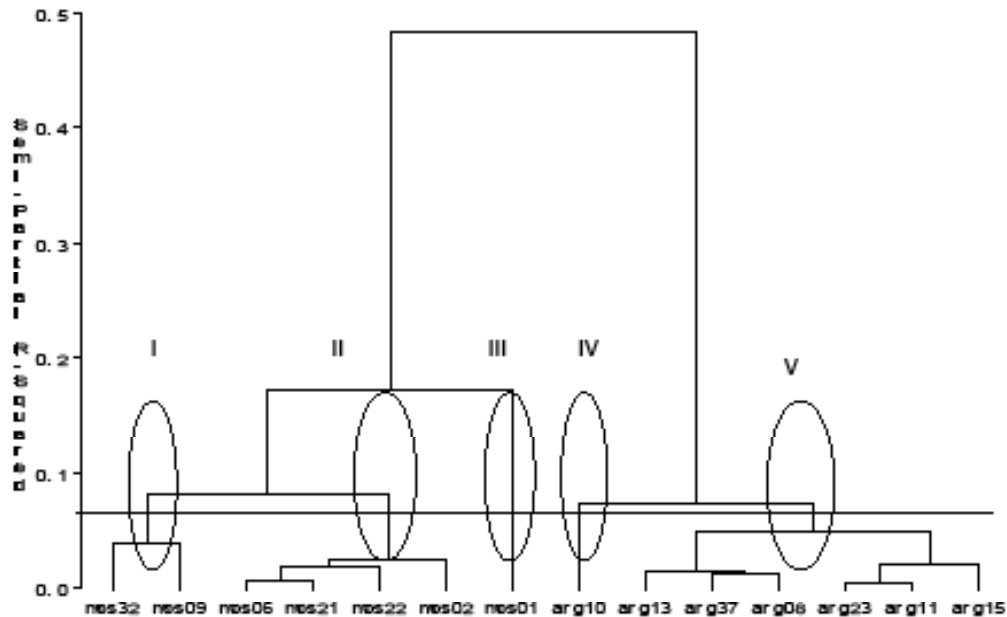


Figure 2. Dendrogram generated by 14 accessions of squash (*Cucurbita* spp.) cultivated in Nayarit. Ward Method. Xalisco, Nayarit, Mexico. 2011

Figura 2. Dendrograma generado por 14 accesiones de calabaza (*Cucurbita* spp.) cultivadas en Nayarit. Método Ward. Xalisco, Nayarit, México. 2011.

Group I was formed with accessions *mos32* and *mos09* whose main characteristic was to present fruits oblong shaped and with an average weight of 5.7 kg. Group II was formed by four accessions of *C. moschata* (06, 21, 22 y 02) since they presented common characteristics regarding weight, width and thickness of pulp of fruit with the highest values (average value of 7.1 kg, 26.1 and 3.82 cm respectively), with fruit shaped flatten globular and were the ones that presented the higher number of seeds per fruit with average of 632 in the group.

Only one accession formed group III (*mos01*), which main characteristic was the curved form of the fruit (neck) and the ones that show the highest values of the same (67.2 cm). Regarding group IV, only one accession is of *C. argyrosperma* (*arg10*) is shown, which main characteristic is presenting one fruit color (dark green); finally, group V represents the rest of the accessions of *C. argyrosperma* (13, 37, 08, 23, 11 y 15) whose main characteristic is

El grupo I se formó con las accesiones *mos32* y *mos09* cuya característica principal fue la de presentar frutos de forma oblonga y con un peso promedio de 5.7 kg. El grupo II se conformó por cuatro accesiones de *C. moschata* (06, 21, 22 y 02) ya que presentaron características comunes en cuanto a peso, ancho y grosor de pulpa de fruto con los más altos valores (valor promedio de 7.1 kg, 26.1 y 3.82 cm respectivamente), con forma de frutos globulares aplanados y fueron los que presentaron el mayor número de semillas por fruto con promedio de 632 en el grupo.

Una sola accesión integró el grupo III (*mos01*), cuya principal característica distintiva fue la forma del fruto encorvada (de cuello) y los que mostraron el mayor valor de longitud de los mismos (67.2 cm). Referente al grupo IV solo muestra una sola accesión de *C. argyrosperma* (*arg10*) cuya principal característica distintiva es presentar un solo color de fruto (verde oscuro); finalmente el grupo V representa al resto de accesiones de *C. argyrosperma* (13, 37, 08, 23, 11 y 15) cuya característica principal es la forma de fruto piriforme,



**Table 4.**  
**Values per group considering averages and modes of nominal values of characteristics of 14 accessions of squash of two species coming from the coast and sierra zones of Nayarit, 2011.**

**Tabla 4.**  
**Valores por grupo considerando promedios y modas de valores nominales de características de 14 accesiones de calabaza de dos especies provenientes de la zona costera y**

G*	Accession	Characteristics**										
		TFP	SCDF	BFF	ETF	FF	FWE	SNF	PT	FL	FWI	PL
I	mos32	7	4	3								
	mos09	7	4	5	1	7	5.7	430	3.1	30.2	22.4	6.3
II	mos06	5	2	3		1						
	mos21	5	1	5	1	1	2.2	632	3.8	30.2	14.1	6.7
	mos22	5	1	5		7						
	mos02	7	1	3		4						
III	mos01	7	4	5	4	14	2.2	274	1.6	67.2	10.9	6.1
IV	arg10	3	0	3	1	4	0.69	179	1.7	10.9	11.1	3.9
	arg13	5	3	3								
	arg37	5	4	3								
V	arg08	3	4	3								
	arg23	3	4	3	1	7	1.04	218	1.5	16.8	12.7	4
	arg11	3	3	5								
	arg15	3	3	5								

\*G = group. \*\* TFP = transversal form of peduncle, SCDF = secondary color design of fruit, BFF = basal form of fruit, ETF = external texture of fruit, FF = fruit form, FWE = fruit weight (kg), SNF = seed number per fruit, PT = pulp thickness (cm), FL = fruit length (cm), FWI = fruit width (cm), PL = peduncle length (cm).

\*G = grupo. \*\* TFP = forma transversal del pedúnculo, SCDF = diseño del color secundario del fruto, BFF = forma basal del fruto, ETF = textura externa del fruto, FF = forma del fruto, FWE = peso del fruto (kg), SNF = número de semillas por fruto, PT = grosor de la pulpa (cm), FL = longitud del fruto (cm), FWI = ancho de fruto (cm), PL = longitud del pedúnculo (cm).

the pyriform shape of the fruit, with the lower values in weight, seed number and pulp thickness (Table 4).

With the results shown, major diversity between accessions belonging to *C. moschata* was found, in form and dimension of fruits mainly; in regard of the *C. argyrosperma*, it showed very few morphological variations between its accessions; the latter coincides with what was mentioned by Zizumbo (1992) since its diversity is less heterogeneous compared to *C. moschata*.

#### Correlation analysis

Correlation analysis between quantitative variables (Table 5) showed that higher correlations and with statistical significance were between FWI and FEW, FWI and SNF, FWI and PT, FWE and SNF, FEW and PT; this indicates that the expression of a characteristic influences

con los menores valores en peso, número de semillas y grosor de la pulpa (Tabla 4).

Con los resultados mostrados, se encontró mayor diversidad entre las accesiones pertenecientes a *C. moschata*, en forma y dimensiones de frutos principalmente; con respecto a *C. argyrosperma* está mostró poca variación morfológica entre sus accesiones; lo que coincide con lo mencionado con Zizumbo (1992) en que su diversidad es menos heterogénea comparada con *C. moschata*.

#### Análisis de correlación

El análisis de correlación entre los valores de las variables cuantitativas (Tabla 5) mostró que las correlaciones más altas y con significancia estadística fueron entre FWI y FEW, FWI y SNF, FWI y PT, FWE y SNF, FEW y PT; lo cual indica que la expresión de una característica influye en el mismo

**Table 5.**  
**Correlations between eight quantitative characters of 14 accessions of species of squash cultivated in the coast and sierra zones of Nayarit, Mexico.**

**Tabla 5.**  
**Correlaciones entre ocho caracteres cuantitativos de 14 accesiones de especies de calabaza cultivadas en la zona costera y sierra de Nayarit, México.**

	LI*	PL	FL	FWI	FWE	SNF	W100S	
PL	0.872							
	0.000							
FL	0.515	0.629						cc
	0.059	0.016						p
FWI	0.768	0.886	0.270					cc
	0.001	0.000	0.350					p
FWE	0.755	0.900	0.402	<b>0.973</b>				cc
	0.002	0.000	0.154	0.000				p
SNF	0.751	0.859	0.348	<b>0.947</b>	<b>0.938</b>			cc
	0.002	0.000	0.222	0.000	0.000			p
W100S	-0.349	-0.630	-0.552	-0.516	-0.593	-0.567		cc
	0.222	0.016	0.041	0.059	0.025	0.034		p
PT	0.750	0.870	0.278	<b>0.966</b>	<b>0.934</b>	0.914	-0.528	cc
	0.002	0.000	0.336	0.000	0.000	0.000	0.052	p

\*(LI) length of internode, (PL) peduncle length, (FL) fruit length, (FWI) fruit width, (FWE) fruit weight, (SNF) seed number per fruit, (W100S) weight of 100 seeds, (PT) pulp thickness.

\*\*cc correlation coefficient, \*\*\*p significance level. Numbers marked in bold are the ones that showed the highest values of correlation with statistical significance ( $\alpha = 0.05$  and  $0.01$  respectively).

\*(LI) longitud del entrenudo, (PL) longitud del pedúnculo, (FL) longitud del fruto, (FWI) ancho del fruto, (FWE) peso del fruto, (SNF) número de semillas por fruto, (W100S) peso de 100 semillas, (PT) grosor de la pulpa.

\*\*cc coeficiente de correlación, \*\*\*p nivel de significancia. Los números señalados con negritas son los que mostraron los más altos valores de correlación con significancia estadística ( $\alpha = 0.05$  y  $0.01$  respectivamente).

in the same sense over the other's expression; meaning, wider fruits express higher weight, pulp thickness and higher number of seeds, as well as fruits with higher weight showed a higher number of seeds and pulp thickness. Similar results were reported by Sanchez *et al.*, (2006) where the values of correlations between weight and width of the fruit were of 0.82 and fruit width with pulp thickness with 0.59.

## Conclusions

Results of the statistical analysis showed that the first three main components explained the 82 % of the total variability of the morphological characteristics between the

sentido sobre la expresión de otra; es decir, frutos más anchos expresaron mayor peso, grosor de la pulpa y mayor número de semillas, así como frutos con mayor peso mostraron un mayor número de semillas y grosor de la pulpa. Resultados similares fueron reportados por Sánchez *et al.*, (2006) donde los valores de correlaciones entre peso y ancho de fruto fueron de 0.82 y ancho de fruto con grosor de la pulpa con 0.59.

## Conclusiones

Los resultados del análisis estadístico mostraron que los tres primeros componentes principales explicaron el 82 % de la variabilidad total de las características morfológicas

14 accessions of two species of squash of the coast and sierra of Nayarit, Mexico. The classification analysis formed five groups from the evaluated samples. Characters that better explained variability were: fruit weight, width, length and form, number of seeds per fruit, pulp thickness, peduncle length and transversal form. The correlation analysis showed positive associations between fruit width and weight, number of seeds per fruit and pulp thickness; fruit weight was related with the number of seeds per fruit and pulp thickness.

entre las 14 accesiones de dos especies de calabaza de la costa y sierra de Nayarit, México. El análisis de clasificación formó cinco grupos a partir de las muestras evaluadas. Los caracteres que mejor explicaron la variabilidad fueron: peso, ancho, largo y forma del fruto, número de semillas por fruto, grosor de la pulpa, longitud y forma transversal del pedúnculo. El análisis de correlación mostró asociaciones positivas entre ancho y peso de fruto, número de semillas por fruto y grosor de la pulpa; peso de fruto se relacionó con número de semillas por fruto y grosor de la pulpa.

## References

- Acevedo, G.F. 2009. La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. *Conabio, México* 319-353.
- Azurdia, C. 1999. Las cucurbitáceas de Guatemala. *Tikalía* 17: 41-58.
- Canul, J., Ramírez, V.P., Castillo, G.F. and Chávez, S.J.L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 339-349.
- Cerón, G.L., Legaría, S.J., Villanueva, V.C. and Sahagún, C.J. 2010. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp). *Revista Fitotecnia Mexicana*. Publicada por la Sociedad Mexicana de Fitogenética 33(3): 189-196.
- Esquinas-Alcazar, J.T. and Gulick, P.J. 1983. Genetic resources of Cucurbitaceae. International Board for Plant Genetic Resources. AGPG:IBPGR/82/48. Rome, Italy. 113 pp.
- Franco, T.L. and Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico n° 8, Instituto Institucional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 pp.
- Gonzales-Andrés, F. and Pita-Villamil, J. 2001. Caracterización morfológica: In. *Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos*. Publicaciones Instituto Nacional de Educación Agrícola. Valladolid, España. 199-217 pp.
- Jacobo-Valenzuela, N., Zazueta-Morales, J.J., Gallegos-Infante, J.A., Aguilar-Gutiérrez, F., Camacho-Hernández, I.L., Rocha-Guzmán, E., et al. 2011. Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata* D). *Notulate Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39(1): 34 – 40.
- Molina, M.J.C. and Córdova, T. L. 2006. Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura: Informe nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 172 p.
- Lira-Saade, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. IPGRI. Roma, Italia 281 pp.
- Rodríguez-Amaya, R., Montes-Hernández, S., Rangel-Lucio, J.A, Mendoza-Elos, M. and Latournerie-Moreno, L. 2009. Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). *Agricultura Técnica en México* 35(4): 378-388.
- Sánchez, H.M.A., Mejía, C.J.A., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J., Muñoz, O.A. and Molina, G.J.D. 2006. Estimación de parámetros genéticos en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2): 127-136.
- SIAP. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. México D. F.; 2011. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>, última consulta: Junio 2014.
- SAS. Statistical Analysis System. 2002. The SAS system for windows 9.0. SAS Institute, Inc. N. C. USA.
- Villanueva, V.C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 123 pp.
- Zizumbo, V.D. 1992. Las calabazas del sistema milpero como recurso genético. In: *La modernización de la milpa en Yucatán: Utopía o realidad*. Zizumbo V D, Rassmusen C H, Arias R L, Teran C S. (eds.). CICY, Mérida, Yucatán. México. 167-174 pp.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Ruelas-Hernández PG, Mejía-Martínez K, García-López M. (2014). Identification of morphological variation patterns of squash species from the coast and sierra of Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 3(1): 39-49. <http://editorial.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/116/91>

