

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CALABAZA CULTIVADA EN EL CENTRO-ORIENTE DE YUCATÁN, MÉXICO

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF CULTIVATED SQUASH FROM CENTRAL-EASTERN YUCATÁN, MÉXICO

Jaime Canul Ku¹, Porfirio Ramírez Vallejo^{1*}, Fernando Castillo González y José Luis Chávez Servia²

¹Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230 Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-0200 Ext. 1592. Correo electrónico: ramírez@colpos.mx ²Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI-Américas. Cali, Colombia.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

La variabilidad actual de la calabaza en el sistema milpa en Yucatán ha sido escasamente estudiada. Se caracterizaron 36 poblaciones nativas de calabaza cultivadas en el centro-oriente de Yucatán, de las especies *C. moschata* (26) y *C. argyrosperma* (10), durante el 2003 en Yaxcabá, Yucatán, asociadas con una variedad de maíz (*Zea mays* L.) tipo “Xnuc Nal” sembrada a 40 000 plantas/ha. Las poblaciones se distribuyeron en un diseño látice simple, con parcela útil de 8 plantas (72 m²), a una distancia de 3 m entre plantas; el experimento se condujo con base en las prácticas regionales. Características cualitativas (11) y cuantitativas (14) de planta, fruto y semilla fueron analizadas con componentes principales, correspondencia simple y conglomerados. Ambas especies se separaron con base en sus características morfológicas en forma clara; y dentro de cada especie se formaron subgrupos con características diferenciales. Largo, ancho y peso de 100 semillas, días a floración femenina, grosor de pulpa, y largo y ancho de fruto explicaron mayormente la variación cuantitativa; lóbulo de la hoja, forma longitudinal del fruto e intensidad del moteado de la hoja explicaron mayormente la variación cualitativa. Las poblaciones de *C. moschata* se caracterizaron por tener semillas pequeñas de margen delgado, precocidad de intermedia a tardía, diferentes formas y tamaños de fruto con mesocarpio grueso y abundante pubescencia en el tallo. En contraste, las poblaciones de *C. argyrosperma* son más precoces, de semillas más grandes con margen grueso, frutos redondos de tamaño pequeño a mediano y escasa pubescencia en el tallo.

Palabras clave: *Cucurbita moschata*, *C. argyrosperma*, población nativa, morfología.

SUMMARY

Current morphological and genetic variability of squash in the “milpa” system at Yucatan has been scarcely studied. In this study 36 squash landraces of the *C. argyrosperma* and *C. moschata* species, cultivated at the central-western region of Yucatan, were characterized in association with a local maize variety (*Zea mays* L.) of the “Xnuc nal” type grown at 40 000 plant/ha, in Yaxcabá, Yucatan, during 2003. Landraces were planted following a lattice design in

plots with 8 plants (72 m²), and a 3 m distance between plants; the experiment was carried out based on farmer’s local practices. Qualitative (11) and quantitative (14) traits of plant, fruit and seed were analyzed with principal components, correspondence, and cluster multivariate methods. Both species split clearly into two large groups based on morphological traits; within each species subgroups with differential characteristics were formed. Seed length and width, 100 seeds weight, days to female flowering, fleshy thickness, and fruit length and width explained most of the quantitative variation; leaf shape, fruit longitudinal shape, and colour intensity of leaf spots explained most of the qualitative variation. *C. moschata* landraces had small seeds with thin margin, growth season from intermediate to late, different fruit sizes and forms, thick flesh and abundant stem pubescence. In contrast, *C. argyrosperma* landraces were early flowering plants which produced larger and heavier seeds with thick margin, small to medium round fruits, and scarce stem pubescence.

Index words: *Cucurbita moschata*, *C. argyrosperma*, landrace, morphology

INTRODUCCIÓN

La milpa en la Península de Yucatán es un sistema de producción tradicional complejo, que involucra la asociación de diferentes especies, principalmente maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita moschata* y *C. argyrosperma*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus* y *Vigna unguiculata*). Este sistema de producción representa un acervo de conocimientos tradicionales y de conservación de la diversidad genética de los cultivos en relación con los factores ambientales, edáficos y climáticos, y responde a condiciones regionales de tipo cultural y socio-económico (Hernández, 1995), que también se practica en otras regiones de México. Los indígenas mayas lo han practicado desde tiempos prehispanicos y ha persistido hasta la actualidad, y

es una fuente básica para la alimentación y otros satisfactores complementarios (Terán *et al.*, 1998).

En el estado de Yucatán se cultivan alrededor de 150 000 ha anuales con el sistema de producción de la milpa, de la que dependen 35 000 familias campesinas (Arias *et al.*, Com. Personal 2002)¹. En particular, en Yaxcabá se cultiva anualmente una quinta parte de las casi 10 000 ha de la superficie agrícola de la región centro-oriente de Yucatán.

La milpa es un sistema dinámico susceptible de incorporar innovaciones. En años recientes se ha promovido la sustitución de poblaciones nativas por variedades mejoradas introducidas en el sistema roza-pica-siembra, así como el cultivo en relevo de variedades de frijol de hábito determinado, como Jamapa; además se ha promovido el uso de fertilizantes y herbicidas. Se desconoce el impacto de la aplicación de estas innovaciones sobre la diversidad genética de las diferentes especies cultivadas, que los agricultores han desarrollado y conservado. En las poblaciones nativas (criollos) se encuentra una reserva de genes, los que mediante la recombinación y selección de semillas que se aplica tradicionalmente en el sistema milpa, ha generado variantes agromorfológicas cuyas características satisfacen las necesidades y las preferencias de las familias.

El mejoramiento de la productividad del sistema requiere empezar con la caracterización y el estudio de la variabilidad genética existente, así como el conocimiento de la dinámica de los procesos de la conservación y del aprovechamiento sistemático que actualmente se realizan. Un caso es la calabaza (*Cucurbita* spp) en cuyas especies cultivadas la diversidad ha sido poco caracterizada.

Las evidencias arqueológicas, geográficas, lingüísticas y culturales indican que *C. moschata* y *C. argyrosperma* evolucionaron en la parte central de México hasta Centroamérica (Azurdia, 1999; Lira, 1995; Whitaker y Carter, 1946; Whitaker y Cutler, 1965); en Yucatán se cultivan tres de las 15 especies del género americano de *Cucurbita*: *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. pepo* (Lira, 1995), cuyo eje de domesticación ha sido la semilla debido a su durabilidad postcosecha y a su alto valor alimenticio (Nee, 1990; Merrick, 1995).

Los tamaños de fruto de las especies de calabaza que se cultivan son el resultado de cambios evolutivos, que han transformado los frutos pequeños de las formas silvestres

en los frutos grandes de las formas comestibles modernas (Decker, 1985; Nerson *et al.*, 2000; Whitaker y Cutler, 1971). Su variabilidad en morfología y tamaño de frutos y semillas es amplia, así como en los patrones de coloración, tipos y sabor del mesocarpio (Azurdia, 1999; Lira, 1995). En *C. argyrosperma* var. *argyrosperma* la diversidad parece ser menor que en otras especies cultivadas, como en *C. moschata* donde hay una extensa variación fenotípica, ya que se cultiva en un área geográfica y condiciones altitudinales amplias, y presenta además variantes locales con características agronómicas sobresalientes y ciclos biológicos de diferente duración (Lira, 1995; Zizumbo, 1992). En la Península de Yucatán en *C. moschata* con frecuencia se observan estos rasgos.

La diversidad en las poblaciones nativas de calabaza es mantenida por los agricultores tradicionales, quienes son capaces de reconocer variantes morfológicas e identificar segregantes espontáneos en sus morfotipos, y seleccionar en cada ciclo de siembra los frutos de los que obtendrán su semilla, con base en las características preferidas de color y forma.

Los estudios de la diversidad genética (Kasrawi, 1995; Ríos *et al.*, 1998; Azurdia, 1999) y morfológica (Paris y Nerson, 1998; Canul *et al.*, Com. Personal)², y la evaluación agronómica de materiales nativos de calabaza (Alsadon *et al.*, 1998; Ríos *et al.*, 1996; Canul *et al.*, Com. Personal)³ muestran diferentes grados de diversidad, entre y dentro de especies. En estos estudios los frutos y semillas han recibido la mayor atención, mientras que las características vegetativas han sido poco estudiadas, aunque también en ellas hay variación. Estudios hechos en Guatemala mostraron que el germoplasma de *C. moschata* comparte 12 % de los caracteres típicos de *C. argyrosperma* (Azurdia, 1999).

En Arabia Saudita, cinco fenotipos locales de *C. moschata* mostraron diversidad en características de crecimiento vegetativo y componentes de rendimiento, pero no en rendimiento por planta (Alsadon *et al.*, 1998). En 37 colecciones evaluadas en Cuba se detectó variabilidad en la textura de pericarpio, y forma y color de fruto; el

¹Arias R L, J L Chávez, D Jarvis, D Williams (2002) Maize diversity in the milpa of Yaxcabá, Yucatán. *In*: Proceedings of a symposium: Managing Crop Diversity in Traditional Agroecosystems, 13-16 february 2002, Mérida, México. J Chávez, L Arias, D Jarvis, J Tuxill, D Lope y C Eyzaguirre (eds). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. P. 8.

²Canul K J, J L Chávez, L Latournerie, L M Arias, L Burgos (2002a) Characterization of a regional sample of squash landraces (*C. argyrosperma* y *C. moschata*) of the central-north region of Yucatán, México. *In*: Proceedings of a symposium: Managing Crop Diversity in Traditional Agroecosystems, 13-16 february 2002, Mérida, México. J Chávez, L Arias, D Jarvis, J Tuxill, D Lope y C Eyzaguirre (eds). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. p. 13.

³Canul K J, J L Chávez, L Latournerie, L M Arias, L Burgos (2002b) Evaluation of landraces squash in four environments in Yaxcabá, Yucatán, México. *In*: Proceedings of a symposium: Managing Crop Diversity in Traditional Agroecosystems, 13-16 february 2002, Mérida, México. J Chávez, L Arias, D Jarvis, J Tuxill, D Lope y C Eyzaguirre (eds). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. p. 14.

rendimiento y número de frutos por planta presentaron coeficientes de variación superiores a 90 %; el rendimiento y el color primario de los frutos tuvieron la mayor contribución en la clasificación de la variabilidad (Ríos *et al.*, 1996). En 34 variedades nativas de Cuba evaluadas en condiciones de cultivo típicamente campesinas con estrés hídrico, alta temperatura y condiciones adecuadas para una alta incidencia de enfermedades también se encontró amplia variabilidad genética (Ríos *et al.*, 1998). Se ha encontrado variación en longitud y anchura de semilla (París y Nerson, 1988), así como en longitud, diámetro y peso de fruto, y en el peso y número de semilla (Nerson *et al.*, 2000).

Un estudio realizado con base en 17 características morfológicas en 41 familias de medios hermanos de una población nativa de *C. pepo*, mostró una amplia diversidad entre y dentro de familias en crecimiento de planta, floración, y forma y número de frutos por planta (Kasrawi, 1995). En doce líneas seleccionadas de *C. moschata* hubo diferencias significativas en rendimiento por planta, número de fruto por planta, peso de fruto, diámetro de la cavidad placentaria y espesor de la masa del fruto (Ríos *et al.*, 1994).

Los estudios de la diversidad genética en México se han enfocado a aspectos taxonómicos (Lira, 1985), etnobotánicos (Lira, 1985; Zizumbo, 1992), colección de germoplasma para programas de mejoramiento (Whitaker y Knight, 1980), filogenéticos (Merrick, 1995; Wilson, 1989), de flujo génico (Wilson *et al.*, 1994; Montes y Eguiarte, 2002) y de mejoramiento genético (Sánchez *et al.*, 2000; Meneses *et al.*, 2002). Sin embargo, la gran diversidad de calabaza nativa no ha sido estudiada con profundidad a nivel regional y nacional.

Entre los pocos estudios de diversidad regional en calabaza, destaca el realizado en el área de Yaxcabá, Yucatán, con la colección de germoplasma en 1999 (Arias, 2002. *Opus cit. 1*), más la recolección de poblaciones representativas en el año 2000, con las que se integró la colecta núcleo y la caracterización morfológica (Canul, 2002a. *Opus cit. 2*) y agronómica de 14 poblaciones de una colección central (Canul, 2002b. *Opus cit. 2*), en temporal o seco y en monocultivo, en los años 2000 y 2001, respectivamente. Se determinó que las variables de mayor valor descriptivo son estructuras de fruto y semilla, y en menor grado las variables vegetativas; la variabilidad genética fue mayor en *C. moschata*. Sin embargo, en condiciones de monocultivo y con densidades de población más altas que las usadas en la agrícola tradicional, no se pudo observar con precisión suficiente los atributos morfológicos como cuando se siembra en asociación con el cultivo de maíz.

En esta investigación se hizo la caracterización morfológica de la diversidad actual de las especies de calabaza *C. moschata* y *C. argyrosperma*, cultivadas en el sistema milpa en la región centro-oriente de Yucatán, México, así como la definición de las características de mayor valor descriptivo para estas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 36 muestras obtenidas en 2002 en campo, recolectadas con los donantes originales de 1999; la colecta original se amplió con 8 donantes nuevos que aportaron 10 poblaciones nativas adicionales. De las 36 muestras, 10 corresponden a la especie *C. argyrosperma* y 26 a *C. moschata*, proporción que se consideró representativa de la diversidad local. Cuando no fue posible la obtención de frutos en campo, se tomó una muestra de su semilla. Las comunidades que se exploraron y el número de muestras obtenidas fueron Xocempich (1), municipio de Dzitás y Tiholop (1), Santa María (2) y en la cabecera municipal en Yaxcabá (32), en un intervalo de altitud de 30 a 35 m, en la región centro-oriente de Yucatán.

El estudio se realizó en la milpa de un agricultor de la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, ubicada a 20° 32' de LN y 88° 49' de LW, y una altitud de 30 m. El clima predominante en la región es Awo (x') (i') g, que corresponde al tipo cálido húmedo, con lluvias en verano y sequía intraestival. El experimento se estableció en una milpa de 10 años de uso continuo, en un tipo de suelo "Kankab" (Luvisol), de color rojo, con profundidad de hasta 80 cm y escasa pedregosidad.

Las 36 poblaciones se distribuyeron en el campo en un diseño látice simple 6x6. La parcela experimental consistió de 8 plantas, distribuidas en una superficie de 72 m² (3 m x 24 m) y sembradas en asociación con una población de maíz nativa del tipo regional "Xnuc Nal" de la raza Tuxpeño; se estableció un surco de calabaza por cada tres de maíz. La siembra se hizo el 28 de junio del 2003 en condiciones de temporal, y el experimento se condujo con base en las prácticas locales para el manejo de la milpa, como chapeo, aplicación de 3 L ha⁻¹ de herbicida a base de glifosato, aplicado antes de la siembra, fertilización complementaria con la dosis 36N-92P-00K, y densidad de siembra del maíz aproximada de 40 000 plantas/ha.

La caracterización morfológica se hizo de acuerdo con los "Descriptores para *Cucurbita*" (Esquinas y Gulick, 1983). Las variables se clasificaron en discretas y continuas. Las discretas fueron forma y pubescencia del tallo; lóbulo, forma general, forma del borde e intensidad del moteado de hoja; tipo de margen de la semilla; forma longitudinal de fruto; dureza del pericarpio; y tipo y

forma de inserción del pedúnculo. Las variables continuas fueron largo y ancho de la hoja; longitud del pecíolo y de la guía; peso, largo y ancho del fruto; grosor y contenido de sólidos solubles del mesocarpio; días a la floración femenina; peso de semilla por fruto y de 100 semillas; y largo y ancho de la semilla.

Con base en las modas de las variables discretas de cada población se hizo un análisis de correspondencia simple mediante el procedimiento PRINCORRESP (SAS, 2000). Con los promedios de las variables continuas se hizo un análisis de componentes principales (ACP), con el procedimiento PRINCOMP (SAS, 2000), con base en la matriz de correlaciones y datos estandarizados a la distribución normal.

Para establecer las relaciones de similitud entre poblaciones, con las variables discretas se hizo un análisis de conglomerado jerárquico (ACJ) y se usó como coeficiente de similitud el apareamiento simple; como método de agrupamiento se usó el jerárquico por pares de los promedios aritméticos (UPGMA), mediante el paquete estadístico NTSYSpc (Rohlf, 1998). Con las variables continuas estandarizadas se hizo el análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico (ACJ), al considerar como coeficiente de similitud la distancia euclidiana y como método de agrupamiento el de UPGMA, con el paquete estadístico NTSYSpc (Rohlf, 1998).

RESULTADOS

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 68.5 % de la variación y los cuatro primeros componentes explicaron 85.1 % de la varianza total (Cuadro 1). El CP1 se asoció con estructuras de semilla y días a

Cuadro 1. Proporción de la varianza global, vectores y valores propios de los primeros cuatro componentes principales en el análisis de componentes principales, de 36 poblaciones nativas de dos especies de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán. Yaxcabá, Yuc. 2003.

Característica	CP† 1	CP 2	CP 3	CP 4
Largo de hoja (cm)	0.246	0.091	0.455	-0.397
Ancho de hoja (cm)	0.250	0.157	0.373	-0.440
Longitud de pecíolo (cm)	0.290	0.104	0.168	-0.174
Longitud de guía (m)	-0.264	0.225	0.128	0.119
Peso de fruto (kg)	0.244	0.431	0.027	0.364
Largo de fruto (cm)	0.147	-0.048	0.477	0.610
Ancho de fruto (cm)	0.193	0.510	-0.307	0.021
Peso de semilla por fruto (g)	0.303	0.097	-0.274	0.039
Grosor del mesocarpio (cm)	-0.168	0.613	0.077	0.016
Sólidos solubles del mesocarpio	-0.175	0.163	-0.330	-0.271
Días a floración femenina	-0.332	0.126	0.188	0.056
Peso de 100 semillas (g)	0.334	-0.021	-0.177	0.055
Largo de semilla (cm)	0.339	-0.122	-0.138	0.033
Ancho de semilla (cm)	0.337	-0.107	-0.091	0.119
Valor propio	7.87	1.71	1.27	1.05
Variación Explicada (%)	56.28	12.23	9.1	7.55
Variación acumulada (%)	56.28	68.51	77.61	85.16

†CP = Componente Principal.

floración femenina, y los CP2 y CP3 con características morfológicas del fruto. Es decir, las características fenológicas, de semilla y de fruto explican en mayor grado la diversidad de las poblaciones nativas de calabaza en la región centro-oriente de Yucatán.

La dispersión (Figura 1) de las poblaciones en el plano de los dos primeros CP muestra dos grandes grupos. En los cuadrantes I y II se localizan las muestras de *C. argyrosperma* y en los cuadrantes III y IV las de *C. moschata*. La dispersión con base en el primer CP indica que las poblaciones de *C. argyrosperma* se caracterizan por tener semilla grande (16.91 g/100 semillas) y por su precocidad (en promedio alcanzan la floración femenina a los 48 d), a diferencia de las poblaciones de *C. moschata* que presentan semilla pequeña (6.78 g/100 semillas) y son más tardías (algunas variedades llega a floración femenina hasta los 112 d.).

La dispersión de las poblaciones con base en el segundo CP muestra la mayor variabilidad en grosor de mesocarpio y peso de fruto en *C. moschata*, con frutos desde pequeños hasta grandes (0.59 a 1.1 kg), con diferente grosor de mesocarpio (1.69 a 2.78 cm). En cambio, en *C. argyrosperma* la variación en tales características es menor, por lo que hay una mayor concentración de puntos en el diagrama.

El agrupamiento con los CP concuerda estrechamente con el análisis de conglomerados (Figura 2), en el que una distancia euclidiana de 4.56 unidades separa dos grandes grupos. En la parte inferior se ubica la especie *C. argyrosperma* y en la parte superior a *C. moschata*. A una distancia de 3.85 unidades se identificaron 6 grupos, de los cuales 4 pertenecen a *C. moschata*, ya que la mayor diversidad morfológica de esta especie, permite una mayor diferenciación entre subgrupos.

Según el análisis de correspondencia simple realizado con las modas de las características discretas, el primer valor singular ($\lambda_1=0.298$) explicó 59.8 % de la variabilidad total; el segundo ($\lambda_2=0.162$) contribuyó con 17.6 %. Es decir, ambos ejes aportan 77.4 % de la variabilidad global (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de la descomposición de la inercia y χ^2 del análisis de correspondencia simple, de 36 accesiones de calabazas nativas de dos especies de la región centro-oriente de Yucatán. Yaxcabá, Yuc. 2003.

Eje principal	Valor singular	Inercia principal	χ^2	Porcentaje
CP ₁	0.298	0.089	90.42	59.80
CP ₂	0.162	0.026	26.57	17.57
CP ₃	0.107	0.011	11.69	7.74
CP ₄	0.096	0.009	9.48	6.27
CP ₅	0.076	0.005	5.93	3.92

Las características que determinaron al primer eje principal son pubescencia del tallo, el tipo de margen de la semilla y lóbulo de la hoja; el segundo está determinado por la forma longitudinal del fruto; el tercero por la intensidad del moteado de la hoja; y el cuarto por la forma del borde de la hoja (Cuadro 3).

En el plano determinado por los dos primeros ejes se muestra la clara separación de las poblaciones en dos grupos que corresponden a *C. moschata* y *C. argyrosperma*, así como un tercer grupo localizado entre los anteriores con una dispersión mayor. En los cuadrantes I y II se localizan las poblaciones de *C. argyrosperma* y en los cuadrantes III y IV las poblaciones de *C. moschata*. La ubicación de poblaciones en la parte intermedia posiblemente sea el resultado de algunas características comunes compartidas por ambas especies. *C. moschata* presenta la mayor

dispersión mayor. En los cuadrantes I y II se localizan las poblaciones de *C. argyrosperma* y en los cuadrantes III y IV las poblaciones de *C. moschata*. La ubicación de poblaciones en la parte intermedia posiblemente sea el resultado de algunas características comunes compartidas por ambas especies. *C. moschata* presenta la mayor

Cuadro 3. Contribuciones relativas (CR) y absolutas (CA) asociadas con los cuatro primeros ejes principales del análisis de correspondencia simple, de 36 poblaciones de dos especies de calabazas nativas, de la región centro-oriente de Yucatán. Yaxcabá, Yuc. 2003.

Característica	CR ₁	CA ₁	CR ₂	CA ₂	CR ₃	CA ₃	CR ₄	CA ₄
FT	0.152	0.001	0.003	0.0002	0.0005	0.000	0.003	0.0005
PT	0.822	0.389	0.119	0.1929	0.055	0.203	0.000	0.000
LBH	0.911	0.176	0.000	0.0000	0.005	0.008	0.001	0.003
FH	0.364	0.022	0.0006	0.0001	0.029	0.014	0.086	0.050
FBH	0.253	0.034	0.158	0.073	0.057	0.060	0.519	0.676
IM	0.040	0.002	0.0001	0.000	0.295	0.157	0.118	0.078
TM	0.775	0.222	0.011	0.011	0.168	0.374	0.006	0.018
FLF	0.345	0.115	0.630	0.718	0.001	0.003	0.022	0.073
DE	0.202	0.009	0.004	0.0007	0.288	0.102	0.143	0.062
IP	0.434	0.017	0.020	0.0028	0.235	0.071	0.045	0.016
FI	0.415	0.007	0.002	0.0002	0.040	0.005	0.116	0.020

FT= Forma de tallo; PT= Pubescencia de tallo; LBH= Lóbulo de hoja; FH= Forma de hoja; FBH= Forma del borde de hoja; IM= Intensidad de moteado; TM= Tipo de margen; FLF= Forma longitudinal de fruto; DE= Dureza del pericarpio; IP= Inserción del pedúnculo; FI= Forma de inserción del pedúnculo.

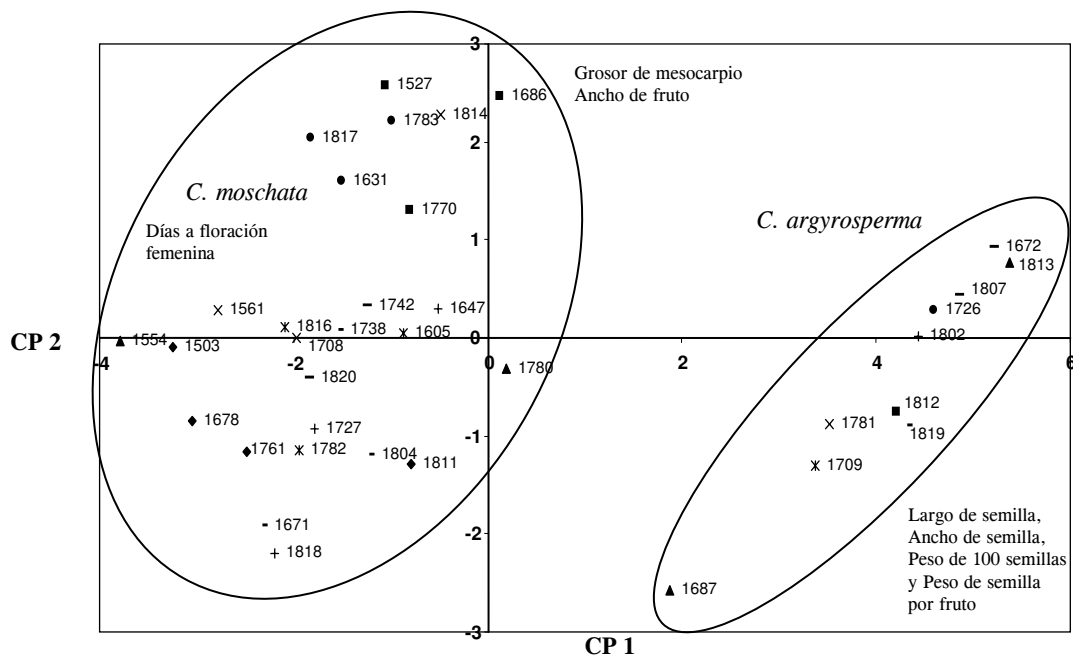


Figura 1. Dispersión de 36 poblaciones nativas de dos especies de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán, con base en los componentes principales 1 y 2. Yaxcabá, Yucatán, 2003.

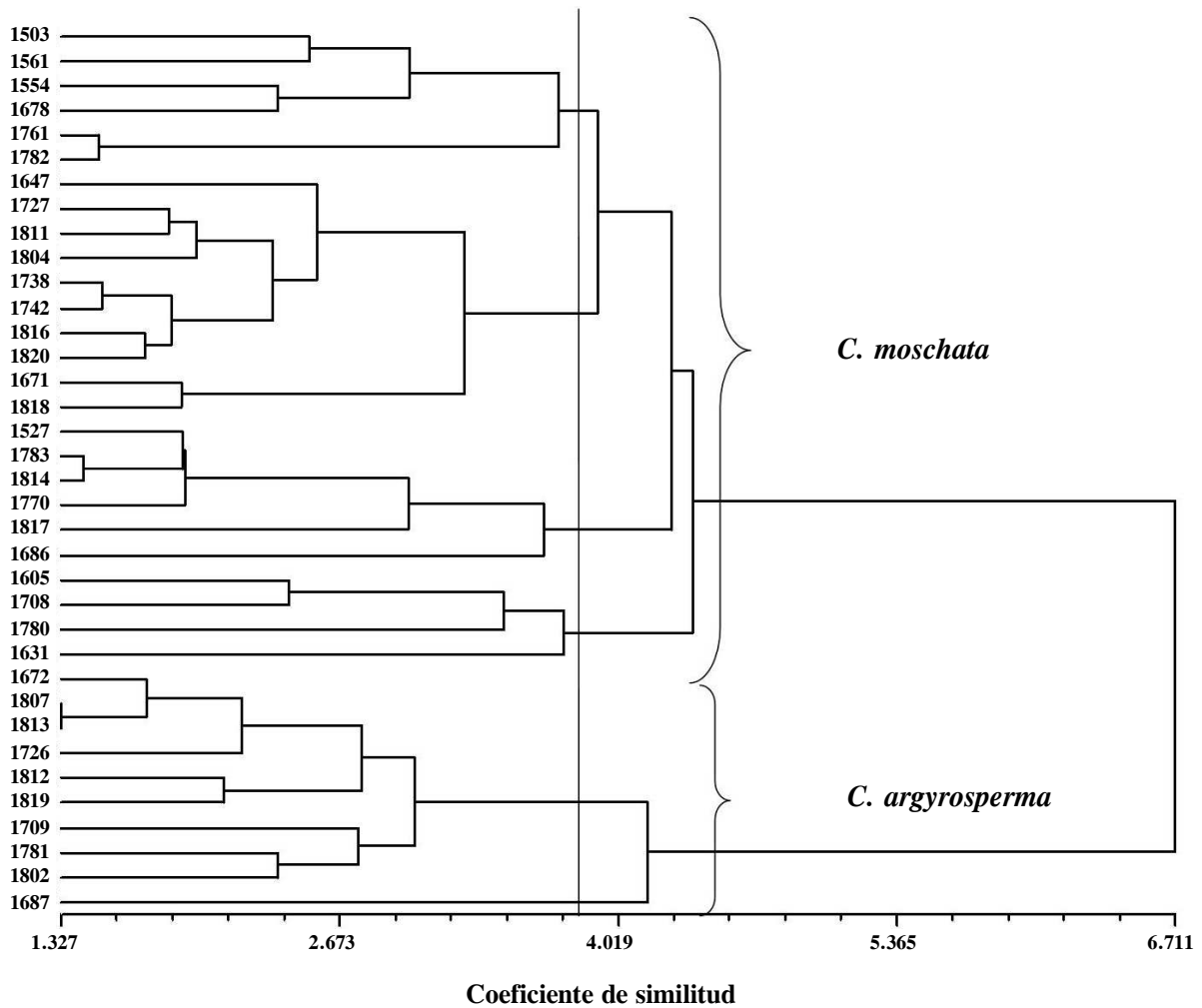


Figura 2. Dendrograma de 36 poblaciones nativas de dos especies de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán, con base en 14 características continuas y el método de agrupamiento UPGMA. Yaxcabá, Yucatán, 2003.

variación morfológica de características discretas; en esta especie se identificó un grupo de poblaciones bien definido, un grupo con poblaciones más separadas y un tercer grupo cercano al grupo de *C. argyrosperma* (Figura 3).

La dispersión con base en el primer eje indica que las poblaciones de *C. argyrosperma* se caracterizan por tener poca pubescencia en el tallo de consistencia suave, margen grueso de la semilla y hojas muy lobuladas, mientras que las poblaciones de *C. moschata* presentan variación amplia en pubescencia en el tallo y en su consistencia, con margen delgado en la semilla y hojas poco lobuladas. Con base en el segundo eje, *C. argyrosperma* se caracteriza por frutos redondos, mientras que *C. moschata* varía en las

formas de fruto (achatadas, periformes, elípticas, elipsoide oblongo y bloque oblongo).

El análisis de conglomerados (Figura 4) separó dos grandes grupos a la distancia de 0.55. En la parte inferior del dendrograma se ubica *C. argyrosperma* y en la parte superior *C. moschata*. A la distancia de 0.59 se formaron 5 subgrupos, tres de *C. moschata* y dos de *C. argyrosperma*.

DISCUSIÓN

Los análisis de agrupamiento mostraron la integración de dos grupos de poblaciones nativas que corresponden a las especies *C. moschata* y *C. argyrosperma*, con una clara

separación de ambos agrupamientos. *C. moschata* poseé mayor variación (Figura 2 y 4). La población 1672 (*C. argyrosperma*) se situó entre ambas especies, y se supone que comparte características de ambas debido posiblemente a flujo génico. La población 1503 (*C. moschata*) se localizó en el extremo superior y se considera que tiene las características más distintivas de la especie.

La mayor dispersión en *C. moschata* posiblemente sea consecuencia de la mayor cantidad de poblaciones muestreadas y de la mayor variación en las características evaluadas, así como de su mayor periodo de crecimiento. En *C. argyrosperma* la formación de un grupo más compacto pudo ser debido al menor número de muestras pero esto

también corresponde a la frecuencia de los cultivos en la región. La dispersión de las poblaciones con base en componentes principales estuvo determinada por los días a floración femenina y características de fruto y semilla.

La duración del ciclo tiene un papel importante en la determinación de la variación observada. En Yaxcabá, la proporción de tipos intermedios y tardíos de la especie *C. moschata* fue mayor en relación con el número de poblaciones de *C. argyrosperma*, lo que indica la mayor proporción natural de estos tipos entre los agricultores, tal vez porque al ser más tardía aprovecha mejor la luz cuando la milpa se seca (follaje), así como por la selección practicada por los agricultores hacia tipos más tardíos, de mayor tamaño de fruto y rendimiento.

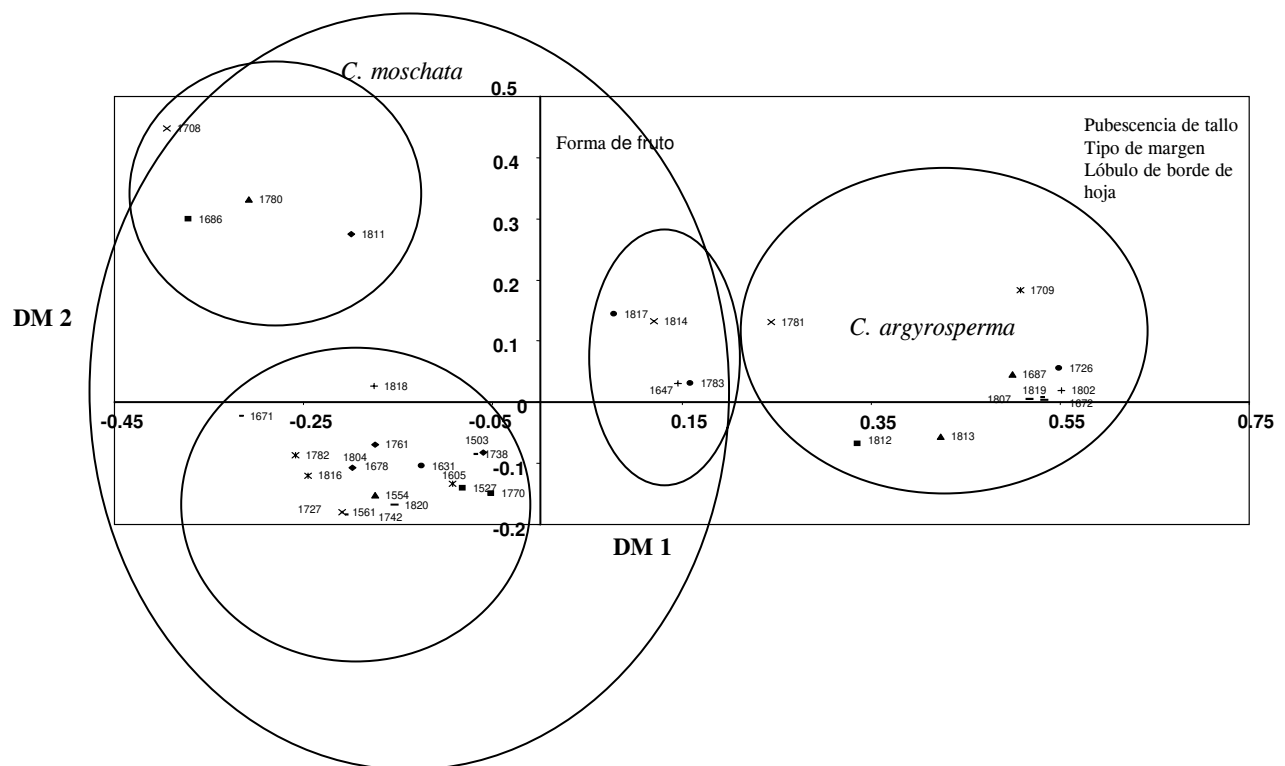


Figura 3. Dispersión de 36 poblaciones nativas de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán, con base en dos ejes principales (1 y 2) del análisis de correspondencia simple sobre 11 características de distribución discreta. Yaxcabá, Yucatán, 2003.

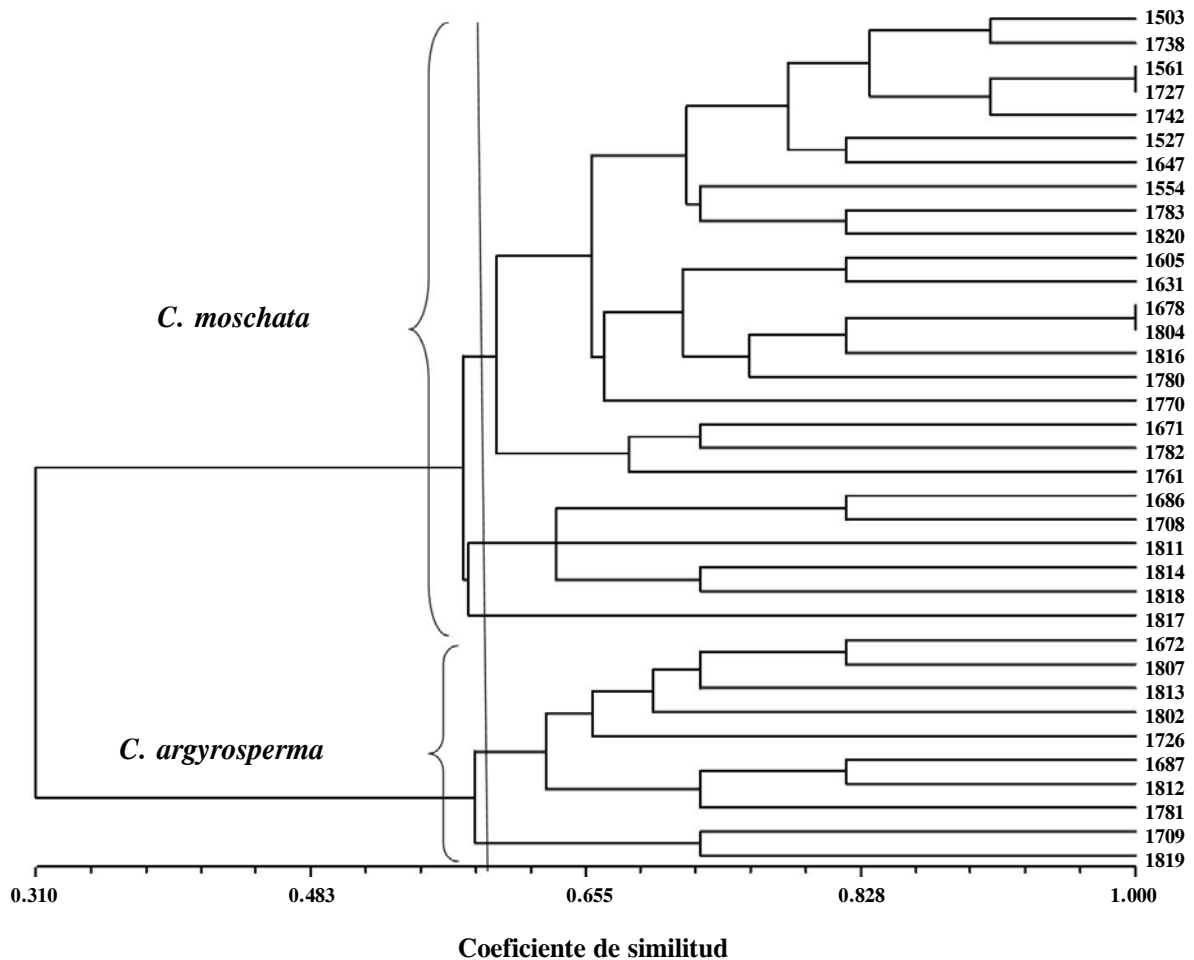


Figura 4. Dendrograma de 36 poblaciones nativas de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán, con base en la moda de 11 características y el método UPGMA. Yaxcabá, Yucatán, 2003.

En *C. moschata* la floración femenina varió desde 81 hasta 112 d. Sus poblaciones presentan una alta capacidad competitiva con la vegetación de la milpa, ya que las plantas exploran hasta 13.75 m de longitud, para funcionar como cobertera del suelo y así ayudar al control de malezas. En condiciones no limitantes de agua, luz y temperatura los periodos de vida prolongados presentan ventajas por su mayor producción de flores y amarre de frutos, así como por tener mayor posibilidad de recombinación; en adición, su mayor acumulación de materia seca favorece el mayor número y tamaño de frutos, y mayor rendimiento.

En *C. argyrosperma* la floración femenina osciló entre 47 y 51 d, de modo que su ciclo biológico es de casi la mitad que el de *C. moschata*; tiene menor capacidad de exploración de las guías (7 m), de acumulación de materia

seca y de tolerancia al ataque de plagas y enfermedades. Su corto periodo de vida implica mayores riesgos al agricultor, ya que la floración ocurre por lo general cuando escasea la lluvia (canícula). Sus poblaciones rinden menos y son menos aptas para el sistema milpa debido a una menor capacidad competitiva.

En el sistema milpa las especies asociadas con el maíz presentan el siguiente grado de importancia: *C. moschata*, *Phaseolus vulgaris*, *C. argyrosperma* y *P. lunatus*. El número de especies asociadas depende de la edad del área por desmontar y de los años de uso de la milpa, ya que a más años de uso del suelo sin descanso el número de especies asociadas se reduce; en consecuencia, las primeras en ser descartadas son *C. argyrosperma* y *P. lunatus*, después *P. vulgaris*, por último se queda *C. moschata* porque tiene

raíz más desarrollada y de sus nudos crecen raíces tan fuertes como la raíz principal de otras especies (Ku, 1995); este fenómeno puede explicar la considerable variabilidad y la mayor proporción que se encuentra de la especie.

La amplia variabilidad observada en las poblaciones nativas (Figura 5) coincide con otros estudios (Kasrawi, 1995; Ríos *et al.*, 1996 y 1998; Azurdia, 1999; Alsadon *et al.*, 1998), en el sentido de la mayor diversidad de la especie *C. moschata* respecto a *C. argyrosperma* en esta región. Esto podría explicarse por la mayor capacidad de adaptación de *C. moschata* que posee una extensa variación fenotípica, se cultiva en un amplio intervalo geográfico y de altitud, y presenta variantes locales con características agronómicas sobresalientes y ciclos biológicos de diferente duración (Lira, 1995; Zizumbo, 1992).

La estructura de los frutos y las semillas tuvieron una importante contribución a la variación (Cuadro 1 y Figura 1). En Yucatán, *C. argyrosperma* se cultiva casi exclusivamente para el consumo como semilla tostada, mientras que la de *C. moschata* es tostada y molida para preparar platillos regionales como el pipián, y los frutos tiernos se consumen como verdura y maduros en forma de dulces, y en ocasiones se usa para alimentación animal. La diversidad de usos de la calabaza explicaría, en parte, la variabilidad detectada en el germoplasma que conservan los productores.

Con base en el análisis de características discretas (Cuadro 3 y Figura 3), las poblaciones de calabaza en Yaxcabá, Yucatán, presentaron la mayor variación en pubescencia del tallo, lóbulo de la hoja, grosor del margen de la semilla y forma del fruto, en contraste con el estudio de Cuba en el que el rendimiento y el color primario de los frutos tuvieron la mayor contribución (Ríos *et al.*, 1996, 1998). A pesar de la amplia variación en la forma del fruto, esta característica no contribuyó a la determinación de los agrupamientos. Las diferencias entre ambos estudios radica en que en Cuba hubo una fuerte erosión genética por la modernización de la agricultura por lo que Ríos *et al.* (1996) emprendieron un rescate. En el estado de Yucatán la diversidad ha permanecido.

En Yaxcabá, la forma del fruto es fundamental para determinar el tipo de aprovechamiento del mesocarpio, las formas achatadas son preferidas para el consumo como verdura y en la preparación de dulces, y las formas de fruto piriforme y elipsoide se utilizan para la alimentación animal. En consecuencia, tales formas de fruto han resultado de adaptaciones diferenciales apropiadas a varios métodos de preparación culinaria (Paris, 1996).

El grosor del margen de la semilla está relacionado con la forma de su utilización. Las semillas de *C. argyrosperma* de margen grueso solamente se consumen en forma tostada, como botana; en cambio, las de *C. moschata* de margen delgado se consumen tanto en forma tostada como molida para su uso en diferentes guisos, ya que se facilita su molienda, y la pepita molida tiene un contenido de fibra menor.

La variabilidad observada podría ser explicada con base en los usos regionales específicos que se da a los frutos y semillas de la calabaza, los criterios de selección de semilla aplicados por los agricultores y amas de casa, y por la naturaleza alogama de la especie. En este sentido, Kasrawi (1995) señala que la polinización cruzada por abejas combinada con la falta de la aplicación de un método de selección eficiente de genotipos superiores, pudieron haber mantenido y promovido el desarrollo de la diversidad en las poblaciones nativas de calabaza. Según Ríos *et al.* (1996), el alto índice de alogamia y la propagación fundamentalmente sexual de las especies de *Cucurbita* han favorecido la heterocigosis y la segregación de caracteres con la aparición de formas nuevas.

Tanto las formas de aprovechamiento como las prácticas de manejo en la milpa han permitido que la variación genética de las especies de calabaza en la región se conserve hasta el momento, y constituya una fuente de variabilidad para la alimentación humana y los programas de mejoramiento. Tal contribución del factor humano se atribuye a la riqueza cultural maya asociada al amplio conocimiento tradicional de la gente sobre sus recursos naturales y en particular de sus recursos genéticos. Ríos *et al.* (1996) señalan que la gran variabilidad genética intraespecífica pudiera estar asociada con la incidencia de las diferentes culturas que han influido para determinar las variaciones de los recursos fitogenéticos. Este es el caso de los patrones de variación de las Cucurbitáceas cultivadas en Guatemala, en donde los cambios evolutivos en pericarpio y semilla tienen su origen en los diferentes usos (Azurdia, 1999).

CONCLUSIONES

Las especies *C. moschata* y *C. argyrosperma* de Yucatán son morfológicamente diferentes y se agrupan separadamente con claridad. Las poblaciones de *C. moschata* mostraron mayor variación que las de *C. argyrosperma*. Las primeras se caracterizaron por tener semilla pequeña, precocidad de intermedia a tardía, frutos de medianos a grandes con mesocarpio grueso. Las de *C. argyrosperma* son precoces, de mayor tamaño y peso de semilla, y de fruto de pequeño a mediano. La amplia variabilidad morfológica presente en las poblaciones nativas de calabaza



Figura 5. Diversidad morfológica encontrada en 36 poblaciones nativas de calabaza de la región centro-oriente de Yucatán, Yaxcabá, Yuc. 2003.

estuvo determinada por características de precocidad y de interés antropocéntrico como el tamaño y la forma del fruto, el grosor del mesocarpio, el tamaño y el margen de la semilla. La variabilidad observada puede ser explicada con base en los usos regionales específicos que se da a los frutos y a las semillas, los criterios de selección de semilla aplicados por los agricultores y amas de casa, y por la naturaleza alógama de la especie con polinización por abejas. Tanto las formas de aprovechamiento como las prácticas de manejo en la milpa han permitido que la variación genética de calabaza en la región se conserve y sea una fuente continua de variabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Al Internacional Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) y a SNICS-SAGARPA por el financiamiento de este trabajo; y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

(CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Maestría en Ciencias del autor principal.

BIBLIOGRAFÍA

Alsadon A A, H H Hegazi, I A Almousa (1998) Evaluation of local pumpkin genotypes in the central region of Saudi Arabia. In: Cucurbitaceae 98' Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm. J D McCreight (ed.). Pacific Grove, California. pp:43-50.

Azurdia, C (1999) Las cucúrbitas de Guatemala. Tikalia 17:41-58.

Decker D S (1985) Numerical analysis of allozyme variation in *Cucurbita pepo*. Econ. Bot. 39:300-309.

Esquinas A J T, P J Gulick (1983) Genetic Resources of Cucurbitaceae. IBPGR. Roma, Italy. 101 p.

Hernández X E (1995) La Milpa de Yucatán, un Sistema de Producción Agrícola Tradicional. Tomo 1. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Estado de México. 306 p.

Kasrawi M A (1995) Diversity in landraces of summer squash from Jordan. Gen. Res. Crop. Evol. 42:223-230.

- Ku N R (1995)** Cambios técnicos en la milpa bajo roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán. In: La Milpa de Yucatán, un Sistema de Producción Agrícola Tradicional. E Hernández (ed). Tomo 2. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas; Montecillos, Estado de México. pp:401-408.
- Lira S R (1985)** Identidad taxonómica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en la Península de Yucatán. *Biótica* 10:301-305.
- Lira S R (1995)** Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitáceas Latinoamericanas de Importancia Económica. In: Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. International Plant Genetic Recourses Institute, Rome, Italy. 281p.
- Meneses M I, C Villanueva, J Sahagún, T Vázquez, L Merrick (2002)** Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza (*C. pepo*) bajo el sistema milpa. *Rev. Chapingo S. Hort.* 8:5-23.
- Merrick L (1995)** Squashes, pumpkins and gourds. In: Evolution of Crop Plants. J Smartt, N W Simmonds (eds). Longman Scientific and Technical. England. pp:97-105.
- Montes H S, L E Eguiarte (2002)** Genetic structure and indirect estimate of gene flow in three taxa of *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*) in western México. *Amer. J. Bot.* 89:1156-1163.
- Nee M (1990)** The domestication of *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*). *Econ. Bot.* 44:56-68.
- Nerson H, H S Paris, E P Paris (2000)** Fruit shape, size and seed yield in *Cucurbita pepo*. *Acta Hort.* 510:227-230.
- Paris H S (1996)** Summer squash: history, diversity, and distribution. *HortTechnology* 6:6-13.
- Paris H S, H Nerson (1998)** Association of seed size and dimensions with fruit shape in *Cucurbita pepo*. In: *Cucurbitaceae 98'* Evaluation and Enhancement of Cucurbit Germplasm. J D McCreight (ed). Pacific Grove, California. pp:230-234.
- Ríos H, O Batista, H Díaz (1994)** Comportamiento de genotipos de calabaza cultivados en la localidad de Batabano. *Cult. Trop.* 15:84-88.
- Ríos H, O Batista, A Fernández (1996)** Características y potencialidades del germoplasma cubano de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). *Cult. Trop.* 17:88-91.
- Ríos H, A Fernández, E Casanova (1998)** Tropical pumpkin (*Cucurbita moschata*) for marginal conditions: breeding for stress interactions. *Plant Gen. Res. Newsl.* 113:4-7.
- Rohlf J F (1998)** NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (Ver. 2.1). Stony Brook, N. Y. USA.
- Sánchez H M A, C Villanueva, J Sahagún, L Merrick (2000)** Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *Stenosperma*). *Rev. Chapingo S. Hort.* 6:221-240.
- SAS Institute, Inc (2000)** SAS User's Guide. Release 8.1. ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Terán S, C H Rasmussen, O May (1998)** Las Plantas de la Milpa entre los Mayas. Fundación Tun Ben Kin A.C. Yucatán, México. 349 p.
- Wilson H D (1989)** Discordant patterns of allozyme and morphological variation in Mexican *Cucurbita*. *Syst. Bot.* 14:612-623.
- Wilson H D, R Lira, I Rodríguez (1994)** Crop/weed gene flow: *Cucurbita argyrosperma* Huber and *C. fraterna* L. H. Bailey. *Econ. Bot.* 48:293-300.
- Whitaker W T, F G Carter (1946)** Critical notes on the origin and domestication of the cultivated species of cucurbita. *Amer. J. Bot.* 33:10-15.
- Whitaker W T, C H Cutler (1965)** Cucurbits and cultures in the Americas. *Econ. Bot.* 19:344-349.
- Whitaker W T, C H Cutler (1971)** Prehistoric cucurbits from the Valley of Oaxaca. *Econ. Bot.* 25:123-127.
- Whitaker W T, R B Knight (1980)** Collecting cultivated and wild cucurbits in México. *Econ. Bot.* 34:312-319.
- Zizumbo V D (1992)** Las calabazas del sistema milpero como recurso genético. In: La Modernización de la Milpa en Yucatán: Utopía o Realidad. D Zizumbo, C H Rasmussen, L Arias, S Terán (eds). CICY, Mérida, Yucatán. pp:161-174.