

## IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES PARA CARACTERIZAR MORFOLOGICAMENTE COLECTAS DE CHILE (*Capsicum* spp.) EN TABASCO, MÉXICO

### Identification of variables for the morphological characterisation of hot peppers (*Capsicum* spp) in Tabasco, Mexico

G Castañón-Nájera ✉, L Latournerie-Moreno, JM Leshner-Gordillo, E de la Cruz-Lázaro, M Mendoza-Elos

(GCN) Laboratorio de Biotecnología Genómica. División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT. 0.5 km. Carretera Villahermosa-Cárdenas, Villahermosa 886134 Tabasco, México. guillermo\_corazon\_valiente@hotmail.com

**Artículo recibido:** 12 de agosto de 2010, **aceptado:** 8 de noviembre de 2010

**RESUMEN.** El presente trabajo se planteó con el objetivo de conocer la diversidad fenotípica de *Capsicum* y determinar mediante el análisis de correlación canónica generalizado (ACCG) con  $m \geq 3$  conjuntos de variables, cuáles de ellas, son más importantes entre y dentro de grupos de variables. Se caracterizaron 40 colectas de *Capsicum* durante el 2006 que se colectaron en el estado de Tabasco durante 2004 y 2005. Para ello se utilizaron 18 descriptores: cuatro de planta, cinco de fruto y nueve de flor. El trabajo se estableció en el vivero de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en Villahermosa, Tabasco, México. Se plantaron 10 plantas por colecta de chile en macetas. La unidad experimental consistió de una planta por maceta. Los resultados mostraron variabilidad para todos los caracteres evaluados. En orden de importancia, las variables de fruto fueron las que presentaron la mayor variabilidad (coeficientes de variación de mayor magnitud), posteriormente las de planta, y finalmente las de flor. El ACCG determinó que las variables altura de planta (conjunto uno), número de flores por axila, forma de la corola y posición de la flor (conjunto tres), fueron las más importantes y que, en el conjunto dos, el ancho del fruto fue importante (por su signo positivo) en su correlación. De acuerdo con los resultados encontrados, se establece que el análisis de correlación canónica generalizado es una metodología útil para determinar la importancia de variables y que existe diversidad en las colectas evaluadas.

**Palabras clave:** Accesiones, correlación canónica, grupos de variables, tipos de chile, variación morfológica.

**ABSTRACT.** The aim of this study was to determine the phenotypical diversity of *Capsicum* and to identify, through a generalised canonical correlation analysis (ACCG) with  $m \geq 3$  sets of variables, which of these are the most important within and among the groups of variables. Forty *Capsicum* samples were harvested in the state of Tabasco in 2004 and 2005, and characterised in 2006. Eighteen descriptors were employed: four for the plants, five for the fruits, and nine for the flowers. The study was established in the plant nursery of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, in Villahermosa, Tabasco, Mexico. Ten plants per type of chili were planted in separate pots. The experimental unit was a single chili plant per pot. The results indicated a variability for all the traits evaluated. In order of importance, the fruit variables presented the greatest variability (the greater variation coefficients), followed by those of the plant, and finally those of the flower. The ACCG determined that the variables plant height (group one), number of axillary flowers, shape of the corolla and position of the flower (group three), were the most important, and that, in group two, the width of the fruit was important (because of its positive sign) in its correlation. The results indicate that the generalised canonical correlation analysis is a useful method to determine the importance of variables, and that there is diversity in the evaluated samples.

**Key words:** Samples, canonical correlation, groups of variables, pepper types, morphological variation.

## INTRODUCCIÓN

Para algunos investigadores el género *Capsicum* se originó en América del Sur y se dispersó por

todo el continente Americano debido a las migraciones precolombinas (Fernández & Russo 2006). Pues a la llegada de los españoles a lo que hoy es América lo observaron creciendo y ser consumido por los

habitantes de este continente. A *Capsicum* se le considera entre los primeros géneros domesticados, ello se basa en evidencias arqueológicas de hace por lo menos 7000 años halladas en Centro-América (Basu & Krishna 2003). Se establece también que *Capsicum* comprende alrededor de 30 especies (Nuez et al. 1996), otros autores mencionan que son entre 20 y 27 especies (Loaiza-Figueroa et al. 1989; Walsh & Hoot 2001; Morán et al. 2004), y algunos más indican que el género comprende entre 20 y 23 especies silvestres, lo cierto es, que son cinco las especies domesticadas de Chile que se encuentran en el mundo (Morán et al. 2004; Milla 2006), las cuales son *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*. La presencia de algunas características compartidas y otras propias en las especies domesticadas, llevan a entender la propuesta de origen monofilético a partir de *C. frutescens* (Davenport 1970), del origen de cada especie a partir de cuatro o cinco progenitores silvestres (Heiser & Pickersgill 1969) o de una línea independiente de evolución para el complejo *annuum-frutescens-chinense* (Eshbaugh 1980).

En México se domesticó *C. annum*, y posiblemente también *C. frutescens*, especies de las que aún hoy día se encuentran poblaciones silvestres con una gran variabilidad morfológica y genética (Hernández-Verdugo et al. 1999). De las cinco especies domesticadas de *Capsicum* destacan *C. annum* y *C. frutescens* como las de mayor superficie cultivada y producción por hectárea.

En investigaciones realizadas en las que se ha estudiado la diversidad morfológica y genética es común medir un gran número de variables (IPGRI-AVRDC-CATIE 1995; Latournerie et al. 2002; Cherran & Indira 2003; Medina et al. 2006; Pardey et al. 2006; Castañón et al. 2008). Esto hace más complicado y costoso el trabajo a realizar, por ello, es preferible aplicar alguno de los métodos multivariados para analizar, interpretar los datos obtenidos e identificar cuáles son las variables de mayor importancia, para que en futuros trabajos de investigación, estas sean las características a medir. De los métodos multivariados que se reportan en la literatura como: Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis Discriminante (AD), Análisis de Conglome-

rados (AC), Análisis de Factores (AF) por ejemplo, se puede aplicar el Análisis de Correlación Canónica (ACC), esta técnica fue desarrollada por Hotelling (1936). El análisis de correlación canónica (ACC) se considera como el modelo general en el que se basan otras técnicas multivariadas, dado que se puede emplear para datos métricos como no métricos, y para variables dependientes como independientes (Hair Jr et al. 1999). Según Ortega (1990), una variante de la Correlación Canónica, es la correlación canónica generalizada (ACCG) que trabaja con tres o más ( $m \geq 3$ ) conjuntos de variables. Caridad & Baigorri (1980), Carroll (1968), presentaron nuevos desarrollos para aplicar el análisis de correlación canónica generalizado con  $m \geq 3$  grupos o conjuntos de variables. En este trabajo se usará sólo uno de los cuatro modelos propuestos por Horst (1961; 1965), por ser presentado el desarrollo metodológico completo en forma sencilla, de fácil comprensión, comparación y comprobación de los resultados. El propósito de este trabajo fue conocer la diversidad fenotípica y determinar mediante la aplicación del análisis de correlación canónica generalizado (ACCG) con  $m \geq 3$  conjunto de variables, cuáles de ellas son más importantes entre grupos como dentro de ellos, y que tan diferentes son los tipos de Chile en Tabasco. La hipótesis a probar es que el conjunto con más variables, será el que aporte más variables en el análisis, y que hay diversidad en el germoplasma de Chile evaluado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio y material genético

El trabajo de investigación se realizó en el vivero de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en Villahermosa, Tabasco, ubicada a 10 msnm, 19° 32' 03" LN, 99° 07' 46" LO, el clima es cálido húmedo Am(f)'(i)g (García 1970), con precipitación y temperatura media anual que varía de 2500 a 3000 mm, y de 24 a 25°C respectivamente. La actividad experimental fue realizada de marzo a noviembre de 2006. El material genético fueron 40 colectas de chiles agrupados en 12 morfotipos (Tabla 1), que se colectaron en jardines

**Tabla 1.** Morfotipos a los que pertenecen las colectas de chile evaluados en el vivero de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México 2006.

**Table 1.** Morphotypes of the chili samples evaluated in the plant nursery of the División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, Mexico 2006.

Tipo racial	Imagen del fruto	Tipo racial	Imagen del fruto
Piquín		Pico paloma blanco	
Serrano		Morrón	
Blanco		Muela	
Garbanzo		Ojo de Cangrejo	
Pico Paloma		Desconocido (Blanco raro)	
Amashito		Habanero	

y/o traspatio de casas en rancherías y poblados, en campo abierto o en cultivos comerciales en Tabasco, México. Al realizar cada colecta se registró el tipo a que pertenece ésta, nombre local dado por los lugareños al material colectado y ubicación geográfica del sitio de colecta. Además, se registró información de algunos caracteres como se establece en el manual de descriptores para chile (IPGRI- AVRDC-CATIE 1995). Cada una de las colectas se sembró en charola de plástico de 96 cavidades, para ello se utilizó como sustrato vermiculita. Las plántulas a los 45 días de edad se trasplantaron a macetas (bolsas de plástico) de 30 cm x 40 cm con suelo de río como sustrato. La unidad experimental fue una maceta con una planta, se tuvieron 10 mace-

tas de cada colecta, el experimento se mantuvo de marzo a septiembre de 2006. El manejo que se le dio al experimento fue el de un cultivo comercial fertilizado con la fórmula 17-17-17, y el control de plagas con las dosis y productos comerciales indicados para la producción de chile en el estado de Tabasco (Mirafuentes 1998). Antes del período de lluvias (marzo a junio) se regó el experimento cada cuatro días aplicando 1 L de agua por maceta. Las plagas que se presentaron durante el desarrollo del experimento fueron la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y la hormiga (*Iridomyrmex humilis*), la primera se controló con Leverage a razón de 15 ml y con 10 ml de Sevin, disueltos en 15 L de agua cada producto. Se midieron 18 variables: cuatro de planta,

**Tabla 2.** Características morfológicas evaluadas en colectas de *Capsicum* de Tabasco, México.  
**Table 2.** Morphological characteristics evaluated in the *Capsicum* samples of Tabasco, Mexico.

	Característica	Clave	Escala de medición
<b>Planta</b>	Altura de la planta	AP	centímetros (cm)
	Diámetro del tallo	DT	centímetros (cm)
	Forma de la hoja	FH	Ordinal: deltoide=1, oval=2, lanceolada=3, alargado-deltoide=4
<b>Fruto</b>	Forma del tallo	FT	Ordinal: cilíndrico=1, angular=2, achatado (aplastado)=3
	Forma del ápice del fruto	FAF	Ordinal: puntudo=1, romo=2, hundido=3, hundido y puntudo=4, otro=5
	Forma del fruto en la unión con el pedicelo	FFUP	Ordinal: agudo=1, obtuso=2, truncado=3, cordado=4, lobulado=5
	Ancho del fruto	AF	centímetros (cm)
	Largo del fruto	LF	centímetros (cm)
<b>Flor</b>	Forma del fruto	FF	Ordinal: alargado=1, casi redondo=2, triangular=3, acampanulado=4, acampanulado y en bloque=5, otro=6
	Número de flores por axila	NFA	Ordinal: uno=1, dos=2, tres o más=3, muchas flores en racimo, pero cada una en axila individual (crecimiento fasciculado)=4, otro (dos flores en la primer axila y con una solamente en la otra)=5
	Posición de la flor	PF	Ordinal: pendiente=3, intermedia=5, erecta=7
	Color de la corola	CC	Ordinal: blanco=1, amarillo claro=2, amarillo=3, amarillo verdoso=4, morado con base blanca=5, blanco con base púrpura=6, blanco con margen púrpura=7, morado=8, otro=9
	Forma de la corola	FC	Ordinal: redonda=1, acampanulada=2, otra=3
	Longitud del cáliz	LC	centímetros (cm)
	Color de las anteras	CA	Ordinal: blanco=1, amarillo=2, azul pálido=3, azul=4, morado=5, otro=6
	Longitud de las anteras	LA	milímetros (mm)
	Color del filamento	CF	Ordinal: blanco=1, amarillo=2, verde=3, azul=4, morado claro=5, morado=6, otro=7
	Longitud del pistilo*	LP	centímetros (cm)

Descriptores y escalas de medición de acuerdo con IPGRI (1995).

\*Descriptor no considerado por IPGRI (1995).

cinco de fruto y nueve de flor (Tabla 2) con base en los descriptores para *Capsicum* spp. propuesto por IPGRI-AVRDC-CATIE (1995).

### Análisis estadísticos utilizados

Con los datos, primero se realizó la prueba de normalidad multivariada (Mardia et al. 1979) con una  $p \leq 0.05$  y una  $\chi^2 = 0.20$ . Luego se procedió a hacer un análisis descriptivo para estimar las medidas de tendencia central (media, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo y el coeficiente de variación), que resumieran la variabilidad generalizada de cada característica evaluada de todas las colectas (Anónimo 2004). Posteriormente, me-

dante el modelo dos (Horst 1961; 1965; Kettenring 1971) se llevó a cabo el análisis de correlación canónica generalizada (ACCG). Para la realización de este análisis se usó MATLAB 7.0 (García de Jalón et al. 2005).

### RESULTADOS

La Prueba de Normalidad Multivariada (PNM) presentó un valor de asimetría (Skewness) de  $B_1 = 251.67$  y de  $B_2 = 402.77$  para la Kurtosis (Aplanamiento de la curva normal). Ambos parámetros señalan que las variables medidas en las colectas se distribuyeron como una normal multivariada.

**Tabla 3.** Valores de tendencia central y dispersión obtenidos con los 40 colectas de *Capsicum* spp. Tabasco, México 2006.  
**Table 3.** Central tendency and dispersion values obtained with the 40 *Capsicum* spp samples. Tabasco, Mexico 2006.

Variable	Valor		Media	Desviación estándar	Varianza	Coeficiente de variación (%)
	Mínimo	Máximo				
Altura de la planta	0.39	1.25	0.75	0.20	0.04	26.30
Diámetro del tallo	0.71	1.90	1.02	0.26	0.07	25.78
Forma de la hoja	1	3	1.68	0.83	0.69	49.47
Forma del tallo	1	3	1.80	0.61	0.37	33.76
Ancho del fruto	0.4	2.7	0.81	0.55	0.3	67.73
Largo del fruto	0.57	5.98	1.55	1.21	1.46	77.87
Forma del fruto	1	5	2.05	1.22	1.48	59.64
Forma del ápice del fruto	1	4	1.93	0.94	0.89	49.05
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	1	5	2.15	1.14	1.31	53.24
Número de flores por axila	1	4	1.20	0.56	0.32	49.99
Posición de la flor	6.45	1.20	3	7	1.43	18.56
Color de la corola	2.63	1.27	1	4	1.63	48.56
Forma de la corola	1	2	1.95	0.22	0.05	11.32
Longitud del cáliz	0.09	0.51	0.16	0.09	0.01	52.85
Color de las anteras	2	5	3.90	0.98	0.96	25.18
Longitud de las anteras	0.10	0.32	0.16	0.05	0	32.66
Color del filamento	1	6	4	2.01	4.05	50.32
Longitud del pistilo	0.10	0.64	0.40	0.11	0.01	28.40

**Tabla 4.** Primer vector de las variables canónicas ( $Z_i$ ).  
**Table 4.** First vector of the canonical variables ( $Z_i$ ).

$Z_1 =$	1.000U <sub>1</sub>	+0.043U <sub>2</sub>	+0.328U <sub>3</sub>	+0.277U <sub>4</sub>					
$Z_2 =$	-0.976U <sub>1</sub>	- 0.333U <sub>2</sub>	+0.110U <sub>3</sub>	+0.424U <sub>4</sub>	+0.171U <sub>5</sub>				
$Z_3 =$	-0.955U <sub>1</sub>	+0.665U <sub>2</sub>	-0.024U <sub>3</sub>	+0.772U <sub>4</sub>	+0.301U <sub>5</sub>	-0.018U <sub>6</sub>	-0.056U <sub>7</sub>	+0.114U <sub>8</sub>	+0.322U <sub>9</sub>

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los valores de tendencia central de las variables medidas en las colectas de chile. Obsérvese que todas las variables evaluadas presentaron amplio rango de variación. En este sentido se encontraron colectas de frutos cortos y largos, anchos y angostos, con una sola flor o varias flores por axila, posición erecta o pendiente de fruto. Los coeficientes de variación más pequeños corresponden a las variables forma de la corola (11.3%) y posición de la flor (18.6%). El resto de variables mostraron coeficientes de variación grandes y los valores de mayor magnitud lo presentaron ancho y largo de fruto con 67.7% y 77.9% respectivamente.

En la Tabla 4 se muestran los vectores  $b_j$  que definen las variables canónicas, con el que se forma el vector de las primeras variables canónicas ( $Z_i$ ), junto con su matriz de correlaciones  $\phi$  (Tabla 5). De acuerdo a lo presentado en la Tabla 5 se obser-

va, que  $-0.939 \phi(2,3)$  es el máximo valor de  $\phi_3$  fuera de la diagonal, que corresponde al límite inferior de  $\rho_{max}$ , en tanto que el límite superior es 0.945 procedente de  $1 - C18(R)$ , donde R significa el número de variables consideradas en la matriz de correlaciones, lo que indica que,  $-0.939 \leq \rho_{max} \leq 0.945$ .

En la Tabla 6 se presentan los valores característicos ( $\lambda_i$ ) y vectores característicos ( $e_i$ ) de  $\phi$ . Si se comparan los valores característicos encontrados, se puede observar que los tres primeros absorben la mayor cantidad de varianza de  $Z_i$ , lo anterior indica que ésta (varianza) se genera por tres factores (uno de cada conjunto), lo que significa que cada conjunto tiene diferente peso en la determinación de los  $Z_i$ . Lo anterior puede comprobarse si se observan los elementos de cada uno de los tres vectores característicos.

En la Tabla 7 se presentan los valores de correlación entre las variables originales y las variables

canónicas dentro de grupos, los cuales quedan de la siguiente forma:

- Para el grupo uno, la variable altura de planta (0.930) presentó el valor de correlación más alta con su variable canónica, lo que significa que tiene gran importancia en la determinación de ésta.
- En el grupo dos, las variables forma del ápice del fruto (-0.852) y forma del fruto en unión con el pedicelo (-0.924), fueron las más importantes, las otras tres variables que formaron este grupo mostraron valores bajos de correlación.
- Para el grupo tres, la posición de la flor y forma de la corola mostraron correlación de 0.748 y 0.675 respectivamente, mientras que las variables color de las anteras y longitud del pistilo fueron las más bajas, aunque positivas 0.117 y 0.167.

**Tabla 5.** Matriz de correlaciones de FI ( $\phi$ ).  
**Table 5.** FI ( $\phi$ ) correlation matrix.

	$\phi_1$		
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	1.000	0.34	0.519
Z <sub>2</sub>	0.34	1.000	0.817
Z <sub>3</sub>	0.519	0.817	1.000
	$\phi_2$		
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	1.000	0.245	0.673
Z <sub>2</sub>	0.245	1.000	0.616
Z <sub>3</sub>	0.673	0.616	1.000
	$\phi_3$		
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	1.000	0.141	-0.249
Z <sub>2</sub>	0.141	1.000	-0.939
Z <sub>3</sub>	-0.249	-0.939	1.000
	$\phi_4$		
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	1.000	-0.291	-0.838
Z <sub>2</sub>	-0.291	1.000	-0.052
Z <sub>3</sub>	-0.838	-0.052	1.000

## DISCUSIÓN

El haber encontrado en esta investigación que las variables evaluadas se distribuyen como una nor-

mal multivariada indica la variación y diferencias morfológicas de las colectas de chile evaluadas en el estudio, resultados similares para germoplasma colectado en Tabasco fue reportado por Castañón et al. (2008). Aunque las especies del género *Capsicum* comparten rasgos comunes, las colectas evaluadas presentan características propias (Tabla 3), entre las cuales se pueden destacar en *C. chinense* el tamaño del fruto y número de flores por axila. Resultados similares fueron reportados por Latournerie et al. (2002) quienes analizaron morfológicamente poblaciones de chile de Yucatán, México y determinaron atributos agromorfológicos tales como la forma del fruto en la unión con el pedicelo, forma del ápice del fruto, forma del fruto, diámetro del fruto y arrugamiento transversal que distinguen a los chiles 'habanero' y 'dulce' del resto de las colectas analizadas. También Medina et al. (2006) en Colombia encontraron resultados similares para la misma especie a la que pertenece habanero. Por otro lado, en *C. annum*, la variable con la que se puede identificar a esta especie es la posición pendiente del fruto, en tanto que en *C. frutescens* es la posición erecta de los frutos.

De acuerdo con los valores máximo y mínimo mostrados en la Tabla 3, se establece que se encontraron colectas con frutos cortos y largos, anchos y angostos, con una sola flor o varias flores por axila, posición erecta y pendiente de fruto. Cherian & Indira (2003) en la evaluación de 26 accesiones de Chile habanero, encontraron que de las variables que más diferencias se observaron fue la altura de la planta, así también el largo del fruto, similar en esta última variable a los resultados encontrados en la presente investigación. Resultados similares a los encontrados en el presente estudio con respecto a los valores de tendencia central lo reportaron Medina et al. (2006), y Pardey et al. (2006) para ají (chile) en las variables número de flores por axila, longitud de las anteras, ancho y largo de fruto. Esta variación morfológica es posible que se deba a caracteres intrínsecos de cada especie tales como la forma y el tamaño del fruto principalmente (Walsh & Hoot 2001; Castañón et al. 2008).

De acuerdo con los valores y vectores característicos (Tabla 6), puede establecerse que el primer

**Tabla 6.** Descomposición en valores singulares de  $\phi$ .  
**Table 6.** Decomposition into singular values of  $\phi$ .

Valores característicos de $\phi$					
Conjunto uno			Conjunto dos		
$\lambda_1 = 2.142$	$\lambda_2 = 0.701$	$\lambda_3 = 0.157$	$\lambda_1 = 2.042$	$\lambda_2 = 0.756$	$\lambda_3 = 0.202$
Vectores característicos de $\phi$					
$\phi_1$			$\phi_2$		
$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_1$	$e_2$	$e_3$
0.472	0.859	0.199	0.547	0.670	0.503
0.602	-0.479	0.640	0.518	-0.742	0.426
0.645	-0.182	-0.743	0.659	0.0280	-0.743
Valores característicos de $\phi$					
Conjunto tres			Conjunto cuatro		
$\lambda_1 = 2.014$	$\lambda_2 = 0.932$	$\lambda_3 = 0.055$	$\lambda_1 = 1.872$	$\lambda_2 = 1.032$	$\lambda_3 = 0.096$
Vectores característicos de $\phi$					
$\phi_3$			$\phi_4$		
$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_1$	$e_2$	$e_3$
-0.263	0.961	0.084	0.713	0.0460	0.700
-0.675	-0.245	0.696	-0.198	-0.944	0.264
0.690	0.126	0.713	-0.673	0.326	0.664

valor característico de cada conjunto cuantificó la mayor cantidad de la varianza de  $Z_i$ , es decir, cada conjunto aportó diferente peso en la determinación de  $Z_i$ . Lo antes señalado, puede comprobarse si se observan los valores característicos  $e_i$ , los cuales presentan elementos con valores extremos en cada conjunto. Los resultados encontrados en esta investigación, discrepan considerablemente con los reportados por Ortega (1990), ello puede deberse a que el estudio de éste, fue realizado en colectas de una sola especie de amaranto, mientras que en nuestro trabajo se realizó en cuatro especies de chile.

El haber encontrado que tres de los valores de correlación, resultaron con signo negativo en el conjunto de variables que formaron el conjunto dos (Tabla 7), es posible que se deba a que todas ellas corresponden a variables relacionadas con el fruto, y que las colectas evaluadas presentaron demasiada variabilidad en dichas características (Tabla 3), siendo el valor de coeficiente de variación más bajo de 49.1 % (forma del ápice del fruto en unión con el pedicelo) y el más alto de 77.9 % (largo del fruto), resultados similares de correlación entre el ancho y largo del fruto fueron reportados por Todorova *et al.* (1999), mientras que Medina *et al.* (2006) en su

trabajo encontraron que la variabilidad del género *Capsicum* se da primero a nivel de características de fruto, seguido de la arquitectura de la planta y finalmente de estructuras florales y número de flores por axila, coincidiendo con lo obtenido en este trabajo.

La mayor correlación por pares ocurre entre los grupos dos y tres, que por la naturaleza de las variables, éstas pertenecen al fruto, por lo que pudiera agruparse todas las variables en un solo grupo, resultados que son semejantes a los reportados por Tavares *et al.* (1999) quienes encontraron que el número total de frutos fue la variable que en el análisis de correlación canónica (ACC) resultó más correlacionada positivamente con el peso total del fruto. Por lo anterior se establece que el análisis de correlación canónica generalizada (ACCG) es una herramienta útil, cuando se tiene un número considerable grande de variables identificadas por grupos o conjuntos, ya que con la aplicación de esta metodología se puede encontrar la relación que existe entre estos conjuntos y la importancia de las variables dentro de cada uno de ellos, además se puede determinar la asociación entre conjuntos. De los resultados obtenidos en el ACCG, se puede elegir a las variables más

**Tabla 7.** Correlación entre variables originales y variables canónicas dentro de grupo.  
**Table 7.** Correlation among original variables and canonical variables within group.

Variables originales	Grupo	Variables canónicas		
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Altura de la planta	1	0.93		
Diámetro del tallo	1	0.308		
Forma de la hoja	1	-0.135		
Forma del tallo	1	0.191		
Ancho del fruto	2		0.158	
Largo del fruto	2		-0.399	
Forma del fruto	2		0.079	
Forma del ápice del fruto	2		-0.852	
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	2		-0.924	
Número de flores por axila	3			-0.176
Posición de la flor	3			0.748
Color de la corola	3			0.446
Forma de la corola	3			0.675
Longitud del cáliz	3			-0.484
Color de las anteras	3			0.117
Longitud de las anteras	3			-0.338
Color del filamento	3			0.442
Longitud del pistilo	3			0.167

importantes y realizar el análisis de correlación canónica simple (ACC) por pares de conjuntos, sin excluir una metodología por la otra. La hipótesis planteada se acepta en forma parcial. Por último, es conveniente actualizar el programa en Fortran presentado por Horst (1965) para aplicar los cuatro modelos en

el ACCG, ya que el MATLAB tiene muchas limitantes, una de ellas es que se deben hacer todas las operaciones matriciales en forma separada, y posteriormente re-arreglar los resultados de éstas para realizar los siguientes pasos del procedimiento estadístico en forma correcta.

## LITERATURA CITADA

- Anónimo (2004) SAS User's guide. Statics. 8th ed. SAS Institute. Cary, N.C. Archivos en CD-ROM.
- Basu KS, Krishna A (2003) *Capsicum*. Medicinal and aromatic plants-Industrial profiles. London: Taylor & Francis. 11 New Fetter Lane, London EC4P4EE. 277 pp.
- Castañón NG, Latournerie ML, Mendoza EM, Vargas LA, Cárdenas MH (2008) Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp) en Tabasco, México. *Phyton Journal International of Experimental Botany*. 77: 189-202.
- Caridad OJM, Baigorri MAJ (1980) Nuevos desarrollos en el análisis canónico generalizado. *Estadística Española*. 89: 15-28.
- Carroll D (1968) Generalization of canonical correlation analysis to three or more sets of variables. *Proceeding, 76th Annual Convention*. APA. 227-228.
- Cherian EV, Indira P (2003) Variability in *Capsicum chinense* Jacq. Germoplasm. *Capsicum and Eggplant Newsletter*. 22: 47-53.
- Danvenport WA (1970) Progress report on the domestication of *Capsicum* (chile peppers) *Proc. Assoc. Americ. Geogr.* 2: 46-47.

- Eshbaugh WH (1980) The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *Phytologia* 47: 153 - 166.
- Fernández MJ, Russo L (2006) Vida picante de amazonas: gran potencial para la micro y mediana empresa. *Revista digital CENIAP hoy* no. 12 septiembre-Diciembre 2006, Maracay, Aragua, Venezuela. 2006. [Documento en línea Fecha de consulta febrero 20 de 2009].
- García E (1970) Modificación al sistema climático de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México, 235 p.
- García de Jalón J, Rodríguez JI, Vidal J (2005). *Aprenda MATLAB 7.0 como si estuviera en primero*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros industriales, Universidad Politécnica de Madrid. [Libro en línea, Madrid, España. 136 p. 2005].
- Hair Jr JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC (1999) *Análisis Multivariante*. 5ta Edición Prentice Hall. pp. 469-488.
- Hernández-Verdugo S, Dávila P, Oyama K (1999) Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Bol. Soc. Bot. México* 64: 65-84.
- Heiser CB, Pickergill B (1969) Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). *Taxon* 18: 227-238.
- Hotelling H (1936) Relations between two sets of variates. *Biometrika* 58: 321-377.
- Horst P (1961) Generalized canonical correlations and their applications to experimental data. *J. Clin. Psychol* 17: 331-347.
- Horst P (1965) *Factor Analysis of Data Matrices*. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York Chicago San Francisco Toronto London, University of Washington. 730 p.
- IPGRI-AVRDC-CATIE (1995) Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales (AVRDC), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). *Descriptores para Capsicum (Capsicum spp)*. 51 p.
- Kettenring JR (1971) Canonical Analysis of Several Set of Variables. *Biometrika* 58: 433-451.
- Latournerie ML, Chávez L, Pérez M, Castañón G, Rodríguez SA, Arias LM, Ramírez P (2002) Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán, México. *Rev. Fitotecnia Méx.* 25: 25-33.
- Loaiza-Figueroa F, Ritland K, Laborde-Cancino JA, Tanksley SD (1989) Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. *Pl. Syst. Evol.* 165: 159-188.
- Mardia KV, Kent JT, Bibby JM (1979) *Multivariate Analysis*. Academic Press. London. 521 p.
- Medina CI, Lobo M, Gómez AF (2006) Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 7: 25-39.
- Milla A (2006) *Capsicum* de capsas, cápsulas el pimiento. *Pimientos, Compendios de Horticultura*. Capítulo 2, pp. 21-31. 2006. Libro en línea. <http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo1.pdf>. [Revisado 03-0-1-2007].
- Mirafuentes HF (1998) *Manual para producir chile en el Estado de Tabasco*. ISPROTAB. INIFAP. Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, Mex. 20 pp.
- Morán BSH, Ribero BM, García FY, Ramírez VP (2004) Patrones isoenzimáticos de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) de Yucatán, México. En Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos. Cali, Colombia. pp. 83-89. J.L. Chávez-Servia, J. Tuxill, D.I. Jarvis (editores).
- Nuez F, Gil R, Costa J (1996) *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Madrid: Mundiprensa. 607 pp.

- Ortega AJ (1990) Análisis de correlación canónica generalizado para  $m \geq q$  3 conjuntos de variables y su aplicación a un estudio de caso. Tesis (Maestro en Ciencias) - Especialista en Estadística Experimental, Colegio de Posgraduados, Chapingo, Edo. de México. 87 pp.
- Pardey RC, García DMA, Vallejo CFA (2006) Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Acta Agronómica* 55: 1-8.
- Tavares M, Tavares de Melo AM, Bueno SW (1999) Efeitos diretos e indiretos e Correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. *Bragantia* 58: 41-47.
- Todorova VY, Pevicharova GT, Todorov YK (2003) Correlation studies for quantitative characters in red pepper cultivars for grinding (*Capsicum annum* L.). *Capsicum and Eggplant Newsletter* 22: 63-66.
- Walsh BM, Hoot SB (2001) Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae), using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast *atpB-rbcL* spacer region and nuclear waxy introns. *International Journal of Plant Sciences* 162: 1409-1418.