

## DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ADECUADO DE PARCELA EXPERIMENTAL EN CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)

### DETERMINATION OF THE PROPER EXPERIMENTAL PLOT SIZE IN PIPIANA SQUASH (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)

Miguel Ángel Sánchez Hernández<sup>1\*</sup>, Apolinar Mejía Contreras<sup>1</sup>, Clemente Villanueva Verduzco<sup>2</sup>,  
Jaime Sahagún Castellanos<sup>2</sup>, César Sánchez Hernández<sup>2</sup> y María Concepción Jiménez Rojas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México- Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. <sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México- Texcoco. 56230, Chapingo, Edo. de México. (Dirección actual: Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril Hidalgo S/N, Ciudad Universitaria. 68400, Loma Bonita, Oaxaca. México. Tel. y Fax: 01 (281) 872-2237.

\* Autor para correspondencia (mangelsan@hotmail.com)

#### RESUMEN

El tamaño de parcela que se usa en calabaza procede de experiencias de investigadores, por lo que se considera que incrementa el error experimental y aumenta los costos de la investigación. En la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) es necesario definir el tamaño de parcela adecuado para realizar trabajos de investigación con mayor eficiencia. En el estudio se pretende estimar un tamaño de parcela estadísticamente apropiado con el fin de obtener un menor coeficiente de variación (CV, %) para cada carácter estudiado. Los experimentos se establecieron durante el 2001 en los campos San Martín y San Juan de Chapingo, México. En el sistema milpa, se sembró el quinto ciclo de selección de una variedad de calabaza en dos densidades de población y se probaron cinco tamaños de parcela (2.16, 4.32, 6.48, 8.64 y 21.60 m<sup>2</sup>). La información obtenida indica que la variabilidad entre parcelas disminuyó al aumentar el tamaño de 2.16 a 21.60 m<sup>2</sup>. La localidad San Martín presentó CV más altos que San Juan, en: peso, longitud y ancho de semilla, longitud de fruto, grosor y sabor de pulpa. La densidad de siembra de 9 260 plantas/ha, en promedio de dos localidades y en los diez caracteres estudiados, registró mayor variación, que la densidad de 13 890 plantas/ha. Los distintos tamaños de parcela conformados con matas de tres plantas fueron más eficientes para disminuir el CV que las de sólo dos plantas. De acuerdo con los diferentes análisis realizados (combinado, por localidad en promedio de densidades y por densidad en promedio de localidades) se sugiere utilizar una parcela experimental de 6.48 m<sup>2</sup> y cuatro matas de tres plantas para realizar ensayos de evaluación de calabaza pipiana.

**Palabras clave:** *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*, parcela experimental, coeficiente de variación, densidades de población.

#### SUMMARY

Considering that there is not information about the optimum plot size to evaluate pipiana squash genotypes, different plot sizes were evaluated in order to decrease the variation coefficient (CV, %). The experiments were conducted at the Universidad Autónoma Chapingo,

México during 2001. Five plot sizes were evaluated (2.16, 4.32, 6.48, 8.64 and 21.60 m<sup>2</sup>). The obtained information indicated that the variability among plots was reduced as the plot size increased from 2.16 to 21.60 m<sup>2</sup>. San Martín location presented highest CV than San Juan in the characters: weight, length and width of seed, fruit length, thickness and flesh flavor. Plant density of 9 260 plants/hectare in the average of two locations, registered the highest variation in all characters studied, compared to the density of 13 890 plants/hectare. The different plot sizes conformed with hills of three plants were more efficient to diminish the CV than those of two plants. According with the different analyses performed for locations in average of densities, and for density on the average of locations it will be used an experimental plot size of 6.48 m<sup>2</sup> and four hills with three plants per hill for evaluation studies.

**Index words:** *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*, Plot size, Variation coefficient, Plant density.

#### INTRODUCCIÓN

La calabaza (*Cucurbita* spp.), que se utiliza como hortaliza o fruto maduro, prospera en muchas regiones del mundo y en América se distribuye desde Estados Unidos hasta Argentina. Los primeros pobladores aprovecharon sólo las semillas de sus frutos porque la pulpa era dura, fibrosa y a menudo bastante amarga. Tuvieron que pasar muchos años de selección, efectuadas por diferentes civilizaciones, para eliminar lo amargo de la pulpa e incrementar el tamaño de frutos y semillas (Nerson *et al.*, 2000). Hoy día su consumo se ha generalizado porque las semillas son ricas en proteína (32 a 40 %), aceite vegetal (40 a 50 %) y vitamina E; además, su pulpa es rica en carbohidratos, fibra soluble y provitamina A (Vining y Loy, 1998; Brown y Myers, 2002).

Aunque la calabaza pipiana (*C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) es de importancia alimenticia, las compañías productoras de semillas tienen poco interés en la producción de variedades de polinización abierta, a menos que exista un cierto incentivo para mantener y producir dichas variedades, por lo que se enfocan a producir semillas híbridas, en su mayoría para verdura (*C. pepo* L.), de alta calidad por su gran potencial de producción, amplia adaptación y madurez temprana (Carle *et al.*, 2000).

Para obtener materiales de calabaza más eficientes, y con mayor rendimiento de fruto y semilla, en los programas de mejoramiento genético actualmente se busca una correcta diferenciación entre variedades, la cual se basa en una estimación del comportamiento de los genotipos, que a su vez depende del control de la variación espacial entre parcelas. La variación espacial involucra muchos factores, entre los que se pueden mencionar humedad edáfica, pH, estructura del suelo e incidencia de maleza (Wu y Dutilleul, 1999). A lo anterior se debe agregar una correcta elección del número de repeticiones a utilizar en los experimentos de campo, ya que en la práctica dicha elección es guiada típicamente por la experiencia del investigador (Gauch y Zobel, 1996).

La determinación del tamaño de la unidad experimental tiene dos fines fundamentales: reducir la magnitud del error experimental y ahorrar semilla, espacio, recursos económicos y trabajo en comparación con tamaños de parcela grandes e innecesarios (Muñoz, 1973). Ante la necesidad de incrementar la eficiencia de los experimentos de campo, se generaron diferentes métodos para determinar el tamaño adecuado de la parcela experimental basados en ensayos en blanco. Algunos métodos que se basan en datos de ensayos en blanco son el de curvatura máxima (Lessman y Atkins, 1963; Sethi, 1985; Smith, 1938; Keller, 1949) y el de superficie de respuesta (Pablos y Castillo, 1976); otros métodos son variantes de los anteriores.

En calabaza pipiana no se conocen estudios sobre tamaño de parcela. Debido a que las plantas del género *Cucurbita* se establecen en matas, según Powell *et al.* (1993), los criterios principales que determinan la unidad experimental y con ello la densidad de siembra, son: espacio dentro de surcos, número de plantas por mata, distancia entre surcos. En calabacita (*C. pepo* L.) se recomiendan espacios de 0.60 a 1.20 m dentro de surcos y de 0.90 a 1.50 m entre surcos aunque también se puede establecer de 0.50 a 0.60 m dentro de surcos y 0.60 a 0.80 m entre surcos. En *C. pepo* las densidades de población altas (de 3 a 6 plantas/m<sup>2</sup>) producen los mayores rendimientos totales con una calidad muy aceptable para las exigencias del mercado (Yilmaz y Gebologlu, 2002).

En pepino (*Cucumis sativus* L.) para mercado en fresco, Smith y Lower (1978) compararon parcelas básicas de 25 plantas y 3.6 m de longitud (54 700 plantas/ha), y estimaron un tamaño óptimo de parcela de 8.8 a 9.8 m<sup>2</sup>. Wehner (1989) en pepino para encurtido, utilizó parcelas básicas de 1.5 m de largo y 15 plantas por parcela (61 750 plantas/ha) y calculó un tamaño óptimo de 1.5 a 5.6 m<sup>2</sup> para cosecha. En papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Lowker' se determinó un tamaño de parcela de 7.2 m<sup>2</sup> con 16 hileras de 1 m de longitud y 0.45 m entre hileras (Bhatt *et al.*, 1998). En el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) el tamaño de parcela más adecuado fue de 5.0 a 6.0 m<sup>2</sup> (Singh, 1989). Vallejo y Mendoza (1992) encontraron que en camote (*Ipomoea batatas* Lam) el mejor tamaño de parcela varió desde 5 hasta 18 m<sup>2</sup>, según la prueba usada (método de curvatura máxima, comparación de varianzas), y de acuerdo con el método de Hatheway (1961) recomendaron utilizar cuatro repeticiones para hacer investigación en esta hortaliza.

Para cebolla (*Allium cepa* L.) se sugiere utilizar 48 plantas por parcela y tres repeticiones aunque en este mismo cultivo se ha reportado también un tamaño de parcela de 0.75 x 4.5 m (3.37 m<sup>2</sup>) con 0.15 m entre hileras y 0.1 m entre plantas, lo que se traduce en un total de 225 plantas por parcela experimental (Boyhan *et al.*, 2003).

En el presente estudio se determinó, para diez caracteres de calabaza pipiana evaluada en dos densidades de población y dos ambientes, un tamaño adecuado de parcela para efectos de evaluación de genotipos. Se postuló que existe un tamaño de parcela de magnitud baja a intermedia que permite ahorrar recursos y bajar el coeficiente de variación por carácter.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y caracterización del sitio experimental

El experimento se hizo durante el 2001 en dos lotes del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a los 19° 29' LN, 98° 53' LO y una altitud de 2240 m. El clima de la región es templado subhúmedo con un porcentaje de precipitación invernal inferior a 5 %, con poca oscilación térmica y marcha diaria de la temperatura tipo Ganges; en el mes de enero ocurre la temperatura media mensual más fría (11.8 °C) y en mayo la más cálida (17.9 °C). La precipitación promedio es alrededor de 636 mm por año. De junio a septiembre ocurren las lluvias más abundantes (García, 1988). El suelo del lote San Martín (Lote SM-8) es franco arcillo limoso con pH de 7, contenido de materia orgánica de 2 %, y 0.1 % de nitrógeno total; su contenido de fósforo (Olsen) es de

13.54 mg kg<sup>-1</sup>; su conductividad eléctrica es 0.48 ds m<sup>-1</sup>; la humedad del suelo a capacidad de campo es de 22.3 % y a punto de marchitez permanente de 11.8 % (Ramos, 2000). El suelo del lote San Juan (Lote SJ-49) es franco arenoso, pH de 7.6 y 0.9 % de materia orgánica, de la cual 0.15 % es nitrógeno total; su contenido de fósforo oscila entre 10 mg kg<sup>-1</sup> y de potasio entre 0.3 cmol kg<sup>-1</sup>; la conductividad eléctrica es de 0.11 ds m<sup>-1</sup>, y contiene 23.3 cmol kg<sup>-1</sup> de calcio (Contreras y Pérez, 1998).

### Material vegetal

La población de calabaza pipiana que se utilizó en el estudio, provino del quinto ciclo de selección de una variedad sembrada en condiciones de temporal o secano en el estado de Morelos. La metodología empleada para la colecta y selección de frutos que constituyeron la población base para su mejoramiento *in situ*, mediante selección familiar combinada de medios hermanos maternos (SFCMHM), fue hecha por Sánchez *et al.* (2000).

### Establecimiento en campo

Los experimentos se establecieron durante el ciclo primavera-verano del 2001, los días 4 (Lote San Martín 8) y 10 (Lote San Juan 49) de marzo en condiciones de riego. En cada experimento se trazaron cuatro franjas de 60 m de ancho, 12 m de largo y una separación entre franjas de 2 m, en las que se establecieron 60 familias de medios hermanos maternos (FMHM) en dos densidades de población. Las familias de calabaza se intercalaron con surcos de maíz (*Zea mays* L.) híbrido (H-135, a 50 000 plantas/ha), el cual se estableció en surcos separados por 1.8 m, con una separación entre matas de 0.3 m y tres plantas por mata. El sistema quedó integrado por un surco de maíz y uno de calabaza; cada surco de calabaza fue una familia de medios hermanos maternos (FMHM) con una longitud de 12 m, un ancho de 1.8 m y una distancia entre matas de 1.2 m.

### Diseño experimental y de tratamientos

El diseño experimental que se adaptó para el análisis de la información fue bloques al azar, en el cual las 60 familias fueron los tratamientos y cada mata una repetición (once por familia). Ello permitió calcular diferentes tamaños de parcela. La unidad experimental fue una mata de tres (densidad uno; 13 890 plantas/ha) y dos plantas (densidad dos; 9 260 plantas/ha). El diseño experimental presentó la particularidad de que las familias y las densidades no fueron dispuestas en un orden aleatorio sino sistemático, debido a las complicaciones que se generan en la toma de datos por el hábito rastrojero de la planta, entrecruzamiento natural de guías, y por la demanda de terreno y de

recursos económicos y humanos que conllevaría establecer el experimento como lo establecen de manera formal los diseños experimentales. Con los supuestos anteriores en mente, se consideró un modelo con los siguientes criterios de clasificación: familias, bloques y densidades de población.

#### Tamaño de parcela

Para calcular el tamaño adecuado de parcela se tomó como base el cambio en el coeficiente de variación (CV) en cada carácter; los tamaños de parcela utilizados fueron los que resultaron de conformar dichas parcelas con matas tomadas en arreglos de dos (2.16 m<sup>2</sup>), tres (4.32 m<sup>2</sup>), cuatro (6.48 m<sup>2</sup>), cinco (8.64 m<sup>2</sup>) y once matas (21.60 m<sup>2</sup>) por familia, respectivamente, para cada una de las dos densidades y las dos localidades. Tales tamaños de parcela se trazaron al considerar un surco de calabaza intercalado con maíz. Este último con distinto número de matas, cada mata con tres plantas de maíz y con una separación de 0.3 m, según el arreglo de parcela en cuestión y con una distancia entre surcos de 0.9 m. Las parcelas así formadas se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Diferentes tamaños de parcela estudiados en calabaza pipiana (*C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) en asociación con maíz. Chapingo, Méx., 2001.

Tamaño de parcela (m <sup>2</sup> )	Número de matas por parcela	
	Calabaza	Maíz
2.16	2	4
4.32	3	8
6.48	4	12
8.64	5	16
21.60	11	40

### Caracteres estudiados

El peso de cada fruto (PFR, g) se determinó en una balanza; el de la semilla (PSE, g) se cuantificó en la extraída de cada uno de los frutos anteriores; el grosor de pulpa (GPU, cm), largo y ancho de fruto (LFR y AFR, cm) al igual que ancho y longitud de semilla (ASE y LSE, cm), se determinaron con una regla graduada en una muestra aleatoria de 10 semillas; el grosor de pedúnculo (GPE, cm) se midió con un vernier. El color de pulpa (CPU) de todos los frutos de cada población se calificó con la escala: 1 = anaranjado intenso, 2 = amarillo intenso, 3 = amarillo, 4 = amarillo pálido, 5 = amarillo verdoso, 6 = verde pálido. Para sabor de pulpa (SPU) se degustó un pedazo de pulpa de cada uno de los frutos y se calificó conforme a la escala: 1 = insípido, 2 = medio agrio, 3 = agrio, 4 = dulce, y 5 = muy dulce). En maíz se midió: altura de planta (AP) y altura a la mazorca (AMZ) en metros; mazorcas por hectárea (MZH), humedad del grano (HUM), maíz sano (MS) y dañado (MD) en porcentaje; el rendimiento por parcela en kilogramos (RP) y por hectárea (RHA) en toneladas.

**Análisis estadístico**

El análisis conjunto de la información para probar las hipótesis propuestas se realizó con un modelo para la evaluación de *f* familias (*F*), en *l* localidades (*L*), *d* densidades (*D*) y *r* repeticiones en cada localidad (*R/L*) para datos por planta (*P*):  $Y_{ijkp} = \mu + L_i + R_{r(i)} + F_j + D_k + (DF)_{kj} + (LF)_{ij} + (LD)_{ik} + (LFD)_{ijk} + E_{ijkr} + W_{(ijk)p}$ . En este modelo:  $\mu$  es la media general,  $L_i$  es el efecto de la *i*-ésima localidad,  $R_{r(i)}$  es el efecto de la *r*-ésima repetición dentro de la *i*-ésima localidad,  $F_j$  es el efecto de la *j*-ésima familia,  $D_k$  es el efecto de la *k*-ésima densidad,  $(DF)_{kj}$  es el efecto de la interacción entre densidades y familias,  $(LF)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre localidades y familias,  $(LD)_{ik}$  es el efecto de la interacción entre localidades y densidades,  $(LFD)_{ijk}$  es el efecto de la interacción entre localidades, familias y densidades,  $E_{ijkr}$  es el efecto del error parcelar, y  $W_{(ijk)p}$  representa el efecto del error intraparcelar (Cuadro 2).

El análisis de varianza por localidad se realizó con base en el modelo:  $Y_{ijrp} = \mu + R_r + D_i + F_j + (DF)_{ij} + E_{ijr} + W_{(ijr)p}$ , donde:  $Y_{ijrp}$  es el valor observado de la planta *p* en la *r*-ésima repetición de la *j*-ésima familia en la *i*-ésima densidad,  $\mu$  es la media general,  $R_r$  es el efecto de la *r*-ésima repetición,  $D_i$  es el efecto de la *i*-ésima densidad,  $F_j$  es el efecto de la *j*-ésima familia,  $(DF)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre la densidad *i* y el efecto de la familia *j*,  $E_{ijr}$  es el efecto del error de la parcela y  $W_{(ijr)p}$  es el efecto del error intraparcelar (Cuadro 3).

Con base en este modelo se estimaron los coeficientes de variación de dos maneras: a) por localidad en promedio de densidades y b) por densidad en promedio de localidades, ambas con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1989).

*Cuadro 2. Forma del análisis de varianza en calabaza pipiana (C. argyrosperma Huber var. stenosperma) para l localidades (L), r repeticiones (R), f familias (F), d densidades (D) y p plantas (P) por repetición por familia. Análisis combinado de dos localidades y dos densidades. Chapingo, Méx., 2001.*

FV	GL	CM	PCM	E(CM)	Fc(Ho: $\sigma^2_{FV}=0$ )
	1 1-1	M <sub>1</sub>	PCM <sub>1</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pdr\sigma_{df}^2 + pfrd\sigma_i^2$	M <sub>1</sub> +M <sub>9</sub> / M <sub>6</sub> +M <sub>8</sub>
<b>L</b>					
R/L	20 1 (r-1)	M <sub>2</sub>	PCM <sub>2</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pfd\sigma_{r/l}^2$	M <sub>2</sub> /M <sub>9</sub>
F	59 f-1	M <sub>3</sub>	PCM <sub>3</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pdr\sigma_{df}^2 + prld\sigma_f^2$	M <sub>3</sub> /M <sub>6</sub>
D	1 d-1	M <sub>4</sub>	PCM <sub>4</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{fd}^2 + pfr\sigma_{id}^2 + plrf\sum k^2$	M <sub>4</sub> /M <sub>7</sub>
FxD	59 (f-1)(d-1)	M <sub>5</sub>	PCM <sub>5</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{fd}^2 + plr\sigma_{id}^2$	M <sub>5</sub> /M <sub>8</sub>
LxF	59 (l-1) (f-1)	M <sub>6</sub>	PCM <sub>6</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pdr\sigma_{df}^2$	M <sub>6</sub> /M <sub>9</sub>
LxD	1 (l-1) (d-1)	M <sub>7</sub>	PCM <sub>7</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{fd}^2 + pfr\sigma_{id}^2$	M <sub>7</sub> /M <sub>8</sub>
LxFxD	59 (l-1)(f-1)(d-1)	M <sub>8</sub>	PCM <sub>8</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{fd}^2$	M <sub>8</sub> /M <sub>9</sub>
E	2380 [(r-1)l] [(df-1)]	M <sub>9</sub>	PCM <sub>9</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2$	
W	3960 [ $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_r (P_{ijkp} - 1)$ ]	M <sub>10</sub>	PCM <sub>10</sub>	$\sigma_w^2$	
Total	6599 $\sum P_{ijkp} - 1$				

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; PCM = Productos cruzados medios (para el caso de las correlaciones entre dos variables); E(CM) = Esperanzas de cuadrados medios con localidades, familias y repeticiones como factores aleatorios y densidades como factor fijo; E = Error parcelar; W = Error intraparcelar; Fc = Cálculo de F para la hipótesis de que la varianza o pseudovarianza ( $\sum \sum k^2$ ) de la fuente de variación ( $\sigma^2_{FV}$ ) es igual a cero;  $P_{ijkp}$  = Número de plantas en la parcela (*ijk*)*p*.

*Cuadro 3. Forma del análisis de varianza en calabaza pipiana (C. argyrosperma Huber var. stenosperma) para f familias (F), d densidades (D), r repeticiones (R) y p plantas (P) por repetición por familia en una localidad. Chapingo, Méx., 2001.*

FV	GL	CM	PCM	E(CM)	Fc(Ho: $\sigma^2_{FV}=0$ )
R	10 r-1				
D	1 d-1	M <sub>1</sub>	PCM <sub>1</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{df}^2 + pfr\sum i^2$	M <sub>1</sub> /M <sub>3</sub>
F	59 f-1	M <sub>2</sub>	PCM <sub>2</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + prd\sigma_f^2$	M <sub>2</sub> /M <sub>4</sub>
DxF	59 (d-1)(f-1)	M <sub>3</sub>	PCM <sub>3</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2 + pr\sigma_{df}^2$	M <sub>3</sub> /M <sub>4</sub>
E	1190 (r-1)(df-1)	M <sub>4</sub>	PCM <sub>4</sub>	$\sigma_w^2 + p\sigma_e^2$	
W	1980 [ $\sum_i \sum_j \sum_r (P_{ijrp} - 1)$ ]	M <sub>5</sub>	PCM <sub>5</sub>	$\sigma_w^2$	
Total	3299 $\sum_i \sum_j \sum_r P_{ijrp} - 1$				

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; PCM = Productos cruzados medios (para el caso de las correlaciones entre dos variables); E(CM) = Esperanzas de cuadrados medios con repeticiones y familias como factores aleatorios y densidades como factor fijo; E = Error parcelar; W = Error intraparcelar; Fc = Cálculo de F para la hipótesis de que la varianza o pseudovarianza ( $\sum \sum i^2$ ) de la fuente de variación ( $\sigma^2_{FV}$ ) es igual a cero;  $P_{ijrp}$  = Número de plantas en la parcela *ijrp*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para el análisis conjunto disminuyeron conforme se incrementó el tamaño de la parcela experimental de 2.16 hasta 21.60 m<sup>2</sup>. Dicha disminución fue más marcada en peso de semilla (PSE con CV = 40 % en promedio de tamaños de parcela), peso de fruto (PFR con CV = 28 % en promedio), y en otros caracteres como longitud (LFR), ancho de fruto (AFR), y longitud de semilla (LSE) (Figura 1). Esta información es diferente de la reportada por Vildozola (1998)<sup>1</sup> quien al estudiar el efecto de la selección masal participativa *in situ* en calabaza pipiana (*C. argyrosperma*) en Achichipico, Morelos, encontró coeficientes de variación superiores a 50 % en los caracteres peso de fruto (PFR) y de semilla (PSE), lo que sugiere que tal comportamiento se debió a que tanto PFR como PSE son los componentes del rendimiento más complejos en calabaza pipiana.

La tendencia del CV en este estudio mostró un comportamiento más lineal en grosor de pulpa (GPU), grosor de pedúnculo (GPE), color (CPU) y sabor de pulpa (SPU) en los diferentes tamaños de parcela (Figura 1). Según Ríos *et al.* (1996), una alta variabilidad intraespecífica en calabaza puede estar asociada con la incidencia de las diferentes culturas que han influido en las variaciones de los recursos fitogenéticos, en la que se incluye a los grupos étnicos, ya que las especies del género *Cucurbita* se han desarrollado en América desde tiempos precolombinos, este mismo autor argumenta que esta hortaliza posee un alto índice de alogamia y su propagación es fundamentalmente sexual, lo que favorece la manifestación de la heterocigosis y la segregación de caracteres.

En las parcelas de 6.48 y 8.64 m<sup>2</sup> se alcanzó la máxima curvatura para la mayoría de los caracteres que presentaron una tendencia curvilínea (Figura 1). Dichas unidades experimentales son muy semejantes a las utilizadas por Ríos *et al.* (1994) quienes en *Cucurbita moschata* Duch usaron parcelas de 7 m<sup>2</sup>, aunque dichas parcelas sólo contenían dos plantas. Pero los tamaños de parcela mencionados son mayores a los reportados en pepino (*Cucumis sativus* L.) para encurtido, donde con parcelas básicas de 1.5 m de largo y 15 plantas por parcela (61 750 plantas/ha) se calculó un tamaño óptimo de parcela de 1.5 a 5.6 m<sup>2</sup> para cosecha (Wehner, 1989).

Los coeficientes de variación detectados por localidad fueron mayores en San Martín que en San Juan en seis de diez caracteres estudiados, que son: peso (PSE), longitud (LSE) y ancho de semilla (ASE), longitud de fruto (LFR), grosor (GPU) y sabor de pulpa (SPU) (Figura 2); ello se atribuye al sistema milpa en el que se realizó el presente estudio, ya que en San Martín se favoreció menos la producción de calabaza y más el rendimiento de maíz (3.25 t ha<sup>-1</sup>) que en San Juan (1.46 t ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 4). El mayor rendimiento de calabaza en San Juan podría deberse a que hubo una mayor entrada de luz que dejó pasar el maíz, porque la altura de planta fue de 1.72 m, mientras que en San Martín fue de 2.47 m (Cuadro 4). La diferencia en tamaño de planta de maíz se atribuye a diferencias en fertilidad del suelo; ya que en San Juan se reporta sólo 0.9 % de materia orgánica (Contreras y Pérez, 1998), comparada con San Martín que alcanzó 2 % (Ramos, 2000).

Cuadro 4. Valores promedio de ocho caracteres en el híbrido de maíz H-135 para las localidades San Martín, San Juan y el combinado de las anteriores. Chapingo, Méx., 2001.

Carácter <sup>†</sup>	San Martín	San Juan	Combinado
AP	2.47	1.72	2.10
AMZ	1.38	1.02	1.20
MZH	32725	20986	26855
HUM	34.14	32.83	33.48
MS	47.00	65.00	56.00
MD	53.00	35.00	44.00
RP	7.01	3.14	5.08
RHA	3.25	1.46	2.36

<sup>†</sup>AP = Altura de planta (m); AMZ = Altura a la mazorca (m); MZH = Mazorcas por hectárea; HUM = Humedad del grano (%); MS = Maíz sano (%); MD = Maíz dañado o podrido (%); RP = Rendimiento por parcela (kg); RHA = Rendimiento por hectárea (toneladas). Nota = La densidad de maíz fue de 50 000 plantas por hectárea en cada localidad.

Mediante una simple inspección se puede apreciar que el punto de inflexión (Figura 2) se ubicó en el tamaño de parcela de 6.48 m<sup>2</sup>. Esto es consistente con lo reportado por Metwally *et al.* (1998) para *Cucurbita pepo* L., sembradas con 20 plantas por parcela de 6 m<sup>2</sup>. Aún así, la superficie de terreno es menor a la reportada en otros cultivos como soya (*Glycine max* L.) donde Brim y Mason (1959) obtuvieron un índice de heterogeneidad del suelo de 0.529 y con esa base se determinó que la parcela experimental óptima en ese cultivo era de 8 m<sup>2</sup>. En cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) se encontró que la parcela de 1.2 m de ancho por 6.10 de largo era la ideal para realizar investigaciones en la especie (Wiedemann y Leininger, 1963).

En el análisis de resultados por densidad en promedio de localidades (Figura 3) se encontró que los coeficientes de variación fueron más altos en la densidad de siembras dos (9 260 plantas/ha) que en la densidad de siembra uno (13 890 plantas/ha) para los diez caracteres estudiados, lo que indica que los tamaños de parcela formados con tres plantas por mata fueron más eficientes que los de dos

<sup>1</sup> Vildozola T., J.L., (1998). Caracterización y selección *in situ* de una población de Calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) en Achichipico Morelos. Tesis de Licenciatura, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 62 p.

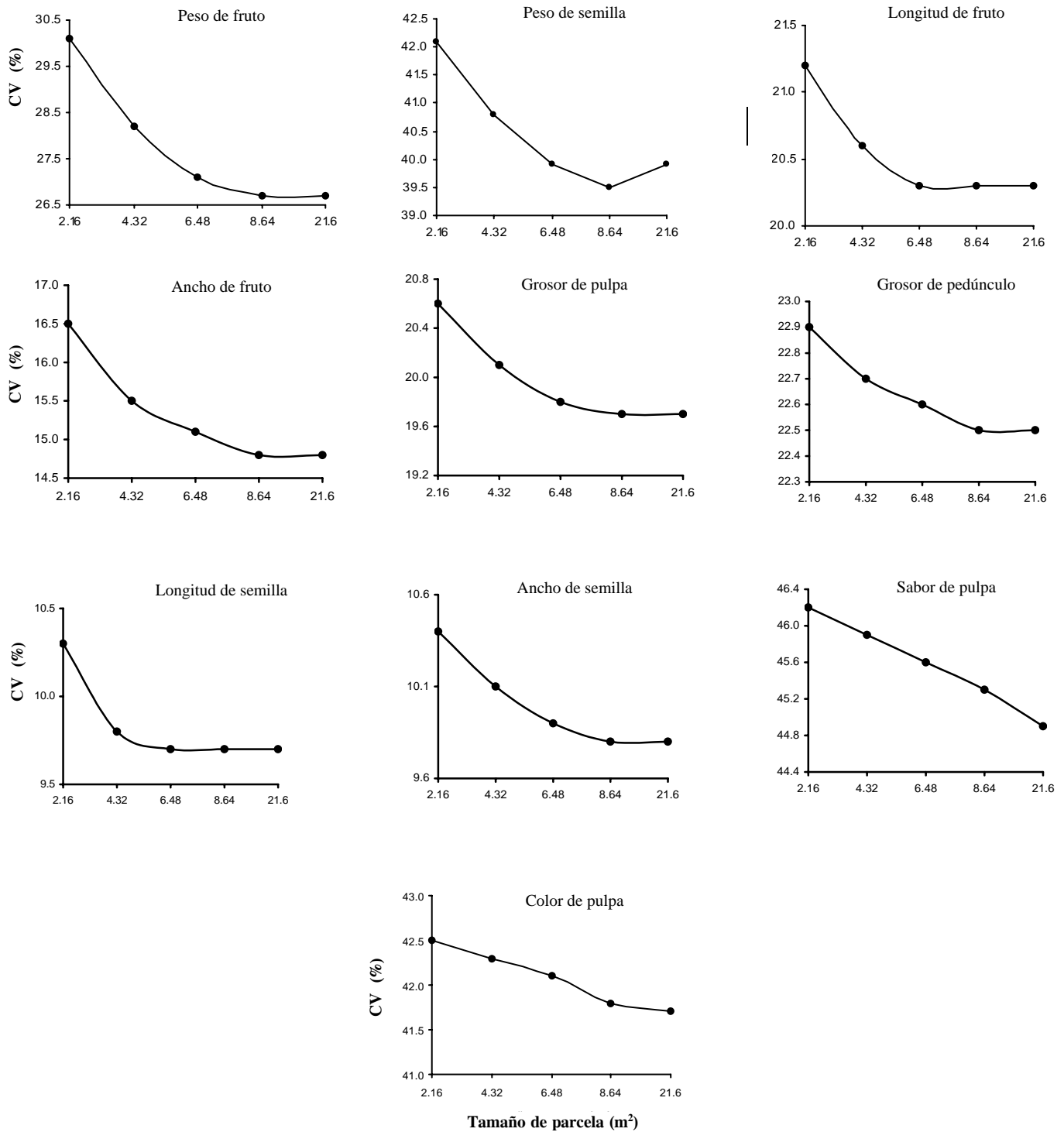


Figura 1. Coeficiente de variación (CV, %) en función del tamaño de parcela (m²) de diez caracteres de calabaza pipiana, en promedio de dos localidades y dos densidades de siembra. Chapingo, Méx., 2001.

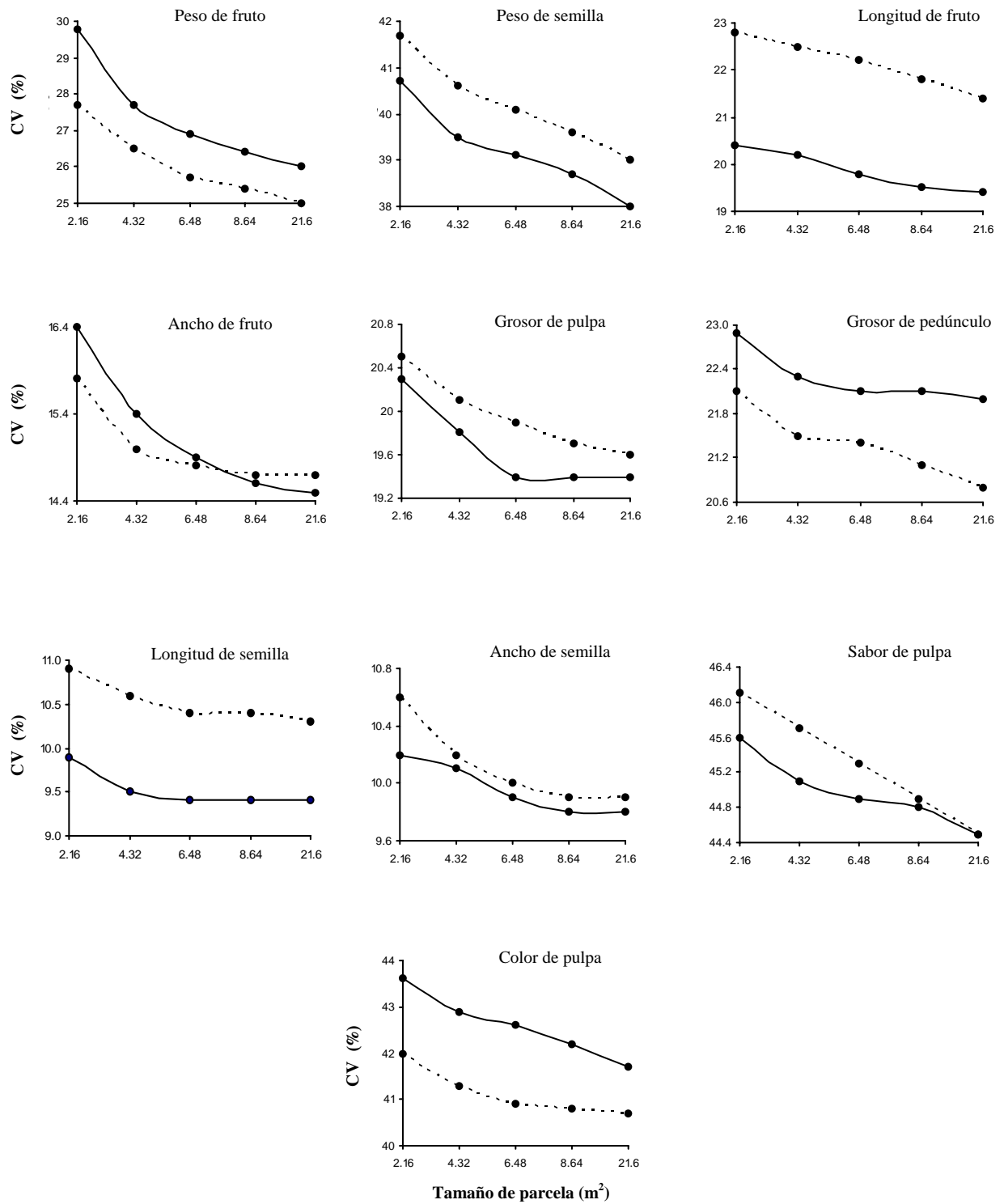


Figura 2. Coeficiente de variación (CV, %) de diez caracteres de calabaza pipiana en dos localidades: San Juan (SJ, —) y San Martín (SM, - - - -), y en promedio de dos densidades de siembra. Chapingo, Méx., 2001.

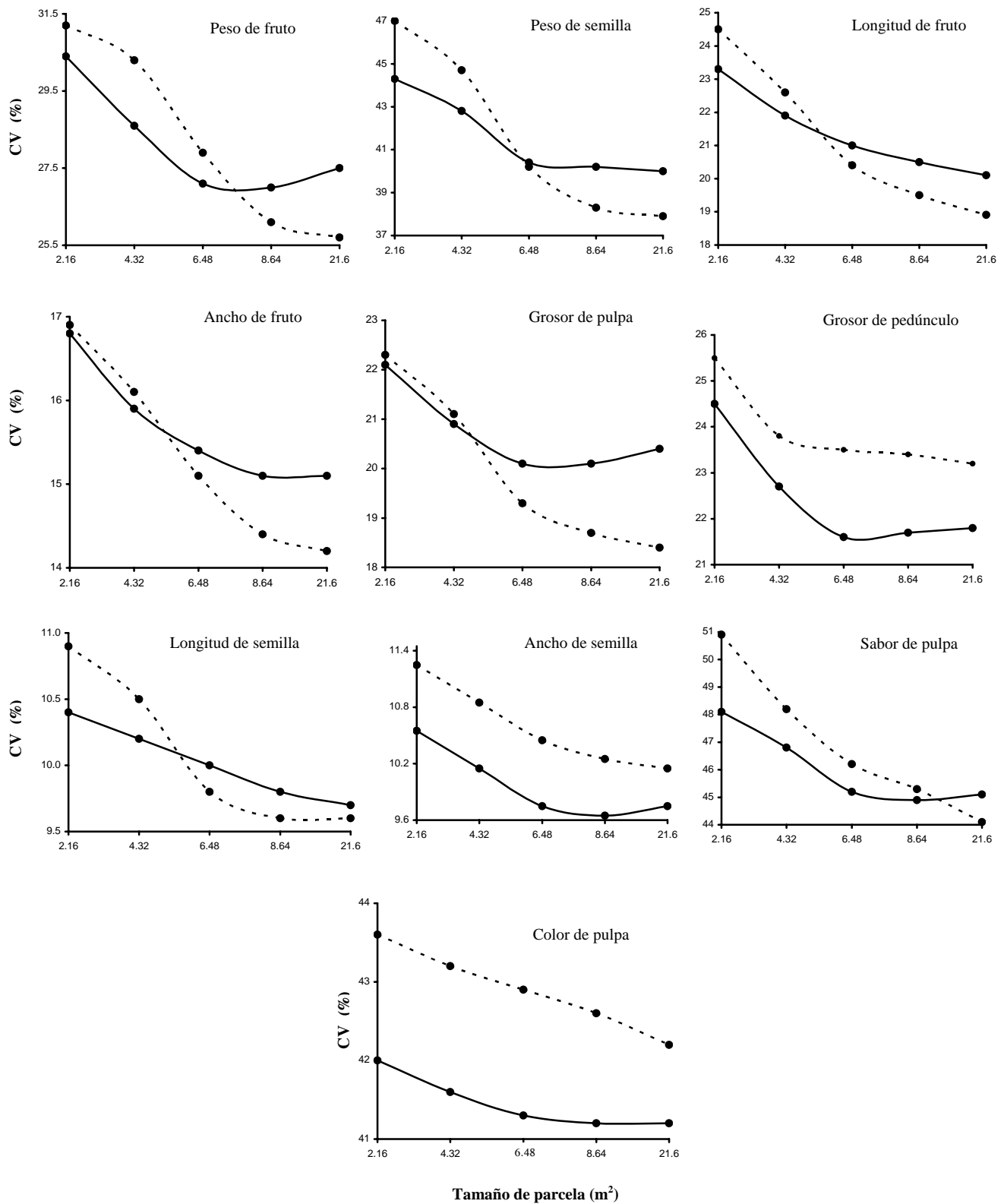


Figura 3. Coeficiente de variación (CV %) en función del tamaño de parcela (m²) de diez caracteres de calabaza pipiana, en dos densidades de siembra (D1, — y D2, - - - - -), en promedio de dos localidades (San Juan y San Martín). Chapingo, Méx., 2001.



plantas para disminuir el coeficiente de variación. En chilacayote del tipo fino (*Cucurbita ficifolia* Bouché) se investigó el efecto de la densidad de siembra y fecha de plantación sobre la distribución y producción de fruto y se encontró que de tres densidades probadas (333, 528 y 1650 plantas/ha), la más alta proporcionó el rendimiento más elevado de fruto inmaduro, con 27.7, 31.9 y 53.0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Valdez *et al.*, 1998).

Para densidades, en el análisis conjunto y por localidad, los tamaños de parcela que más redujeron el coeficiente de variación fueron los de 6.48 (cuatro matas de calabaza por surco) y 8.64 m<sup>2</sup> (cinco matas por surco) y los valores más altos y más bajos de dicho coeficiente se tuvieron en los tamaños de parcela de 2.16 (dos matas) y 21.60 m<sup>2</sup> (once matas de calabaza por surco), respectivamente. Esta información difiere de la reportada por Hernández (1995), al estudiar la fenología de calabaza (*C. moschata* Duch) utilizó parcelas experimentales de 6 x 5 m, las cuales contenían cuatro matas de dos plantas. Dado que en diferentes ensayos sobre calabaza se han utilizado tamaños grandes de parcela, en relación a los encontrados en el presente estudio, se destaca la importancia de la investigación metodológica abordada en el presente artículo.

### CONCLUSIONES

En calabaza pipiana, de acuerdo con el análisis en promedio de dos localidades y dos densidades de población, la variabilidad entre parcelas disminuyó al aumentar el tamaño desde 2.16 hasta 21.60 m<sup>2</sup>. De los tamaños de parcela estudiados, el de 6.48 m<sup>2</sup> fue el más cercano al punto de inflexión de la curva para las variables longitud de fruto y semilla; y para las variables peso de fruto y semilla además de ancho de fruto fue 8.64 m<sup>2</sup>. Por ello, en el sistema milpa se sugiere utilizar (al alternar maíz y calabaza) surcos de 3.6 m de largo por 1.8 m de ancho, con doce plantas de calabaza (cuatro matas de tres plantas separadas a 1.20 m) y 36 de maíz (12 matas de tres plantas separadas a 0.30 m).

En San Martín se presentaron coeficientes de variación más altos que en San Juan, en peso, longitud y ancho de semilla, longitud de fruto y grosor y sabor de pulpa. En la densidad de siembra de 9 260 plantas/ha, en promedio de dos localidades y en los diez caracteres en estudio, se registraron coeficientes de variación mayores que en la densidad de siembra de 13 890 plantas/ha, lo que indica que el tamaño de parcela conformado con matas de tres plantas fue más eficiente para disminuir tal coeficiente que las formadas con dos plantas.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bhatt H M, P R Vasihnav, V B Darji (1998)** Plot technique in potato (*Solanum tuberosum* L.) Gujarat Agr. Univ. Res. J. 24:67-72.
- Boyhan G E, D B Langston, A C Purvis, C R Hill (2003)** Optimum plot size and number of replications with short-day onions for yield, seedstem formation, number of doubles, and incidence of foliar diseases. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128:409-424.
- Brim C A, D D Mason (1959)** Estimates of optimum plot size for soybean yield trials. Agron. J. 51:331-334.
- Brown N R, R J Myers (2002)** A genetic map of squash (*Cucurbita* sp.) with randomly amplified polymorphic DNA markers and morphological markers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127:568-575.
- Carle R B, N D Maynard, W L Beaver (2000)** Tropical pumpkin hybrid development: landraces to hybrid cultivars. Acta Hort. 510:95-100.
- Contreras H O, C Pérez A (1998)** Diagnóstico Biológico y Químico del Estado de la Fertilidad del Suelo de la Tabla Agrícola "San Juan" del CAE de la UACh. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlos a las Condiciones de la República Mexicana. 4a edición. UNAM, D. F. México. 217 p.
- Gauch H G, R W Zobel (1996)** Optimal replication in selection experiments. Crop Sci. 36:838-843.
- Hatheway W H (1961)** Convenient plot size. Agron. J. 53:279-280.
- Hernández A (1995)** Fases fenológicas de dos genotipos de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.) en cuatro fechas de siembra. Cultivos Trop. 16:64-68.
- Keller K R (1949)** Uniformity trials on hops, *Humulus lupulus* L., for increasing the precision of field experiments. Agron. J. 41:389-392.
- Lessman K J, R E Atkins (1963)** Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. Crop Sci. 3: 477-481.
- Metwally E I, S A Moustafa, B I El-Sawy, T A Shalaby (1998)** Horticultural characters for the dihaploid plants derived from anther culture in *Cucurbita pepo* L. In: Cucurbitaceae '98. J D Mc Creight (ed). ASHR Press. Alex., Va. pp:287-290.
- Muñoz O A (1973)** Elección del Tamaño de la Parcela y del Diseño Experimental. INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. Campo Agrícola Experimental Chapingo. Chapingo, México. 19 p.
- Nerson H, H S Paris, E P Paris (2000)** Fruit shape, size and seed yield in *Cucurbita pepo*. Acta Hort. 510:227-230.
- Pablos H J L, A M Castillo (1976)** Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. Agrociencia 23:39-48.
- Powell C A, P J Stofella, H S Paris (1993)** Plant population influence on squash yield, sweetpotato whitefly, squash silverleaf, and zucchini yellow mosaic. HortScience 28:796-798.
- Ramos M C (2000)** Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos del CAE Chapingo Tablas: San Martín y Xaltepa. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 129 p.
- Ríos H, O Batista, A Fernández (1994)** Comportamiento de genotipos de calabaza cultivados en la localidad de Batabano. Cultivos Trop. 15:84-88.
- Ríos H, O Batista, A Fernández (1996)** Características y potencialidades del germoplasma cubano de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). Cultivos Trop. 17:88-91.
- Sánchez H M A, C Villanueva V, J Sahagún C, C 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 (1989)** SAS/STAT User's Guide. Version 6.01. SAS Institute Inc., Cary, N. Y., USA. 479 p.
- Sethi A S (1985)** A modified approach to determine the optimum size and shape of plots in field experiments on maize grown on terraced land. *Indian J. Agric. Sci.* 55:48-51.
- Singh R P (1989)** Size and shape of plots and blocks for field trials on cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Indian J. Hort.* 46:255-260.
- Smith H F (1938)** An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *J. Agric. Sci. Cambridge* 28:1-23.
- Smith O S, R L Lower (1978)** Field plot techniques for selecting increased once-over harvest yields in pickling cucumbers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:92-94.
- Valdez H T, L C Merrick, C Villanueva V (1998)** Horticultural characterization and biodiversity of chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), a high-altitude-adapted squash. *In: Cucurbitaceae '98*. J. D. Mc Creight (ed). ASHR Press. Alex., Va. pp:70-72.
- Vallejo R L, H A Mendoza (1992)** Plot technique studies on sweetpotato yield trials. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:508-511.
- Vining K J, J B Loy (1998)** Seed development and seed fill in hull-less seeded cultivars of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *In: Cucurbitaceae '98*. J. D. Mc Creight (ed). ASHR Press. Alex., Va. pp:64-69.
- Wehner T C (1989)** Breeding for improved yield in cucumber. *Plant Breed. Rev.* 6:323-359.
- Wiedemann A M, L N Leininger (1963)** Estimation of optimum plot size and shape for safflower yield trials. *Agron. J.* 55:222-225.
- Wu T, P Dutilleul (1999)** Validity and efficiency of neighbor analyses in comparison with classical complete and incomplete block analyses of field experiments. *Agron. J.* 91:721-731.
- Yilmaz E, N Gebologlu (2002)** A research on growing of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and squash (*Cucurbita pepo* L.) as second crop. *Acta Hort.* 579:307-309.