

TAMAÑO ÓPTIMO DE PARCELA EN CALABAZA ASOCIADA CON MAÍZ

I. Meneses-Márquez^{1*}; C. Villanueva-Verduzco²;
J. A. Mejía-Contreras³; J. D. Molina-Galán³; S. Miranda-Colín³

¹INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla. Km 34 Carretera Veracruz-Córdoba. Mpio. de Medellín de Bravo, Veracruz. Apartado Postal 429, C.P. 91700. MÉXICO. Tel. 01(229)93-48354.

Correo-e: meneses.isaac@inifap.gob.mx (*Autor responsable).

²Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO

³Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

Se determinó el coeficiente de variación (CV) en los caracteres de fruto (número, peso, largo, ancho, color y textura externa), de pulpa (grosor, color y sabor) y de la semilla (peso, largo y ancho), para superficies de 2.7, 5.4, 8.1, 10.8 y 13.5 m², con el objetivo de conocer el tamaño óptimo de parcela en calabaza (*Cucurbita pepo* L.) asociada con maíz (*Zea mays* L.). La investigación se realizó en Chapingo, México, en dos localidades de evaluación: San Martín y Lomas de San Juan. Se utilizaron 60 familias de medios hermanos maternos de calabaza, correspondientes al quinto ciclo de selección familiar combinada. Se realizó el análisis de varianza combinado de localidades, para cada uno de los tamaños de parcela considerados. La parcela unitaria fue de 2.7 m². El CV disminuyó al aumentar el tamaño de parcela; sin embargo, en ancho de semilla aumentó desde 8.1 hasta 13.5 m². Las máximas reducciones del CV ocurrieron en color, grosor y sabor de pulpa; textura externa de fruto y peso de semilla. El tamaño óptimo de parcela fue 5.4 m² para la mayoría de los caracteres, con excepción del número de frutos por planta.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: hortalizas, coeficiente de variación, cultivos asociados, *Cucurbita pepo* L.

THE OPTIMUM FIELD SIZE IN SQUASH ASSOCIATED WITH CORN

SUMMARY

The coefficient variation (CV) of the fruit characters (number, weight, length, width, color and external texture), of the pulp (thickness, color and taste), and of the seed (weight, length and width) were determined for areas of 2.7, 5.4, 8.1, 10.8 and 13.5 m² in order to learn the optimum size for squash (*Cucurbita pepo* L.) fields associated with corn (*Zea mays* L.). The research was undertaken at Chapingo, Mexico, in two locations: San Martin and Lomas de San Juan. Sixty families of maternal half brothers of squash corresponding to the fifth selection cycle of the combined family selection were used. An analysis of the combined variance of the locations was made for each of the field sizes studied. The field unit was 2.7 m². The CV diminished with an increase in field size; however, the width of the seed increased from 8.1 to 13.5 m². The maximum CV reduction occurred in color, thickness and pulp flavor; external fruit texture and seed weight. The optimum field size was 5.4 m² for the majority of the characters, except for the number of fruit per plant.

ADDITIONAL KEY WORDS: vegetables, variation coefficient, associated crops, *Cucurbita pepo* L.

INTRODUCCIÓN

En los programas de mejoramiento genético de calabazas criollas mexicanas (*Cucurbita pepo* L.) se ha utilizado una parcela experimental de tamaño grande (43.2 m²), como resultado de sembrar en surcos de 24 m de largo y 1.8 m entre surcos; lo anterior implica disponer de suficiente terreno, situación contraria a lo que se tiene en la mayoría de los centros de investigación (Meneses *et al.*, 2002). Para llevar a cabo experimentos con esta especie se necesita mayor cantidad de semilla, de recursos

económicos y tiempo para evaluar el material genético en toda la unidad experimental (Meneses *et al.*, 2002). En *C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma*, también se requiere parcelas grandes, lo que eleva el costo de la investigación (Sánchez *et al.*, 2000). En cualquier experimento se necesita conocer las dimensiones adecuadas de la parcela experimental; la importancia de ésta aumenta cuando la superficie es limitada, ya que los datos obtenidos en esa superficie deben ser confiables, de calidad y precisión (Pablos y Castillo, 1976).

Las consideraciones sobre la elección del tamaño y forma de la parcela experimental son estadísticas y físicas; en las primeras se incluyen el efecto del tamaño y forma de la parcela sobre la varianza del error y la exactitud de la estimación. Las consideraciones físicas que no permiten reducir el tamaño de la parcela son los efectos de las orillas y la necesidad de dejar márgenes no experimentales. El efecto de la orilla cercana a los bordes de las parcelas difieren de las situadas en las partes centrales, en cuyo caso se tienen plantas vigorosas, más precoces o más amacolladas que rodean a otras que no lo son tanto (Kempthorne, 1973).

El tamaño óptimo de la parcela en experimentos de campo depende de la relación entre los costos fijos y los costos variables, asociados con el número de unidades y con la variabilidad del suelo. La medida más útil de la heterogeneidad del suelo es la de Smith (1938, citado por Hatheway y Williams, 1958), quien mostró empíricamente que el logaritmo de la varianza entre parcelas de un tamaño dado está linealmente relacionado con el logaritmo del tamaño de la parcela, mientras que Koch y Rigney (1951) demostraron que el coeficiente de regresión del logaritmo de la varianza sobre el logaritmo del tamaño de parcela podría estimarse a partir de datos experimentales de ensayos uniformes.

Para determinar el tamaño óptimo de parcela, la fórmula de Hatheway (1961) tiene la ventaja importante de expresar el tamaño independientemente de los costos; el investigador sólo necesita especificar el número de repeticiones que está dispuesto a usar y la magnitud de la diferencia entre tratamientos que desea detectar. Narayana y Ramanatha (1982) señalaron que se debe observar cuidadosamente la cantidad de reducción de la varianza debido al uso de parcelas rectangulares.

Parcelas demasiado pequeñas en terrenos uniformes permiten observar diferencias entre éstas, en comparación con parcelas grandes, donde no se apreciarían dichas diferencias; la homogeneidad o heterogeneidad del suelo es factor esencial para determinar el tamaño correcto en cada caso. Otros factores son: la extensión disponible, calidad del terreno, el objetivo del estudio, los métodos y tipo de cultivo (De la Loma, 1966).

Márquez (1972) señaló que en plantas autóгамas y alógamas, existe variación intra parcelar. Se desea que tendiera a existir variación ambiental intra parcelar mínima que permita usar tamaños de parcela pequeños, y cuando exista variación intra parcelar de tipo genético, usar muestras de poblaciones heterogéneas lo suficientemente grandes que las representen.

Se necesita información sobre el valor del coeficiente de variación que pueda obtenerse al utilizar diferentes formas y tamaños de parcela; en la práctica, por restricciones del terreno en ocasiones las parcelas no

siempre quedan bien proporcionadas. A menudo también queda la duda acerca del tamaño adecuado de cada repetición, ya que podrían sobrar o faltar surcos para que el experimento quede correctamente balanceado en lo que se refiere a costo y precisión experimental (Chan, 1974).

En *Cucurbita* spp. se carece de estudios sobre la forma y el tamaño de parcela, por lo que en esta investigación el objetivo fue determinar el tamaño óptimo de parcela experimental en calabaza asociada con maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México (19° 29' N y 98° 53' O y 2,250 msnm), en dos localidades: San Martín y Lomas de San Juan, durante el ciclo primavera-verano del 2001; ambas en condiciones de riego. Los materiales utilizados, correspondientes al quinto ciclo de selección combinada de familias de medios hermanos, se derivaron en el año 2000 como resultado de aplicar una presión de selección de $i_b = 0.17$, que permitió seleccionar las 20 familias superiores y en cada una de ellas a los mejores tres frutos ($i_w = 0.058$); así, se generaron 60 familias.

Establecimiento en campo

La siembra se realizó en dos densidades de población, bajo asociación maíz-calabaza. La densidad de población de calabaza en la mayor densidad (D1) fue 11,256 plantas·ha⁻¹ y de 7,504 plantas·ha⁻¹ en la menor densidad (D2). En ambas localidades se utilizó la misma densidad de población de maíz (80,000 plantas·ha⁻¹).

En San Martín se sembró el 3 de marzo y en Lomas de San Juan el 10 de marzo de 2001. Cada una de las 60 familias se estableció en familia por surco, de 15 m de largo y 0.9 m de anchura; sin embargo, se intercaló un surco de maíz por cada uno de calabaza, por lo que el distanciamiento real entre surcos de las misma especie fue 1.8 m. Cada familia tuvo 11 matas, separadas a 1.5 m. La separación entre matas de maíz fue 20 cm y se sembró tres semillas por mata. En D1 se depositaron cinco semillas por mata para clarear a tres plantas y en D2, cuatro semillas para dejar dos plantas. La cosecha se realizó a los cinco meses después de la siembra.

Caracteres estudiados

Número de frutos por planta (FP): se contaron los frutos por planta de cada familia; peso individual de fruto (PF; kg): se pesó con báscula de reloj; color externo de fruto (CEF): los colores existentes fueron verde oscuro, verde gris, gris, verde amarillo, amarillo y blanco, y se les asignó los valores escalares 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente; textura externa de fruto (TEF): evaluación

visual considerando la escala: muy costillada, costillada, costillas tenue y lisa, asignando a estas categorías los números del 1 al 4; largo y ancho de fruto (LAF y ANF; cm) y grosor de pulpa (GP; cm): se midió con una regla milimétrica; color de pulpa (CP): se utilizó la escala; 1: anaranjado intenso, 2: anaranjado, 3: amarillo intenso, 4: amarillo, 5: amarillo claro y 6: blanco; sabor de pulpa (SP): se consideraron los sabores muy dulce, dulce e insípido con los valores 1, 2 y 3, respectivamente; peso de semilla por fruto (PS, g): se extrajo la semilla y se pesó en fresco con una báscula de precisión; y largo y ancho de semilla (LAS y ANS; cm): se midió el largo y ancho de 10 semillas en forma longitudinal y transversal, y se utilizó el promedio para el análisis estadístico.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de anidamiento, en el cual las plantas estuvieron anidadas en matas y las matas en familias. Cada mata fue una repetición; las plantas se consideraron observaciones dentro de una repetición. Las mediciones se efectuaron en todos los frutos cosechados por planta.

Se efectuó un análisis de varianza combinado de localidades (Cuadro 1). Para agrupar los tamaños de parcela, se utilizó la metodología de Muñoz (1974) y De la Loma (1966).

En total se realizaron cinco análisis de varianza por variable, uno para cada forma de agrupación de las unidades básicas. Se consideró como longitud unitaria de parcela a una mata de tres plantas (1.5 m) y el ancho de 1.8 m. El área de la parcela unitaria fue 2.7 m², al cual se agregaron parcelas hasta agrupar los tamaños de 5.4, 8.1, 10.8 y 13.5 m².

En el eje de las abcisas se colocó el tamaño de parcela

y en el eje de las ordenadas al coeficiente de variación (CV) de cada una de las variables. El CV se obtuvo a través

de la fórmula: $CV = \frac{(\sigma_e)}{\bar{X}} 100$, donde; CV: coeficiente de variación (%); σ_e : desviación estándar del error común y $\bar{X}$: es la media del carácter en cuestión para cada tamaño de parcela.

Como tamaño óptimo de parcela experimental, se consideró el punto máximo de inflexión de la curva. Los análisis de varianza se realizaron con el paquete computacional SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características externas de fruto

El análisis de varianza indicó que la mayoría de los caracteres mostraron una tendencia similar en cuanto al tamaño óptimo de parcela experimental. Sin embargo, para el número de frutos por planta (FP) la tendencia fue distinta en comparación con los otros caracteres, ya que al incrementar el tamaño de parcela a 5.4 m², el coeficiente de variación también aumentó, aunque a partir de 8.1 m² éste decreció a medida que la superficie se incrementó. Los tamaños de parcela explorados en este estudio no permitieron apreciar si en ese rango de dimensiones se estabiliza el comportamiento del CV, por lo que es necesario aumentar la amplitud de exploración para conocer el punto de inflexión donde la curva resulta con la menor variabilidad en el mismo (Figura 1).

El CV del peso de fruto disminuyó al aumentar el tamaño de parcela de 2.7 a 5.4 m², y a partir de este último valor comenzó a ascender, aunque el incremento fue menor de 2 % (Figura 1). Para largo y ancho de fruto, color y

CUADRO 1. Análisis de varianza de familias (f) evaluadas en densidades (d) en bloques al azar (r) y con plantas (p) en localidades (l) para datos por planta individual de calabaza (*C. pepo* L.). Modelo mixto (Densidades es factor fijo).

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Localidades (L)	l-1	
Repeticiones /L	l(r-1)	
Densidades (D)	d-1	
L x D	(l-1)(d-1)	
Familias (F)	f-1	M ₁
D x F	(d-1)(f-1)	M ₂
L x F	(l-1)(f-1)	M ₃
L x D x F	(l-1)(d-1)(f-1)	M ₄
Error común	[l(r-1)][df-1]	M ₅
Error intraparcelar	[lfr(n-1)][d-1]	M ₆

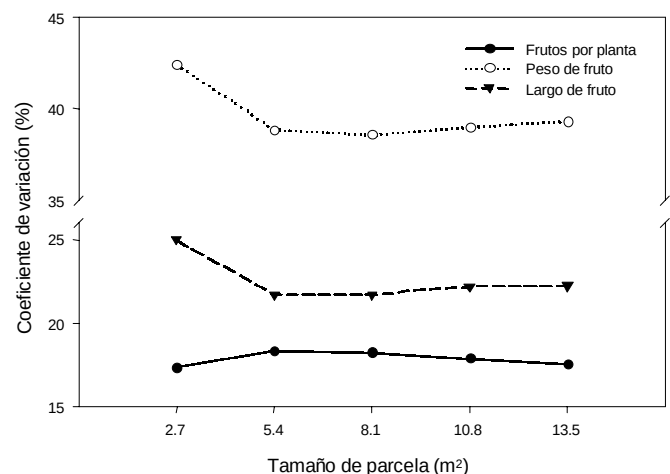


FIGURA 1. Cambios en el coeficiente de variación por efecto del tamaño de parcela en caracteres de fruto de calabaza.

textura externa de fruto, el CV disminuyó a medida que aumentó el número de unidades básicas; sin embargo, en la textura externa de fruto (TEF) mostró un incremento de 2 % aproximadamente, a partir de 8.1 hasta 13.5 m². Lo anterior contrastó con lo observado en ancho de fruto, en el cual después de disminuir el CV, éste se estabilizó a través de los incrementos en la superficie de la parcela (Figuras 1 y 2).

Características de pulpa del fruto

En el grosor, color y sabor de pulpa del fruto, el CV se redujo al adicionar unidades básicas y formar parcelas más grandes; sin embargo, el grosor y sabor de pulpa lo mantuvieron estable a partir de 8.1 hasta 13.5 m²; situación contraria ocurrió en el color de pulpa, en el cual, a partir de esos mismos tamaños, el coeficiente de variación empezó a incrementar, tendencia que pudo continuar en caso de haberse explorado mayores tamaños de parcela. La diferencia entre el valor del punto de inflexión de la curva que correspondió a 5.4 m² con respecto a 13.5 m², fue 2 % aproximadamente, con tendencia a incrementar (Figura 2).

Características de semilla

El peso de la semilla mostró una reducción en el CV a causa de agregar otra unidad básica, es decir al pasar de 2.7 a 5.4 m² de superficie de parcela; este decremento fue aproximadamente 12 %. Situación similar ocurrió con largo y ancho de la semilla, aunque las reducciones en el CV fueron 3 y 2.5 %, respectivamente. Para el peso y largo de semilla los coeficientes de variación se estabilizaron a partir de la parcela de 8.1 m²; en contraste, el ancho de semilla empezó a incrementar dicho coeficiente a partir del punto de inflexión de la curva (Figura 3).

No obstante que uno de los doce caracteres evaluados incrementó su CV, en el resto éste disminuyó al aumentar el tamaño de parcela. La tendencia anterior coincide con la mayoría de los resultados de trabajos

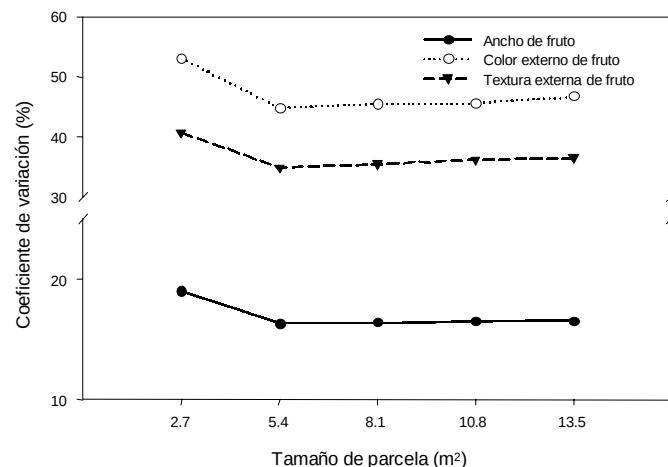


FIGURA 2. Cambios en el coeficiente de variación por efecto del tamaño de parcela en caracteres de fruto de calabaza.

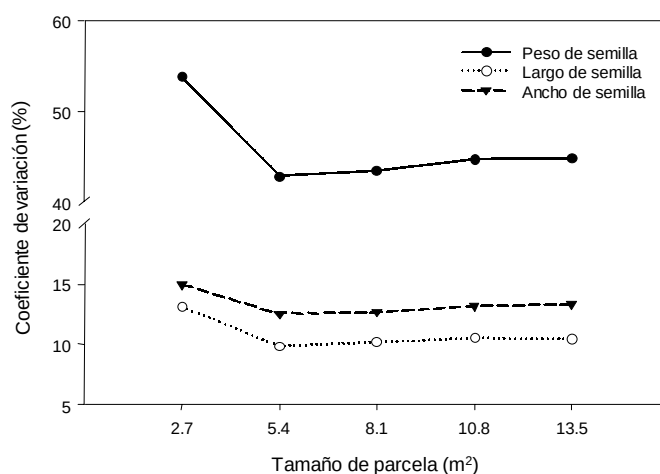


FIGURA 3. Cambios en el coeficiente de variación por efecto del tamaño de parcela en caracteres de pulpa del fruto de calabaza.

relacionados, en la cual, cuando se aumentó el tamaño de la unidad básica, el coeficiente de variación disminuyó. Sin embargo, es importante mencionar que el número de plantas que constituyen cada unidad básica depende de la especie; lo anterior recobra importancia al comparar el tamaño óptimo de parcela de 5.7 m² (dos plantas) para el presente estudio, con lo encontrado en soya (*Glicine max* L.) (15 m²; 363 plantas) (Monzón *et al.*, 1975), caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) (18 m²; 330 plantas) (Escobar *et al.*, 1990) y en algodón (*Gosipium hirsutum* L.) (20 plantas) (Palomo *et al.*, 1976-1977).

La mayoría de caracteres tuvieron el menor CV a 5.7 m², en contraste con estudios donde los resultados no permiten identificar un tamaño de parcela único para todos los caracteres evaluados; en esos casos se utiliza un rango de tamaño de unidad experimental óptimo (Weinhold *et al.*, 2000). A pesar de que en el experimento se utilizó material vegetal con cinco ciclos de selección familiar combinada, aun existe heterogeneidad genética, situación que propicia encontrar diferentes tendencias en los valores del CV (Weinhold *et al.*, 2000). Otra de las causas que afectan el cambio del CV es el largo y ancho de la unidad básica, tal como lo señaló Chan (1974) al llevar a cabo estudios de esta naturaleza en chile mirasol (*Capsicum annuum* L.), e inclusive este mismo autor concluyó que la forma de la parcela no afecta el valor del CV, sino que la superficie cosechada es el factor decisivo. Además, la disminución del CV es más sensible al aumentar de manera simultánea la longitud y el número de surcos. Sin embargo, Little y Hills (1983) mencionaron que parcelas rectangulares son más eficientes para superar los efectos causados por la heterogeneidad del suelo cuando los ejes de longitud están dirigidos hacia donde existe la mayor variación del suelo.

Por su parte, Briseño y Castillo (1976-1977) al trabajar con maíz forrajero de riego encontraron que al disminuir la longitud de la parcela útil en 25 %, el CV incrementó 1 %, y

al reducir en 50 %, el CV aumentó 2 %; lo cual brinda flexibilidad para optimizar el uso de los recursos sin sacrificio de la precisión. Estos resultados son diferentes a los encontrados en el presente estudio, ya que al disminuir el tamaño de parcela en 50 %, el incremento en el coeficiente de variación fue superior a 2 % que señalan estos autores, incluso se incrementó hasta 20 %.

En la actualidad, se utiliza un mismo experimento en el cual se evalúan muchas variables distintas al rendimiento y es probable que el tamaño de parcela que se usa sea válido sólo para el rendimiento mas no para las demás (Parraga y Chacin, 2000). Es por ello que los resultados obtenidos en este trabajo adquieren importancia, en el sentido de que el tamaño de parcela óptimo tiene representatividad para la mayoría de las variables evaluadas en *C. pepo* L., aunque no se descarta que estos valores puedan cambiar cuando se utilice otro tipo de análisis de datos, tal como lo mencionan Parraga y Chacin (2000), quienes encontraron mayores tamaños de parcela en maíz al realizar análisis univariado (30 m²) en comparación con el análisis multivariado (4 m²).

CONCLUSIONES

El coeficiente de variación disminuyó a medida que se incrementó el tamaño de la parcela experimental; sin embargo, algunos caracteres mostraron incrementos del 2 % en dicho coeficiente a partir de 8.1 hasta 13.5 m².

Las máximas reducciones en el coeficiente de variación, al incrementar el tamaño de parcela, ocurrieron en el color, grosor y sabor de pulpa, textura externa de fruto y peso de semilla.

El tamaño óptimo de parcela experimental en calabaza de guía asociada con maíz fue 5.4 m² en la mayoría de los caracteres, que corresponde a tener dos

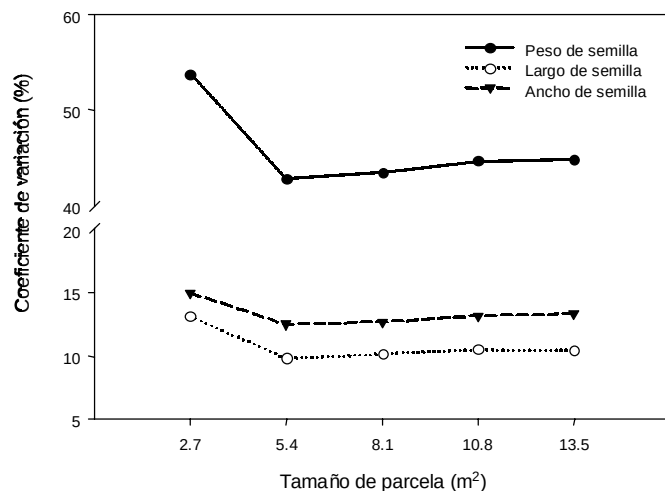


FIGURA 4. Cambios en el coeficiente de variación por efecto del tamaño de parcela en caracteres de semilla de calabaza.

matas por surco, con excepción del número de frutos por planta.

LITERATURA CITADA

- BRISEÑO DE LA H., V. M.; CASTILLO M., A. 1976-1977. Determinación del tamaño óptimo de parcela útil experimental en maíz forrajero de riego. *Agríc. Téc. Méx.* 4(1): 17-22.
- CHAN C., J. L. 1974. Determinación del tamaño y la forma óptimos de la parcela experimental en chile mirasol. *Agríc. Téc. Méx.* 3(8): 314-316.
- DE LA LOMA, J. L. 1966. Experimentación Agrícola. UTEHA. 2da. Edición. México, D. F. 493 p.
- ESCOBAR S., C.; BUITRAGO A., I. J.; JARAMILLO G., J. I. 1990. Tamaño de parcela experimental y número de repeticiones para ensayos de rendimiento con caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp). *Rev. Fac. Nac. de Agron. (Medellín)* 43(1-2): 73-91.
- HATHEWAY, W. H. 1961. Convenient plot size. *Agron. J.* 53(4): 279-280.
- HATHEWAY, W. H.; WILLIAMS, E. J. 1958. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. *Biometrics* 14(2): 207-222.
- KOCH, E. J.; RIGNEY, H. J. 1951. A method of estimating optimum plot size from experimental data. *Agron. J.* 43: 17-21.
- KEMPTHORNE, O. 1973. The Design and Analysis of Experiments. Publishing Company Huntigatan, N. Y. USA. 545 p.
- LITTLE, T. M.; HILLS, J. F. 1983. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas. México, D. F. 345 p.
- MÁRQUEZ S., F. 1972. Tamaño de muestra para representar poblaciones de maíz. *Agrociencia Serie B* 8: 163-177.
- MENESES M., I.; VILLANUEVA V., C.; SAHAGÚN C., J.; VÁZQUEZ R., T. R.; MERRICK, L. C. 2002. Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza *Cucurbita pepo* L. bajo el sistema milpa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 5-14.
- MONZÓN, P. D.; ORTEGA, S.; GARCÍA, A. 1975. Ensayo de uniformidad I. Soya. *Agron. Trop.* 25(1): 23-26.
- MUÑOZ O., A. 1974. Tamaño de la parcela, diseños y uso de los factoriales en la experimentación agrícola. INIFAP. SAG. CIAMEC. Folleto Misceláneo No. 25. México, D. F. 38 p.
- NARAYANA, R. M.; RAMANATHA, C. K. 1982. Effect of plot shape on variability in Smith's variance law. *Expl. Agric.* 18: 333-338.
- PABLOS H., J. L.; CASTILLO M., A. 1976. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. *Agrociencia* 23: 39-48.
- PALOMO G., A.; GODOY A., S.; PRADO M., R. 1976-1977. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en algodónero. *Agríc. Téc. Méx.* 4(1): 101-107.
- PARRAGA, J. C. E.; CHACIN, L. F. 2000. Métodos multivariados para determinar el número de replicas, la forma y el tamaño óptimo de unidad experimental en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 26: 163-173.
- SÁNCHEZ H., M. A.; VILLANUEVA V., C.; SAHAGÚN C., J.; MERRICK, L. C. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(2): 221-240.
- WEINHOLD, N. V.; MICHELANGELI DE C., C.; CHACIN, L. F.; TRUJILLO, A.; MACHADO, W. 2000. Determinación del tamaño de la unidad experimental para ensayos en potes con estacas de onoto. *Agronomía Tropical* 50(4): 553-566.