

TAMAÑO DE PARCELA PARA ENSAYOS DE RENDIMIENTO CON TOMATE*

Mario Lobo A.**
Gonzalo Martínez B.
Jesús Sánchez L.

1. RESUMEN

Un ensayo en blanco, para determinar el tamaño de parcela y el número de repeticiones a emplear en ensayos de rendimiento con tomate, se realizó en la Estación Experimental "Tulio Ospina" del ICA, ubicada en el municipio de Bello (Antioquia), a 1.470 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 21,7° C y perteneciente a la formación ecológica bosque húmedo premontano.

El coeficiente de variación disminuyó en forma sensible al incrementarse el tamaño de las parcelas tanto en largo como en ancho, lo cual, unido al coeficiente de heterogeneidad del suelo $b = 0,788$, señala que el lote donde se realizó el trabajo presentaba un alto grado de heterogeneidad sin gradientes definidos de fertilidad. En estos casos es recomendable el empleo de parcelas de forma cuadrada.

Para trabajos de gran precisión, donde se requiera detectar diferencias del 10% con base en la media poblacional, se consideran funcionales parcelas de entre 25 y 35 m² de área, en cuyo caso habría que emplear entre 10 y 8 repeticiones. Para detectar diferencias del 15 al 20%, se presentan en el presente trabajo una serie de alternativas, en cuanto a tamaño de parcela y número de repeticiones, considerándose manejables tamaños de parcela inferiores a 25 m². Igualmente, se incluye una serie de combinaciones en cuanto a área de unidad experimental, para ensayos de observación preliminar de materiales en los cuales se busque detectar diferencias más amplias en base al promedio poblacional, recomendándose áreas de parcela entre 8 y 19 m², entre 4 y 2 repeticiones dependiendo del área de unidad experimental seleccionada.

2. INTRODUCCION

El empleo de parcelas experimentales pequeñas, en reemplazo de las de gran tamaño, fue sugerido por Holme en 1944 (Martini, 1969). Smith (1938) observó que tanto el tamaño como la forma de las parcelas influye en la variabilidad de los ensayos de rendimiento. Gartner (1958) recomendó utilizar la menor superficie con la mayor eficiencia. Christidis (1931) concluyó que las parcelas de forma rectangular presentan mayor uniformidad que aquellas de forma cuadrada, agregando el autor que en suelos muy homogéneos no importa la forma de parcela.

Rivera (1970) anotó que, en la mayoría de las oportunidades, la escogencia del tamaño de parcela se hace con base en la experiencia de otros lugares, el capricho del investigador o los recursos disponibles. Escovar (1970) afirmó que la tendencia de los investigadores se ha inclinado hacia la reducción de las parcelas experimentales con un adecuado número de repeticiones. Lescherg y otros (1962) anotaron que la interpretación de los experimentos de campo depende de la correcta estimación del error experimental, lo cual requiere emplear el tamaño, forma de parcela y número de repeticiones adecuados.

Para determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental, se emplea un ensayo en blanco o de uniformidad (Escobar, 1981; Paz, 1970). En este tipo de ensayo, se siembra el lote con una misma variedad y se realizan prácticas de manejo homogéneas, luego se divide el campo en cierto número de unidades básicas de tal forma que con el rendimiento de unidades contiguas se pueden obtener parcelas de

* Contribución de la Universidad Nacional y los Programas de Hortalizas y Fitomejoramiento del ICA, Regional 4. Resumen y adaptación del trabajo de investigación presentado por los dos últimos autores para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

** I.A., Ph.D. Programa de Fitomejoramiento. C.R.I. "La Selva", ICA, Rionegro (Antioquia).

diversos tamaños y formas. Existen diversos métodos para analizar los resultados en blanco y así obtener el área de parcela óptima; entre éstos el uso del coeficiente de variación (CV) como indicador de la heterogeneidad del suelo (Dávila, 1970; Escobar, 1981) y el empleo del método de análisis de máxima curvatura para relacionar el tamaño de parcela y el CV (Pablos y Castillo, 1976). Smith (1938) propuso un método en base a la heterogeneidad del suelo y a los costos. Hatheway (1961) desarrolló un procedimiento basado en la diferencia a detectar, acorde al promedio poblacional. Cochran y Cox (1965), desarrollaron una ecuación matemática basada en la diferencia a detectar.

Strickland (Lana y otros, 1953) recomendó como área de parcela para tomate 2 surcos de 18 plantas. Currence (1974) reportó con esta especie que las parcelas de surco sencillos no fueron más eficientes que aquellas de 2 a 4 surcos. Lana y otros (1953) señalaron resultados contradictorios de una localidad a otra, trabajando con tomate. En Colombia no se encontró literatura sobre estudios de área de parcela para ensayos de rendimiento con tomate.

En la Estación Experimental "Tulio Ospina", ubicada en Bello (Antioquia) a 1.470 m.s.n.m., se realizó un ensayo en blanco durante el segundo semestre de 1976, con el fin de brindar información sobre el tamaño de parcela y el número de repeticiones a emplear en ensayos de rendimiento con esta especie.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante el segundo semestre de 1976, en la Estación Experimental "Tulio Ospina" del ICA, ubicada en el municipio de Bello, a 1.470 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 21,7° C y perteneciente a la formación ecológica bosque húmedo premontano.

El experimento se llevó a cabo como "ensayo en blanco". Para el efecto todo el campo se sembró con la variedad de tomate tipo Chonto, VET 1 (variedad experimental de tomate 1), transplantándose 23 surcos de 19 metros de longitud y empleándose como distancias de siembra 80 cm entre surco y 50 cm entre plantas. La cosecha se hizo en unidades experimentales básicas de 1 metro (dos plantas en línea); de esta forma se obtuvo un total de 280 parcelas unitarias, combinándose los datos en forma tal que se obtuvieron parcelas de diverso tamaño, provenientes de las combinaciones de 1 hasta 5 surcos, con longitudes de 1 a 5 metros. Para efectos del análisis estadístico, se consideró hipotéticamente que habían cuatro variedades con un diseño de bloques al azar, involucrándose la suma de cuadrados y grados de libertad de variedades en el error experimental, por el hecho de ser éstos supuestos. Para cada uno de los tamaños de parcela presentados en la Tabla 1, se llevó a cabo el análisis de varianza y se obtuvo un coeficiente de variación. La heterogeneidad del suelo en el que se llevó a cabo el trabajo se estimó mediante el llamado "coeficiente de heterogeneidad", *b*, el cual se obtuvo a partir de la ecuación propuesta por Smith (1938):

TABLA 1. Largo, ancho y área de las parcelas analizadas.

| Largo (m) | | Area (número de surcos) hileras a 80 cm. | | | | |
|--------------|---|---|-----|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | L | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | A | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| | a | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| 2 | L | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| | A | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| | a | 1,6 | 3,2 | 4,8 | 6,4 | 8,0 |
| 3 | L | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | A | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| | a | 2,4 | 4,8 | 7,2 | 9,6 | 12,0 |
| 4 | L | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| | A | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| | a | 3,2 | 6,4 | 9,6 | 12,8 | 16,0 |
| 5 | L | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| | A | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |
| | a | 4,0 | 8,0 | 12,0 | 16,0 | 20,0 |

L = Largo de parcela en metros
A = Ancho de parcela en metros
a = Área de parcela en metros cuadrados.

$V_x = \frac{V_1}{Xb}$ donde, V_1 : Varianza del rendimiento en parcelas de unidad básica (0,80 m²); V_x : Varianza del rendimiento entre parcelas de X m², y b : Coeficiente de heterogeneidad del suelo. El estimador V_x se define como la relación S^2/X^2 , siendo S^2 la varianza total entre parcelas de área X .

Para determinar el tamaño de parcela y número de repeticiones se utilizó la metodología de Hatheway (1961), la cual tiene en cuenta el coeficiente de heterogeneidad del suelo, relacionando el tamaño de parcela con el número de repeticiones y con la diferencia a detectar como porcentaje de la media poblacional. La ecuación que define esta relación es: $X^b = 2(t_1 + t_2)^2 \cdot C_1^2 \cdot rd^2$. Donde, X : Tamaño de parcela; b : Coeficiente de heterogeneidad del suelo; t_1 : Valor tabular de t para un nivel de X dado (5% en el presente caso) y $(r-1)$ ($t-1$) grados de libertad, siendo r el número de repeticiones y t el número de tratamientos; t_2 : Valor tabular de t para $(r-1)$ ($t-1$) grados de libertad y un nivel $X = 2(1-p)$, donde p es la probabilidad estimada de obtener un resultado significativo (p : 0.8 en el estudio realizado).

El valor $(t_1 + t_2)^2$ se igualó a 9,0, ya que éste se estabiliza en 9 a partir de 14 grados de libertad para el error experimental con $X = 5\%$ y $p = 0,8$.

C_1 = Coeficiente de variación entre parcelas de unidad básica; r = Número de repeticiones, y d = Diferencia a detectar entre tratamientos, expresada como porcentaje de la media.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. COEFICIENTES DE VARIACION OBTENIDOS PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE PARCELA

En la Tabla 2 se anotan los coeficientes de variación (CV) obtenidos en los análisis de varianza para

diversos tamaños de parcela. Como puede observarse, el CV disminuye al aumentar el área de parcela tanto en número de surcos como en longitud de los mismos. Así, la parcela de mayor tamaño analizada (20 m²) presentó una reducción del 73% en su CV con relación a la de menor tamaño. El resultado anterior concuerda con reportes previos de otros investigadores (Mercer y Hall, 1911; Smith, 1958; Dávila, 1970).

Otro aspecto que puede observarse en la Tabla 2 es que el CV disminuyó en forma mas o menos similar al aumentar la longitud de los surcos desde 1 hasta 5 m(46%), en comparación con la disminución del mismo al incrementarse el número de surcos de 1 a 5 (43%). La similitud en el cambio de los CV en ambos sentidos (largo y ancho) sugiere que los gradientes de fertilidad del suelo no tuvieran una orientación definida, a diferencia de los encontrados por Chica (1965) con cebolla en la Sabana de Bogotá, quien reportó un gradiente de fertilidad paralelo a la longitud de los surcos.

4.2. COEFICIENTE DE HETEROGENEIDAD DEL SUELO

A partir de la regresión lineal del logaritmo de V_x sobre el logaritmo de X , se obtuvo un coeficiente de heterogeneidad del suelo $b = 0,788$, en el cual señala el alto grado de heterogeneidad del lote en el cual se llevó a cabo el ensayo; valores de b cercanos a 1 son indicadores de suelos heterogéneos (Amézquita y Muñoz, 1979). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos con los coeficientes de variación para los diferentes tamaños de parcela analizados, los cuales no indicaron gradientes de fertilidad en sentido definido. En casos como el presente se recomienda el empleo de parcelas cuadradas, ya que en éstas la máxima distancia entre dos puntos es siempre menor que en cualquier otra forma de parcela (Amézquita y Muñoz, 1979).

TABLA 2. Coeficientes de variación para los distintos tamaños de parcela evaluados.

| Largo (m) | Ancho (número de surcos) Hileras a 80 cm. | | | | |
|-----------|--|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 26,5 | 20,5 | 17,5 | 18,4 | 18,7 |
| 2 | 21,4 | 17,4 | 16,2 | 16,1 | 12,8 |
| 3 | 20,0 | 11,8 | 15,6 | 14,9 | 11,9 |
| 4 | 17,5 | 14,8 | 17,1 | 14,1 | 9,5 |
| 5 | 14,9 | 14,1 | 9,9 | 8,8 | 7,0 |

4.3. TAMAÑO DE PARCELA Y NUMERO DE REPETICIONES

En la Tabla 3 y en la Figura 1 se pueden apreciar los diversos tamaños de parcela con los cuales se podrían detectar diferencias preestablecidas, como porcentaje de la media, con un 80% de probabilidad y empleando diferente número de repeticiones.

Como puede observarse, al nivel del 5% de diferencia tendrían que emplearse áreas de parcela demasiado grandes o, en su defecto, incluir un gran número de repeticiones, lo cual tiene limitaciones de tipo económico y funcional; por otro lado, con esta especie es de poca utilidad una diferencia tan reducida. En trabajos de mayor precisión, en los cuales se requieren detectar diferencias del 10% en base al promedio poblacional, y de acuerdo a los resultados obtenidos, sería funcional utilizar áreas de parcela de entre 35 y 25 m², con 8 a 10 repeticiones. Para cuando se requiera detectar diferencias normales entre tratamientos (15 a 20%), se presentan una serie de alternativas, tanto en tamaño como en número de repeticiones a emplear; esto es, incrementando el área de parcela con disminución del número de repeticiones o viceversa, considerándose manejables tamaños de parcela inferiores a 25 m². La elección de un tamaño de parcela dado dependería de factores tales como disponibilidad de terreno y semilla, y de consideraciones de índole económica. A nivel del 25% de diferencias en base al promedio, como es el caso de observaciones preliminares de materiales en programas de mejoramiento, y bajo condiciones similares a las aquí reportadas, se podría emplear una amplia gama de combinaciones en cuanto a área de parcela y número de repeticiones.

5. CONCLUSIONES

5.1. En el presente trabajo y bajo las condiciones en las cuales éste se llevó a cabo, se encontró que el coeficiente de variación disminuyó sensiblemente al incrementarse el tamaño de las parcelas tanto en longitud como en ancho de las mismas.

5.2. Lo anterior indica que no se presentó un gradiente de fertilidad definido en un sentido.

5.3. Se obtuvo un coeficiente de heterogeneidad del suelo $b = 0.788$, el cual señala que el lote donde se llevó a cabo el trabajo presenta un alto grado de heterogeneidad sin gradientes de fertilidad definidos, corroborando la inferencia obtenida a partir de los coeficientes de variación.

5.4. En casos de alta heterogeneidad del suelo, es recomendable el empleo de parcelas cuadradas, de preferencia aquellas de forma rectangular, ya que en parcelas cuadradas, la máxima distancia entre dos puntos es siempre menor que en cualquier otra forma de unidad experimental (Amézquita y Muñoz, 1979).

5.5. En trabajos de gran precisión, donde se requiera detectar diferencias, con base en el promedio poblacional, del 10%, se consideran funcionales tamaños de parcela de entre 35 y 25 m², en cuyo caso habría que emplear entre 8 y 10 repeticiones, dependiendo del área de unidad experimental seleccionada.

5.6. Para detectar diferencias normales entre tratamientos (15 a 20% con base en la media poblacional) se presentan en el presente trabajo una serie de alter-

TABLA 3. Área de parcela a emplear en tomate, con distintas diferencias a detectar como porcentaje del promedio poblacional y con un número variable de repeticiones.

| Rep. | Área de parcela (m ²) | | | | |
|------|-------------------------------------|-------|------|------|------|
| | Diferencia a detectar % de la Media | | | | |
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 2 | 1120,0 | 192,8 | 68,9 | 33,2 | 18,8 |
| 3 | 669,5 | 115,2 | 41,2 | 19,8 | 11,3 |
| 4 | 464,7 | 80,0 | 28,6 | 13,8 | 7,8 |
| 5 | 350,1 | 60,3 | 21,5 | 10,4 | 5,9 |
| 6 | 277,8 | 47,8 | 17,1 | 8,2 | 4,7 |
| 7 | 228,4 | 39,3 | 14,0 | 6,8 | 3,8 |
| 8 | 192,8 | 33,2 | 11,9 | 5,7 | 3,2 |
| 9 | 166,1 | 28,6 | 10,2 | 4,9 | 2,8 |
| 10 | 145,3 | 25,0 | 8,9 | 4,3 | 2,4 |

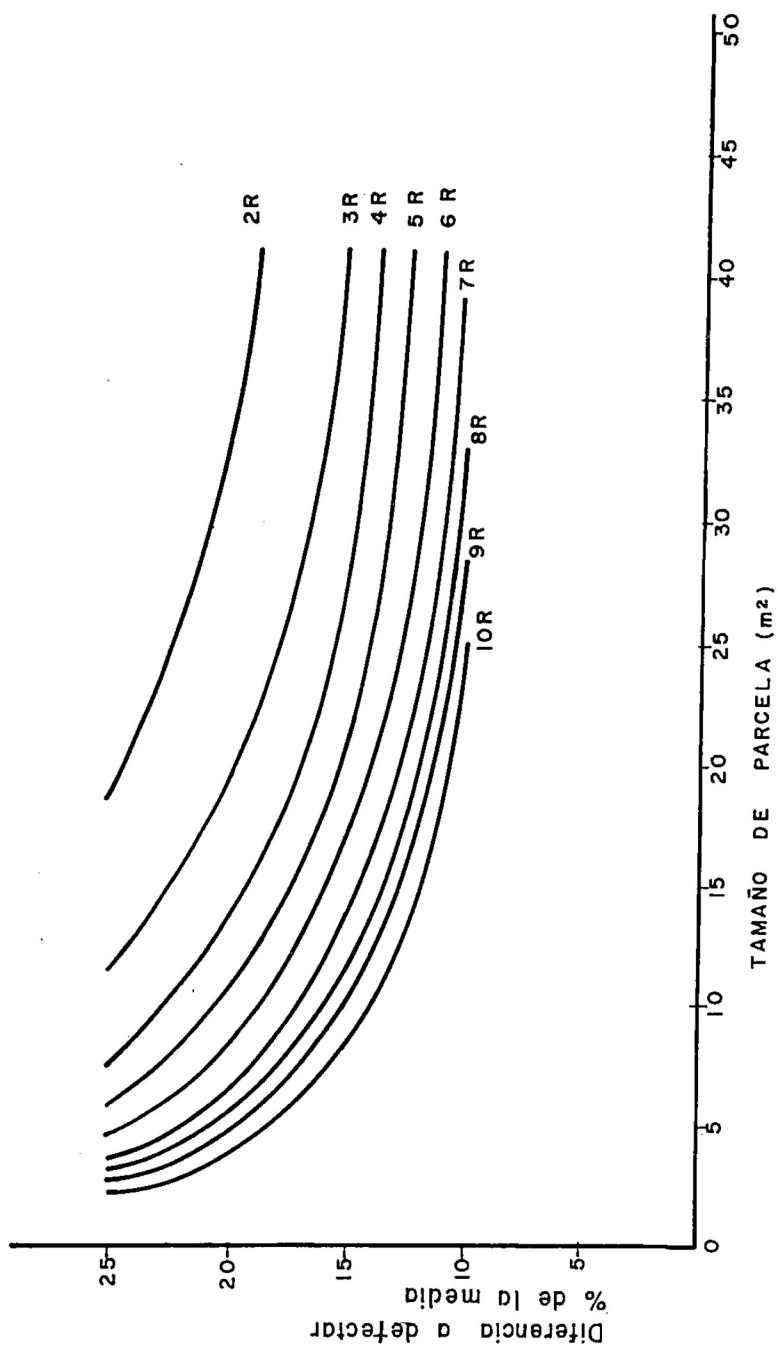


FIGURA: 1. Relación entre área de parcela (m²) y diferencia a detectar entre tratamientos como % de la media, con diferente número de repeticiones (R) en tomate.

nativas, tanto en tamaño de parcela como número de repeticiones a emplear, considerándose manejables tamaños de parcela inferiores a 25 m².

5.7. La elección del área de unidad experimental y del número de repeticiones, en el caso anterior, depende de factores tales como disponibilidad de terreno y semilla, y de consideraciones de índole económica.

5.8. Para trabajos en los cuales se requiera detectar diferencias mayores en base al promedio poblacional (25%), como es el caso de observaciones preliminares de materiales en programas de mejoramiento, y bajo condiciones similares a las aquí reportadas, se dispone de un buen número de combinaciones en cuanto a área de parcela y número de repeticiones a emplear.

5.9. En este tipo de ensayos usualmente se prefiere emplear pocas repeticiones, en cuyo caso se podrían

emplear áreas de parcela de entre 19 y 8 m², con entre 2 y 4 repeticiones dependiendo del área de unidad experimental seleccionada.

6. SUMMARY

Field plot size for tomato variety trials

An experiment to determine the field plot size and replication number for tomato variety trials was carried out at the Experimental Station of ICA "Tullio Ospina", located at 1.470 meters above sea level and with 21,7°C as temperature average.

It was found that the coefficient of variation decreased significantly when the plot size was increased by length or furrow number. The heterogeneity coefficient of soil was found to be 0,788, which indicate a great variability of the soil. In such case square shape plots are recommended. Different plot size and number of replications were included in order to detect the percentage of predetermined differences between means.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMEZQUITA, M.C.; MUÑOZ, J.E. Manual estadístico para la experimentación en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT. 1979. (Mimeografiado).
2. COCHRAN, W.G.; COX, G.M. Diseños experimentales. México D.F. Editorial F. Trillas, 1965. 661 p.
3. CURRENCE, T.M. Relation of plot size and shape to variability of carrot yields on peat soils. Proceedings of the American Society for Horticultural Science (E.U.) v.33, p.484-488. 1935.
4. -----, Studies related to field plot technique with tomatoes. Proceedings of the American Society for Horticultural Science (E.U.) v.50, p.290-296. 1947.
5. CHICA, H. Determinación del tamaño de la parcela experimental y del número de repeticiones para ensayos de rendimiento con cebolla. Manizales. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1965. (Tesis de Ingeniero Agrónomo).
6. CHRISTIDIS, B.G. The importance of the shape of plots in field experiments. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) v.21, p.14-37. 1931.
7. DAVILA, F. Técnica experimental en caña de azúcar. Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-graduados. 1970. 18 p. (Seminario).
8. ESCOBAR, C. Estimación del tamaño óptimo de parcela experimental para ensayos de rendimiento con maíz. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Colombia) v.34, p.31-36. 1981.
9. ESCOVAR, R. Técnica de parcela en cereales de grano pequeño. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-graduados, 1970. 18 p. (Seminario).
10. GARTNER, A. Tamaño de parcela y número de repeticiones para experimentación en frijol. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 1958. (Tesis de Ingeniero Agrónomo).
11. HATHEWAY, W. Convenient plot size. Agronomy Journal (E.U.) v.53, p.209-280. 1961.

12. LANA, E.P.; HOMEYER, P.G.; HABER, E.S. Field plot technique in vegetable crops. Proceedings of the American Society for Horticultural Science (E.U.) v.62, p.21-30. 1953.
13. LE CLERG, E.L.; LEONARD; W.H.; ANDREW, C. Field plot technique. 2 ed. Minneapolis, Estados Unidos, Burgess Publishing, 1962. p.105-109.
14. MARTINI, J.A. La microparcela de campo como un método para evaluar la fertilidad. Turrialba (Costa Rica). v.19, p.261-266. 1969.
15. MERCER, W.B.; HALL, A.D. The experimental error in field experiments. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) v.4, p.107-132. 1911.
16. PABLOS; J.L.; CASTILLO, A. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. Agrociencia (México) no.23, p.39-48. 1976.
17. RIVERA, A. Técnicas de parcela en maíz. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-graduados. 1970. 24 p. (Seminario).
18. SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of Agricultural Crops. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) v.28, p.1-33. 1938.
19. SMITH, F.L. Effects of plot size, plot shape, and number of replications on the efficiency of bean yield trials. Hilgardia (E.U.) v.28 no.2, p.43-63. 1958.