

## DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA EXPERIMENTAL EN YUCA (*Manihot esculenta* Crantz).

JOSE R. TINEO GONZALEZ Y J.J. VILLASMIL PAEZ

### RESUMEN

Con la finalidad de obtener el tamaño óptimo de la parcela experimental de yuca, *Manihot esculenta*, Crantz, se sembró un Ensayo de Uniformidad, constituido por 19 hileras y 30 plantas por hilera (1m x 0.8m).

El criterio utilizado para determinar el tamaño de parcela fue el del coeficiente de variación (C.V.) calculado para todas las combinaciones posibles encontradas, combinando el número de plantas en el sentido vertical (Largo =  $X_1$ ) y en el sentido horizontal (ancho  $X_2$ ). Se estableció una relación funcional entre los C.V., como variable dependiente y el largo ( $X_1$ ) y ancho ( $X_2$ ) de la parcela, en términos del número de plantas, como variables independientes, fijándose un modelo polinómico de segundo orden que en el presente caso sería:

$$Y_i = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{12} X_1 X_2 + E_i$$

$$Y = 41,743 - 2,418 X_1 - 1,766 X_2 + 0,46 X_1^2 + 0,57 X_2^2 + 0,0212 X_1 X_2$$

Se determinó la curva de Iso-Coeficientes, expresado el modelo Polinómico de segundo orden, como una ecuación de segundo grado para  $X_1$  (Largo de la hilera). Los valores obtenidos de  $X_1$  para C.V. = 9, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 por ciento y un valor de  $X_2 = 1, 2, 3$  y 4 variaron entre 24 plantas por hilera para obtener un C.V. de 8 por ciento con una parcela de dos hileras efectivas (48 plantas/parcela efectiva) y un C.V. de 20 por ciento con una parcela de cuatro hileras efectivas de ocho plantas cada una (32 plantas/parcela efectiva).

## OPTIMUM EXPERIMENTAL PLOT SIZE DETERMINATION IN CASSAVA, *Manihot esculenta* Crantz.

JOSE R. TINEO AND JOSE J. VILLASMIL P.

### ABSTRACT

In order to determine the optimum experimental plot size in manihot, *Manihot esculenta* Crantz, an uniformity trial was sown, using 19 rows and 30 plants per row at sowing distances of 1m x 0,8 m.

The criterion used was the coefficient of variation (C.V.) calculated for all the possible combinations of plants, combining the number of plants in a vertical sense (length =  $X_1$ ) and in a horizontal sense (width =  $X_2$ ). A functional ratio was established, using the C. V.'s as the dependent variable and plot length ( $X_1$ ) and width ( $X_2$ ), in terms of number of plants, as independent variable, fixing a second order polinomic model, which in this case would be:

\* Ing. Agr. M. Sc. Dptos. de Agronomía y Estadística. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apdo. 526. Maracaibo - Venezuela.

$$Y_i = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{12} X_1 X_2 + E_i$$

$$Y = 41,743 - 2,418X_1 - 1,766X_2 + 0,46X_1^2 + 0,57X_2^2 + 0,0212X_1 X_2$$

The iso-coefficients' curve was determined, the second order polinomic model was expressed as a second grade equation for  $X_1$  (row length). The calculated values of  $X_1$  for CV = 9, 10, 12, 14, 16, 18 and 20 per cent and a value of  $X_2 = 1, 2, 3,$  and 4 varied between 24 plants per row to obtain a C.V. = 8 per cent, with a plot of two effective rows (48 plants/effective plot) and a C.V. = 20 per cent, with a plot of four effective rows of eight plants each (32 plants/effective plot).

## INTRODUCCION

La Yuca *Manihot esculenta* Crantz, es un cultivo tradicional en Venezuela y en especial en la Cuenca del Lago de Maracaibo, donde grandes áreas son dedicadas a su siembra. Varias instituciones presentan programas de investigación, tratando de resolver los problemas inherentes al cultivo.

El presente trabajo aporta ideas sobre el tamaño de la parcela experimental en yuca, de modo que la variabilidad sea mantenida en un mínimo para así detectar como significativas las diferencias que realmente existen entre los tratamientos.

## REVISION BIBLIOGRAFICA

Varios autores han estudiado el problema de la determinación del tamaño de parcela, entre ellos, se pueden citar a Smith (26), Koch y Rigney (16), y Hatheway y Williams (13), los cuales usaron la relación entre la varianza y el tamaño de la parcela, medida a través de un coeficiente b de heterogeneidad, ajustado por una ecuación de regresión simple.

Más recientemente Hach y Castillo Morales (15), estudiaron el mismo problema relacionando el coeficiente de variación (CV), con las dimensiones largo y ancho de la parcela, a través de un modelo cuadrático. De ese modo, no sólo el tamaño sino también la forma de la parcela, pueden ser estudiados.

Monzón (20), empleando el modelo teórico desarrollado por Fairfield Smith y Mahalanobis, en un ensayo de uniformidad de maíz, recomienda como unidad experimental, parcelas de 3 hileras con 6 metros de largo cada una y en el caso que consideraciones no estadísticas lo hagan indispensable, debe recurrirse como solución a parcelas de 2 hileras de 6 metros de largo y a parcelas de 4 hileras de 6 metros y 10 metros.

Fleming, Rogers y Bancroft (8), trabajando con maíz y basados en un ensayo de uniformidad, para doble cruzamiento, determinaron que parcelas de 1 a 3 hileras de ancho y 10 a 15 plantas de largo, usando una planta por hoyo, eran las más eficientes, sin incluir los costos relativos y que la parcela de 2 hileras de ancho y 10 a 15 plantas de largo, fue considerado como el tamaño óptimo para un uso general.

Monzón y Viso (21), utilizando datos de un ensayo de uniformidad realizado en caña de azúcar y empleando la Ley de la Variancia de Fairfield Smith y los costos relativos, encontraron que el coeficiente b tenía un valor de 0,4736 y que el tamaño óptimo de parcela en este cultivo era de 93,16 metros cuadrados.

Brim y Mason (1), trabajando en soja, calculando el índice de heterogeneidad del suelo, según Smith, y el costo de horas hombre, el valor de b fue de 0,529, el tamaño óptimo de las parcelas con borduras fue estimado 3,6 unidades básica, o sea 3 pies de ancho y 8 pies de largo, que parcelas de 2 unidades básicas fueron para todo propósito práctico las más eficientes del óptimo estimado, desde el punto de vista del costo relativo por unidad de información del costo estimado obtenido.

French y Rodríguez (9), en ensayos realizados en Africa Oriental y en Venezuela demuestran que tales parcelas son inadecuadas en las regiones tropicales para las nueve especies de pastos estudiados, que para obtener un coeficiente de variación de 10 por ciento, el tamaño mínimo de parcela para millo forrajero, alfalfa, pará, elefante, yaragua, estrella, pangola y guinea deben ser de 154,4; 147,3; 147,7; 65,78; 280,2; 89,9; 433,3; 152,7 y 310,8 metros cuadrados, respectivamente.

Hanson, Brim y Hinson (12), usando parcelas de una hilera en soya determinaron que la competencia es un efecto que debe tenerse en cuenta en los diseños de experimentos, para estudios de genética cuantitativa, parcelas de 2 hileras de 8 pies, rodeadas de borduras, minimiza los efectos de competencia. Para determinaciones de proteínas y aceite, se pueden usar parcelas de 2 hileras de 8 pies, sin borduras.

Hatheway (14), utilizando un ensayo de maíz, en bloques al azar con 10 variedades, determinó que el coeficiente  $b = 0,72$  y que el tamaño óptimo de parcela era de 16 plantas y que la relación entre el tamaño de parcela y el número de repeticiones se puede determinar por la fórmula:

$$d^2 = 2(t_1 + t_2)^2 C^2 / rx^b$$

Miller y Koch (18), utilizando el método de Koch y Rigney, en un diseño de parcelas divididas con trébol, realizaron un estudio de tamaño de parcela, que arrojó resultados de parcelas de una hilera de 21,9 pies y 3,68 pies en 1959 y 1860, respectivamente. Al analizar la producción combinada de los 2 años, el tamaño óptimo resultó una parcela de una hilera de 8,3 pies.

Crew, Jones y Mason (3), trabajaron en el tamaño óptimo de parcela y la forma de ésta, para el cultivo de tabaco, usando el índice de heterogeneidad del suelo según Smith, y los costos relativos de los procedimientos experimentales durante 3 años y 2 localidades.

Los estimados para tamaño óptimo variaron en 19 y 39 plantas, cuando los datos de localidades y años fueron considerados separadamente, al hacerlo en forma conjunta, el tamaño óptimo resultó una hilera de 3,5 pies de ancho por 49,5 pies de largo.

Weidemann y Leininger (29), determinaron el tamaño óptimo y la forma de parcela, para ensayos de producción de cartamo, el resultado fue estimado en 8 unidades básicas, lo que representa una parcela de 3,67 pies de ancho y 20 pies de largo, llegando a la conclusión de que drásticos y repentinos cambios en la uniformidad del suelo, pueden conllevar a un cálculo errado del valor de  $b$ .

Hallauer (11), obtuvo estimaciones de la variabilidad del suelo a partir de datos experimentales de maíz en 15 localidades de Iowa.

Se usó análisis de regresión obteniéndose un valor de 0,46 cuando se combinan todas las localidades, existiendo un rango entre 0,35 y 0,78 para las estimaciones locales. Luego se calcularon combinaciones de tamaño de parcela, para arreglos de variabilidad de suelo y coeficiente de variación, así para un 5 por ciento de nivel de significancia en un 80 por ciento de los experimentos, cuando  $b = 0,4571$  y el coeficiente de variación era de 12,6; 8,8 y 6,7 por ciento, la parcela estaba constituida por 40 plantas.

Miller y Koch (19), por medio del método de Koch y Rigney, trabajando en trébol determinaron que los tamaños óptimos de parcela fueron 21,9 pies para el año 1959; 3,68 para el período 59-62 fue de 8,4 pies.

Nava y Mazzani (25), realizaron un ensayo en blanco para determinar el tamaño y forma óptima de parcela, para ensayos con ajonjolí.

Se estudiaron 24 tamaños de parcelas, variando entre 1, 2, 5, 10 y 20 metros de longitud y 1, 2, 4, 8 y 16 surcos. El coeficiente de variación se reduce poco al aumentar el número de surcos, los valores

extremos del coeficiente de variación fueron 7,6 por ciento, 16 surcos de 5 metros de largo y 43,33 por ciento, un surco de 2 metros de largo. En forma general se utilizan parcelas de 10 metros y 4 surcos, lo que corresponde a un coeficiente de variación de 19,94 por ciento, sin embargo, considerando el factor económico y la superficie a utilizar, se pueden obtener resultados confiables con 8 hileras de 5 metros.

Brown y Morris (2), trabajando con sorgo granero, el cual fue sembrado en un suelo bastante uniforme, fertilizando con 408 kgs/ha de 4-12-12 y reabonado con 56 kilos de nitrógeno, cosecharon parcelas de una hilera de 1,52 metros de longitud. Las producciones de estas parcelas unitarias fueron combinadas en número de hileras y largo de las hileras, para determinar el tamaño óptimo de parcela, medido por el coeficiente de variación. Después de 3 años, los análisis indicaron que el tamaño óptimo de parcela consistía en parcelas de 2 hileras de 4,65 metros de largo.

Thomas y Abou-elFittouh (27), condujeron pruebas de uniformidad con 3 especies torrajeras y una mezcla de 2 de ellas. La variancia de la parcela decreció con el incremento del tamaño de la parcela en cada caso, la relación fue muy estrecha y casi completamente lineal, cuando la variancia de la parcela y el tamaño de ésta fueron convertidos en logaritmo. En general, el incremento del número de repeticiones reduce más rápidamente el error que incrementando el tamaño de la parcela.

García (10), empleando el método de Hatheway y Williams, encontró que el coeficiente de heterogeneidad del suelo fue de 0,5 en los dos sentidos en que se dividió el campo, este valor indica que hay cierta tendencia a un grado de asociación entre las parcelas y el tamaño óptimo de parcela encontrado es igual a 4 metros cuadrados, en algodón.

Meier y Lessman (17), condujeron una prueba de uniformidad en *Crambe abyssinica* Hochst; con un tamaño de 1.296 unidades básicas, cada unidad básica equivale a 1,47 metros cuadrados, para determinar la forma apropiada de parcela y el tamaño de ésta, para ser usada en los ensayos de rendimiento de crambe. En el análisis el procedimiento de Smith, determinó el índice  $b$ , el cual fue calculado con un valor de 0,5361 y el tamaño óptimo obtenido fue de 6,70 metros cuadrados. Cuando se usó en el análisis, la técnica de la máxima curvatura, desarrollada por Lessman y Alkins, indica que el tamaño apropiado es de 5,35 metros cuadrados. La forma de parcela tiene un efecto de la variabilidad de parcela a parcela, las parcelas largas y estrechas, arregladas con la mayor longitud en la dirección de la mayor variación, resulta en un estimado menor de la variancia de la parcela.

Thompson y Wholey (28), en su Guía para ensayos de campo de yuca, indica que debido a la variación de una planta a otra, son necesarias de 25 a 32 plantas como mínimo para dar un estimado de rendimiento confiable, para cada tratamiento en particular.

Monzón, Ortega y García (22, 23), en cultivos de soya y frijol, utilizando el método de Hatheway y Williams, determinaron que en el ensayo de soya,  $b = 0,8$  y el tamaño óptimo de parcela era de 15 metros cuadrados, pero que se podía escoger un tamaño que variara entre 7,00 y 30,0 metros cuadrados, con escasa pérdida de eficiencia, comparado con el valor estimado. Mientras que el ensayo de frijol el valor de  $b = 0,70$  y el tamaño óptimo de parcela de 7 metros cuadrados, llegando a la conclusión que se podía escoger un tamaño de parcela entre 3,50 y 14 metros cuadrados, sin mucha pérdida de eficiencia.

Chacín (7), realizó un ensayo con el objeto principal de estimar el tamaño óptimo de parcela experimental y conocer además la forma más adecuada en frijol. El ensayo fue realizado en hileras simples con las variedades Ojo Negro, Tolima 26 y Caroní, se utilizó para conseguir los coeficientes de heterogeneidad el método de Koch y Rigney, para luego encontrar los tamaños de parcela por el método de Fairfield Smith. Para Ojo Negro promediando las tres repeticiones resultó un tamaño de 6,7 metros cuadrados con el método de Fairfield Smith igualmente para Tolima 26 promediando las tres repeticiones dio un tamaño de 6,7 metros cuadrados, con el método de máxima curvatura y de 6,4 metros cuadrados, con el método de Fairfield Smith, mientras que para Caroní los resultados fueron de 9,8 metros cuadrados con ambos métodos. Las formas más adecuadas resultaron ser, cuando las

unidades experimentales se colocaron en forma vertical a lo largo de las hileras, siendo el sentido de la menor variabilidad.

Cobo de García (4), durante varios años efectuó un trabajo con el fin de obtener información de apoyo básico para realizar investigaciones en el renglón plátano utilizando los campos comerciales o unidades de explotación en forma directa. Como factor determinante en la estimación de la variabilidad aleatoria, tanto del error experimental como de muestreo, el número de cepas y plantas cosechadas. Los tamaños de parcela convenientes fueron de 153,12 metros cuadrados, 229,68 metros cuadrados y 459,36 metros cuadrados, equivalentes a formas verticales de 10 cepas en dos hileras, 10 cepas en tres hileras y 10 cepas en seis hileras respectivamente. Los coeficientes de variación estuvieron comprendidos 15 a 20 por ciento y el coeficiente de heterogeneidad del suelo fue de 0,79.

Cobo de García (5), en campos comerciales de café determinó los tamaños y forma de parcelas, utilizando los métodos de la máxima curvatura y Koch y Rigney. Los coeficientes de variación satisfactoria fluctuaron entre 14,9 por ciento y 10,33 por ciento, con un total entre 16 y 32 plantas por parcela, que corresponden a 4,6 y 8 hileras, respectivamente.

Cobo de García (6), en campos comerciales de maíz, mediante el método de la máxima curvatura y Koch y Rigney, determinó el tamaño y forma de la parcela. Se tomó el número de plantas cosechadas como factor determinante en la estimación de la variabilidad aleatoria tanto del error experimental como de muestreo; los coeficientes de variación obtenidos estuvieron en 21 y 15 por ciento para parcelas de 6 y 9 metros cuadrados.

Monzón, **et al** (24), en seis ensayos de uniformidad para determinar el tamaño óptimo de unidades experimentales de maní, yuca, caraotas, frijol y soya, utilizando el método de la variancia de A. Fairfield Smith, llegaron a la conclusión que el tamaño de la parcela yuca está entre 5,0 y 80,0 metros cuadrados.

## MATERIALES Y METODOS

**Materiales.** El ensayo fue realizado en Tomoporo, Distrito Baralt del Estado Zulia.

Las condiciones existentes, pertenecen al Bosque Seco Tropical, con una precipitación de unos 1300 milímetros anuales y una temperatura promedio anual de 29°C. El régimen de distribución de la precipitación es bimodal, con dos máximas que ocurren en mayo-junio y septiembre-octubre con dos mínimas que se presentan en febrero y julio. La media de humedad relativa es de 79 por ciento. El relieve se puede considerar plano y los suelos se caracterizan por presentar una textura franco-arcillo-limosa.

La siembra se realizó en el mes de mayo, usándose la variedad "Llanera", de amplia difusión en la zona. La distancia de siembra fue de 1 metro entre hilera y 0,80 metros entre plantas sobre la hilera, se usaron estacas de 20-25 cm de largo con un mínimo de 4-5 yemas, enterrándose las estacas con una inclinación de 45 grados. A los 20 días después de la siembra se realizó una resiembra para evitar la falta de plantas.

La cosecha se efectuó 9 meses después de la siembra.

### **Métodos.**

#### 1. Ensayo de uniformidad.

Se sembró un ensayo de uniformidad para estudiar la heterogeneidad del suelo como factor determinante en el estudio sobre el tamaño de parcela. El ensayo de uniformidad consistió en una parcela sembrada a 1 metro entre hilera y 0,80 metros entre plantas sobre la hilera, con un total de 21 hileras y 32 plantas en cada hilera, para un total de 672 plantas en la parcela.

## 2. Determinación del tamaño de parcela.

El criterio utilizado para el tamaño de parcela fue el de "Coeficiente de variación", calculado para todas las combinaciones encontradas del número de plantas en el sentido vertical (largo de la parcela =  $X_1$ ) y en el sentido horizontal (ancho de la parcela =  $X_2$ ).

Calculados los coeficientes de variación, se estableció una relación funcional entre estos coeficientes como variables y el largo ( $X_1$ ), y ancho ( $X_2$ ) de la parcela, en términos del número de plantas, como variable independiente, fijándose un modelo polinómico de segundo orden, considerado el modelo que mejor expresaba la relación existente entre las variables mencionadas.

## 3. Fijación del modelo polinómico de segundo orden.

En primer lugar se produjo un análisis de regresión para determinar la existencia de la relación funcional, aplicándose la metodología del análisis de la variancia para probar la hipótesis nula  $\beta_i = 0$ .

Al rechazar la hipótesis nula formulada se fijó un modelo polinómico de segundo orden de la forma siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon_i$$

que en el caso del presente trabajo sería:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon_i$$

donde:

$Y_i$  =  $i$  - ésimo coeficiente de variación

$\beta_0$  = intercepto

$\beta_1, \beta_2$  = Coeficientes de regresión para medir los efectos lineales.

$\beta_{11}, \beta_{22}$  = Coeficientes de regresión para medir los efectos cuadráticos.

$\beta_{12}$  = Coeficiente de regresión para medir los efectos de la interacción.

$X_1$  = Largo de la parcela en términos del número de plantas en el sentido vertical.

$X_2$  = Ancho de la parcela en términos del número de plantas en el sentido horizontal.

## 4. Curvas de iso-coeficientes.

Basados en el concepto económico de las curvas iso-cuántas, se determinaron las diferentes combinaciones de  $X_1$  y  $X_2$ , que teóricamente deben producir un mismo coeficiente, generándose las curvas que se denominaron iso-coeficientes. En este sentido se fijaron los siguientes valores del coeficiente de variación y del ancho de la parcela ( $X_2$ ) para determinar el valor necesario de  $X_1$  (largo de la parcela).

CV	$X_2$
8	1; 2; 3; 4
10	1; 2; 3; 4
12	1; 2; 3; 4
14	1; 2; 3; 4
16	1; 2; 3; 4
18	1; 2; 3; 4
20	1; 2; 3; 4

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Rendimiento por planta en el ensayo de uniformidad.

Al momento de la cosecha se eliminaron las borduras, quedando 19 hileras de 30 plantas cada una, luego en cada hilera, se tomó el peso total de las raíces, en base húmeda para cada planta, estableciéndose la posición relativa de las plantas en el suelo. Los rendimientos por planta presentaron un gran rango de variación, desde 0,15 kilos a 10 kilos por planta. El gran total cosechado fue de 1.170 kilos, con un promedio de 2,06 kilos por planta y una producción por hectárea de 25.750 kilos.

### 2. Coeficientes de variación para todas las combinaciones posibles de $X_1$ (largo de la parcela) y $X_2$ (ancho de la parcela).

Se calcularon 440 valores de coeficientes de variación, determinados a partir del rendimiento por planta obtenido en el ensayo de uniformidad. Se pudo observar que cuando  $X_2 = 1$ , es decir, una parcela efectiva formada por una hilera, los valores del coeficiente de variación entre 10 y 13 por ciento aproximadamente se obtienen para  $X_1$  variando entre 19 y 26 plantas.

Cuando  $X_2 = 2$ , formando una parcela efectiva de 2 hileras para los mismos valores del coeficiente de variación,  $X_1$  varía entre 11 y 20 plantas. Cuando la parcela efectiva es de 3 hileras, es decir  $X_2 = 3$ , y los valores del coeficiente de variación entre 10 y 13 por ciento,  $X_1$  variará entre 11 y 20 plantas. Al hacer  $X_2 = 4$ , lo que da una parcela efectiva de 4 hileras, si se mantienen los coeficientes de variación antes indicados,  $X_1$  varía entre 14 y 17 plantas.

Se toman los valores para  $X_2$  de 1, 2, 3 y 4 plantas de ancho en la parcela, porque comúnmente se usan en la zona, obedeciendo más que todo a un concepto de carácter práctico, ya que de usar un mayor número, los ensayos experimentales ocuparían una gran superficie.

### 3. Análisis de variancia aplicado al análisis de regresión con todas las combinaciones posibles.

El análisis de la variancia para probar la hipótesis nula  $\beta_i = 0$  se presenta en la Tabla 1. De acuerdo con los valores de F obtenidos ( $F = 257, 806$ ) se rechaza la hipótesis formulada, significando entonces que existe una relación funcional entre, por lo menos, una de las variables independientes ( $X_1 =$  largo de la parcela y  $X_2 =$  ancho de la parcela) y el coeficiente de variación. Con estos resultados se continúa el análisis, fijando el modelo propuesto, que en este caso se refiere a un modelo polinómico de segundo orden.

**TABLA 1. Análisis de la variancia aplicado al análisis de regresión con todas las combinaciones posibles.**

FV	G de L	SC	CM	F
Regresión	5	25.400,37126	5080,074	257,806
Residual	414	8.158,052918	19,705	
TOTAL	419	33.558,42418		

4. Fijación del Modelo Polinómico de Segundo Orden.

El Modelo Polinómico de Segundo Orden obtenido fue el siguiente:

$$Y = 41,743 - 2,418X_1 - 1,766X_2 + 0,046X_1^2 + 0,057X_2^2 + 0,0212X_1 X_2$$

con un valor de  $R^2 = 0,7569$ , que indica un buen comportamiento del modelo en el sentido de expresar la relación funcional entre el coeficiente de variación (Y) y las variables independientes  $X_1 =$  largo de la parcela y  $X_2 =$  ancho de la parcela, ambas medidas en términos del número de plantas.

5. Determinación de las curvas de iso-coeficientes.

La curva de iso-coeficientes se determina expresando el modelo polinómico de segundo orden como una ecuación de segundo grado para  $X_1$  ó  $X_2$ , en este caso, se expresó como ecuación de segundo grado para  $X_1$ , encontrando la siguiente forma:

$$0,046X_1^2 - (2,418 - 0,0212X_2) X_1 + (0,057X_2^2 - 1,766X_2 + 41,743 - Y) = 0$$

de donde:

$$X_1 = \frac{(2,418 - 0,0212X_2) \pm \sqrt{(2,418 - 0,0212X_2)^2 - 4(0,046) (0,057X_2^2 - 1,766X_2 + 41,743 - Y)}}{2 (0,046)}$$

Luego para valores de  $X_2$  e Y se determinan los valores requeridos de  $X_1$ . Los valores obtenidos de  $X_1$  para Y = 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 por ciento y para  $X_2 = 1, 2, 3$  y 4 (Figura 1) se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2. Diferentes combinaciones de  $X_1$  y  $X_2$  para obtener los coeficientes de variación.**

% CV	Ancho $X_2$	Largo $X_1$	% CV	Ancho $X_2$	Largo $X_1$
8	1	No existe solución	14	3	13
8	2	24	14	4	12
8	3	20	16	1	14
8	4	19	16	2	12
10	1	21	16	3	11
10	2	19	16	4	11
10	3	17	18	1	12
10	4	16	18	2	11
12	1	18	18	3	10
12	2	16	18	4	9
12	3	15	20	1	10
12	4	14	20	2	10
14	1	15	20	3	9
14	2	14	20	4	8



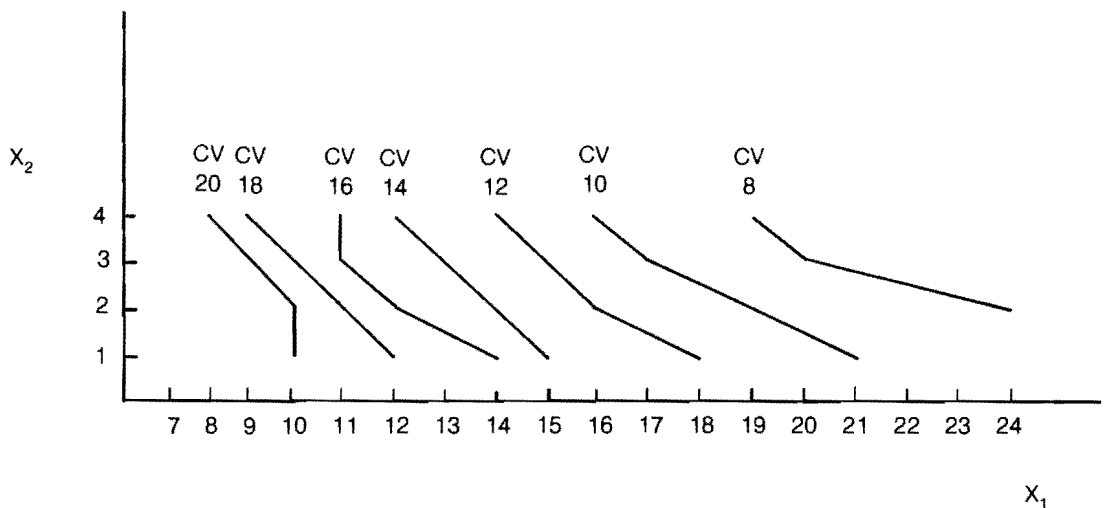


FIGURA 1. Curva de los iso-coeficientes

### CONCLUSIONES

1. Para obtener un coeficiente de variación de 8 por ciento empleando parcelas efectivas de 2, 3 y 4 hileras, se necesita que el largo de las hileras sea 24, 20 y 19 plantas.
2. Que parcelas efectivas de 1, 2, 3 y 4 hileras con un largo de la hilera de 21, 19, 17 y 16 plantas, respectivamente, dan un coeficiente de variación de 10 por ciento.
3. Que para obtener un coeficiente de variación de 12 por ciento, es necesario utilizar parcelas de 1, 2, 3 y 4 hileras efectivas con hileras de 18, 16, 15 y 14 plantas de largo, respectivamente.
4. Que un coeficiente de variación de 14 por ciento cuando las parcelas están constituidas de 1, 2, 3 y 4 hileras efectivas se obtiene, cuando la hilera tiene un largo de 15, 14, 13 y 12 plantas, para la forma como fue indicado.
5. En cuanto a la forma de la unidad experimental, se detecta del análisis realizado que las formas rectangulares son las más comunes para los menores coeficientes de variación.
6. Que la metodología empleada a partir de los datos obtenidos en el ensayo de uniformidad, funcionó para determinar el tamaño de la parcela experimental en yuca.

## BIBLIOGRAFIA

1. BRIM, CH. A. AND MASON, D.D. 1959. Estimates of optimum plot size for soybean yield trials. *Agronomy Journal*. 51:331-334.
2. BROWN, A.R. AND MORRIS, H.D. 1967. Estimation of optimum plot size and shape for grain sorghum yield trials. *Agronomy Journal*. 59:576-577.
3. CREWS, J.W., JONES, G.L. AND MASON, D.D. 1963. Field plot technique studies with flue-cured tobacco. I. Optimum plot size and shape. *Agronomy Journal*. 54:197-199.
4. COBO DE GARCIA, M. 1977. Experimentación de campos comerciales renglón plátano. (Musa AAB, subgrupo Plátanos Cv Hartón). En: Compendio de Trabajos de las IX Jornadas Agronómicas. Maracay. Pág. 34.
5. COBO DE GARCIA, M. 1977. Experimentación en campos comerciales renglón café (*Coffea arabica*). En: Compendio de Trabajos de las IX Jornadas Agronómicas. Maracay. Pág. 66.
6. COBO DE GARCIA, M. 1977. Experimentación en campos comerciales renglón maíz (*Zea mays*). En: Compendio de Trabajos de las IX Jornadas Agronómicas. Maracay. Pág. 189.
7. CHACIN, F. 1977. Tamaño de parcela experimental en frijol (*Vigna unguiculata*). En: Compendio de Trabajos de las IX Jornadas Agronómicas. Maracay. Pág. 98.
8. FLEMING, A.A., ROGERS, T.H. AND BANCROFT. 1957. Field plot technique with hybrid corn under Alabama conditions. *Agronomy Journal*. 49 (1): 1-4.
9. FRENCH, M.H. Y RODRIGUEZ, S. 1960. Errores asociados con el uso de pequeñas parcelas de prueba en la evaluación de rendimiento de pastos. *Agronomía Tropical*. Maracay. 10(2): 71-76.
10. GARCIA, A. 1971. Determinación de tamaño de parcela en algodón. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. Mimeógrafo.
11. HALLAUER, A.R. 1964. Estimation of soil variability and convenient plot size from corn trails. *Agronomy Journal*. 65:493-498.
12. HANSON, W.D., BRIM, CH. A. AND HINSON, K. 1961. Design and analysis of competition studies with application to field plot competition in the soybean crop science. 1(1): 255-258.
13. HATHEWAY, W.H. AND WILLIAM, E.J. 1958. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. *Biometrics*. 14(2): 207-222.
14. HATHEWAY, W.H. 1961. Convenient plot size. *Agronomy Journal*. 53(4): 279-280.
15. HACH, J.L.P. Y CASTILLO MORALES, A. 1976. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. *Agrociencia* N° 23. Chapingo. México. Págs. 39-48.
16. KOCH, E.J. AND RIGNEY, J.A. 1951. A method of estimating optimum plot size from experimental data. *Agronomy Journal*. 43:17-21.
17. MEIER, V.D. AND LESSMAN. 1971. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. *Crop Science*. 11(5): 648-650.
18. MILLER, J.D. AND KOCH, E.J. 1962. A plot technique study with birds foot trefoil. *Agronomy Journal*. 54(2): 95-97.
19. MILLER, J.D. AND KOCH, E.J. 1966. Further studies on plot techniques with birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal*. 58(4): 458-459.
20. MONZON, D. 1956. Análisis e interpretación de un ensayo de uniformidad con maíz. *Agronomía Tropical*. 6(1): 15-22.
21. MONZON, D. Y VISO RODRIGUEZ, A. 1958. Determinación del tamaño óptimo de unidad experimental mediante la ley de la variancia de H, Fairfield Smith. *Agronomía Tropical*. 8(2): 43-49.
22. MONZON, D., ORTEGA, S. Y GARCIA, A. 1975. Ensayo de uniformidad I. Soya. *Agronomía Tropical*. 25(1): 23-26.
23. MONZON, D., ORTEGA, S. Y GARCIA, A. 1975. Ensayo de uniformidad II. Frijol (*Vigna sinensis*). *Agronomía Tropical*. 25(1): 27-29.

24. MONZON, D., R. DE AQUINO Y ORTEGA, S. 1977. Tamaño óptimo de parcela para ensayos de campo con maní, yuca y leguminosas. En: Compendio de Trabajos de las IX Jornadas Agronómicas. Maracay. Pág. 97.
25. NAVA, C. Y MAZZANI, B. 1967. Tamaño óptimo de parcelas experimentales en ajonjolí en Payara, Edo. Portuguesa. En VII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Maracay. Venezuela.
26. SMITH, H.F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. Jour. Agr. Sci. 28:1-23.
27. THOMAS, H.L. AND ABOU-EL-FITTOUH, H.A. 1968. Optimum plot size and number of replications for estimating forage yield and moisture percentage. Agronomy Journal. 60:549-550.
28. THOMPSON, R.L. AND WHOLEY, D.W. 1972. A guide for cassava field trails. Centro Internacional de Agricultura. Cali, Colombia.
29. WIEDEMANN, A.M. AND LEININGER, L.N. 1963. Estimation of optimum plot size and shape for safflower yield trials. Agronomy Journal. 55(3):222-225.