

TAMAÑO DE PARCELA Y NUMERO DE REPETICIONES ÓPTIMAS PARA EXPERIMENTACIÓN DE CAÑA EN LADERA Y EN FINCAS DE AGRICULTORES*

Pompilio Carrillo V.**
Orlando Martínez W.
Roberto Manrique E.

RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron determinar el tamaño óptimo de parcela y número de repeticiones en experimentos en el cultivo de caña de *azúcar* en ladera o fincas de agricultores. Se realizaron dos ensayos de uniformidad o en blanco en las localidades de Barbosa (ladera) y Zulia (finca de agricultor), cada en cada ensayo consistió en un lote de 16 surcos y 64 metros de largo el tamaño unitario de parcela fue de 4 m de largo por surco. En total cada ensayo estuvo conformado de 256 parcelas unitarias.

Se estimó el coeficiente de Smith o de heterogeneidad del suelo y tamaños de parcela de acuerdo a la metodología de Hatheway y regresión múltiple. Se recomienda usar los tamaños de parcela encontrados mediante la técnica de Hatheway, los cuales fueron 5 x 9 (5 surcos por 9 m) para El Zulia y 5 x 7 (5 surcos x 7m) en Barbosa. El número de repeticiones para tales tamaños fue de cinco, en diseño de bloques completos al azar con 10, 12 ó 15 tratamientos.

2. INTRODUCCION

En el proceso de generación de tecnología, el tamaño y forma de parcela así como el número de repeticiones, son parte fundamental de la técnica experimental de campo. En la actualidad, el programa de Caña Panelera del ICA realiza investigación en fincas de agricultores utilizando parcelas de seis (6) surcos de 10 m de largo, con una distancia entre surcos de 1,50 m, tamaño de parcela tradicional usado en centros y estaciones experimentales. Hasta la fecha, no se han realizado estudios sobre tamaño de parcela y número de repeticiones para experimentación en caña de azúcar y/o panela cuando se investiga en fincas de agricultores o cultivos de caña en ladera.

De lo anterior, se deduce que es necesario contar con una evidencia científica que indique cuál es el tamaño de esa parcela, para las condiciones de investigación señaladas. Por lo tanto, el objetivo básico de este estudio es presentar alternativas en cuanto al tamaño experimental y número de repeticiones que se adecuen a las condiciones de investigación en fincas de agricultores y/o cultivos de caña en ladera. Mediante este análisis, se permite relocalizar el recurso tierra, puesto que se reducen los costos de investigación al emplearse parcelas pequeñas.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Tradicionalmente los denominados experimentos o ensayos en blanco, se usan para determinar el tamaño óptimo de parcela experimental en diversas especies vegetales. Smith (12) define un ensayo en blanco, como aquel en el que se siembra una extensión del

*Contribución del Programa de Caña Panelera y de la División de Estadística y Biometría. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA

** Ingeniero Agrónomo, Programa Caña Panelera; Ingeniero Agrónomo Ph.D. División Estadística y Biometría; Ingeniero Agrónomo M.S. Programa Caña Panelera, respectivamente. A.A. 151123 Bogotá.

campo con la misma variedad, tan pura como sea posible y con idénticas prácticas de cultivo. En los experimentos en blanco, se toman datos de parcelas "pequeñas" o unitarias, las cuales se agregan y combinan para obtener diferentes formas y tamaños, a los que se les puede medir y comparar su variabilidad. Con el uso de este tipo de ensayos, el mismo autor propuso un índice del grado de variabilidad del suelo. La ventaja de este índice es que da cierta guía del grado de asociación entre parcelas adyacentes. El método propuesto por Smith, presenta además una ecuación algebraica que permite el cálculo del tamaño de parcela, cuando los costos por

parcela y su número se conocen. Posteriormente Hatheway (5) usa el índice propuesto por Smith (12) para el cálculo del tamaño de parcela óptimo; la forma propuesta por Hatheway no requiere de estimativos sobre el costo por parcela. En Colombia, se han utilizado las técnicas de Smith (12) y Hatheway (5) para el cálculo del tamaño de parcela en los siguientes cultivos: trigo, Martínez y Mendoza (7); cebolla (*Allium cepa* L.), Chica y Rodríguez (2); cebolla (*Allium fistulosum* L.) Giraldo (4) y papa Franco (3).

En relación con la caña, Pérez y Milanes (10) adelantaron estudios en Cuba para determinar el área y la forma de la parcela experimental; como también el número óptimo de repeticiones para dos tipos de cepas estudiadas: plantilla y primera soca.

Sugirieron como área óptima 50 m² y como número de repeticiones entre 5 y 8. Para parcelas de 30 m², reportaron de 13 a 14 repeticiones en caña plantilla, mientras que para la primera soca el número de repeticiones se incrementó entre 19 y 20. Cuando aumentaron el área de la parcela unitaria a 40 m² las repeticiones requeridas para plantilla varió entre 17 y 18, para la primera soca fue de 5 a 6. Finalmente, cuando consideraron un área experimental de 100 m² el número de repeticiones fue de 3 a 4 en caña plantilla.

Recientemente, Pérez y Milanes (11) compararon distintas áreas de parcela experimental y diferente número de repeticiones, con el propósito de determinar los óptimos para caña de azúcar. Concluyeron que es más factible utilizar 40 m² y un número de repeticiones de 6 o más, pues con 20 m² se necesitarían 12 o más repeticiones.

Martínez (6) hizo un resumen de los resultados sobre tamaño de parcela para caña en México en la década de los sesenta y concluyó que con parcelas de 4 surcos y 10 m de longitud, se obtenían los menores coeficientes de variación y que en tal época, se usaban 6 surcos de 12,5 m de longitud, tomando los dos surcos extremos como efecto de borde, sin eliminar las cabeceras ya que su eliminación resultaba complicada para el cultivo de la caña.

Méndez *et al.* (s.f.) citados por Franco (3) sugirieron el uso de la técnica de superficies de respuesta (modelo de regresión lineal múltiple para dos factores: largo y ancho de la parcela) como una alternativa para el cálculo de tamaño y forma óptimas de parcela experimental. Franco (3) mencionó algunas dificultades en el uso de la técnica propuestas por Méndez y colaboradores, puesto que algunos de los supuestos del modelo son un tanto difíciles de cumplirse en la práctica y sugiere métodos econométricos como el uso de variables auxiliares o los mínimos cuadrados generalizados. Sin embargo, encontró que el método de superficies de respuesta y el propuesto por Hatheway (5) producían tamaños de parcela similares, en ensayos de uniformidad para el cultivo de la papa. También señaló la ventaja que presenta el método de regresión, al proporcionar tamaño óptimo de parcela, sin la necesidad del cálculo de costos, las diferencias a detectar, el tipo de ablocamiento, número de repeticiones y tratamientos.

Pablos y Castillo (9) sugirieron en cierta forma, una generalización de la técnica desarrollada por Méndez y asociados (8), en la solución del tamaño óptimo de parcela; en este caso el investigador impone ciertas restricciones, las cuales pueden ser de tipo económico o de técnica experimental de campo. La metodología propuesta permite cierto tipo de inferencia en relación con el largo y ancho de la parcela; el proceso de cálculo es iterativo y se conoce como la forma canónica.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ENSAYOS DE UNIFORMIDAD.

Se realizaron dos ensayos de uniformidad o en blanco en las localidades de El Zulia (Norte de Santander) y Barbosa (Santander), para caña plantilla de la variedad POJ 2878.

En El Zulia, el ensayo consistió en un lote de 20 surcos y 56 metros, la distancia entre surcos fue de 1,50 m y la densidad de siembra de 10 yemas por metro lineal. Al momento de la cosecha se eliminaron dos surcos bordes y un metro en cada extremo de los surcos quedando para cosechar 16 surcos de 64 metros. El tamaño unitario de la parcela fue de 4 metros de largo. Por lo tanto el total de parcelas unitarias fue de 256.

En la localidad de Barbosa el material experimental fue el mismo que en El Zulia, sólo que la distancia entre surcos fue de 1,30 m. El número total de parcelas también fue de 256 unidades experimentales. En ambos casos, se siguieron las prácticas culturales recomendadas para el cultivo y se tomó la producción en kilogramos de caña por parcela para el análisis estadístico.

4.2. MÉTODOS ESTADÍSTICOS.

4.2.1. Coeficiente b de Smith.

Se calculó el coeficiente de heterogeneidad del suelo b, o de Smith de acuerdo con la relación establecida por Smith (12) así:

$$V_x = \frac{V}{X}, \text{ en logaritmos se tiene}$$

$\text{Log } V_x = \text{Log } V - b \log x$, donde:

X = Número de parcelas unitarias

V_x = Variancia estimada para parcelas de tamaño x

V = Variancia estimada para parcelas de tamaño unitario

b = índice de heterogeneidad del suelo

La expresión anterior corresponde a la ecuación de una línea recta, es así como por medio de la técnica de regresión lineal simple, se estimará el valor de b.

4.2.2. Tamaño Óptimo de Parcela de Hatheway.

Se calculó el tamaño óptimo de parcela, según la metodología propuesta por Hatheway (5), así:

$$X b = 2(t_1 + t_2)^2 \text{ CV}/rd^2$$

donde:

X

X = Tamaño de parcela óptima, expresada como un múltiplo del número de parcelas unitarias

b = Coeficiente de Smith

t_1 = Valor de t de las tablas asociado a $(r-1)(t-1)$ grados de libertad y nivel de significancia (α)

t_2 = Valor de t de las tablas asociado a $2(1-p)$, donde p es la probabilidad de obtener un resultado significativo

CV — Coeficiente de variación esperado para una condición experimental dada, expresado en porcentaje

r — Número de repeticiones requeridas para detectar una diferencia verdadera de d unidades

d — Diferencia verdadera entre dos tratamientos, expresada como un porcentaje del promedio

4.2.3. Tamaño Óptimo de Parcela por Regresión Múltiple.

Se simularon 30 formas diferentes de parcela, según el largo (L) y ancho (A) de las mismas y de cada una de ellas se calculó el coeficiente de variación (CV). Con esta información se estimó el siguiente modelo de regresión múltiple.

$$CV = b_0 + b_{1L} + b_{2A} + b_{11}L^2 + b_{22}LA \quad [1]$$

Cuando la interacción LA en [1] no fue significativa, se estimó el modelo de regresión múltiple.

$$CV = b_0 + b_{1L} + b_{2A} + b_{11}L^2 + b_{22}A^2 \quad [2]$$

Al derivar [1] o [2] e igualar a cero, se obtiene aquel largo y ancho que minimizan el coeficiente de variación. Al derivar [1] o [2] igualar a k_1 y k_2 , se obtiene el tamaño óptimo de parcela, Pablos y Castillo (9).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. COEFICIENTE DE SMITH.

En la Tabla 1, se expresan las estadísticas básicas para el cálculo del coeficiente de Smith o de heterogeneidad del suelo y del tamaño óptimo de parcela por los métodos de Hatheway y regresión múltiple, es así como para diferentes formas y tamaños se tiene el cálculo de la variancia (V_x) y el coeficiente de variación (CV), para las dos localidades en estudio. En total se simularon 30 formas y dimensiones de parcelas; tanto en El Zulia como en Barbosa la longitud de las parcelas varió entre 1 y 8, cabe advertir nuevamente que el ancho de los surcos en El Zulia fue de 1,50 m, mientras que en Barbosa fue de 1,30 m.

Con relación al efecto del largo y el ancho de la parcela sobre el coeficiente de variación, se observa que a medida que se aumenta el tamaño de la parcela bien sea por incremento de la longitud o del ancho, el coeficiente de variación disminuye; esta relación inversa entre el tamaño y la variabilidad del mismo ha sido reportada en investigaciones anteriores tanto en caña (Pérez y Milanés (10-11)) como en otras especies, por ejemplo: papa (Franco (3)) y cebolla (Chica y Rodríguez (12) y Giraldo (4)). El patrón de variabilidad descrito fue el mismo para las dos localidades en estudio; sin embargo, los coeficientes de variación fueron consistentemente menores en El Zulia. para las 30 combinaciones experimentales de siembra de la caña.

Las variaciones (V_x) que se expresan en la Tabla 1, se usaron para calcular el coeficiente b de Smith, mediante el cálculo de una ecuación de regresión simple entre el logaritmo de las variancias (V_x) y el logaritmo del tamaño de la parcela (X), las ecuaciones de regresión para cada localidad fueron:

$$\text{Log } V_x = 2,547 - 0,7600 \text{ Log } X, \quad \text{El Zulia}$$

$$\text{Log } V_x = 2,569 - 0,5798 \text{ Log } X, \quad \text{Barbosa}$$

Se efectuó una prueba de t para la hipótesis $H_0: b = 0$ vs $H_a: b \neq 0$ y en cada caso los coeficientes fueron significativamente diferentes de cero. En cuanto a la interpretación de este coeficiente, Brim y Masón (1) indican: es un índice de la variabilidad del suelo y se espera que oscile entre cero y uno; un valor próximo a cero es el reflejo de una correlación perfecta entre parcelas, es decir, completa uniformidad; un valor cercano a uno, expresa que no hay correlación y se puede interpretar como un indicio de un patrón de alta variabilidad del suelo. Entonces se podría concluir que con valores de b cercanos o iguales a cero se requerirían de parcelas pequeñas y con valores de b cercanos a las unidades se requerirían parcelas grandes. En este caso, los valores de b fueron intermedios y cuando esto ocurre, el tamaño de la parcela dependerá del costo (Cj) asociado al número de parcelas por tratamiento y el costo (Cj) asociado con el área total del terreno ocupado, por el tratamiento.

Sin embargo, la magnitud de los coeficientes sugieren el uso de parcelas de mayor tamaño experimental en El Zulia que en Barbosa, lo cual difiere de la situación que prevalece en la actualidad donde el tamaño de la parcela es el mismo para los dos sitios (6 surcos de 10 metros de largo), la diferencia que existe entre las dos localidades, se debe a la distancia de siembra entre surcos: 1,50 m en El Zulia contra 1,30 m en Barbosa, lo que se traduce en un área experimental de 90 m² para El Zulia y de 78 rrU en Barbosa, pero como se mencionó, esta diferencia en área corresponde a una práctica cultural y no a una técnica experimental de campo como es la forma y tamaño de parcela, los cuales están definidos por la longitud y el número de surcos a cosechar.

TABLA 1. Forma y tamaño de parcela, variancia y coeficientes de variación, para 30 combinaciones experimentales de siembra en caña.

Barbosa		El Zulia							
Forma*	Tamaño (x)	Largo (m)	Ancho (m)	V_x	CV (7c)	Largo (m)	Ancho (m)	V_x	CV (%)
1 x 1	1	4	1,5	367,7	26,06	4	1,3	379,1	27,71
1 x 2	2	4	3,0	227,7	20,50	4	2,6	288,3	24,17
1 x 3	3	4	4,5	132,2	15,62	4	3,9	254,7	22,85
1 x 4	4	4	6,0	100,8	13,64	4	5,2	237,5	21,93
1 x 5	5	4	7,5	88,7	12,79	4	6,5	213,6	20,93
1 x 6	6	4	9,0	75,0	11,76	4	7,8	183,1	19,83
2 x 1	2	8	1,5	221,8	20,23	8	1,3	212,3	20,74
2x2	4	8	3,0	142,2	16,20	8	2,6	158,9	17,94
2x3	6	8	4,5	92,0	13,03	8	3,9	142,3	17,08
2x4	8	8	6,0	70,6	11,41	8	5,2	133,6	16,50
2x5	10	8	7,5	54,8	10,06	8	6,5	118,8	15,61
2x6	12	8	9,0	54,7	10,04	8	7,8	96,7	14,41
2x7	14	8	10,5	46,0	9,16	8	9,1	110,1	15,22
2x8	16	8	12,0	40,9	8,68	8	10,4	112,6	15,11
3 x 1	3	12	1,5	150,7	16,88	12	1,3	144,3	16,85
3x2	6	12	3,0	94,6	13,37	12	2,6	107,6	14,55

3x3	9	12	4,5	65,1	11,09	12	3,9	85,3	13,03
3x4	12	12	6,0	49,1	9,63	12	5,2	85,7	12,98
3x5	15	12	7,5	31,6	7,72	12	6,5	71,0	11,89
3x6	18	12	9,0	29,9	7,51	12	7,8	64,0	11,60
4 x 1	4	16	1,5	132,0	15,60	16	1,3	123,7	15,83
4x2	8	16	3,0	89,7	12,87	16	2,6	91,5	13,61
4x3	12	16	4,5	62,4	10,73	16	3,9	79,6	12,77
4x4	16	16	6,0	51,4	9,74	16	5,2	74,9	12,32
4x5	20	16	7,5	36,7	8,23	16	6,5	68,0	11,81
4x6	24	16	9,0	34,8	8,01	16	7,8	56,5	11,01
5 x 1	5	20	1,5	106,5	14,18	20	1,3	94,1	13,60
5x2	10	20	3,0	73,1	11,75	20	2,6	68,8	11,64
5x3	15	20	4,5	51,2	9,90	20	3,9	65,2	11,39
5x4	20	20	6,0	42,9	9,01	20	5,2	56,5	10,54

1 x 1 Indica parcelas de 1 segmento (4 m) de largo por 1 surco de ancho.

METODO DE HATHEWAY.

En la Tabla 2, se expresa el área óptima de parcela como también el número óptimo de yemas, según el Método de Hatheway (5). Para el cálculo se tuvieron en cuenta los coeficientes de Smith estimados anteriormente. Los cálculos se realizaron para 18 situaciones diferentes así: diseño bloques completos al azar con 10, 12 y 15 tratamientos; 3, 4 y 5 bloques o replicaciones y dos coeficientes de variación 10 y 12 para establecer el área óptima, se asumió un valor de 25% (d) de diferencia con respecto al promedio, un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$) y una seguridad del 80% (p). Los valores de la Tabla 2, indican que el área óptima de parcela está inversamente relacionada con el número de repeticiones, se observa claramente que por ejemplo se requiere de aproximadamente 80 m² (en el Zulia) y tener un CV del 10% con 3 replicaciones, mientras que sólo se requerirá de aproximadamente 39 m², pero 5 replicaciones y mantener el mismo coeficiente de variación del 10%; así pues los resultados confirman la regla general de usar un tamaño de parcela pequeño, que pueda ser convenientemente manejado y obtener la precisión deseada mediante el incremento en el número de repeticiones.

Lo discutido en el párrafo anterior, es igualmente aplicable (ver Tabla 2) cuando el coeficiente de variación se incrementó del 10 al 12% y también lo es para la localidad de Barbosa. Sin embargo, puede apreciarse que siempre el área requerida en Barbosa es mucho menor que en El Zulia, para todas las 18 condiciones experimentales en estudio. En general y para ambas localidades sobresalen (por menor área requerida y menor CV) aquellas condiciones experimentales que presentan un CV del 10% y 5 replicaciones. En la Tabla 3 se amplía la forma (número de surcos) para estas condiciones.

La Tabla 3, detalla el área óptima así como la forma de parcela para la condición experimental de bloques completos al azar con 10, 12, 15 tratamientos, 5 replicaciones y un CV de 10%. Para cada localidad, se consideró un número de tres surcos, lo cual proporciona una longitud de surco de aproximadamente 9 m para El Zulia y de 7 m para Barbosa. Si se consideran 2 surcos adicionales de bordes se tendría para El Zulia parcelas experimentales óptimas de 5 x 9 (cinco surcos por 9 m de largo) los cuales son bastantes cercanos a los que se usan en la actualidad (6 x 10); en este caso se obtiene una reducción del área experimental por tratamiento del 25%. Mientras que para Barbosa, el resultado si es bastante significativo, puesto

Tabla 2. Estimativos del tamaño de parcela óptima en m², según el método de Hatheway en las localidades de El Zulia y Barbosa.

CV%	No. de Tratamiento	No. de Repeticiones	El Zulia		Barbosa	
			Área	No.de yemas	Área (m ²)	No. de yemas
10	10	3	82,55	550	69,65	536
10	12	3	80,30	535	67,17	517

10	15	3	78,23	522	64,91	499
10	10	4	53,77	358	39,71	305
10	12	4	53,14	354	39,10	300
10	15	4	52,18	348	38,17	294
10	10	5	39,26	262	26,29	202
10	12	5	38,90	259	25,98	199
10	15	5	38,19	255	25,36	195
12	10	3	133,38	889	130,63	1.005
12	12	3	129,74	865	125,98	969
12	15	3	126,39	843	121,73	936
12	10	4	86,88	579	74,47	573
12	12	4	85,86	572	73,33	564
12	15	4	84,31	562	71,60	551
12	10	5	63,43	423	49,31	379
12	12	5	62,86	419	48,72	374
12	15	5	61,71	411	47,56	366

TABLA 3. Tamaño y forma de parcela óptima, por el método de Hatheway con 5 replicaciones y CV — 10%.

No. de Tratamiento	El Zulia				Barbosa			
	Área (m2)	A* (m)	L** (m)	Surcos (No.)	Área <m2)	A (m)	L (m)	Surcos (No.)
10	39,26	4,5	8,7	3	26,29	3,9	6,7	3
12	38,90	4,5	8,6	3	25,98	3,9	6,7	3
15	38,19	4,5	8,5	3	25,36	3,9	6,5	3

que el tamaño óptimo encontrado con los dos surcos de borde es de 5 x 7, (5 surcos de 7 m de largo) contra 6 x 10, usado en la actualidad, es decir, una reducción de un 42% en el área experimental por tratamiento. Para ambas localidades el número de repeticiones requeridas es de cinco.

5.3. MÉTODO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

El otro método considerado para el cálculo del tamaño de parcela fue el de regresión múltiple. Con los valores de los coeficientes de variación y los de largo y ancho de la Tabla 1, se calculó la ecuación de regresión múltiple, bajo el supuesto de que un modelo cua-drático, en términos del coeficiente de variación, describe el tamaño de la parcela experimental. Los modelos curvilíneos fueron:

$$CV = 35,53 - 1,632L + 0,035L^2 - 3/799A + 0,159A^2 + 0,077LxA, \quad \text{El Zulia}$$

Barbosa

$$CV = 34,39 - 1,880L + 0,049L^2 - 1,604A + 0,088A^2,$$

Los coeficientes de determinación (R^2) fueron del 97,83% y 96,73% para El Zulia y Barbosa respectivamente y son indicativos de un buen ajuste del modelo propuesto. Se observa además que en el caso de Barbosa el término correspondiente a la interacción L x

A no está presente en el modelo, debido precisamente a que tal término no fue significativamente diferente de cero cuando se realizó la prueba de t. Los modelos anteriores se derivaron parcialmente con respecto a L y A y se igualaron al vector de ceros (0,0) para obtener aquel valor de L y A que minimizan el coeficiente de variación y cuando las derivadas se igualaron al vector (0, -1) se obtiene el valor de L y A que optimiza el coeficiente de variación (Pablos y Castillo (9)). Los resultados se expresan en la Tabla 4.

Como se observa, en la Tabla 4 los tamaños de parcela obtenidos con el método de regresión, contrastan altamente con aquellos obtenidos por el método de Hatheway, principalmente en lo referente a la longitud de la parcela y el área total por tratamiento, más no así con relación al ancho de la parcela, por el contrario el ancho proporcionado por la técnica de regresión es bastante similar al obtenido mediante el método de Hatheway.

En general para todos los cultivos en experimentación y en especial en la caña, los aspectos mecánicos, mano de obra, costos de insumos y el buen juicio del investigador son factores de gran importancia a considerar para definir el tamaño de parcela experimental adecuado. En el caso de parcelas de tamaño pequeño, como las encontradas por el método de Hatheway, son más compatibles con el uso de herramientas de mano requeridas en las labores culturales y en la cosecha de la caña panelera, que con parcelas grandes (obtenidas con el método de regresión) donde la cosecha y prácticas culturales se realizan con maquinaria.

TABLA 4. Tamaños de parcela mínimo y óptimo según el método de regresión múltiple.

Localidad	Mínimo			Óptimo		
	L (m)	A (m)	Área m ²	L (m)	A(m)	Área m ²
El Zulia	13.66	8.64	118.02	18.29	4.37	79.72
Barbosa	19.02	9.11	173.27	19.02	3.43	65.24

Puesto que es la primera vez que se calcula tamaño de parcela para ensayos en fincas de agricultores y en caña sembrada en ladera, es necesario hacer ajustes periódicos del tamaño aquí encontrado con base en resultados anuales; más aún en el caso de caña, que es un cultivo semiperenne, donde la heterogeneidad del suelo y efecto de bordes, tienden a persistir con su consecuente influencia en los tratamientos que se están evaluando y así el efecto de bordes y heterogeneidad del suelo no se puede remover mediante la localización del experimento en otro sitio, como si ocurre con los cultivos anuales.

6. CONCLUSIONES

6.1. Se encontró un coeficiente de Smith o de heterogeneidad del suelo de 0,76 en El Zulia y de 0,58 en Barbosa, por lo que se sugiere el uso de parcelas más pequeñas en Barbosa.

6.2. Por el método de Hatheway, se encontraron tamaños y formas de parcela de 5 x 9 (5 surcos de 9 m) para El Zulia y de 5 x 7 (5 surcos de 7 m) para Barbosa. Estos tamaños reducen en un 25% en El Zulia y en un 42% en Barbosa el área de la parcela que actualmente se utiliza.

6.3. Los tamaños de parcela encontrados por el método de Hatheway (5 x 9 y 5 x 7) garantizan un CV de 10%, en diseños de bloques completos al azar con 12 y 15 tratamientos, con cinco repeticiones para cualquier caso.

6.4. El método de regresión múltiple proporciona tamaños de parcela un tanto altos, si se comparan con los obtenidos por el método de Hatheway.

6.5. Se sugiere el uso de los tamaños de parcela originados por el método de Hatheway y ajustarlos periódicamente con base en resultados anuales.

7. SUMMARY

Optimum plot size and replicate number in sugar cane experimentation at hillside and farmer soil conditions.

The objectives of this study were to determine the optimum plot size and replication number when field experiments are located in both: hillside and farmer soils conditions. Two uniformity trials for sugar cane yield were grown during 1983 at El Zulia (farmer soil) and at Barbosa (hillside soil). For each location the uniformity trial consisted of 16 adjacent rows of 64 meters long, each row was divided into 16 separate units of 4 meters length, giving 256 basic units in all.

The most efficient plot sizes, using Hatheway methodology were: 5 x 9 (5 rows 9 m length) at El Zulia and 5 x 7 (5 rows 7 m length) at Barbosa. These plot size were estimated for complete randomized block designs with 10, 12 and 15 treatments and 5 replicates.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRIM, C. A.; MASÓN, D. D. Estimates of optimum plot size for soybean yield trials. A. Journal v. 51, p. 331-334. 1959.
2. CHICA, H.; RODRÍGUEZ, E. Tamaño de parcela experimental y número de repeticiones para ensayos de rendimiento con cebolla (*Allium cepa* L.I. Agricultura Tropical (Colombia), v. 4, p. 240-247. 1967.
3. FRANCO, J. E. Uso de las superficies de respuesta en el cálculo del tamaño óptimo de parcela experimental; un ensayo metodológico. Revista ICA (Colombia) v. 13, p. 325-341. 1977.
4. GIRALDO, M. Cálculo de número de repeticiones y comparación de dos métodos en la determinación de la parcela óptima para ensayos de rendimiento con cebolla (*Allium fistulosum* L.I Manizales, Facultad de Agronomía 1969. 68 p. (Tesis Ing. Agr.).
5. HATHEWAY, W. Convenient plot size. American Journal v. 53, p. 209-280. 1961.
6. MARTÍNEZ, A. Técnica de parcela experimental. Tamaño y forma de las parcelas. Diseños experimentales. 1981. 20 p. (Mimeografiado).
7. MARTÍNEZ, R.; MENDOZA, R. Determinación del tamaño óptimo de la parcela para experimentación en trigo. Bogotá, Facultad de Agronomía. 1966. 49 p. (Tesis Ing. Agr.).
8. MÉNDEZ, I.; CASAS, E.; CRUZ, E. Tamaño y forma de parcela en la especie *Phaseolus vulgaris*. Chapingo, México. Centro de Estadística y Cálculos. s.f. 83p. (Mimeografiado).
9. PABLOS, J. L.; CASTILLO, A. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. Agrociencia (México) v. 23, p. 39-8. 1976.
10. PÉREZ, J. L.; MILANES, N. Determinación del área y la forma de parcelas experimentales y del número óptimo de réplicas para los experimentos en caña de azúcar. Ciencias de la Agricultura (Cuba) v. 4, p, 111-115. 1977.
11. ————. Determinación del número óptimo de réplicas en las parcelas experimentales de caña de azúcar. Ciencia Técnica de la Agricultura Cañera (Cuba) v. 1, no. 1, p. 72-86. 1981.
12. SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in yields of agricultural crops. Journal of Agricultural Science (Inglaterra) v. 28, p. 1-23. 1938.