

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ISCA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

DEPARTAMENTO DE CULTIVOS PERENNES

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR AL
GRADO DE INGENIERO AGRONOMO

DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL
EN EL CULTIVO DEL SORGO (Sorghum bicolor L. Moench)

DIPLOMANTES: INES HORACIO LECHADO LOPEZ
JULIO CESAR RIVERA JIRON
ASESOR : ING. HENRY PEDROZA P.

MANAGUA, NICARAGUA 1989.

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ISCA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

DEPARTAMENTO DE CULTIVOS PERENNES

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR

GRADO DE INGENIERO AGRONOMO

**DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL
EN EL CULTIVO DEL SORGO (Sorghum bicolor L. Moench)**

DIPLOMANTES: INES HORACIO LECHADO LOPEZ

JULIO CESAR RIVERA JIRON

ASESOR : IW G. HENRY PEDROZA P.

MANAGUA, NICARAGUA 1989.

DEDICATORIA

A mis queridos Padres Cástula López Andino y Luis Lechado Hernández, a mis estimados hermanos (as) Luis Felipe, Antonio, Dudley, Luisa, María de la Cruz y Petrona, y a mi adorada Cra. María Lidia Bonilla G.; les entrego con cariño y gratitud este presente trabajo.

Inés Horacio

Con Amor a mi madre Rosa Adilia Jirón Mayorga, quien con su abnegación y sacrificio ha contribuido a mi formación.

Julio César

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro amigo Henry Pedroza P. por su gran respaldo moral y técnico en la realización de este trabajo. A nuestros amigos Manuel Alemán, Otoniel Matus, Alfredo Miranda y Noel Ramos; por su colaboración en el levantamiento y toma de datos de la cosecha.

A los Cros. trabajadores del Plantel del ISCA por darnos su valiosa ayuda.

I N D I C E

INDICE DE CUADROS.....	1
INDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	111
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y METODOS.....	4
II. 1 Procedimiento de Campo.....	4
II. 2 Procedimiento para determinar tamaño óptimo de la parcela experimental considerando sus costos.	6
II. 3 Procedimiento para determinar la mejor relación entre el tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones.....	8
II. 4 Procedimiento para determinar la mejor relación del tamaño y la forma de la parcela experimental	9
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	11
III.11 Relación óptima del tamaño de la parcela experi- mental considerando sus costos	11
III.2 Relación entre el tamaño de la parcela experimen- tal y el número de repeticiones.....	24
III.3 Relación entre el tamaño y forma de la parcela experimental.....	33
IV. CONCLUSIONES.....	38
V. BIBLIOGRAFIA.....	39

INDICE DE CUADROS

No. 1.	Datos climatológicos prevalectes durante los meses en que se llevo a cabo el ensayo.....	5
No. 2.	Componentes de Varianza: varianza dentro y entre parcelas.....	6
No. 3.	Rendimiento de grano en kg/Ha al 15 % de humedad de 3 m. de largo y 1 surco de ancho, en el cultivo de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988	14
No. 4.	Rendimiento de grano en kg/Ha al 15 % de humedad para parcelas de 6 m. de largo y 1 surco de ancho, en el cultivo de Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988.....	15
No. 5.	Rendimiento de grano en kg/Ha al 15 % de humedad para parcelas de 12 m. de largo y 1 surco de ancho, en el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel, 1988.-.....	16
No. 6.	Rendimiento de grano en kg/Ha al 15 % de humedad para parcelas de 24 m. de largo y 1 surco de ancho, en el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench) El Plantel 1988.....	117
No. 7.	Rendimiento de grano en kg/Ha al 15 % de humedad para parcelas de 48 m. de largo y 1 surco de ancho, en el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench)	18
No. 8.	Análisis de varianza para parcelas de 3 metros de longitud.....	19
No. 9.	Análisis de varianza para parcelas de 6 metros de longitud.....	19
No. 10	Análisis de varianza para parcelas de 12 metros de longitud.....	20
No. 11	Análisis de varianza para parcelas de 24 metros de longitud.....	20

No. 12	Análisis de varianasa para parcelas de 48 metros de longitud.....	21
No. 13	Coefficientes de Regresión Ponderada "b" obtenidos para cada ANDEVA del Ensayo de Uniformidad en Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench) El Plantel, 1988..	21
No. 14	Costos fijos (k_1) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench).. El Plantel 1988.....	22
No. 15	Costos variables (K_2) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988.....	22
No. 16	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media) con un $\alpha = 5\%$, $P = 0.80$, CV. unitario = 22.0344, Beta = 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>sorgo bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988.....	31
No. 17	Tamaño de parcelas (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a de detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 5\%$, $P = 0.90$, CV. unitario: 22.0344, Beta = 0.412 252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988....	31
No. 18	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferenciaaaa detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 1\%$, $P = 0.80$, CV. unitario = 22.0344, Beta = 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. -Moench). El Plantel 1988.....	32
No. 19	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a de tectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 1\%$, $P = 0.90$, CV. unitario = 22.0344, Beta = 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988...	32

No. 12	Análisis de varianza para parcelas de 48 metros de longitud.....	21
No. 13	Coeficientes de Regresión Ponderada "b" obtenidos para cada ANDEVA del Ensayo de Uniformidad en Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench) El Plantel, 1988..	21
No. 14	Costos fijos (k_1) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench).. El Plantel 1988.....	22
No. 15	Costos variables (K_2) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988.....	22
No. 16	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 5\%$, $P = 0.80$, CV. unitario= 22.0344, Beta= 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>sorgo bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988.....	31
No. 17	Tamaño de parcelas (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 5\%$, $P = 0.90$, CV. unitario: 22.0344, Beta= 0.412 252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo de sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988....	31
No. 18	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencia a detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 1\%$, $P = 0.80$, CV. unitario= 22.0344, Beta= 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. -Moench). El Plantel 1988.....	32
No. 19	Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media); con un $\alpha = 1\%$, $P = 0.90$, CV. unitario = 22.0344, Beta= 0.412252 y $g_{le} = 15$. En el cultivo del sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L. Moench). El Plantel 1988...	32

- No. 20 Coeficientes de variación para las diferentes formas y tamaños de P.U. que resultan de combinar diversas longitudes y No. de surcos, en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel 1988..... 35
- No. 21 Valores de los coeficientes de variación para diferentes formas de parcela dentro de una misma área de parcela útil. En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel 1988.... 36

INDICE DE FIGURAS.....	ii
Figura No. 1 Relación entre el tamaño de parcela, número de repeticiones (r) y diferencia a detectar como porcentaje de la media para $\alpha=5\%$, $P= 0.80$ y $gls= 15$	27
Figura No. 2 Relación entre el tamaño de parcela, número de repeticiones (r) y diferencia a detectar como porcentaje de la media para $\alpha= 5\%$, $P= 0.90$ y $gls= 15$	28
Figura No. 3 Relación entre el tamaño de parcela, número de repeticiones (r) y diferencia a detectar como porcentaje de la media para $\alpha= 1\%$, $P= 0.80$ y $gls= 15$	29
Figura No. 4 Relación entre el tamaño de parcela, número de repeticiones (r) y diferencia a detectar como porcentaje de la media para $\alpha= 1\%$, $P= 0.90$ y $gls= 15$	30
Figura No. 5 Relación entre la longitud de surco de la parcela experimental y el coeficiente de variación en sorgo (<u>Sorghum bicolor</u> L Moench).....	37

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar en el cultivo de Sorgo (Sorghum bicolor L Moench), el tamaño óptimo de la parcela experimental considerando sus costos y la mejor relación entre el tamaño de la misma, su forma y el número de repeticiones de acuerdo al grado de precisión deseado, se estableció un ensayo de uniformidad en la finca El Plantel del ISCA.

El experimento se desarrolló entre el 20 de agosto al 23 de diciembre de 1988. Se estableció la variedad de "T-E Dinero". Se utilizó un tamaño de unidad básica de 2.25 m^2 teniendo un total de 512 unidades básicas.

Para estimar el tamaño óptimo de la parcela experimental se usó el método descrito por Hatheway y Williams (1958) y la ley de Costo descrita por Smith (1938), resultando un tamaño óptimo de parcela de 9.11 m^2 con un coeficiente de heterogeneidad del suelo de 0.41 y constantes de costos de $k_1 = 215790$ y $k_2 = 0.37368$, \$ U.S Dólar por unidad básica, respectivamente.

En la determinación del número de repeticiones tomando en cuenta el tamaño de la parcela y el grado de precisión deseado, se utilizó la metodología establecida por Hatheway (1961). Se obtuvieron diferentes relaciones según el grado de significación α (1 y 5%), de probabilidad P (0.80 y 0.90), de precisión deseada (10 al 30%) y del grado de libertad del error igual 15.

Para determinar la mejor relación del tamaño y forma de la parcela experimental, se usó el método de la máxima curvatura descrito por De La Loma J.L (1966). Nuestros resultados indican que la forma no contribuye determinantemente a aumentar la precisión de los datos obtenidos.

I. INTRODUCCION.

La experimentación agrícola tiene como objetivo comprobar en la práctica del cultivo una hipótesis formulada sobre la superioridad de una modalidad determinada de algunos de los factores que intervienen en la producción de ciertas cosechas general. (De La Loma, J.L. 1966).

El experimento de campo es el método básico y el más objetivo para la investigación de los problemas teóricos y prácticos en la agricultura. El es un método particular de la agronomía en el cual se basa ante todo para la investigación de su objeto de estudio, (Egorov V.E, B.L Dospesow 1965)

Influencia significativa para el aumento de la precisión de los datos obtenidos del experimento de campo ejerce el número de repeticiones, el tamaño y la forma de la parcela experimental, así como el número de tratamientos los cuales se investiga. La determinación anticipada de estos elementos fundamentales del experimento de campo es una condición básica para una correcta planificación de cada experimento de campo, (Shasin, I. 1970).

El tamaño y forma de la parcela experimental es importante determinar tanto desde el punto de vista de la variabilidad como de el costo. No se debe establecer un experimento en área grandes injustificables no solo desde el punto de vista económico, sino también estadístico. Diferentes factores influyen en la determinación del tamaño y forma de la parcela experimental, entre ellos Chacín Lugo (1977) señala los siguientes:

- 1- Extensión superficial del terreno.
- 2- Tipo de suelo.
- 3- Tipo de cultivo.
- 4- El objetivo de la investigación a realizar.
- 5- La uniformidad del material bajo investigación.

- 6- Los métodos del cultivo utilizado.
- 7- El número de tratamientos y repeticiones.
- 8- Los recursos económicos.
- 9- El muestreo.
- 10- El grado de precisión deseado.

Otro factor que influye significativamente sobre la precisión de los datos experimentales obtenidos es el número de repeticiones utilizadas en un experimento de campo. Es necesario utilizar el número de repeticiones más adecuadas para alcanzar el grado de precisión deseado ya que cuanto más pequeña sea la discrepancia con respecto a la hipótesis nula que se ha de medir o detectar, mayor será el número de repeticiones necesarias, (Steel y Torrie, 1985).

Cochran y Cox (1976), señala que la repetición del experimento disminuye constantemente el error asociado a la diferencia entre los resultados medios de dos tratamientos, cualquiera que sea la fuente de los errores experimentales.

Diferentes factores influyen en la determinación del número de repeticiones; diversos autores como P. Smith, (1938), Cochran y Cox (1980) y Piskulich R. (1983), señalan los siguientes:

- 1- Grado de precisión deseado.
- 2- El número de tratamientos a compararse.
- 3- El tamaño y forma de la unidad experimental.
- 4- La homogeneidad del material experimental.
- 5- El diseño experimental que se establecerá.

En Nicaragua para el cultivo del sorgo, aún no se ha determinado cual es el número de repeticiones requeridas en experimentos de B.C.A. con "t" tratamientos, diferentes tamaños de parcelas y diferentes grado de precisión. Por otra parte los diferentes tamaños de parcelas utilizadas en experimentos de sorgo son arbitrarios, ya que no consideran los criterios estadísticos ni económicos.

Considerando que el uso arbitrario de diferentes tamaños y forma de parcela, afectan negativamente la validez de los resultados obtenidos, y además que es fundamental determinar el número de repeticiones requeridas en ensayos de sorgo, de acuerdo al tamaño de parcela y el grado de precisión deseado, establecimos un ensayo de uniformidad, en el cultivo de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), para alcanzar los siguientes objetivos:

- 1- Determinar el tamaño óptimo de parcela considerando los costos de la misma.
- 2- Determinar la mejor relación entre el tamaño de la parcela y el número de repeticiones, en relación al grado de precisión deseado.
- 3- Determinar la mejor relación del tamaño y la forma de la parcela en relación al grado de precisión deseado.

II. MATERIALES Y METODOS.

II. 1. Procedimiento de Campo.

La validez del trabajo científico investigativo depende de la seguridad del método utilizado y de la exactitud de las observaciones realizadas (Samper, A. 1964). De ahí que para que se reciba una información objetiva y científicamente fundamentada, es necesario que el experimento de campo asegure resultados exactos, veraces, reales (Shanin I. 1970).

Para estudiar los aspectos relacionados al tamaño y la forma de la parcela experimental, y el número de repeticiones, en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), se estableció un ensayo de uniformidad en la finca El plantel del ISCA ubicada geográficamente a una latitud norte $12^{\circ}03$ y longitud oeste $86^{\circ}06$, y con una altitud de 200 m. De acuerdo a Holdridge la zona está clasificada como: zona de vida transicional entre bosque tropical seco y bosque sub-tropical húmedo, la humedad relativa media anual es 67%. Los datos de precipitación y temperatura prevaletentes durante el período experimental se presenta en el cuadro 1.

Los suelos de esta zona son de origen volcánico, presenta relieve con ondulaciones ligeras a fuertemente ondulado, ligeramente ácido, con permeabilidad moderada a moderadamente alta, y textura franco arcilloso arenoso, son molisoles de la serie Zambrano. (M.A.G. 1971).

El ensayo en blanco o de uniformidad se estableció en un lote de aproximadamente una hectárea, el 20 de agosto de 1988. La variedad establecida fue "T-F DINERO".

El conjunto de actividades necesarias para el establecimiento y manejo adecuado del ensayo se realizó siguiendo las normas técnicas establecidas por MIDINRA (1985) para el cultivo del sorgo.

Cuadro 1. Datos climatológicos prevalicientes durante los meses en los cuales se realizó el experimento. Estación Meteorológica Masaya 1988.

MES	Temperatura (° C)			Humedad relativa (%)			PP(mm).
	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	
Agosto	30.2	26.2	21.9	95	84	73	447.3
Septiembre	29.7	26.0	22.3	95	85	73	321.9
Octubre	30.4	26.4	22.1	87	79	70	434.5
Noviembre	30.2	26.4	22	95	77	60	44.4
Diciembre	29.2	25.6	20.3	93	78	63	22.5

La cosecha se realizó manual para cada una de las unidades básicas previa a su segura identificación.

Del lote para sorgo se seleccionaron 32 surcos de 48 metros de largo, separados a 0.75 metros entre cada surco, dividiéndose cada uno en 3 metros de largo, obteniendo así 512 unidades básicas de 2.25 m^2 cada una. Los tamaños elegidos fueron parcelas de 3, 6, 12, 24 y 48 metros de largo por 32, 16, 8, 4 y 1 surco de ancho en todas sus combinaciones posibles.

Las unidades básicas se cosecharon por separado, lo cual nos permite ir adicionando rendimiento de unidades básicas adyacentes para obtener parcelas de diferentes tamaños.

II. 2.- Procedimiento para determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental considerando sus costos.

Para determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental se utilizará el procedimiento descrito por Hatheway y Williams (1958), el cual se basa en las consideraciones de Koch y Rigney, (1951), que demuestran que un ensayo de uniformidad que sea sub-dividido de modo que simule un diseño de parcelas divididas o un látice, puede ser analizado por sus componentes de varianza. Dichas consideraciones se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Componentes de varianza: varianza dentro y entre parcelas.

Fuente de Variación	GL	S de C	V	V'
X_1	a-1	$SY_1^2/bcde - (SY_1)^2/abcde$	V_1	V'_1
X_2/X_1	a(b-1)	$SY_1^2/cde - SY_1^2/bcde$	V_2	V'_2
$X_3/2$	ab(c-1)	$SY_1^2/de - SY_1^2/cde$	V_3	V'_3
X_4/X_3	abc(d-1)	$SY_1^2/e - SY_1^2/de$	V_4	V'_4
X_5/X_4	abcd(e-1)	$SY_1^2 - SY_1^2/e$	V_5	V'_5

Donde:

S: signo de sumatoria.

$X_1 \dots X_5$: tamaño de la parcela en unidades

a: número de parcelas de tamaño X_1 que hay en todo el ensayo .

b: número de parcelas de tamaño X_2 que hay en X_1 .

c: número de parcelas de tamaño X_3 que hay en X_2 .

d: número de parcelas de tamaño X_4 que hay en X_3 .

e: número de parcelas de tamaño X_5 que hay en X_4 .

$SC_1 \dots SC_5$: suma de cuadrados.

$V_1 \dots V_5$: varianza dentro de parcelas.

$V'_1 \dots V'_5$: varianza entre parcelas.

$$V'_1 = V_1.$$

$$V'_2 = \left[a(b-1)V_2 + (a-1)V_1 \right] / ab-1.$$

$$V'_3 = \left[ab(c-1)V_3 + a(b-1)V_2 + (a-1)V_1 \right] / abc-1$$

$$V'_4 = \left[abc(d-1)V_4 + ab(c-1)V_3 + a(b-1)V_2 + (a-1)V_1 \right] / abcd-1.$$

$$V'_5 = \left[abcd(e-1)V_5 + abc(d-1)V_4 + ab(c-1)V_3 + a(b-1)V_2 + (a-1)V_1 \right] / abcde-1.$$

Mediante la aplicación de la fórmula dada por Hatheway y Williams (1958) fue calculado el coeficiente de regresión ponderado "b", esto es:

$$B = \frac{SY_1 X_1 W_1 - (SX_1 W_1) \cdot (SY_1 W_1) / SW_1}{SX_1^2 W_1 - (SX_1 W_1)^2 / SW_1}$$

$$SX_1^2 W_1 - (SX_1 W_1)^2 / SW_1$$

donde: $W_1 = 1/V'_1$: Es el inverso de la varianza ponderada

$Y = \text{Log} (V'/X_1)$: Es el logaritmo del cociente de la varianza ponderada y el número de unidades básicas correspondiente.

$X = \text{Log} X_1$: Es el Logaritmo del número de unidades básicas correspondientes.

Una vez obtenido el coeficiente de regresión intraclase "b" para cada uno de las diferentes longitudes en estudio, se procedió a determinar el costo de la parcela experimental mediante la fórmula dada por Smith (1938), $C = K_1 + K_2X$; donde:

K_1 : parte del costo total que es proporcional al número de parcelas por tratamientos e independiente de su tamaño (costo fijo de una parcela experimental).

K_2 : Parte del costo total proporcional al área total por tratamiento (costos variables en función del área).

X : tamaño óptimo de la parcela experimental en unidades básicas.

Considerando que la relación K_1/K_2 se comporta como una constante en un determinado cultivo y la variabilidad de un terreno está representada por el valor medio de un coeficiente de regresión, se puede concluir que el tamaño óptimo de la parcela, cuando no se considera borduras, está dado por el producto de la variabilidad y sus costos (fijos y variables). De ahí que el tamaño óptimo según sus costos estará dado por: $X = \frac{b}{1-b}$.

K_1/K_2 (Smith 1938.)

II. 3.- Procedimiento para determinar la mejor relación entre el tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones.

Para determinar el número de repeticiones a establecer considerando el tamaño de la parcela y el grado de precisión deseado, se utilizó el método establecido por Hatheway (1961), que nos permite resolver el problema de cual es el número de repeticiones

necesarias en un experimento con "t" tratamiento diferentes tamaños de parcela con una probabilidad P(%) y diferencias significativas del D(%). El método de Hatheway se expresa en los siguientes términos:

$$X^b = \frac{2 (CV_1)^2}{rD^2} \therefore (t_1 + t_2)^2 ; \text{ donde:}$$

X: Es el tamaño de parcela experimental.

b: Es el coeficiente de Heterogeneidad del suelo.

CV₁: Es el coeficiente de variación unitario.

r: Es el número de repeticiones necesarias.

D: Diferencia que se desea detectar como significativa, expresado en porcentaje de la media correspondiente.

t₁: valor de "t" en la prueba de significación (α , g/e).

t₂: valor de "t" en la tabla ordinaria correspondiente a 2(1-P)

donde P: es la probabilidad de obtener un resultado significativo.

II. 4.- Procedimiento para determinar la mejor relación del tamaño y la forma de la parcela experimental.

Para determinar la mejor relación del tamaño y forma de la parcela experimental, se utilizó el método de la Máxima Curvatura (De La Loma J.L.1966). El rendimiento independiente de cada unidad básica se utilizó de la siguiente forma: un surco de 1 metro, dos surcos de 2 metros, tres surcos de 3 metros, cuatro surcos de 4 metros, y así sucesivamente hasta llegar a la parcela más grande que fue constituida por 10 surcos de 18 metros de longitud.

Para los diferentes arreglos obtenidos, se calcularon sus respectivas desviaciones estandares y C.V. Los coeficientes obtenidos se tomaron como base para representarlos graficamente, logrando las correspondientes curvas para determinar la parcela más adecuada.

Los diferentes arreglos del número de surcos y la longitud del mismo, suministran diferentes coeficientes de variación, desviaciones standares para un mismo tamaño de parcela, de manera que el análisis comparativos de los coeficientes obtenidos nos permite establecer la influencia de la forma de la parcela sobre la exactitud de los datos obtenidos y de ahí la determinación de la relación tamaño y forma más adecuada para el cultivo del sorgo.

III. RESULTADOS Y DISCUSION.

III. 1.- Relación óptima del tamaño de la parcela experimental considerando los costos.

El tamaño óptimo de la parcela está unida a una serie de condiciones y factores que obligatoriamente deben ser tomado en cuenta cuando se va a decidir el problema de la dimensión de la parcela. (Zaprian Ivanov 1970). El tamaño de la parcela es el factor fundamental en los experimentos de campo, pues ello depende, en gran medida, la veracidad y precisión de los análisis estadísticos (Magali Amador y colaboradores, 1985).

Entre los factores, que influyen en la determinación del tamaño de la parcela experimental está el tipo de cultivo. Lo que se ha demostrado a través de diferentes estudios realizados en trabajos experimentales por diversos autores tales como M.A. Manchaca y G.Grespo (Cuba 1975) quienes encontraron en el cultivo de Pangola (Digitaria decumbens Stens) un tamaño óptimo de parcela experimental de 14-24 m², 16-27 m² y 17-27 m² respectivamente para cada variante de 2, 3, y 4 m como ancho de parcela; Héctor Pérez Trujillo (México, 1977) encontró un tamaño óptimo de parcela experimental en Phaseolus vulgaris L. de temporal de 9.12 m²; José L. Pérez Capote y Nelson Milanés Ramos (Cuba, 1977) encontraron en cultivo de caña de azúcar (Sacharum officinarum L.) un tamaño óptimo de parcela experimental de 50 m²; y más recientemente Magali Amador, Mirta Iglesias M. Pérez, A. Díaz, F. Ibarra y E. L. Rodríguez (Cuba, 1985) encontraron en el cultivo de arroz (Oryza Sativa) un tamaño óptimo de parcela experimental de 4 y 8 m², así mismo concluyeron que tomando parcelas desde 4 hasta 50 m², los coeficientes de variabilidad son menores del 20% y que disminuyen al aumentar el tamaño de la parcela.

El tamaño adecuado de la parcela experimental ejerce una influencia significativa sobre la exactitud y precisión de los datos obtenidos. Sobre esto, Felicita Puentes y colaboradores en diversos estudios realizados en Cuba en distintos cultivos que a continuación mencionamos: Hierba elefante (Pennisetum purpureum Schum, 1981), frijol (Phaseolus vulgaris L., 1982), Papa (Solanum tuberosum L., 1982), caña de azúcar (Saccharum officinarum L., 1983), obtuvieron curvas de ajuste mediante la ecuación hiperbólica $Y = \frac{A}{X^2}$ con un grado de significancia de P menor de 0.01, donde se observa la tendencia general, que a medida que aumenta el tamaño de la parcela experimental disminuye el valor del error típico del experimento en porcentaje, es decir se incrementa la precisión del experimento.

También Arturo Palomo Gil, Salvador Godoy Avila y Ricardo Prado Martínez (México, 1974) determinaron en el algodón que la mayor reducción en el índice de variabilidad se alcanza con el tamaño de 20 plantas, lo cual equivale a una parcela útil de 1 surco de 4 m de largo.

Con respecto a la estimación del tamaño de la parcela experimental considerando costos, existen muy pocos trabajos experimentales que abordan sobre este aspecto. Delgadillo L.J.F. (Nicaragua, 1973) en el cultivo de Ajonjolí (Sesamum sp) determinó un tamaño óptimo de parcela experimental de 1.58 m^2 usando un coeficiente de regresión "b" (0.6642) y constante de costo $K_1 = 14.83\%$ y $K_2 = 85.07\%$; Savilés R. Francisco J. (Nicaragua 1971) determinó en el cultivo de maíz (Zea mays L.),

Un tamaño óptimo de parcela experimental de 4.47 m^2 con un coeficiente de regresión "b" (0.4103) y constantes $k_1 = 70\%$ y $k_2 = 30\%$.

En los ensayos mencionados no se considerará el efecto de bor
dura.

Utilizando el procedimiento descrito para el cálculo de varianzas (Cuadro 2). Se calcularon las diferentes varianzas de acuerdo al arreglo de las 5 distintas longitudes de parcelas (cuadros 3, 4, 5, 6, 7). Las varianzas entre parcelas y dentro de parcelas obtenidas se presentan en los cuadros 8, 9, 10, 11 y 12.

Aplicando la fórmula dada por Hatheway y Williams (1958) a los valores de las varianzas ponderadas se obtuvieron los coeficientes de regresión "b" correspondientes a cada uno de los ANDEVAS realizados, los cuales se presentan en el cuadro 13.

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA AL 15% DE HUMEDAD PARA PARCELAS DE 3 m. DE LARGO Y 1 SURCO DE ANCHO,
EN EL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench). EL PLANTEL, 1988

	UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6	UB7	UB8	UB9	UB10	UB11	UB12	UB13	UB14	UB15	UB16
51	6050.307	5366.582	5112.935	4857.289	5198.151	7413.756	7669.403	5283.366	5709.444	4686.857	5709.444	5879.876	6561.600	4942.504	4005.133	2812.114
52	5580.426	6610.659	4893.605	6610.659	7211.628	7297.481	5494.574	5752.132	5237.016	7640.892	6610.659	6610.659	6954.070	5065.310	5065.310	3863.372
53	5422.101	7315.533	4733.580	5336.036	5422.101	7487.663	5594.231	5594.231	5422.101	5249.970	6713.077	6799.142	4905.710	5594.231	5077.840	4561.450
54	6850.856	5328.443	5159.286	5159.286	5666.757	6512.542	5666.757	7350.326	6512.542	4651.815	3636.874	6512.542	7612.062	4990.129	5328.443	4820.372
55	6815.920	6815.920	6643.365	6125.700	5435.480	5435.480	5262.925	5780.590	6298.255	8023.804	6470.810	4745.261	5608.035	5780.590	5608.035	5435.480
56	5515.758	5515.758	5340.655	5690.862	4640.241	5865.965	5865.965	6916.586	6216.172	7091.689	5690.862	6216.172	4465.137	4640.241	5690.862	5603.310
57	5249.970	4733.580	4905.710	5077.840	4217.189	4905.710	6282.752	5766.361	6282.752	6971.272	6713.077	6627.012	6799.142	5766.361	6799.142	6110.621
58	6050.307	4260.779	6220.738	5198.151	5709.444	6561.600	7413.756	6220.738	7158.110	6732.032	6561.600	7072.894	6050.307	6902.463	4345.995	5198.151
59	4628.985	4104.949	3755.592	3406.234	4803.664	4978.342	5502.379	5502.379	4628.985	4978.342	7249.165	6201.093	5502.379	6201.093	4104.949	4978.342
510	3985.169	3306.842	2967.679	5172.241	6020.150	2967.679	5850.568	8055.130	6359.313	5172.241	5426.614	4833.078	7376.803	5002.659	3985.169	5341.823
511	3691.667	3691.667	3004.845	3691.667	3691.667	4292.636	10903.29	4893.605	6610.659	7640.892	5752.132	4893.605	5923.837	5580.426	5580.426	6610.659
512	4035.077	4035.077	3863.372	3863.372	3777.519	3863.372	6782.365	5580.426	5237.016	4721.899	5408.721	5408.721	5237.016	5237.016	6610.659	6095.543
513	4389.319	3356.538	3184.408	5594.231	6454.882	7659.793	5766.361	6799.142	6799.142	6454.882	6110.621	5077.840	4905.710	4389.319	4905.710	4733.580
514	4977.599	5146.331	4977.599	4977.599	5483.796	3627.742	4302.670	4471.403	5989.992	5989.992	5989.992	4808.867	5483.796	5315.063	5652.528	6327.457
515	5127.961	3389.669	4954.132	6170.936	4084.986	5823.278	6692.424	6170.936	6692.424	6170.936	6344.765	6518.594	4780.302	4780.302	6692.424	6692.424
516	4227.596	5953.145	3709.931	5262.925	5953.145	6125.700	6815.920	7161.830	5435.480	6470.810	6643.365	6125.700	5780.590	4855.041	6125.700	6643.365
517	4324.333	4493.914	3646.006	4833.078	5172.241	6698.476	5002.659	5341.823	5341.823	6020.150	6359.313	4663.496	3985.169	5511.404	4493.914	4833.078
518	5127.961	4954.132	4084.986	3389.669	4954.132	6344.765	1303.718	5997.107	5301.790	6866.253	6518.594	5823.278	6692.424	5475.619	5301.790	5301.790
519	5065.310	3863.372	3863.372	3348.256	3863.372	4550.194	5237.016	5237.016	6438.954	8671.124	7297.481	6095.543	7469.186	5580.426	6954.070	4893.605
520	5025.596	4294.600	4294.600	4111.851	3563.604	6122.090	1553.366	4842.847	6487.588	3563.604	6853.086	5756.592	5391.094	7584.081	7218.583	5025.596
521	2477.411	2983.979	2989.979	4869.394	5381.962	6065.385	6577.953	6748.809	5211.106	7432.233	4863.394	7432.233	6407.097	5381.962	5381.962	4527.682
522	2641.683	1958.958	2982.545	3664.270	5198.151	4857.288	5709.444	6391.169	5368.582	6050.307	5198.151	6732.032	5709.444	5879.876	6220.738	5198.151
523	2674.601	2674.601	3364.821	4400.151	5090.370	5435.480	4917.815	5608.035	5780.590	5953.145	5090.370	5608.035	5262.925	6296.255	4917.815	4917.815
524	2532.841	3231.555	4279.628	4104.949	5502.379	4978.342	5851.736	6725.129	6026.415	6201.093	5851.736	5153.021	6201.093	5502.379	6201.093	5851.736
525	3911.156	3737.327	3563.498	3563.498	5127.961	4954.132	5127.961	4506.473	4954.132	7040.082	5127.961	5649.448	6518.594	5649.448	5301.790	3911.156
526	2747.021	3810.384	5050.975	4519.293	5050.975	5759.884	6291.565	6291.565	7354.928	6291.565	5228.202	5228.202	6291.565	5759.884	7177.701	5228.202
527	3607.035	2023.458	3255.129	4134.894	4134.894	5190.612	5718.470	3255.129	5718.470	6774.188	5894.423	6246.329	6598.235	6950.141	6070.376	5190.612
528	4893.605	4550.194	4206.783	4035.077	2833.139	5408.721	4721.899	6095.543	5237.016	6095.543	5752.132	4206.783	5237.016	5408.721	2661.434	5237.016
529	6486.738	5275.880	5448.860	4929.921	4583.961	5275.880	5448.860	4583.961	5967.799	4065.022	5189.390	5275.880	5794.919	5275.880	5967.799	6932.698
530	5050.975	6291.565	3810.384	3633.157	4696.520	5228.202	5228.202	5759.884	4164.839	3987.612	5937.111	6291.565	5759.884	5050.975	5050.975	5937.111
531	5327.700	7074.487	5153.021	3580.913	4803.664	4803.664	5677.057	6899.809	4978.342	4454.306	7249.165	4628.985	5502.379	6550.451	6637.790	5677.057
532	5015.190	6095.228	5015.190	1615.061	3315.125	5355.202	5015.190	5695.215	5695.215	6545.248	7395.280	5355.202	5355.202	6715.254	6715.254	5015.190

PRONEDIO=5381.621

CUADRO 4
 RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA AL 15 % DE HUMEDAD PARA PARCELAS DE 6 m.
 DE LARGO Y 1 SURCO DE ANCHO, EN EL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench).
 EL PLANTEL, 1988.

	UB1	UB2	UB3	UB4	UB5	UB6	UB7	UB8
S1	11418.88	9970.224	12611.90	12952.77	10396.30	11589.32	11504.10	6817.247
S2	12191.08	11504.26	14509.11	11246.70	12877.90	13221.31	12019.38	8928.683
S3	12737.63	10069.61	12909.76	11188.46	10672.07	13512.22	10499.94	9639.290
S4	12179.29	10318.57	12179.29	13025.08	11164.35	10149.41	12602.19	10149.41
S5	13631.84	12769.06	10870.96	11043.51	14322.06	11216.07	11388.62	11043.51
S6	11031.51	11031.51	10506.20	12782.55	13307.86	11907.03	9105.379	11294.17
S7	9983.551	9983.551	9122.900	12049.11	13254.02	13340.09	12565.50	12909.76
S8	10311.08	11418.88	12271.04	13634.49	13890.14	13634.49	12952.77	9544.146
S9	8733.934	7161.826	9782.007	11004.75	9607.328	13450.25	11703.47	9083.292
S10	7292.012	8139.921	8987.829	13905.69	11531.55	10259.69	12379.46	9326.993
S11	7383.334	6696.512	7984.303	15796.90	14251.55	10645.73	11504.26	12191.08
S12	8070.155	7726.744	7640.892	12362.79	9958.915	10817.44	10474.03	12706.20
S13	7745.858	8778.639	14114.67	12565.50	13254.02	11188.46	9295.030	9639.290
S14	10123.93	9955.199	9111.538	8774.073	11979.98	10798.86	10798.86	11979.98
S15	8517.630	11125.06	9908.264	12863.36	12863.36	12863.36	9560.605	13384.84
S16	10180.74	8972.857	12078.84	13976.95	11906.29	12769.06	9835.631	12769.06
S17	8818.247	8479.084	11870.71	10344.48	11361.97	11022.80	9496.574	9326.993
S18	10082.09	7474.655	11298.89	7300.826	12168.04	12341.87	12168.04	10603.58
S19	8928.683	7211.628	8413.566	10474.03	15110.07	13393.02	13049.61	11847.67
S20	9320.197	8406.452	9685.694	6396.213	10051.19	12609.67	12975.17	12244.18
S21	5467.390	7859.373	11447.34	13326.76	12643.33	12301.62	11789.06	9909.644
S22	4601.642	6646.816	10055.44	12100.61	11418.88	11930.18	11589.32	11418.88
S23	5349.203	7764.972	10525.85	10525.85	11733.73	10698.40	11561.18	9835.631
S24	5764.397	8384.577	10480.72	12576.86	12227.50	11004.75	11703.47	12052.83
S25	7648.484	7126.997	10082.09	9734.435	11994.21	10777.41	12168.04	9212.947
S26	6557.406	9570.268	10810.85	12583.13	13646.49	10456.40	12051.44	12405.90
S27	5630.494	7390.023	9325.506	8973.600	12492.65	12140.75	13548.37	11260.98
S28	9443.799	8241.861	8241.861	10817.44	11332.55	9958.915	10645.73	7898.450
S29	11762.61	10378.78	9859.842	10032.82	10032.82	10465.27	11070.70	12800.49
S30	11342.54	7443.542	9924.723	10988.08	8152.451	12228.67	10810.85	10988.08
S31	12402.18	8733.934	9607.328	12576.86	9432.649	11878.15	12052.83	12314.84
S32	11050.41	6630.251	8670.328	10710.40	12240.46	12750.48	12070.45	11730.44

CUADRO 5
RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA AL 15 % DE HUMEDAD
PARA PARCELAS DE 12 m. DE LARGO Y 1 SURCO DE ANCHO,
EN EL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench).
EL PLANTEL, 1988.

	UB1	UB2	UB3	UB4
S1	21389.11	25564.67	21985.62	18321.35
S2	23695.35	25755.81	26099.22	20948.06
S3	22807.25	24098.22	24184.29	20139.23
S4	22497.87	25204.38	21313.77	22751.60
S5	26400.90	21914.47	25538.13	22432.14
S6	22063.03	23288.75	25214.89	20399.55
S7	19967.10	21172.01	26594.11	25475.26
S8	21729.97	25905.54	27524.63	22496.91
S9	15895.76	20786.76	23057.58	20786.76
S10	15431.93	22893.52	21791.24	21706.45
S11	14079.84	23781.20	24897.28	23695.35
S12	15796.90	20003.68	20776.35	23180.23
S13	16524.49	26680.18	24442.48	18934.32
S14	20079.13	17885.61	22778.84	22778.84
S15	19642.69	22771.62	25726.72	22945.45
S16	19153.59	26055.79	24675.35	22604.69
S17	17297.33	22215.20	22384.78	18823.56
S18	17556.74	18599.72	24509.91	22771.62
S19	16140.31	18887.59	28503.10	24897.28
S20	17726.64	16081.90	22660.87	25219.35
S21	13326.76	24774.11	24944.96	21698.70
S22	11248.45	22156.05	23349.07	23008.21
S23	13114.17	21051.70	22432.14	21396.81
S24	14148.97	23057.58	23232.26	23756.30
S25	14775.48	19816.52	22771.62	21380.99
S26	16127.67	23393.99	24102.89	24457.35
S27	13020.51	18299.10	24633.41	24809.36
S28	17685.66	19059.30	21291.47	18544.18
S29	22141.40	19892.66	20498.09	23871.19
S30	18786.08	20912.80	20381.12	21798.94
S31	21136.12	22184.19	21310.80	24367.67
S32	17680.66	19380.73	24990.94	23800.90

CUADRO 6
RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA AL 15% DE HUMEDAD
PARA PARCELAS DE 24 m. DE LARGO Y 1 SURCO DE ANCHO,
EN EL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench).
EL PLANTEL, 1988.

	UB1	UB2
S1	46953.79	40306.97
S2	49451.16	47047.29
S3	46905.47	44323.52
S4	47702.25	44065.38
S5	48315.38	47970.27
S6	45351.79	45614.44
S7	41139.11	52069.38
S8	47635.51	50021.55
S9	36682.52	43844.35
S10	38325.46	43497.70
S11	37861.05	48592.64
S12	35800.58	43956.59
S13	43204.67	43376.80
S14	37964.74	45557.69
S15	42414.32	48672.17
S16	45209.39	47280.05
S17	39512.53	41208.35
S18	36156.47	47281.54
S19	35027.91	53400.39
S20	33808.55	47880.22
S21	38100.87	46643.67
S22	33404.51	46357.28
S23	34165.87	43828.95
S24	37206.56	46988.56
S25	34592.01	44152.61
S26	39521.66	48560.25
S27	31319.62	49442.77
S28	36744.96	39835.66
S29	42034.06	44369.29
S30	39698.89	42180.07
S31	43320.31	45678.47
S32	37061.40	48791.84

CUADRO 7
RENDIMIENTO DE GRANO EN KG/HA AL 15% DE HUMEDAD
PARA PARCELAS DE 48 m. DE LARGO Y 1 SURCO DE ANCHO,
EN EL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench).
EL PLANTEL, 1988.

	UB1
S1	87260.77
S2	96498.45
S3	91229.00
S4	91767.64
S5	96285.65
S6	90966.24
S7	93208.50
S8	97657.07
S9	80526.88
S10	81823.16
S11	86453.69
S12	79757.17
S13	86581.48
S14	83522.43
S15	91086.49
S16	92489.45
S17	80720.88
S18	83438.01
S19	88428.30
S20	81688.78
S21	84744.54
S22	79761.79
S23	77994.83
S24	84195.13
S25	78744.62
S26	88081.91
S27	80762.40
S28	76580.62
S29	86403.35
S30	81878.96
S31	88998.79
S32	85853.25

Cuadro 8. Análisis de varianza para parcelas de 3 metros de longitud.

F. de V.	gl	S. C.	V	V'	X_i
Parcela de 32 sur	15	164851658	10990111	10990111	32
cos					
16	16	54376461	3398529	7071875.129	16
8	32	75391398	2355981	4676500.333	8
4	64	124778978	1949672	3302350.622	4
1	384	299140652	779012	1406143.125	1

Cuadro 9. Análisis de varianza para parcelas de 6 metros de longitud.

F. de V.	gl	S. C.	V	V'	X_i
Parcela de 32 sur	7	304198547	43456935	43456935	64
cos					
16	8	89311336	11163917	26233992.06	32
8	16	119762525	7485158	16557174.48	16
4	32	196570580	6142831	11267349.22	8
1	192	311600175	1622918	4005659.831	2

Cuadro 10. Análisis de varianza para parcelas de 12 metros de longitud

F. de V	gl	S. de C	V	V'	X _i
Parcela de 32 surcos	3	555462794	185154265	185154265	128
Parcela de 16 "	4	169563394	42390848	103575169.5	64
Parcela de 8 "	8	174412057	21801507	59962549.53	32
Parcela de 4 "	16	185821128	11613820	35008366.54	16
Parcela de 1 "	96	363076133	3782043	1140216	4

Cuadro 11. Análisis de varianza para parcelas de 24 metros de longitud

F. de V	gl	S. de C	V	V'	X _i
Parcela de 32 surcos	1		565270477	565270477	256
Parcela de 16 "	2		153889697	291016623.6	128
Parcela de 8 "	4		55890691	156658947.8	64
Parcela de 4 "	8		20893035	84250461	32
Parcela de 1 "	48		8373881	26439733.38	8

Cuadro 12. Análisis de varianza para parcelas de 48 metros de longitud

P. de V	gl	S. C	V	v ¹	x̄ _i
Parcelas de 32 sur cos	0	0	0	0	512
16	1	305279139	305279139	305279130	256
8	2	247683031	123841515	184320723	128
4	4	147145349	36786337	100015339.5	64
1	24	317337815	13222409	32820817.19	16

Cuadro 13. Coeficientes de Regresión Ponderada "b" obtenidos para cada ANDEVA del Ensayo de Uniformidad en sárgo (Sorghum-bicolor L. Moench) El plantel 1988.

Longitud de la Parcela	Coeficiente de Regresión
3	0.4122
6	0.3113
12	0.1993
24	0.1375
48	0.1267

Cuadro 14. Costos fijos (K_1) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel, 1988.

Actividad	Costo por área de U.B. (¢ US Dólar)
1. Preparación del material de un tratamiento	1,627603
2. Pasaje y toma de notas	0.061552
3. Análisis Estadístico	0.46875
T O T A L.	2.15790

Cuadro 15. Costos variables (K_2) para el ensayo de uniformidad en el cultivo del Sorgo (Sorghum bicolor L Moench). El Plantel, 1988.

Actividad	Costo por área de U.B. (\$ US Dólar)
1. Preparación del terreno	0.02925
2. Siembra	0.27405
3. Fertilizantes	0.0234
4. Cultivos	0.0162
5. Agroquímicos (Insecticidas herbicidas y DE por aplicación)	0.02208
6. Cosecha	0.0087
T O T A L	0.37368

A partir de los costos fijos (Cuadro 14) y de los costos variables (Cuadro 15) y del coeficiente de heterogeneidad del suelo de la unidad básica de 3 metros de largo sin considerar efecto de bordura, aplicamos la ley dada por Smith (1936) para estimar el tamaño óptimo de la parcela experimental, obtenemos un tamaño óptimo de 9.11 m^2 , con respecto a este, Corrales, D (Nicaragua 1971), determinó para el cultivo del sorgo sin considerar bordura, un tamaño de parcela, según sus costos, de 3 m^2 , con un coeficiente "b" mínimo de 0.40 y constantes de costo calculadas de $K_f = 70.75 \text{ c/u}$ y $K_v = 29.25 \text{ c/u}$.

Podemos afirmar que las constantes de costos ejercen determinada influencia sobre el tamaño óptimo de la parcela experimental ya que si la relación de los costos fijos es mayor que los costos variables, se incrementa el tamaño de la parcela experimental, o a la inversa si los costos variables es mayor que los costos fijos, entonces el tamaño de la misma, tiende a disminuir. Además deducimos que las constantes de costos es un factor muy variable, de manera que no lo podemos considerar tan determinante si lo que se pretende es alcanzar una mayor precisión en la obtención de los datos del experimento de campo.

III. 2. Relación entre el tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones.

La heterogeneidad del suelo es el factor que más contribuye en el error experimental, introduciendo una gran variabilidad en las producciones. Si no se controla adecuadamente, el error experimental aumenta, disminuyendo la precisión de los resultados del ensayo. Elena Rosselló J.M. y Fernández de Gorostiza M. (Roma, 1966).

Cuando el índice de la heterogeneidad del suelo tiende a cero, existe una alta correlación entre parcelas adyacentes indicando homogeneidad del suelo y el tamaño de la parcela puede ser pequeño lo que nos permite aumentar el número de repeticiones. Al contrario, si el índice de heterogeneidad del suelo tiende a la unidad esto indica que no existe correlación entre parcelas adyacentes, la heterogeneidad del suelo es alta y por consiguiente hay que usar parcelas más grandes, lo que nos limita a utilizar un número de repeticiones mayor, Voyset Osvaldo - (Colombia, 1985). Por su parte González J. Orestes (Cuba, 1986), plantea que entre mayor sea el número de repeticiones más grandes serán las probabilidades de obtener resultados ajustados a la realidad y eliminar el efecto de la heterogeneidad del suelo.

Muchos investigadores han estudiado la influencia que tiene la relación tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones en la exactitud y precisión de los datos obtenidos en experimentos de campo. Entre ellos: Palomo Gil A, Godoy Avila S, Prado M. Ricardo - (México, 1974) en el algodónero recomiendan una parcela útil de 1 surco de 4 m de largo con 3 repeticiones; Pérez Capote y Milanes Ramos Nelson (Cuba, 1979) en caña de azúcar recomiendan parcelas experimentales de 50 m² con 5 a 6 repeticiones; y Magali Amador y colaboradores (Cuba, 1985) concluyeron que el número de repeticiones para evaluar rendimiento en el arroz, se hayan en el rango de 3 a 5, siendo el tamaño óptimo de parcela experimental entre 4 y 8 m².

Mathewy W.H. (1961), determinó que el tamaño de la parcela experimental es directamente proporcional a la variabilidad e inversamente proporcional al número de repeticiones y a las diferencias a detectar. Estas complejas dependencias conducen al experimentador al dilema de: usar mayores parcelas experimentales con menos réplicas, o a la inversa, parcelas experimentales más pequeñas con más réplicas, (Zaprianov, 1970). El mismo autor afirma que la tendencia actual es usar parcelas pequeñas a fin de aumentar el número de repeticiones.

Hasta el momento en Nicaragua no se ha realizado ningún estudio para determinar la relación entre el tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones en el cultivo del sorgo.

En nuestro trabajo, si consideramos que el grado de precisión deseado es del 25 % para todos los casos, podemos observar en la figura 1 ($\alpha = 5\%$, $P=.80$, $g|e=15$), parcelas que están dentro del rango de los 40 m² con 3 repeticiones hasta 4 m² con 8 repeticiones; en la figura 2 ($\alpha = 5\%$, $P=.90$, $g|e=15$) se observan parcelas que van de 42 m² con 4 repeticiones hasta parcelas de 8 m² con 8 repeticiones; en la figura 3 ($\alpha = 1\%$, $P=.80$, $g|e=15$) se observan parcelas con tamaños que van desde 66.5 m² con 4 repeticiones hasta tamaños de parcelas de 12 m² con 8 repeticiones y en la figura 4 ($\alpha = 1\%$, $P=.90$, $g|e=15$) se observan tamaños de parcelas que oscilan entre 68 m² con 5 repeticiones y 22 m² con 8 repeticiones.

De lo dicho anteriormente podemos deducir que existe una tendencia general en que por un lado, si mantenemos estable el número de repeticiones y aumentamos el grado de precisión deseado, el tamaño de la parcela se incrementa considerablemente, y por otro lado, si elegimos un grado de precisión determinado y aumentamos el número de repeticiones disminuye el tamaño de la parcela experimental, (cuadro 16,17,18 y 19). Lo cual confirma el planteamiento de Mathewy W.H. (1961) sobre la relación del tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones, y el grado de precisión deseado.

Estos resultados nos ofrecen un amplio margen de selección de tamaño óptimo de parcela experimental según el número de repeticiones y el grado de precisión deseado considerando el grado de significación de $\alpha = 5\%$ y $\alpha = 1\%$ y probabilidad deseado de $P=0.80$ y $P=.90$, siendo los grados de libertad del error = a 15.

Para $\alpha = 5\%$

$P = 0.80$

$Gle = 15$

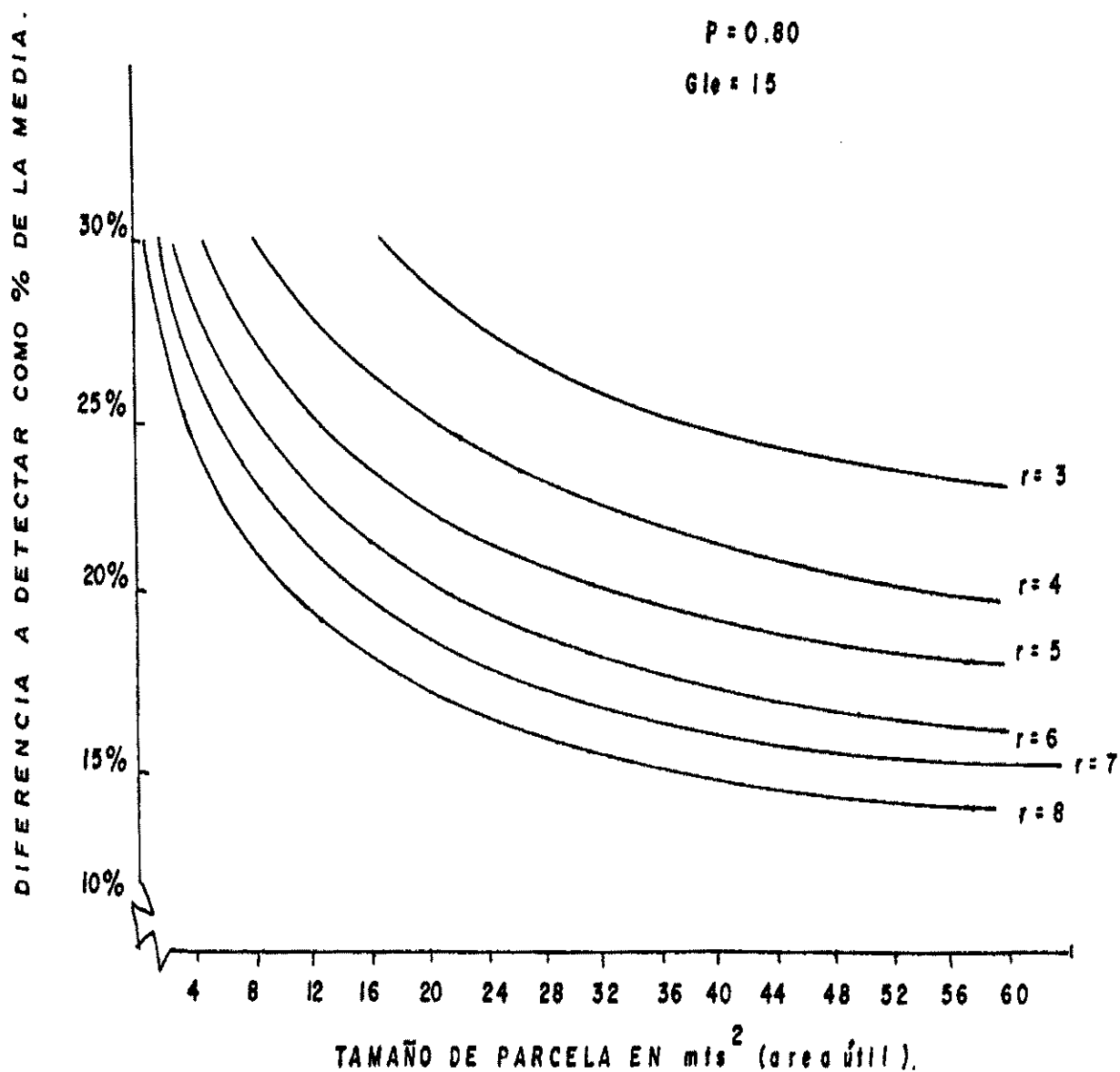


FIG 1 RELACION ENTRE TAMAÑO DE PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES (r)

Y DIFERENCIA A DETECTAR COMO PORCENTAJE DE LA MEDIA .

$\alpha = 5\%$

$P = 0.90$

$Gle = 15$

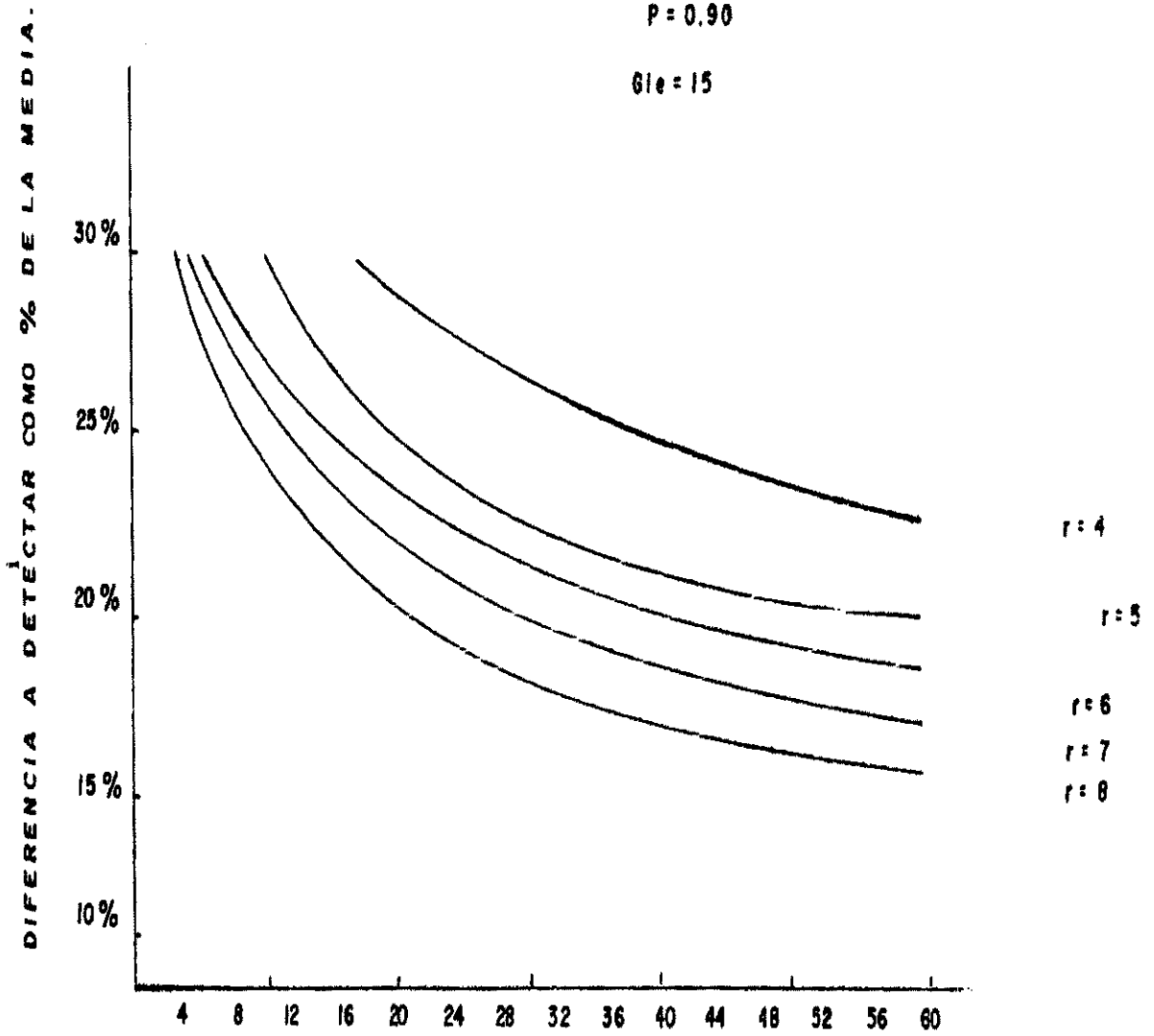


FIG 2 RELACION ENTRE TAMAÑO DE PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES (r) Y DIFERENCIA A DETECTAR COMO PORCENTAJE DE LA MEDIA.

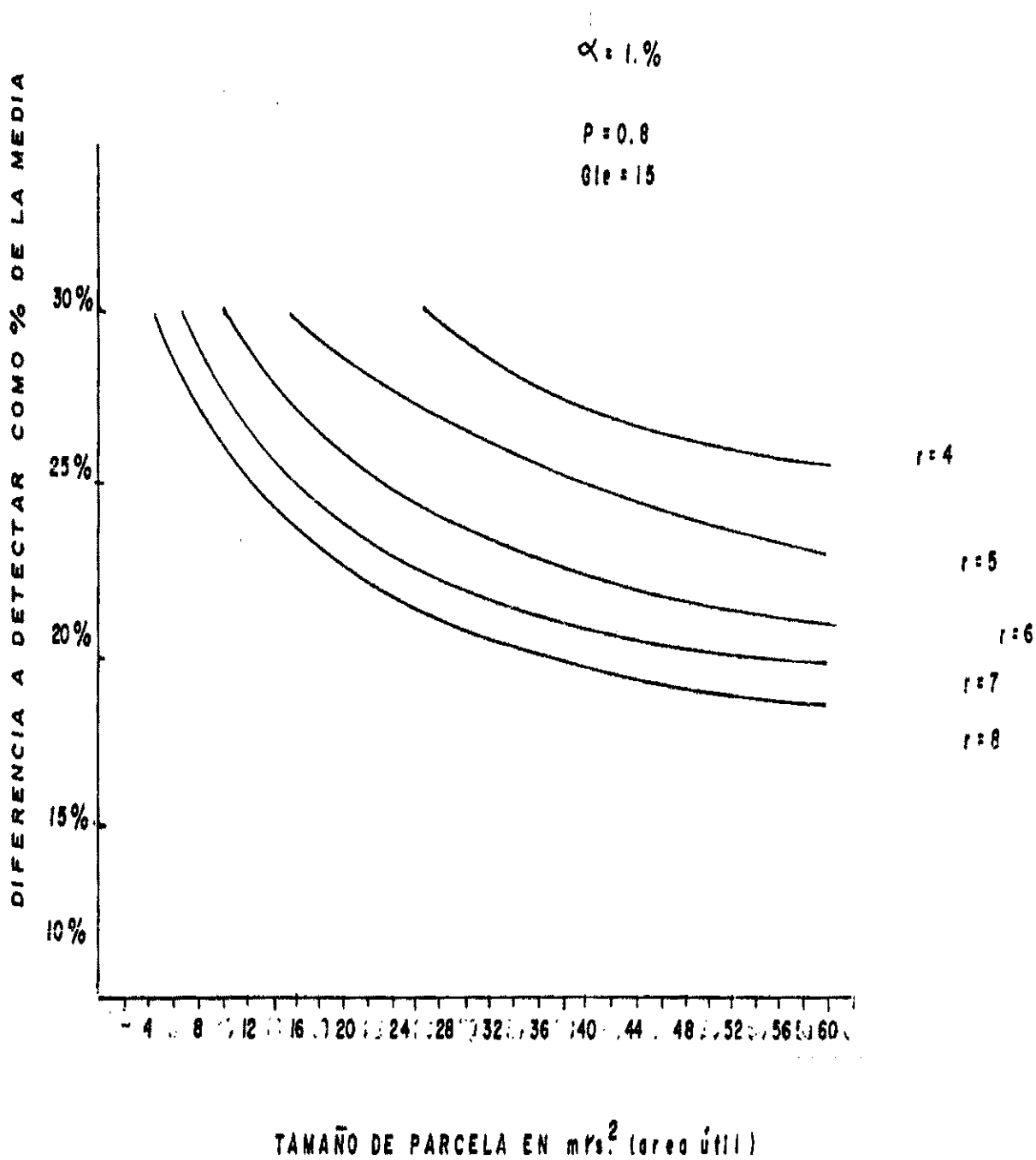


FIG : 3 RELACION ENTRE TAMAÑO DE PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES (r)

Y DIFERENCIA A DETECTAR COMO PORCENTAJE DE LA MEDIA.

$\alpha = 1\%$

$P = 0.90$

$\theta_{le} = 15$

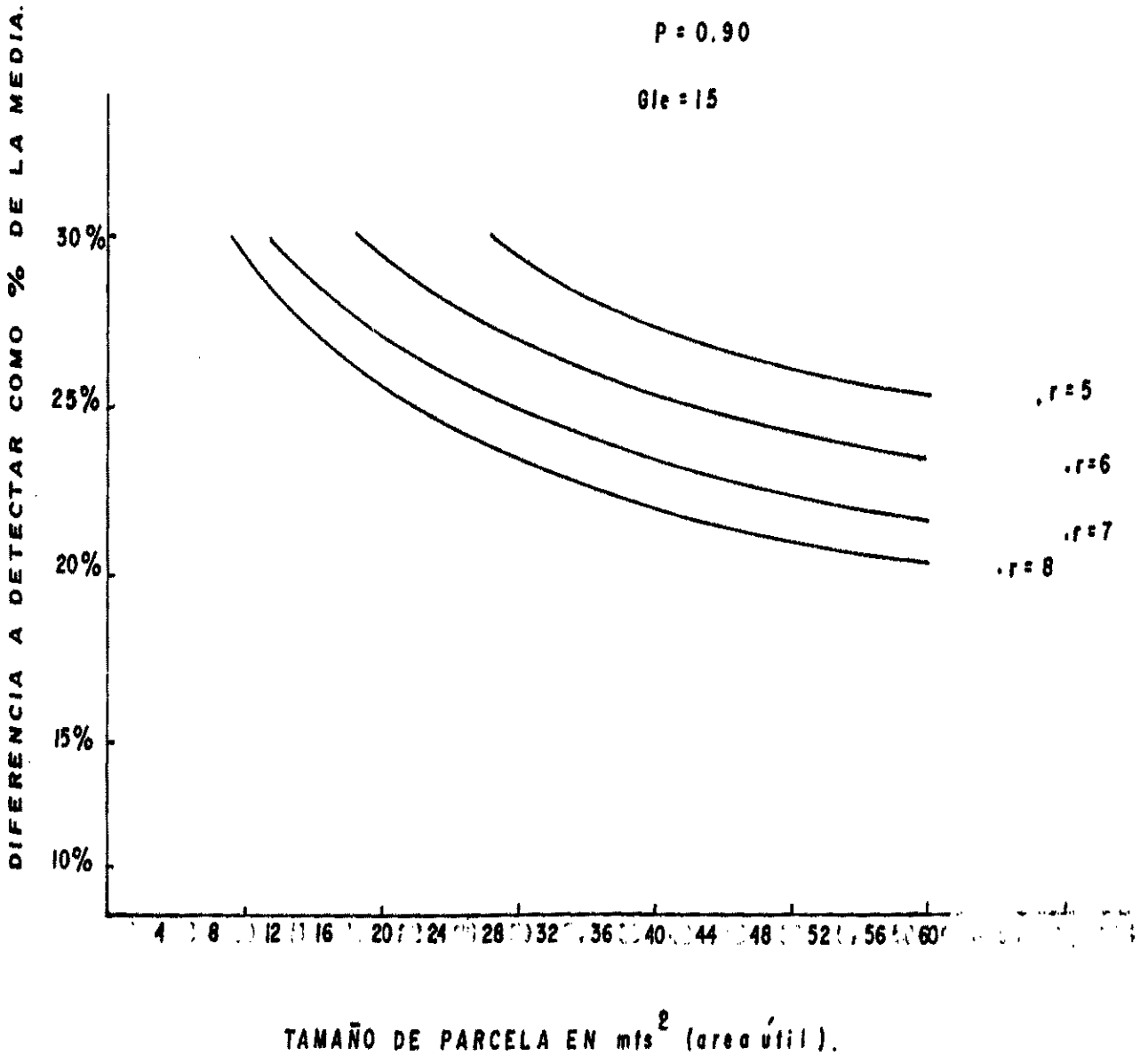


FIG. 4 RELACION ENTRE TAMAÑO DE PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES (r)

Y DIFERENCIA A DETECTAR COMO PORCENTAJE DE LA MEDIA.

Cuadro 16. Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media). En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel, 1988.

No. de repeticiones "r"	Diferencia a detectar como % de la media "d"				
	10	15	20	25	30
2	9532.950	1333.331	330.2253	111.6564	46.18716
3	3565.190	498.6475	123.4996	41.83277	17.27335
4	1774.266	248.1588	61.46133	20.81865	8.596325
5	1032.628	144.4292	35.77069	12.11652	5.003088
6	663.5510	92.80795	22.98568	7.785888	3.214906
7	456.5428	63.85462	15.81483	5.356922	2.211950
8	330.2253	46.18716	11.43914	3.874755	1.599942

Para $\alpha = 5\%$ $P=0.80$. Cv. Unitario = 22.0344 Beta=0.412252 G_1 del error =15.

Cuadro 17. Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media). En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel, 1988.

No. de repeticiones "r"	Diferencia a detectar como % de la media "d"				
	10	15	20	25	30
2	19350.30	2706.441	670.3026	227.05000	93.75227
3	7236.745	1012.171	250.6838	84.91357	35.06204
4	3601.466	503.7212	124.7562	42.25841	17.44911
5	2096.065	293.1673	72.60856	24.59453	10.15543
6	1346.898	188.3847	46.65711	15.80405	6.525725
7	929.7060	129.6142	32.10148	10.87366	4.489892
8	670.3026	93.775227	23.21956	7.865109	3.247617

Para $\alpha = 5\%$ $P=0.90$ Cv Unitario=22.03 Beta=0.412252 G_1 del error=15

Cuadro 18. Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media). En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel, 1988.

No. de repeticiones "r"	Diferencia a detectar como % de la media "d"				
	10	15	20	25	30
2	30480.65	4263.195	1055.862	357.6499	147.6788
3	11399.34	1594.375	394.8789	133.7561	55.22983
4	5673.040	793.4631	196.5164	66.56558	27.48589
5	3301.727	461.7980	114.3732	38.74138	15.99687
6	2121.638	296.7441	73.49442	24.89460	10.27934
7	1459.750	204.1687	50.56634	17.12822	7.072491
8	1055.862	147.6788	36.57551	12.38914	5.115656

Para $\alpha = 1\%$. $P=0.80$. CV. Unitario=22.03. Beta=0.412252. Gl del error=15

Cuadro 19. Tamaño de parcela (m^2) calculado para distintas combinaciones de repeticiones y diferencias a detectar como significativas (en % de la media). En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). El Plantel 1988.

No. de repeticiones "r"	Diferencia a detectar como % de la media "d"				
	10	15	20	25	30
2	53876.06	7535.407	1866.289	632.1639	261.0296
3	20148.89	2818.137	697.9662	236.4205	97.62145
4	10027.37	1402.285	347.3525	117.6579	48.58266
5	5835.966	816.2509	202.1603	68.47730	28.27526
6	3750.100	524.5099	129.9050	44.00243	18.16924
7	2580.180	360.8784	89.37851	30.27498	12.50097
8	1866.289	261.0296	64.64903	21.89842	9.042175

Para $\alpha = 1\%$. $P=0.90$. CV. Unitario=2203. Beta=0.412252. Gl del error=15.

III. 3.- Relacion entre el tamaño forma de la parcela experimental .

Se ha determinado que con el mismo tamaño, el alargamiento de la parcela, aumenta la precisión experimental.

Esto se debe al hecho de que con la forma alargada se produce una proximación de las parcelas comparadas y de esta forma la fertilidad variable del lote se refleja de modo similar sobre ellas. (Ivanov 1970). El mismo autor señala que la forma alargada facilita el uso de la mecanización en la siembra, el cuidado de las plantas durante el período vegetativo y la recolección de la cosecha del experimento, su defecto principal es la gran pérdida de área experimental al formar defensas interna del experimento.

La forma de la parcela no es tan decisiva cuando la variación de la fertilidad del suelo es tan importante en una dirección como en otra. Si existe un gradiente las parcelas deben tener su dimensión más larga en la dirección de la variación mayor. Cuando el gradiente de fertilidad se conoce las parcelas serán rectangulares y deben orientarse debidamente para alcanzar la mayor precisión. Si por el contrario no se conoce el tipo de fertilidad y su variación, se prefiere utilizar parcelas cuadradas. Elena Mossello J.M. y Fernández de Gorostiza M. (Roma, 1986).

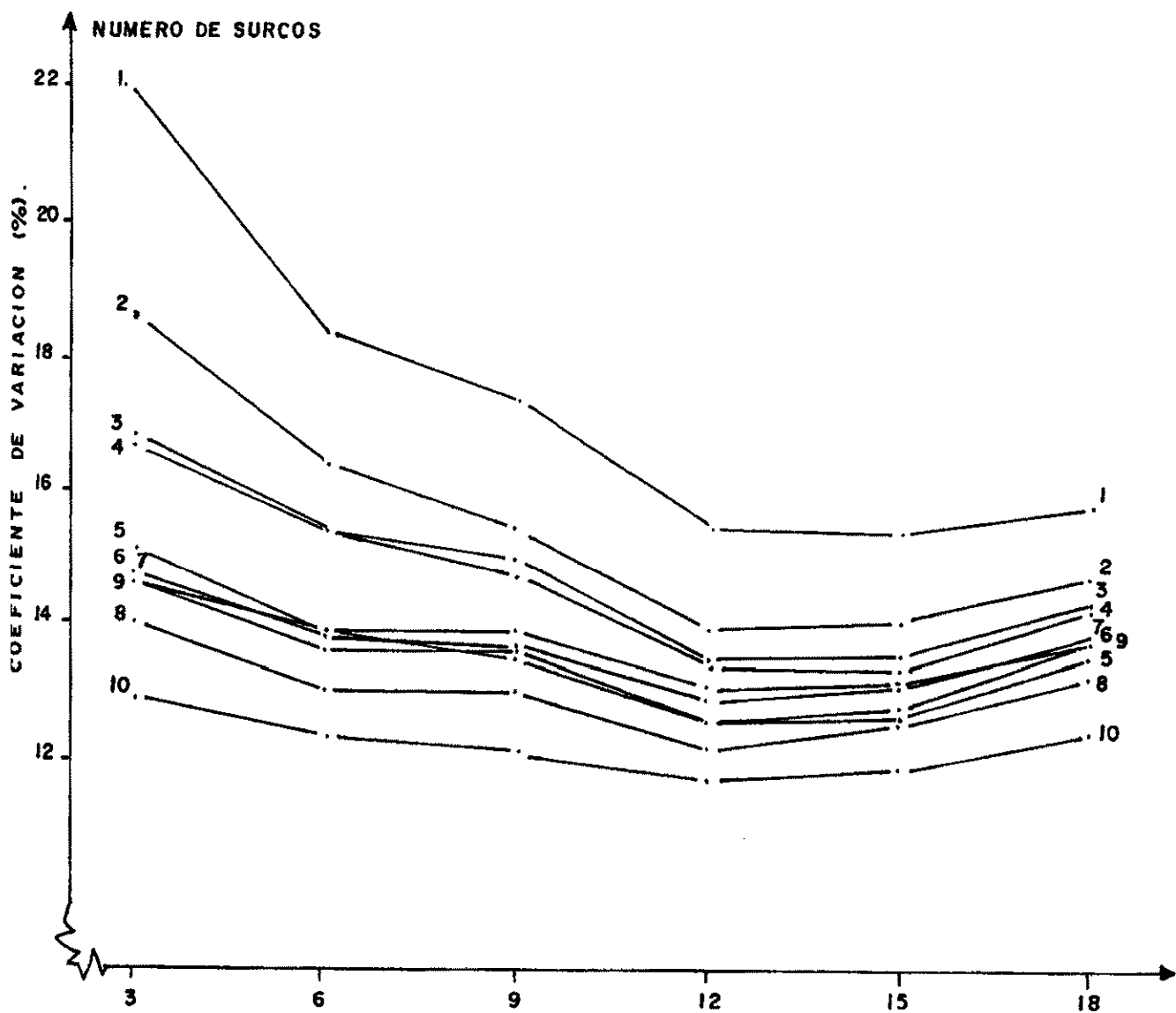
Existe divergencia en cuanto si la relación entre el tamaño de la parcela experimental y forma de la misma influye significativamente sobre la exactitud y precisión de los datos obtenidos del experimento de campo, ya que unos autores afirman en base a sus trabajos de investigación realizados como: Pérez Capote M y Milanés Ramos N. en caña de azúcar (1977), Pérez Trujillo H. en frijol (1977) que la forma no ejerce ninguna

influencia significativa sobre la exactitud y precisión de los datos obtenidos. Y otros autores tales como: Briceño de La Hoz Victor M. Castillo Morales Alberto (1975) y Fuentes Felicita, Girah & en frijol (1982) señalan que las formas alargadas influyen en obtener una mayor precisión.

Nuestros resultados obtenidos, en cuanto a la relación entre el tamaño de la parcela experimental y la forma de la misma (determinado por la razón (largo-ancho) nos indica en el cuadro 20 que a medida que la longitud y el ancho se aumenta también los coeficientes de variación disminuyen. La figura No.5 que refleja la relación entre la longitud de surco de la parcela experimental y el coeficiente de variación, nos expresa que al mantener fijo el ancho de la parcela experimental y aumentar el largo de la parcela se disminuye el coeficiente de variación, obteniendo como resultado ganancia en la precisión pero ésta no está vinculada al alargamiento de la parcela sino que está determinada por el incremento del área de la misma, ya que en el cuadro 21 se observa que la forma no influye en la ganancia de precisión porque para una misma área con diferentes formas no se encuentra diferencia importante en cuanto al coeficiente de variación obtenido.

Cuadro 20 coeficientes de variación para las diferentes formas y tamaño de P.U. que resultan de combinar diversas longitudes y no. de surcos en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L Moench.). El plantel 1988.

No. de Surcos	Longitud de Surco (m)					
	3	6	9	12	15	18
1	22.01 89	18.55856	17,51576	15.62630	15.51460	15.87863
2	18.73743	16.52468	15,64616	14.15262	14.20082	14.91666
3	16.93645	15.49226	15.07743	13.65768	13.70636	14.54004
4	16.81764	15.47099	14.79774	13.52659	13.48686	14.43029
5	15.19315	14.05196	13.65690	12.73990	12.83568	13.70476
6	14.66744	13.73711	13.67073	12.68237	12.93746	13.87560
7	14.81273	13.89576	13.84948	13.05942	13.23650	14.03796
8	14.09556	13.85561	13.15821	12.31423	12.68061	13.36171
9	14.68781	13.98862	14.00621	13.24889	13.35742	13.94597
10	12.98051	12.45633	12.1731	11.78777	12.04611	12.60105



16.5 RELACION ENTRE LA LONGITUD DE SURCO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL Y EL COEFICIENTE DE VARIACION EN SORGO. (Sorghum bicolor M).

IV. CONCLUSIONES.

1. El tamaño óptimo de parcela experimental que se determinó en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) sin usar borduras y considerando sus costos fijos de 85.28% y costos variables de 14.72% es de 9.11 m².
2. El tamaño de la parcela experimental no es independiente del número de repeticiones este indica que el investigador tiene un amplio margen de elección dependiendo del tipo de factor a estudiar o tratamiento a emplear. En el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en suelos de heterogeneidad medida, ($\beta = 0.41$) si asumimos un $\alpha = 5\%$, el deseo de detectar diferencias significativas, si existen, en 3 de cada 10 experimentos ($\beta = 0.80$), considerando un grado de precisión deseada de 25% y ensayos con más de 14 gl para el error, se podrían emplear tamaños de parcela desde 40 m² con 3 repeticiones hasta 4 m² con 8 repeticiones.
3. En ensayos de uniformidad del cultivo del sorgo, tamaño en cuenta la relación del tamaño y la forma de la parcela experimental y el grado de precisión deseado, la forma de la misma no ejerce influencia significativa sobre la exactitud y precisión de los datos obtenidos.
4. Se debe continuar investigando los factores estudiados en el presente trabajo, ya que influyen significativamente sobre la exactitud de los datos obtenidos en experimentos de campo. El tamaño óptimo de la parcela experimental en el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) y su relación con la forma de la misma y el número de repeticiones, debe determinarse tomando en cuenta criterios prácticos y estadísticos en una determinada zona.

V. BIBLIOGRAFIA.

1. AMADOR MAGALI Y COLABORADORES (1985)
Estudio sobre el tamaño óptimo de parcelas para la evaluación del rendimiento del arroz en Cuba. Ciencia y Técnica en la Agricultura.
Arroz, Vol. 8, No. 2: 45-53
2. AVILES R. F.J. (1971). Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en maíz (Zea mays) Tesis-Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería.
Managua, Nicaragua, C.A. PP. 25-27.
3. BRISEÑO DE LA HOZ VICTOR M., CASTILLO MORALES. (1977).
Determinación del tamaño óptimo de parcela útil experimental en maíz forrajero de riego- Agric.Tec. Mex, Vol. 4, No. 1: 17-21.
4. COCHRAN W.G. Y COX G.M.(1980). Diseños Experimentales.
Editorial Trillas, México. PP.33-35.
5. CORRALES R. DENIS. (1971). Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en ensayos de sorgo (Sorghum vulgare Pers). Tesis Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua C. A.
PP. 25-28.
6. DE LA LOMA, J.L. (1966). Experimentación Agrícola UTEHA, México. 597 P.
7. DELGADILLO L.J.F. (1973). Determinación del tamaño óptimo de la unidad experimental en ajonjolí (Sesamun spp) Tesis. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería Managua, Nicaragua, C.A. PP. 30-34.

8. ELENA ROSSELLO Y FERNANDEZ DE GOROSTIZA M. (1986)
Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal. Roma.
PP. 26-28
9. FELICITA FUENTES. (1981). Estudio sobre la significación del tamaño de la parcela en la precisión experimental en investigación con el cultivo de hierba elefante (Pennisetum purpureum Sehum). Cultivos Tropicales. Año 3, No. 3 55-62;
10. FELICITA FUENTES. (1982). Estudio de la significación del tamaño de la parcela sobre la precisión experimental en investigaciones con el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). Cultivos Tropicales Vol.4, No. 1: 39 46.
11. FELICITA FUENTES Y E. GIRALT. (1982). Estudio de la significación del tamaño de la parcela sobre la precisión experimental en investigaciones con el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris. L) Cultivos Tropicales. Vol.4. No. 4: 605- 672.
12. FELICITA FUENTES Y J.FUENTES. (1983). Estudio sobre la significación del tamaño de la parcela experimental en investigaciones con el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L) Cultivos Tropicales. Vol. 5, No. 1. 117 125.
13. EGOROV V.E., B. L. Lospesev. (1965). Hechos experimentales Principios de la Agricultura . Vida Agrícola. No. 67: 21 P.
14. GONZALEZ J. CRISTES (1986). Experimento Forestal. Ministerio de Educación Superior CUPR. Facultad Forestal, La Habana PP. 71-72.

15. HATHEWAY? W.H. y WILLIAMS, E. J. (1958)
Efficient estimation of the relation- Ship
betwen plot size and the variability of crop yields.
Biometric 14 (2) : 207-222
16. HATHEWAY W.H. (1961). Convenient plot size. Agronomy
Journal. 53 (4): 279-280.
17. KOCH, E.U. y RIGNER, J. A. (1951). A method of estima-
ting optimum plot size from expericental data. Agrono
my y Journal 43 (1): 17-21.
18. LUGO CHACIN. (1977). Tamaño de parcela experimental y
su forma. Rev. Fac. Agrom. Maracay
Vol. 9, No. 3 55-71
19. MENCHACA, M.A. y CRESPO G. (1975). Estimación del área
óptima de parcela experimental de pongola (Digitaria
decumbens Stent). Rev. Cubana Cienc. Agric.- 9:
103 Cuba . 103-107.
20. MIDINRA (1985). Guía Tecnológica para la producción de
sorgo granifero en secano. D.G.A.
Managua, Nicaragua. 28 P.
21. MAG. (1971). Manual práctica para interpretación de los
mapas de suelos, Catastro e inventario de recursos
naturales,. Nicaragua. 39 P.
22. PEREZ TRUJILLO (1983) Determinación del tamaño y la for-
ma de las parcelas experimentales para frijol
(Phaseolus vulgaris L). de temporal -Agric-Tec.
México. Vol .9, no. 2 141-149.
23. PEREZ CAPOY J.L. y MILAFTS RAMOS R. (1979).
Determinación del área y de la forma de las parcelas
experimentales y del número óptimo de réplicas para
los experimentos en caña de azúcar. Ciencias de la
Agricultura. Academia de Ciencias de Cuba. 4:
111-115.