

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**"DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA EXPERIMENTAL
EN CAÑA DE AZUCAR (SACCHARUM OFFICINARUM L.)
BAJO CONDICIONES DE LA FINCA BULBUXYA"**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA**

FACULTAD DE AGRONOMIA

POR

VICTOR MANUEL ALVAREZ CAJAS

**EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO**

**EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS**

GUATEMALA, FEBRERO DE 1982

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

01
T(234)
C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. LEONEL CARRILLO REEVES

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: Dr. ANTONIO A. SANDOVAL S.

VOCAL 1o. ING. AGR. ORLANDO ARJONA

VOCAL 2o. ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ

VOCAL 3o. ING. AGR. FERNANDO VARGAS

VOCAL 4o.

VOCAL 5o. P.A. ROBERTO MORALES

SECRETARIO: ING. AGR. CARLOS FERNANDEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.

EXAMINADOR: ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ

EXAMINADOR: ING. AGR. LUIS ROMERO

EXAMINADOR: ING. AGR. Msc. FELIPE JERONIMO M.

SECRETARIO: ING. AGR. CARLOS FERNANDEZ



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

5 de febrero de 1982

Doctor
Antonio Sandoval
Decano Fac. Agronomía

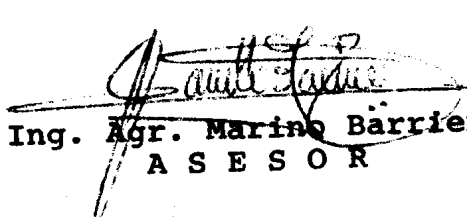
Señor Decano:

Le comunicamos atentamente que dando cumplimiento a la designación que nos hiciera esa Decanatura, hemos procedido a asesorar el trabajo de tesis del Perito Agrónomo VICTOR MANUEL ALVAREZ CAJAS, titulado "DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA EXPERIMENTAL EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) BAJO CONDICIONES DE LA FINCA BULBUXYA.

Consideramos que el presente trabajo llena los requisitos de una tesis de grado, por lo que recomendamos su aprobación para ser publicado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Marino Barrientos
A S E S O R


Ing. Agr. Mario Melgar
A S E S O R

Guatemala,
Febrero de 1982.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

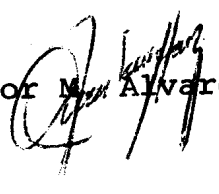
En cumplimiento con las normas establecidas en la
LEY ORGANICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMA-
LA, someto a su consideración el trabajo de tesis titu-
lado:

"DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA
EXPERIMENTAL EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum
officinarum L.) BAJO CONDICIONES DE LA
FINCA BULBUXYA"

Presentado como requisito previo a optar el título
de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licencia-
do en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el mismo merezca su aprobación, aten-
tamente.

P.A. Victor M. Alvarez Cajas



ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por darme fuerza de voluntad e iluminar mi camino.

A MIS PADRES: MANUEL ALVAREZ DE LEON
FLORENCIA DE ALVAREZ
La mejor herencia es el saber

A MIS HERMANAS: JOAQUINA ISABEL
REGINA ESMERALDA

A MI FAMILIA: En general

A EDNA LILIANA

A LA FAMILIA CONTRERAS MARROQUIN

A LA FAMILIA MEJIA ANDRADE

A LA FAMILIA ESQUIVEL RODRIGUEZ

A LA T.S. MERCEDES MOSS DE ORDOÑEZ

AL PERSONAL DOCENTE, ADMINISTRATIVO Y DE SERVICIOS DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

A MIS COMPAÑEROS:

LUIS ANDRADE
CARLOS SANABRIA
FERNANDO ERAZO
EDWIN TORRES
GABRIEL HEREDIA
RUDY CABRERA ETC.

A MIS AMIGOS EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

A: GUATEMALA

A: LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A: LA SUB-AREA DE CUANTIFICACION E INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

AL: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

AL: INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A: LAS PERSONAS Y/O INSTITUCIONES DEDICADAS A LA
INVESTIGACION AGRICOLA

AGRADECIMIENTO

El Hombre es Grande, mientras más útil es.

Por su valiosa y desinteresada colaboración durante mi carrera Universitaria y elaboración del presente trabajo mi más sincero agradecimiento a:

Mis compañeros de la Sub-Area de Cuantificación e Investigación de la Facultad de Agronomía.

Ing. Agr. Msc. Mario Melgar e Ing. Agr. Marino Barrientos por su asesoría, revisión y corrección de la presente tesis.

Ing. Agr. Luis Reyes con mi reconocimiento por su dedicación en la elaboración de programas para calculadora y computadora que se usaron.

Profesor Pedro Rendón al permitir el uso de la calculadora TI-59 con sus respectivas cartas magnéticas.

El Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía.

Ing. Agr. Oscar Leiva e Ing. Agr. Fernando Aguilar por su colaboración en el trabajo de campo.

Edna Liliana Contreras por su dedicación puesta de manifiesto en este trabajo.

CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	i
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS.	5
III. OBJETIVOS.	6
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA.	7
IV.1. Generalidades.	7
IV.2. Tamaños y/o formas de parcela empleados en trabajos realiza- dos en caña de azúcar en Guate <u>ma</u> la.	8
IV.3. Heterogeneidad del suelo.	13
IV.4. Métodos estadísticos.	18
V. MATERIALES Y METODOS.	27
V.1. Localización.	27
V.2. Condiciones edáficas.	28
V.3. Técnica experimental.	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	35
VII. CONCLUSIONES.	42
VIII. RECOMENDACIONES.	43
IX. BIBLIOGRAFIA.	45

i.

RESUMEN:

La investigación es parte fundamental del proceso que permite lograr el desarrollo agrícola de un país.

Lo anterior fue tomado como premisa para la realización de este trabajo que consistió en determinar el tamaño óptimo de parcela que podrá usarse como unidad experimental para posteriores ensayos que se realicen en caña de azúcar tales como:

- Comparación entre variedades.
- Observaciones y pruebas con fertilizantes, insecticidas y herbicidas.
- Estudios de prácticas culturales como densidades de siembra, preparación del suelo, etc., que se realicen bajo condiciones de la Finca Bulbuxyá, situada en San Miguel Panam, Mazatenango, propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, o en regiones con similares condiciones a las que se realizó el estudio.

Los datos de rendimiento que sirvieron de base para éste trabajo de investigación se tomaron de un lote seleccionado de la plantación comercial de caña de - azúcar, dicha selección se hizo considerando uniformidad de siembra, topografía, manejo, etc.

El lote original se dividió en 600 unidades básicas las cuales fueron agrupadas en 73 combinaciones, tomando como criterio de agrupación: que las parcelas

ii.

formadas deben tener como mínimo el ancho igual que el largo.

Para los análisis pertinentes se tomaron únicamente las primeras 63 combinaciones, debido a que en las demás combinaciones no se tomaban en cuenta demasiadas unidades básicas.

Los métodos de análisis que se aplicaron fueron:

- MAXIMA CURVATURA BIVARIADA, y
- REGRESION MULTIPLE.

Los resultados que se obtuvieron cuando la escala de medición está en METROS, para ambos métodos, se descharon por considerarse inadecuados.

Mientras que cuando se usó la escala en UNIDADES, se observaron resultados adecuados, los cuales permitieron finalmente seleccionar el tamaño y forma óptimos de unidad experimental, que podrán usarse en los ensayos de campo, siendo estos: de 5 ó 6 surcos de ancho (8 ó 9.6 m) con un largo de 10 a 12 m., lo que es equivalente a un área entre 80 - 115.2 m². Y cuando se tenga un factor limitante como: terreno, insumos, etc. se podrá usar una parcela de 4 surcos de 12 m. de largo, equivalente a un área de 76.8 m².

I. INTRODUCCION:

El cultivo de la caña de azucar y la producción azucarera nacional ha aumentado considerablemente durante los últimos años; siendo actualmente una importante actividad en nuestra economía. Desde el punto de vista social, también juega un papel fundamental si se toma en cuenta que aproximadamente 80,000 personas encuentran una fuente de trabajo en alguna fase de la industria azucarera. (26):

La creciente demanda en el mercado interno y externo hace impareto elevar la producción por unidad de superficie y disminuir los costos de producción hasta permitir un mayor margen de competencia en el mercado internacional. (26).

El Banco de Guatemala (6), reportó que la zafra azucarera 1977/78 reflejó una disminución en el volumen de caña molida en los ingenios y consecuentemente en la producción de azúcar debido a la presencia de PLAGAS, INCENDIOS, a lo cual hay que agregar el BAJO NIVEL TECNOLÓGICO con que se realiza ésta actividad.

Dentro de las alternativas para elevar el nivel Tecnológico y lograr el progreso de la agricultura, existe una fundamental: LA INVESTIGACION AGRICOLA.

Se tiene que los distintos trabajos de Investigación son los que han contribuido a obtener adecuados (as) variedades, calendarios de fertilización, riegos, control de plagas y enfermedades, técnicas de cultivo; en países donde a la investigación agrícola se le ha dado la importancia que ésta merece.

En la planeación de un trabajo de investigación agrícola, surgen una serie de interrogantes por parte de quienes la realizan, siendo una de éstas la relacionada con la elección del tamaño de parcela que ha de ser usado como unidad experimental en los ensayos de campo.

Esta interrogante podrá resolverse considernado las siguientes alternativas:

- a. Determinar dicho tamaño por medio de procedimientos estadísticos.
- b. Consultar bibliografía.
- c. Definir el tamaño de la parcela de acuerdo a la disponibilidad de terreno, material experimental, etc.

Cuando la investigación se hará en forma permanente en el cultivo, en la misma localidad ó en otras de condiciones similares a la que se hizo el estudio, la alternativa "a" es la más apropiada, tal como en el presente caso, en que éste trabajo será útil para los ensayos que en caña de azúcar realice el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía.

En cuanto a "b" es muy limitada, pues para caña de azúcar en Guatemala existe un único trabajo realizado en la Estación Experimental "Sabana Grande", propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, localizada en la jurisdicción del municipio de Escuintla, Departamento de Escuintla, dicho estudio lo realizó Palencia. (28).

La alternativa "c" es la más usual, pero carece de fundamento estadístico, que le dé la confiabilidad necesaria, olvidándose de ésta manera de la heterogeneidad del suelo.

Si se usa una parcela más pequeña que la óptima el error experimental se ve aumentado considerablemente con la consecuente reducción de la precisión de las estimaciones y si se usa una parcela más grande, se provoca un desperdicio de recursos.

La poca ó ninguna información en caña de azúcar que se tiene en Guatemala, es el motivo de la realización del presente trabajo de investigación que aportará el tamaño y la forma de la parcela que podrá usarse como unidad experimental, disminuyendo así el error experimental; y a la vez aumentando la precisión de posteriores ensayos, como por ejemplo:

- Comparación entre variedades.
- Observaciones y pruebas con fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas.
- Estudios de prácticas culturales como densidades de siembra, preparación del suelo, etc.

Para lograr el objetivo del trabajo se aplicaron dos métodos:

El de REGRESION MULTIPLE y el de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA, atendiendo a la recomendación dada por Barrientos (7) en su tesis de grado.

Para la aplicación de dichas metodologías se tomaron en cuenta los resultados de rendimiento en Kg. por

unidad básica de un surco de 2 Mts. de largo (3.2 m^2), de la plantación de caña de azúcar, localizada en la finca BULBUXYA, San Miguel Panam, Mazatenango, propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

II. HIPOTESIS:

- Existe un tamaño y forma óptimo de parcela que se puede usar como unidad experimental en ensayos de campo en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) que nos permite minimizar el error experimental.
- El tamaño y la forma óptimas a obtener es independiente de los métodos a usar en su determinación.

III. OBJETIVOS:

III.1. Generales:

- Llevar a cabo un estudio básico para futuros ensayos en caña de azúcar, bajo condiciones de la finca Bulbuxyá.

III.2. Específicos:

- Determinar el tamaño y forma óptimos de parcela experimental para caña de azúcar, aplicando la metodología de REGRESION MULTIPLE y MAXIMA CURVATURA BIVARIADA.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA:

IV.1. GENERALIDADES:

Los objetivos fundamentales de los programas de experimentación agrícola, se relacionan estrechamente con el logro de información confiable cuya aplicabilidad práctica tienda a superar la productividad de las empresas agrícolas actuales o potenciales. La confiabilidad de tal información, aumenta como consecuencia de originarla en experiencias de carácter local, pues es evidente el riesgo que se corre al usar incondicionalmente la de otros países por las condiciones ecológicas reinantes en el medio, las cuales no solamente varían de un lugar a otro, sino aún dentro de áreas aparentemente uniformes. (28).

AMEZQUITA Y MUÑOZ (2) señalan: en la experimentación agrícola se hace indispensable usar eficientemente los recursos disponibles, especialmente por la limitación de las áreas de los centros experimentales, que día a día aumentan sus programas manteniendo el recurso "terreno" relativamente constante. El estudio del tamaño, forma, número apropiado de repeticiones y efecto de bordes en los diferentes cultivos, dirige el investigador hacia el uso eficiente de los recursos, en la medida en que le permite obtener resultados confiables. En un experimento

pueden presentarse dos situaciones en las cuales se desperdician recursos: la primera, cuando se utiliza un tamaño o número de parcelas mayor que el necesario; y la segunda, cuando por utilizar un menor tamaño, no es posible detectar diferencias significativas entre los tratamientos.

IV.2. TAMAÑOS Y/O FORMAS DE PARCELA EMPLEADOS EN TRABAJOS REALIZADOS EN CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA.

IV.2.1. ESTRADA CASTILLO (15) Usó una parcela de 90 m^2 (9 m X 10 m) con seis surcos de 10 mts. de longitud, cada uno separado a 1.8 m; el área para toma de datos fue de 57.6 m^2 , con cuatro surcos de 8 mts. de longitud cada uno.

ESTRADA HURTARTE (16) Tomó una población de 130 matas aisladas dentro del área experimental, habiéndose aplicado cada uno de los tratamientos a 10 matas escogidas al azar.

MATHEU DE LEON (26) Utilizó parcelas de forma cuadrada de 100 m^2 (10 x 10); con surcos de caña de 10 mts. de longitud; siendo un surco común a dos parcelas contiguas.

El área por parcela para la toma de datos fue de 32 m^2 (4 x 8) con dos surcos de ocho metros de longitud.

MARTINEZ GUTIERREZ (25) -Tomó un área de 110 m² (10 x 11 m.) con seis surcos de 11 mts. de longitud. El área por parcela para toma de datos fue de 100 m² (10 x 10) con seis surcos de diez mts. de longitud.

DAVILA DE LAPARRA (13) Para el ensayo en la finca "FLORES DE MIRIAM", usó un área experimental de 4176.80 m², distribuidos en 36 parcelas de 118.8 m² cada una, y para el trabajo realizado en la estación experimental agrícola:

"ING. AGR. MARIO MOLINA LLARDEN", Finca Sabana Grande; un área por parcela de 118.80 m², para hacer un total de 18 parcelas y un área experimental de 2138.40 m².

SANTOS ECHEVERRIA (31) Utilizó un área bruta igual a 2975.0 m². Se establecieron parcelas rectangulares de un área neta de 6 m²/parcela.

ALVAREZ CORADO (1) Usó parcelas experimentales de 72 m² cada una, compuesta de 5 surcos de 8 mts. de longitud y espaciadas entre sí 1.8 mts. (6 pies).

AMEZQUITA NAVARRO (3) En su ensayo cada parcela ocupó un área de 90 m² 9 x 10) con seis surcos de 10 metros de longitud. El área por parcela para toma de datos fue de 57.60 m² (8 x 7.2 mts.), con cuatro surcos de ocho mts. de longitud.

RANERO CABARRUS (29) Usó para cada parcela un área de 120 m², con 8 surcos de 10 mts. de longitud espaciados 1.5 mts.

GARCIA ARCHILA (20) Para llevar a cabo sus estudios empleó un área de 120 m², por parcela para el ensayo competitivo y 54 m² por parcela para el experimento de asociación.

NAJERA CAAL (27) Las parcelas experimentales la forman 7 surcos de 10 mts. de largo cada una, espaciados a 1.5 m entre si. La parcela neta está constituida por los tres surcos centrales de 45 m².

BENITEZ CORONADO (8) En los dos ensayos que realizó, usó parcelas de 90 m² (9 x 10). El área por parcela para la toma de datos fue de 43.20 m².

VELASCO CORONADO (34) Para el ensayo utilizó un diseño de bloques al azar con 9 tratamientos, 4 repeticiones y parcelas netas de 63 m².

PALENCIA e IBARRA (28) Sugieren un tamaño óptimo de parcela con un área de 28 m², ésta superficie útil comprende de dos surcos de 8 mts. de longitud, separado entre sí de 1.8 a 2.00 mts., dando una parcela total de 4 surcos de 10.00 mts. de longitud.

IV.2.2. EN ALGUNOS OTROS PAISES:

VASQUEZ MORERA (33) Utilizó un área de estudio de 200 mts. de largo por 50 mts de ancho, dividiéndola en 30 - parcelas de 39 m de largo por 6.6 m de ancho (cuatro surcos), dejando entre parcelas adyacentes un surco sin tratar; con los que se obtuvo un área real por parcela de 257. m².

ELIZONDO RODRIGUEZ (14) Usó dos localidades para su trabajo y un área experimental de 60 m² (6 x 10) con 1.20 m de separación entre parcelas.

FLORES CACERES S et al (18) Recomienda un tamaño de parcela en caña de azúcar de acuerdo a lo que se vaya a ensayar y así tenemos: que para experimentos con fertilizantes; la parcela experimental constará de 4 surcos de 15 m de largo separados 1.4 m entre si, de los cuales se cosecharán los dos surcos centrales con una longitud de 13 m.

En experimentos de adaptabilidad de variedades las parcelas experimentales serán de 6 surcos de mts. de largo. Usando una parcela útil de 8 mts. de largo en los 4 surcos centrales.

En experimentos de control de malezas las dimensiones de la parcela será de 6 surcos de 10 mts. de longitud, la parcela útil estará constituida por los 4 surcos centrales.

Para ensayos de combate de plagas, parcelas de 6 surcos de 10 mts. de longitud; la parcela útil consistirá en 4 surcos centrales de 8 mts. de largo.

Los trabajos anteriores nos permiten observar objetivamente la falta de uniformidad de criterios en la elección del tamaño y forma de parcela que se usa en

ensayos de campo, teniendo así que en Guatemala el tamaño usado varía entre 28 - 120 m² y la forma va de cuadrada a rectangular. En los otros países varía de 60 - 257.4 m² y la forma usada es rectangular.

IV.3. HETEROGENEIDAD DEL SUELO:

COCHRAN Y COX (11) Indican: En cualquier - prueba de tipo experimental además de la variación de los resultados debido al efecto de los tratamientos aparece otra denominada comúnmente "Error experimental" originada por dos causas fundamentales: La primera, falta de uniformidad en la conducción física del experimento, es decir, la deficiencia de poder uniformizar la técnica experimental, por ejemplo: distancias de siembra, labores de cultivo, pesadas, mediciones, etc. (7, 11). La segunda fuente de variabilidad es la inherente al material experimental al cual se aplican los tratamientos, cuya causa más común es la heterogeneidad del suelo. (7, 11).

AMEZQUITA Y MUÑOZ (2). Ponen de manifiesto que la heterogeneidad del suelo se refiere a las diferencias de una parcela a otra del campo. Es un fenómeno universal ya que en todos los suelos está presente en mayor o menor grado, - aún en terrenos aparentemente uniformes.

CHACIN LUGO F. (10) y MARTINEZ G.M. (24) Coinciden en éste aspecto debido a que señalan la heterogeneidad del suelo (tipo de suelo) como uno de los factores que influye en el tamaño y forma de las parcelas, considerándolo como el principal, además de: extensión superficial del terreno disponible, clase de cultivo, el objetivo, uniformidad del material bajo experimentación, etc.

Esa heterogeneidad edáfica se debe a diferentes características físicas, químicas; y agrológicas presentes en el suelo (23).

AMEZQUITA Y MUÑOZ (2) Proponen lo mismo, solo que agregan, factores de manejo del suelo o a tratamientos previamente aplicados.

Los mismos autores indican que una de las principales causas de la "heterogeneidad introducida", es el diferente grado de fertilización que se haya hecho en las parcelas, ya que hay efectos residuales que se manifiestan en cultivos posteriores.

BAENA et al (5). Señala que el grado de heterogeneidad del suelo influye directamente en la magnitud del error experimental y en la precisión de los resultados obtenidos; por consiguiente, la estimación de la heterogeneidad del suelo debe ser el paso preliminar para el desarrollo de un experimento de campo.

Descripción y Cuantificación de la Heterogeneidad del Suelo.

Para describir la heterogeneidad del suelo se pueden usar los ensayos en blanco o ensayos de "uniformidad" (2).

Siendo éstos los que consisten en sembrar toda la extensión de un campo con una misma variedad tan pura como sea posible de una especie determinada, sometiendo todo el campo a prácticas idénticas de cultivo (2, 5, 23, 24).

Después se divide el campo en cierto número de parcelas (unidades básicas). La cosecha se realiza tomando por separado la producción de pequeñas parcelas básicas, cuidando de registrar su localización dentro del lote (23).

WASSON Y KALTON citados por (28, indican que los datos de uniformidad vienen siendo usados desde hace 30 ó 40 años con distintos propósitos. Inicialmente fueron usados para determinar el grado de heterogeneidad del suelo mediante curvas de fertilidad, con resultados que indican que el suelo podía variar considerablemente, aún en aquellas áreas de aparente uniformidad; que la fertilidad del suelo no está distribuida al azar y que las parcelas adyacentes eran más similares en promedio que aquellas más separadas entre sí. Luego fueron usados para corregir rendimientos en experimentos realizados consecutivamente en las mismas parcelas en

un intento para aumentar su precisión, pero con resultados que probaron ser relativamente ineffectivos. Más recientemente, éstos datos han sido utilizados para investigar tamaños y formas de parcelas experimentales y para comparar la eficiencia relativa de diseños empleados en experimentación.

SMITH citado por (5) ha demostrado que la heterogeneidad del suelo puede cuantificarse a partir del coeficiente b resultante de la regresión lineal entre el logaritmo de la varianza de la parcela por unidad de área y el logaritmo del tamaño de la parcela.

("Ley de Fairtielfield - Smith")

$$V_x = \frac{V_1}{x^b} \quad \text{ó} \quad \text{Log. } V_x = \text{Log. } V_1 - b \text{Log. } x$$

Donde:

V_x = Varianza del rendimiento por unidad de área.

V_1 = Varianza de la parcela de una unidad básica.

x = Tamaños de las parcelas en unidades básicas

b = Coeficiente de regresión.

HATHEWAY Y WILLIAMS citados por (5) observaron que los valores de b calculados por la fórmula de Smith, en algunos casos excedieron de 1.0, razón que impide interpretar correctamente los

resultados. Esto porque al ser $\underline{b}$ indicativo de la correlación entre la variabilidad entre parcelas y su tamaño, se desearía que $\underline{b}$ oscilara entre 0 y 1. Para obviar la situación anterior, FEDERER recomienda ponderar los logaritmos de las variantes por parcela (V_{xi}), por los grados de libertad asociados a cada varianza. El coeficiente $\underline{b}$ se calcularía entonces, utilizando la fórmula expuesta por FEDERER, citado por el mismo autor.

$$\underline{b} = \frac{(\sum W_i \text{Log } V_{xi} \text{Log } x) - (\sum W_i \text{Log } V_{xi})(\sum W_i \text{Log } x_i) / \sum W_i}{\sum W_i (\text{Log } x_i)^2 - (\sum W_i \text{Log } x_i)^2 / \sum W_i}$$

Para la cual:

V_{xi} = Varianza del rendimiento por unidad de área.

x_i = Número de unidades básicas en cada tamaño de parcela.

W_i = Grados de libertad asociados con una varianza dada (número de parcelas de tamaño $x_i - 1$).

Usando la fórmula de FEDERER entonces $\underline{b}$ oscilará entre 0 y 1

CHACIN LUGO F. (10) indica lo siguiente para ambos valores extremos; el hecho de que $\underline{b}$ tienda a cero indica homogeneidad, alta correlación entre parcelas adyacentes y el tamaño de la parcela puede ser bastante pequeño. Si $\underline{b}$ tiende a la unidad, indica que no existe ninguna correlación entre las parcelas adyacentes, por lo tanto

se habla de una heterogeneidad del suelo alta y se tiene, por lo tanto, que utilizar parcelas muy grandes.

IV.4. METODOS ESTADISTICOS:

El tamaño de parcela experimental para los diferentes cultivos ha sido un tema de bastante discusión, entre los investigadores, debido a que es una característica particular de los experimentos que puede variar según una serie de factores, incluyendo como principal la heterogeneidad del suelo, siéndolo éste el factor que en los ensayos de uniformidad se trata de evaluar.

BAENA, et al (5), Coincide con AVILES RAMIREZ (4), BARRIENTOS (7), CHACIN LUGO (10), CORRALES (12) y MARTINEZ (24), al indicar la importancia que tiene para el investigador el conocimiento de las dimensiones de la unidad experimental, ha conllevado a proponer diferentes métodos estadísticos para estimar el tamaño y la forma - óptimos de la parcela, a partir de la información sobre rendimiento obtenida en ensayos de uniformidad.

A continuación se enumera algunos métodos para el cálculo de las dimensiones de la unidad experimental:

- Método del error probable.
- Método de máxima curvatura.
- Método de máxima curvatura modificado.
- Método de Smith.
- Método de Hateway.
- Método de KOCH y RIGNEY.
- Método de la forma canónica.
- Método de Regresión múltiple.
- Método de máxima curvatura bivariada.

BARRIENTOS (7) Determinó que el método que mejor estima el tamaño óptimo de parcela (y también la forma) es el de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA y el de REGRESION MULTIPLE.

IV.4.1. METODO DE REGRESION MULTIPLE:

Este es un método reciente citado por CHACIN LUGO (10) y que fue generado con el objeto de dar información no solamente del tamaño, sino también de la forma de la parcela, que es importante conocer. Con éste método se trata prácticamente de encontrar mediante procedimientos matemáticos el punto de la máxima curvatura. Con él se trata de eliminar subjetividad y efecto de escala, que tiene el de máxima curvatura. Este método es una extensión en tres dimensiones del método de curvatura máxima.

BARRIENTOS (7) Indica que el comportamiento de la variabilidad de un ensayo puede ser analizado como respuesta de la variación a componentes de forma y tamaño de las parcelas experimentales, por medio de un modelo de superficie respuesta el cual incluya los efectos a estudiar, de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{12}X_1X_2 + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable, dependiente en su comportamiento de X_1 y X_2 .

X_1 = Número de hileras de la parcela experimental.

X_2 = Número de columnas de la parcela experimental.

B_i, B_j = Parámetros desconocidos coeficientes de regresión.

E_{ij} = Variable aleatoria, error experimental.

Sobre éste modelo de regresión se hace una estimación mínima-cuadrática de los parámetros y prueba de hipótesis sobre el ajuste del modelo.

El modelo propuesto para el cálculo del óptimo tamaño y forma de parcela es:

$$CV_k = B_0 + B_1A + B_2L + B_3A^2 + B_4L^2 + B_5AxL + E_k$$

Donde:

- CV_k = Coeficiente de variación calculado para parcelas de tamaño y forma A x L.
- K = 1,2,3...n = número de observaciones.
- A = Ancho de parcela, medido en número de surcos o metros.
- L = Largo de parcela, medido en segmentos de surcos que lo componen o metros.
- A x L = Interacción ancho por largo; tamaño de la parcela de ancho A y largo L.

El mismo autor; BARRIENTOS (7) citado por HERNANDEZ DAVILA (21) indica que del modelo anterior se obtiene una superficie en tres dimensiones, definida por los valores de los coeficientes de regresión y el intercepto, utilizando la característica ya conocida de respuesta descendente de la variación ante incre-

mento en el tamaño de la parcela, la superficie se espera concava hacia abajo, presentando un valor mínimo (figura 1).

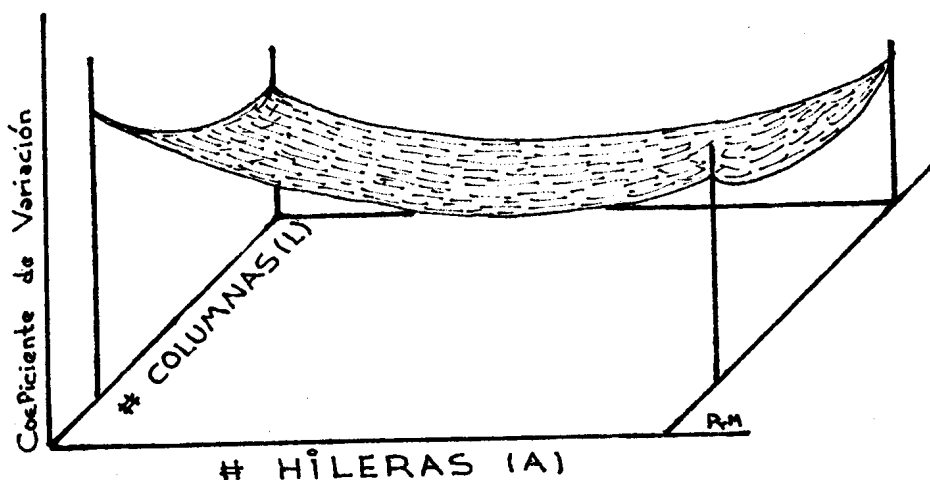


Figura No. 1.:

Superficie de respuesta para el modelo de Regresión Múltiple.

La rapidez presentada en la disminución del C.V. ante cambios en las dimensiones de la parcela, corresponde a la curvatura de la superficie y puede ser medida en cualquier punto mediante el cálculo de la pendiente; así es posible obtener la combinación de factores (ancho y largo) para los cuales la superficie presenta una curvatura determinada.

La combinación de importancia es aquella para la cual la superficie presenta su máxima curvatura, es decir, pendiente -1,

a la izquierda de éste punto se tienen incrementos significativos en el C.V. ante una disminución de las dimensiones (parcelas pequeñas y exceso de variabilidad) y a la derecha, la curvatura es tal, que económicamente un aumento del tamaño no justifica la disminución en variabilidad. Otro punto de interés es el de curvatura mínima de la superficie, pendiente igual cero. Las derivadas parciales respecto a cada dimensión proveen la estimación de los puntos críticos buscados:

Para el punto de curvatura máxima:

$$\frac{dcv}{dA} = b_1 + 2b_3A + b_5L = -1$$

$$\frac{dcv}{dL} = b_2 + 2b_4L + b_5A = -1$$

y para el mínimo coeficiente de variación:

$$\frac{dcv}{dA} = b_1 + 2b_3A + b_5L = 0$$

$$\frac{dcv}{dL} = b_2 + 2b_4L + b_5A = 0$$

Al resolver éstos sistemas de ecuaciones se encuentran los valores de ancho, largo y ancho por largo (tamaño) para parcelas que optimizan y minimizan el c.v. - respectivamente.

IV.4.2. METODO DE MAXIMA CURVATURA BIVARIADA:

Ideado por BARRIENTOS (7), citado por HERNANDEZ DAVILA (21), propuso una modificación al método de máxima curvatura, éste consiste en la aplicación del modelo de Regresión Múltiple logarítmica siguiente:

$$CV_{ij} = B_0 A_i^{B_1} L_j^{B_2} E_{ij} \quad \text{donde:}$$

B_0, B_1, B_2 = parámetros desconocidos de regresión.

A_i = variable ancho de parcelas.

L_j = variable largo de parcelas.

CV_{ij} = coeficiente de variación que se espera obtener al realizar experimentos con parcela de ancho A y largo L .

E_{ij} = Error experimental con cada parcela.

Posteriormente se linealizarán el modelo logarítmico con el objeto de estimar los coeficientes y exponentes de la ecuación. Así mismo en éste método tal como en el de Regresión Múltiple se hace uso de la característica conocida como respuesta descendente de la variación ante un incremento en el tamaño de parcela (relación inversa entre el c.v.

y X), esperando una superficie de respuesta cóncava hacia abajo para determinar las dimensiones de la parcela óptima. Mediante el cálculo de la pendiente, es posible medir la curvatura de superficie y obtener la combinación de factores (ancho y largo), para los cuales la superficie presenta una curvatura determinada. Económica y prácticamente la combinación de importancia es aquella para la cual, la superficie presenta una máxima curvatura, correspondiente a una pendiente igual a menos 1 ya que a la derecha de éste punto, la curvatura es tal que económicamente un aumento del tamaño es la parcela no justifica la disminución de variabilidad que produce.

Las dimensiones óptimas para la parcela (que determinan el tamaño y la forma) resultan ser entonces aquellas para las que la pendiente es - 1, es necesario ahora obtener derivadas parciales de la ecuación de regresión, igualarlas a - 1, y resolver el sistema para encontrar los valores de dichas dimensiones.

Para el modelo de máxima curvatura bivariable las derivadas son:

$$\frac{dcv}{dA} = b_0 b_1 A^{b_1-1} L^{b_2} = -1$$

$$\frac{dcv}{dL} = b_0 b_2 A^{b_1} L^{b_2 - 1} = -1$$

Que al resolverlos dan los valores de A y L de la parcela óptima.

Finalmente se sustituyen en la ecuación original los valores encontrados para las dimensiones y se determina así al coeficiente de variación esperado en los experimentos a realizar con parcelas de esa forma y tamaño.

V. MATERIALES Y METODOS:

El trabajo de campo que permitió lograr los objetivos trazados se realizó durante la primera semana del mes de marzo del año de 1981, en la localidad que a continuación se describe:

V.1. LOCALIZACION:

Los datos de rendimiento para realizar éste trabajo de investigación se tomaron de un lote representativo de la plantación comercial de caña de azúcar que se encuentra en la Finca Bulbuxyá, Jurisdicción del Municipio de San Miguel Panam, Departamento de Suchitepéquez, cuyas condiciones ecológicas son: (22).

Latitud = $14^{\circ} 39' 39''$

Longitud = $91^{\circ} 22'$

Altitud = 350 sobre el nivel del mar

Temperatura
media anual = 27.7°C .

Precipita-
ción media
anual = 4,000 m.

EXTENSION: (22).

La finca Bulbuxyá, tiene una extensión de 89,5253 Has. equivalente a 1.99 caballerías.

COLINDANCIAS: (22)

La Finca Bulbuxyá, colinda al norte con la finca Ponderosa y Gudelia, al sur con la Finca Versalles, al este con la Finca Trinidad y Versalles, al poniente con el Caserío Barrios I y II, río Nahuallate de por medio.

V.2. CONDICIONES EDAFICAS:

Los suelos de acuerdo al trabajo realizado por Herrera de León (22) tienen las siguientes características:

HORIZONTE:

- A: De 0-35 cms. Franco arenosa; café oscuro (10 y R 3/3) en seco y café muy oscuro (10 y R 2/2) en humedo; estructura en bloques subangulares finos, fuertemente definidos, consistencia ligeramente adherentes y ligeramente plástica, raíces muy abundantes. Limite brusco y plano.
- B: De 35 a 92 cms. Franco arenoso, café amarillento (10 y R 5/4) en seco, café oscuro amarillento (10 y R 3/4) en húmedo, estructura masiva, consistencia ligeramente adherente y ligeramente plástica, abundantes raíces. Límite gradual-plano.
- C: Mayor de 92 cms. Franco arenoso; café grisáceo claro (10 y R 6/4) en seco; de café a café oscuro (10 R y 4/3) en húmedo, estructura masiva.

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala, la Finca Bulbuxyá, está comprendida en la División Fisiográfica de los "Suelos del declive del Pacífico", y específicamente éstos suelos pertenecen a la serie - "CUTZAN" Según SIMMONS C. TARAMO, J.M. y PINTO J.H. citados por Herrera de León (22).

V.3. TECNICA EXPERIMENTAL:

V.3.1. MATERIAL EMPLEADO:

El lote formado como base para el desarrollo de éste trabajo está sembrado con la variedad B.4362.

Flores S. (17); describe esta variedad como originaria de Barbados W.I., cuyos progenitores son la B.37161 por POJ 2878.

Esta caña ha tomado carta de naturalización en varios países americanos, especialmente en regiones de buena precipitación pluvial como las fincas de Mazatenango y San Antonio Suchitepéquez, altitudes desde la costa hasta los 2,000 pies de altitud. Es una caña de color verde-grisáceo, de tallo mediano y hoja ancha abundante amacollo, rápido desarrollo, escasa floración y maduración media o tardía. En aquellos suelos fértiles produce mayor tonelaje de campo y azúcar que la PPQK y la B.37172.

Sin embargo, es susceptible a la enfermedad de la roya roja y no se debe cultivar en terrenos de mal drenaje. Se recomienda propagarla en ingenios hasta en un 40% de la superficie total.

V.3.2. MANEJO DEL ENSAYO:

De una plantación ya establecida se seleccionó un área lo más uniforme posible en cuanto a densidad, enfermedades, topografía, etc., a la cual durante un ciclo completo se le dió un manejo uniforme para eliminar causas ajenas a la heterogeneidad del suelo, que produzcan variabilidad en los resultados.

El lote elegido estaba en un ciclo de plantatilla (12 meses de edad); el cual fue sembrado utilizando el método de cadena sencilla en dos hileras; forma propia de la región, con una distancia entre surcos de 1.6 mts.; de le aplicó 2 qq de urea/manzana y 4 qq de 15-15-15/manzana.

La caña después de empleada para fines de éste trabajo se usó como semilla para labores de resiembra en el resto de la plantación.

El lote elegido tenía una extensión bruta de 2460 m² (32 X 80 Mts.) de los cuales se desecharon 2 surcos laterales de 80 metros

de largo, resultando un área útil de 1920 m² (24 X 80 mts.) equivalente a 15 surcos de 80 mts. de largo.

El área útil se dividió al momento de la cosecha en 600 unidades básicas cada una compuesta por un surco (1.6 m) de 2 mts. de largo para un área de 3.2 m².

Las 600 unidades se cosecharon en forma individual, anotando el rendimiento en kilogramos, debidamente identificado de acuerdo a la ubicación en el campo.

En el cuadro No. 1, aparecen los valores.

CUADRO No. 1.

RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR UNIDAD BASICA DE 3.2 m² (1.6 x 2) DEL ENSAYO DE UNIFORMIDAD EN CAÑA DE AZUCAR EN LA FINCA BULBUXYA.

14.5150	15.8757	23.5868	33.5658	40.3697	39.9161	34.9266	22.2260	16.7829	21.3188	32.6587	20.4117	28.5763	18.5973	37.6482
17.2365	15.4221	29.9371	19.0509	20.4117	31.7515	34.0194	39.0089	22.6796	20.4117	25.4012	24.9476	17.2365	27.2155	28.1227
21.7724	18.1437	24.9476	25.4012	17.2365	15.8757	30.8443	10.5045	22.6796	41.2769	38.1018	37.6482	11.3398	22.6796	27.6691
25.4012	18.1437	19.0509	35.8338	33.5658	30.8443	22.2260	27.6691	14.0614	27.2155	21.3188	20.0299	27.2155	36.2874	13.6678
24.9476	29.4835	22.6796	22.2260	16.7829	23.1332	21.7724	36.2874	17.2365	37.1946	36.2874	23.5868	28.5763	38.1018	27.6691
19.0509	24.0404	32.2051	29.9371	16.3293	19.0509	24.9476	20.8652	36.2874	25.8548	47.6272	44.4521	37.1946	17.2365	40.8233
23.5868	17.2365	17.2365	38.1018	18.1437	20.8652	34.9266	29.9371	29.0298	21.3188	30.3907	23.5868	25.4012	26.3084	30.8443
28.1227	31.2979	29.9371	32.6587	21.3188	29.4835	24.0404	22.2260	28.1227	20.4117	29.9371	31.2979	36.2874	32.1332	31.7515
29.0299	14.0614	14.9685	31.2979	19.5045	28.5763	43.0913	15.4221	36.2874	14.0614	17.2365	46.2664	30.3907	35.8338	48.9880
20.8652	20.8652	24.4940	31.7515	28.5763	29.9371	31.2979	23.5868	49.8952	18.1437	23.5868	29.9371	21.7724	23.1332	40.8233
32.2051	27.6691	19.9581	26.3084	12.7006	30.3907	29.4835	24.4940	18.1437	32.2051	36.2874	41.2769	28.1227	51.7095	39.9161
20.8652	14.0614	16.7829	26.3084	24.9476	16.7829	29.4835	29.9371	37.6482	24.9476	34.4730	24.9476	22.6796	27.2155	56.6990
24.4940	38.5554	31.7515	24.4940	28.5763	21.7724	36.2874	29.0299	26.3084	36.7410	25.4012	29.483	25.8548	42.1841	38.1018
29.9371	19.5045	21.3188	19.0509	19.9581	25.4012	27.2155	19.9581	30.3907	43.5449	51.7095	26.3084	24.9476	28.5763	20.8652
30.8443	35.3802	12.7006	18.1437	34.4730	26.3084	23.1332	35.8338	21.3188	30.3907	45.3592	36.2874	31.7515	32.6587	41.7305
31.2979	30.3907	13.6078	43.9985	25.4012	24.9476	14.9685	19.5045	47.6272	22.6796	49.8952	34.9266	19.0509	37.6182	49.4416
17.6901	34.0194	15.4221	34.0194	40.8233	33.1126	38.5554	38.5554	38.1018	18.1437	36.2874	34.0194	18.5973	11.7934	23.5868
30.3907	25.4012	25.4012	41.7305	14.9685	25.8548	22.6796	21.7724	29.9371	33.5658	39.0089	38.5554	6.8039	13.6078	43.5449
30.8443	24.4940	20.8652	35.3802	13.6078	28.5763	19.5045	24.9476	18.5973	45.3592	16.3293	22.2260	19.0504	31.7515	19.0509
30.3907	24.9476	19.5045	24.9476	18.5973	34.9266	22.6796	43.5449	37.1946	22.2260	33.5658	70.7604	30.8443	87.6691	33.1122
31.2979	29.4835	28.5763	39.4625	30.8443	24.0404	12.7006	36.2874	28.1227	27.2155	35.3802	29.4835	23.1332	20.8652	34.0194
27.6691	19.9581	20.8652	29.4835	22.6796	21.3188	16.3293	47.6272	36.8874	38.1018	48.0808	10.4326	24.0404	36.7410	31.7515
31.7515	19.0509	39.0089	31.7515	27.6691	24.4940	11.3398	8.1647	32.6587	49.8952	25.4012	30.8443	18.1433	16.3293	30.3907
35.8338	40.3697	20.8652	30.3907	39.0089	25.4012	9.5254	31.7515	30.8443	15.8757	58.0598	27.2155	21.3188	36.2874	50.8023
26.7619	25.4012	9.9790	38.1018	29.9371	34.9266	19.0509	34.0194	39.4625	42.6377	27.2155	36.7410	23.586	28.1227	24.9476
31.7515	27.6691	22.2260	36.2874	29.4835	29.4835	20.8652	46.7200	38.1018	30.3907	19.0509	29.4835	10.8862	27.2155	31.7515
35.3802	19.5045	23.1332	34.4730	21.7724	26.3084	35.3802	24.0404	34.0194	39.0089	41.2769	38.5554	29.0291	14.0614	36.2874
22.6796	26.3084	25.4012	43.9985	38.5554	37.1946	35.8338	18.1437	34.9266	36.2874	20.8652	27.2155	14.5150	25.4012	19.9581
20.4117	24.9476	24.4940	47.1736	27.6691	20.8652	31.2979	36.2874	22.2260	29.9371	48.9880	39.0089	18.1437	37.6482	38.5554
20.4117	15.4221	20.8652	40.8233	24.0404	31.7515	17.6901	29.9371	38.1018	29.9371	22.6796	38.1018	22.6796	25.8548	45.3592
19.0509	24.9476	28.5763	41.7305	23.1332	20.8652	22.2260	26.3084	48.9880	38.1018	38.1018	33.1122	30.8443	14.5156	34.0194
29.4835	37.6482	31.7515	31.2979	35.3802	27.2155	24.4940	24.9876	35.3802	19.0509	44.4521	39.4625	27.2155	38.5554	38.5554
20.8652	36.7410	29.0299	14.5152	19.9581	16.3293	33.5658	35.8338	27.2155	29.0299	24.4940	18.1437	29.0299	20.4117	36.2874
17.2365	22.2260	22.2260	22.6796	18.1437	13.6078	4.5359	23.5868	33.1132	22.6796	14.0614	26.3084	30.3967	26.3084	42.1841
9.9790	20.4117	14.9685	9.0718	12.2470	5.4431	7.2575	27.2155	21.3888	29.0299	28.1227	18.1437	18.1437	26.3084	26.3084
13.6078	14.9685	16.7829	12.2470	9.0718	8.6183	19.0509	17.6901	28.1827	24.4940	21.3188	22.6796	22.2260	40.8233	29.9371
13.1542	14.9685	14.5150	19.9581	12.7006	14.5150	8.6183	18.5973	10.8862	10.8862	26.3084	48.0808	6.3503	26.3084	29.0299
15.4221	21.3181	20.8652	21.7724	12.7006	13.6078	22.6796	20.8652	22.6796	10.8862	15.8757	27.2155	8.6183	26.3084	20.8652
19.9581	24.9476	13.6078	26.7619	18.1437	28.5763	17.6901	24.494	26.3084	34.9266	16.3293	27.2155	18.1437	19.0509	16.3293
27.2155	29.0299	33.1122	42.6377	40.3677	33.5658	27.6691	18.1437	17.6901	16.3293	22.6796	38.5554	13.6078	29.4835	24.4940

Los rendimientos de las 600 unidades básicas (Cuadro No. 1) se agruparon en 73 combinaciones que variaron de 1 a 12 surcos de ancho y de 2 a 12 mts. de largo; atendiendo a la recomendación dada por BARRIENTOS (7), quien indica que las diferentes parcelas formadas para realizar el análisis deben tener como mínimo el largo igual al ancho (criterio No. 4, que dice: parcelas de tamaño AL donde A L entre ciertos límites establecidos con criterio agronómico de acuerdo al cultivo).

Para cada una de las combinaciones obtenidas se calculó la media ($\bar{X}$), desviación estandar (S) y el coeficiente de variación (c.v.), cuyos valores se presentan en el cuadro No. 2.

Se aplicaron los dos métodos a los datos de c.v., A y L del cuadro No. 2, bajo dos situaciones, la primera cuando las dimensiones de la parcela se expresan en unidades y la otra cuando se expresan en sus equivalentes en metros, lo cual nos permite observar la influencia que la escala de medición tiene sobre los estimadores de regresión y por ende en el tamaño y la forma seleccionadas como óptimas.

El programa REGREX 2 de la Biblioteca del Centro de Estadística y Cálculo de la Fa-

cultad de Agronomía permitió en ambos casos estimar la ecuación de Regresión correspondiente con su respectivo Análisis de Varianza, mediante una aplicación directa para el método de REGRESION MULTIPLE y para el método de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA posteriormente a la linealización del modelo, por medio de logaritmos.

CUADRO No. 2.

ESTADÍSTICOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DE CARA DE AZÚCAR REALIZADO EN LA FINCA BULBUSTA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EXPRESADO EN KILOGRAMOS.

FORMA DE LA PARCELA				TAMARO		NUMERO DE PARCELAS	RENDIMIENTO MEDIO (E)	DESVIACION ESTANDAR (S)	COEFICIENTE DE VARIACION (V)
EN PARCELAS		EN METROS		EN NO.	EN METROS				
ANCHO	LARGO	ANCHO	LARGO	PARCELAS	CUADRADOS	PARCELAS			
1	1	1.6	2	3	3.20	600	27.1445	9.4644	34.8667
1	2	1.6	4	3	6.40	300	54.1676	15.0474	27.7793
1	3	1.6	6	3	9.60	195	81.3145	20.1458	24.7752
1	4	1.6	8	4	12.80	150	108.5174	25.8282	23.8010
1	5	1.6	10	5	16.00	120	134.8961	29.5673	21.9334
1	6	1.6	12	6	19.20	90	164.2821	35.3951	21.5453
1	7	1.6	14	7	22.40	75	195.2188	34.1252	17.4805
1	8	1.6	16	8	25.60	75	217.0145	43.4260	20.0088
1	9	1.6	18	9	28.80	60	249.6496	41.9391	16.7893
1	10	1.6	20	10	32.00	60	269.7938	47.8747	17.7449
1	11	1.6	22	11	35.20	45	312.4259	47.7229	15.2750
1	12	1.6	24	12	38.40	45	332.7554	52.1796	15.6811
2	2	3.2	4	4	12.80	140	106.7381	22.9866	21.5448
2	3	3.2	6	6	19.20	91	160.1483	31.4437	19.6341
2	4	3.2	8	8	25.60	70	213.4312	40.2830	18.8740
2	5	3.2	10	10	32.00	56	265.1239	44.7841	16.8955
2	6	3.2	12	12	38.40	42	324.7511	46.9226	14.4488
2	7	3.2	14	14	44.80	35	389.4567	55.8714	14.3460
2	8	3.2	16	16	51.20	35	426.9073	70.6235	16.5430
2	9	3.2	18	18	57.60	28	490.3172	62.4575	12.7382
2	10	3.2	20	20	64.00	28	532.6633	78.9498	14.8217
2	11	3.2	22	22	70.40	21	614.8803	74.4794	12.1128
2	12	3.2	24	24	76.80	21	653.7562	87.5870	13.3268
3	3	4.8	6	9	28.80	65	243.2818	45.0556	18.5199
3	4	4.8	8	12	38.40	50	327.5522	57.1386	17.4441
3	5	4.8	10	15	48.00	40	412.4658	76.3188	18.5515
3	6	4.8	12	18	57.60	30	498.6795	67.3440	13.5446
3	7	4.8	14	21	67.20	25	586.7365	66.9812	11.4559
3	8	4.8	16	24	76.80	25	651.1035	100.7827	15.4787
3	9	4.8	18	27	86.40	20	748.9493	80.3813	10.7325
3	10	4.8	20	30	96.00	20	809.3815	108.4483	13.4014
3	11	4.8	22	32	105.60	15	937.2778	93.8680	10.0150
3	12	4.8	24	36	115.20	15	998.2662	104.6423	10.4824
4	4	6.4	8	16	51.20	30	430.9701	72.8686	16.9080
4	5	6.4	10	20	64.00	24	537.5241	78.5691	14.6168
4	6	6.4	12	24	76.80	18	654.2075	84.0884	12.8535
4	7	6.4	14	28	89.60	15	790.2069	93.2821	11.8048
4	8	6.4	16	32	102.40	15	862.0049	138.2755	16.0611
4	9	6.4	18	36	115.20	12	988.7524	120.7417	12.2115
4	10	6.4	20	40	128.00	12	1077.5087	152.8828	14.1895
4	11	6.4	22	44	140.80	9	1245.8749	138.2308	11.0867
4	12	6.4	24	48	153.60	9	1318.3410	154.7232	11.7362
5	5	8	10	25	80	24	678.4804	85.6810	12.7032
5	6	8	12	30	96	18	831.1269	88.4203	10.6384
5	7	8	14	35	112	15	976.0275	89.9569	9.2166
5	8	8	16	40	128	15	1085.1724	151.6524	13.8750
5	9	8	18	45	144	12	1248.6404	115.0426	9.2134
5	10	8	20	50	160	12	1329.4647	178.0322	13.3913
5	11	8	22	55	176	9	1562.1297	126.5546	8.1014
5	12	8	24	60	192	9	1663.7770	144.1207	8.6623
6	6	9.6	12	36	115.20	12	987.6218	117.0983	11.8558
6	7	9.6	14	42	134.40	10	1163.9258	114.5982	9.8455
6	8	9.6	16	48	153.60	10	1293.0184	181.9346	14.8440
6	9	9.6	18	54	172.80	8	1483.1327	152.6776	10.3617
6	10	9.6	20	60	192.00	8	1616.2630	204.8808	12.7999
6	11	9.6	22	66	211.20	6	1869.8325	178.5358	9.5574
6	12	9.6	24	72	230.40	6	1973.5117	183.0850	9.7440
7	7	11.2	14	49	156.80	10	1342.8238	114.2707	8.5110
7	8	11.2	16	56	179.20	10	1494.1757	202.4796	13.5478
7	9	11.2	18	63	201.60	8	1716.0605	161.1606	9.3813
7	10	11.2	20	70	224.00	8	1864.3218	213.3287	11.4627
7	11	11.2	22	77	246.40	6	2009.2920	245.7897	11.6527
7	12	11.2	24	84	268.80	6	2313.4803	189.5255	8.1993
8	8	12.8	16	64	204.80	5	1613.6097	212.6447	13.1742
8	9	12.8	18	72	230.40	4	1843.9659	112.9380	6.1247
8	10	12.8	20	80	256.00	4	2017.0119	220.4495	10.9285
8	11	12.8	22	88	281.60	3	2271.0207	55.3066	2.4353
8	12	12.8	24	96	307.20	3	2458.6219	107.1913	4.3588
9	9	14.4	18	81	259.20	4	2170.7462	126.5978	5.8695
9	10	14.4	20	90	288.00	4	2313.2077	2.5.5319	1.4.43
9	11	14.4	22	99	316.80	3	2.7.9091	149.7853	5.5935
9	12	14.4	24	108	345.60	3	2827.6950	1.5.7248	4.82.6
10	10	16.0	20	100	220.00	4	2537.6275	283.6907	11.1400
10	11	16.0	22	110	352.00	3	3.06.7361	194.3908	6.4652
10	12	16.0	24	120	384.00	3	3180.5899	150.8445	4.7427
11	11	17.6	22	121	387.20	3	3381.7058	216.2157	6.3937
11	12	17.6	24	132	422.40	3	3576.62.3	204.3200	5.7126
12	12	19.2	24	144	460.80	3	3955.0793	213.6209	5.4012

El coeficiente de determinación (R^2) para el método de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA fue de 81.33% y para el método de REGRESION MULTIPLE de 88.34%, bajo este punto de vista el método de REGRESION MULTIPLE resulta más eficiente estadísticamente, debido a que la superficie de respuesta se ajusta más a éste modelo que al de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA, lo cual se debe posiblemente, a la existencia de más componentes en las variables independientes de éste modelo. Sin embargo, el ajuste en el método de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA también fue aceptable.

Los respectivos análisis de varianza aparecen en los cuadros No. 4 y No. 5 que a continuación se present

CUADRO No. 4.

Análisis de Varianza para el Método de:
MAXIMA CURVATURA BIVARIADA.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Regresión	2	4.9386	2.4693	130.6593
Error	60	1.1339	0.0189	
Total	62	6.0726		

**

CUADRO No. 5.

Análisis de Varianza para el método de:
REGRESION MULTIPLE.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Regresión	5	1345.2314	269.0461	66.3772
Error	57	231.0378	4.0533	
Total	62	1576.2693		

** Altamente significativos.

Al obtener las derivadas parciales del C.V. con respecto al ancho y largo de la parcela e igualadas con -1 (que es la pendiente del punto de Máxima Curvatura), se obtuvieron 2 ecuaciones simultáneas para cada método, cuyas resoluciones arrojaron los siguientes óptimos:

CUADRO No. 6.

Metodo	Escala de las Dimensiones.	Ancho		Largo		Superficie		CV(%)
		En Unidades	En Metros	En Unidades	En Metros	En Unidades	En Metros	
Máxima Curvatura Bivariada	Unidades	4	6.4	5	10	20	64	14.29
	Metros	3.12	5	3	6	9.37	30	18.01
Regresión Múltiple	Unidades	5	8	5	10	25	80	12.12
	Metros	5.62	9	-2	-4	11.24	-36	22.60

La discusión del Cuadro No. 6 puede realizarse desde diferentes puntos de vista, en primer lugar, muestra, a partir de los coeficientes de variación que se esperan obtener al realizar experimentos con dichas formas y tamaños de parcelas que resulta más eficiente, el uso de la escala expresada en unidades básicas independientemente del método, cuando la escala se expresa en metros, se produjeron tres situaciones. La primera es la obtención de un largo óptimo negativo lo cual se debe a la naturaleza de la superficie de respuesta que se obtiene. Teniendo en segundo --- lugar que subestima los tamaños óptimos y en tercer lugar los coeficientes de variación esperados son demasiado grandes, 18.01 y 22.69% respectivamente.

Para seleccionar un tamaño óptimo apropiado, el ancho debe darse en número de surcos como equivalente al número de unidades debido a que si se expresa en metros se ve muy afectado por la distancia de siembra entre surcos, lo cual es muy variable, en éste sentido se puede observar que el ancho en éste caso ha variado de 3a6 surcos y el largo que necesariamente debe expresarse en metros ha variado de 6a10 metros, los valores negativos no se consideraron porque en ellos la superficie de respuesta ya no se mantiene en la zona deseada. En general los dos métodos han tenido un comportamiento similar para cada forma de expresar las dimensiones.

Con el objeto de explorar alrededor de los óptimos presentados en el Cuadro No. 6 se realizó un programa

que resuelve la ecuación estimada para diferentes combinaciones de Ancho y Largo, éstos resultados se presentan en los Cuadros No. 7 y No. 8.

CUADRO No. 7.

Rango de escogencia de tamaños y formas de las unidades experimentales para el método de Máxima Curvatura Bivariada (M.C.B.) y Regresión Múltiple (R.M.), cuando la escala está expresada en UNIDADES BASICAS.

Ancho	Largo	C.V. Esperado (%)	
		M.C.B.	R.M.
4	5	14.2875	14.3661
4	6	13.4714	13.3290
5	5	13.4537	13.0528
5	6	12.6852	12.1628
6	5	12.8086	12.3437
6	6	12.0769	11.6008

NOTA:

- 1 Unidad de ancho equivale a 1.6 m.
- 1 Unidad de largo equivale a 2 m.

CUADRO No. 8.

Rango de escogencia de tamaños y formas de las unidades experimentales para el método de Máxima Curvatura Bivariada (M.C.B.) y Regresión Múltiple (R.M.), cuando la escala está expresada en METROS.

Ancho	Largo	C.V. Esperado (%)	
		M.C.B.	R.M.
6	12	13.7081	13.6990
7	10	13.947	13.7902
7	11	13.5247	13.2768
7	12	13.1503	12.804
8	10	13.454	13.0394
8	11	13.0466	12.5719
8	12	12.6855	12.145
9	10	13.0336	12.5246
10	10	12.6687	12.2450
10	12	11.9451	11.535

VII. CONCLUSIONES:

En función de los objetivos perseguidos y las hipótesis planteadas, finalmente se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- VII.1. El tamaño y forma óptimas obtenidas es independiente del método de análisis empleado cuando la escala empleada para medir las dimensiones es expresada en unidades básicas.
- VII.2. Como resultado de la verificación de la hipótesis No. 1, el tamaño y la forma de la parcela que permite reducir al mínimo el error experimental, oscila entre 4 surcos de ancho (6.4 m.) y 12 m. de largo, para un tamaño de 76.8 m^2 a 5 ó 6 surcos de ancho (8 ó 9.6 m.) con un largo de 10 a 12 m.; dando un área entre 80 y 115.2 m^2 respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES:

VIII.1. Para los futuros trabajos de investigación con caña de azúcar que se realicen en la Finca Bulbuxyá ó en regiones similares a ella debe emplearse una parcela de la siguiente forma y tamaño: 5 ó 6 surcos de ancho (8 ó 9.6 m.) con un largo de 10 a 12 m. equivalente a un área entre 80 y 115.2 m². Y una parcela de 4 surcos de 12 mts. de largo (76.8 m²) se usará en aquellos casos en que exista algún factor limitante para la realización del experimento, tal como: terreno, semilla, insumos, etc.

VIII.2. Se recomienda que se realice un análisis más profundo, considerando simultáneamente ensayos en blanco de diferentes cultivos utilizando datos que en trabajos como éste, el de Barrientos (7) y el de Hernández (21) proporcionan. Este análisis debe realizarse en cuanto a los siguientes aspectos:

- a) Debe definirse la metodología de agrupación de las unidades básicas para formar los diferentes tamaños a probar.
- b) La influencia que la escala de la medición de las dimensiones tienen sobre el comportamiento del método y el tamaño óptimo a obtener.

c) Si los métodos de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA y REGRESION MULTIPLE son estables en su comportamiento ajustándose adecuadamente a las superficies de respuesta obtenidas.

VIII.3. Analizar las propiedades matemáticas de la superficie que se obtiene con éstos dos métodos.

IX. BIBLIOGRAFIA:

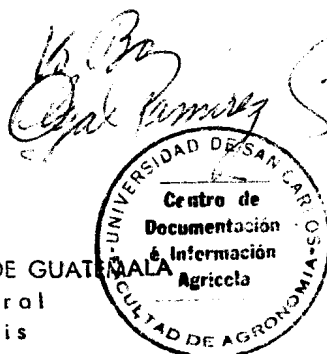
1. ALVAREZ CORADO, J.R. Evaluación agronómica de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la costa sur de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. 56 p.
2. AMEZQUITA, M.C. y MUÑOZ, J.E. Manual estadístico para la experimentación en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT, Unidad de Biometría, 1979. p. irr.
3. AMEZQUITA NAVARRO, M.A. Influencia de cinco niveles de azufre (s) en Brix y en el rendimiento en caña de azúcar, bajo condiciones de la estación experimental agrícola "Ing. Agr. MARIO MOLINA LLARDEN", el Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 39 p.
4. AVILES RAMIREZ, F.J. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en maíz (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. NICARAGUA, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1971. 28 p.
5. BAENA, D. et al. Estudio de la heterogeneidad del suelo, del tamaño y forma de la parcela y el número de repeticiones óptimas en ensayos de uniformidad en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) In. Reunión anual del P.C.C.M.A., 23 a, Panamá, 21-24 marzo, 1977. Cali, Colombia, CIAT, Unidad de Biometría, 1977. 24 p.
6. BANCO DE GUATEMALA, Informe anual de la zafra azucarera 1977/78 y estimaciones para la zafra 1978/1979, Informe económico No. 25, Abril-Sept. 1978. pp. 45-73.

7. BARRIENTOS GARCIA, M. Evaluación de 4 métodos para la determinación de tamaño y forma óptimos de parcela para experimentación agrícola. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 80 p.
8. BENITEZ CORONADO, J.F. Evaluación de la respuesta de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) a la fertilización con nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1966. 71 p.
9. Centro Agropecuario Tropical de Investigación y Enseñanza. Uso de métodos estadísticos en la investigación de sistemas. Curso Corto. Turrialba, Costa Rica, Agosto, 1981. 25 p.
10. CHACIN LUGO, F. Tamaño de parcela experimental y su forma. Revista de la Facultad de Agronomía, (Macaray, Universidad Central de Venezuela) 9 (3): 55-74. 1977.
11. COCHRAN, W.G. y COX, G.M. Diseños experimentales. Trad. por el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. México, Trillas, 1980. 661 p.
12. CORRALES RODRIGUEZ, D. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en ensayos de sorgo (Sorghum vulgare Pers.) Tesis Ing. Agr. Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1971. 33 p.
13. DAVILA LAPARRA, S.C. Evaluación de dos variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en dos distintas zonas ecológicas y bajo las variables de distancias y sistemas de siembra. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. 29 p.

14. ELIZONDO RODRIGUEZ, E. Estudio comparativo de variedades de caña de azúcar en fincas de la cooperativa VICTORIA y hacienda LA LUISA. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1966. 35 p.
15. ESTRADA CASTILLO, C.F. Evaluación de la respuesta en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) a la fertilización con 2 fuentes nitrogenadas en dos épocas y dos formas de aplicación. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1968. 23 p.
16. ESTRADA HURTARTE, R.E. Contribución a la evaluación de herbicidas para el control del Sorghum halapense L en plantaciones de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1965. 44 p.
17. FLORES CACERES, S. Manual de caña de azúcar. Guatemala, Instituto de Capacitación y Productividad, 1976. 171 p.
18. -----et al. Metodología experimental en caña de azúcar. México, Instituto para el Mejoramiento de la producción de Azúcar, s.f. 46 p.
19. FRANCO D, D.E. Uso de las superficies de respuesta en el cálculo del tamaño óptimo de la parcela experimental. Un ensayo metodológico. Revista IICA. (Colombia) 12 (3): 325-341. 1977.
20. GARCIA ARCHILA, A.E. Estudio competitivo de 6 variedades de COW-DEA (Vigna sinensis) y asociación COW-DEA caña de azúcar en la finca Sabana Grande. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. -- 31 p.

21. HERNANDEZ DAVILA, A.G. Determinación de tamaño óptimo de parcela para estudios experimentales en dos variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en el altiplano Central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, - 1981. 26 p.
22. HERRERA DE LEON, E.M. Estudio de introducción de riego y diseño del sistema factible para la finca Bulbuxyá de la Facultad de Agronomía, USAC. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1980. 80 p.
23. LOMA, J.L. de la. Experimentación agrícola. 2a. ed. México, UTHEA, 1966. 433 p.
24. MARTINEZ, G.M. Utilidad de los ensayos de uniformidad para determinar forma y tamaño de la parcela experimental. Guatemala, ICTA. -- 1981. 11 p.
25. MARTINES GUTIERREZ, L.R. Ensayo de fertilización en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en suelos de la serie Alotenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1968. 26 p.
26. MATHEU DE LEON, C.R. Ensayo de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1966. 44 p.
27. NAJERA CAAL, M.A. Respuesta de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) a la aplicación de 5 niveles de NPK. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 78 p.

28. PALENCIA, A. e IBARRA, E. Determinación de tamaño óptimo de parcela para estudios experimentales en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) bajo las condiciones de la estación experimental agrícola "Sabana Grande". Sección Científica. Revista Agronómica. Guatemala, no. 1. 1966. 30 p.
29. RANERO CABARRUS, H.E. Determinación de la época crítica de control de malas hierbas en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) y su incidencia en el rendimiento. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 50 p.
30. REYES CASTAÑEDA, P. Diseño de experimentos. 2a. ed. México, Trillas, 1980. 344 p.
31. SANTOS ECHEVERRIA, N.A. Efecto del control de malezas con ametrina en plantaciones de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) bajo condiciones de la finca Sabana Grande. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. 48 p.
32. VASQUEZ MORERA, A. Efecto del riego y la fertilización nitrogenada en el crecimiento inicial de la caña de azúcar. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1971. 93 p.
33. VELASCO CORONADO, J. de S. Evaluación agronómica de nueve variedades de caña de azúcar en la zona de Morán, departamento de Guatemala. - Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 42 p.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	
Asunto	

"IMPRIMASE"
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
JAGEL
PROHIBIDO EL RESEALADO EXTERNO



DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
DECANO