

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

"EVALUACION DE 4 METODOS PARA LA DETERMINACION
DE TAMAÑO Y FORMA OPTIMOS DE PARCELA PARA EX
PERIMENTACION AGRICOLA"

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva

De La

Facultad de Agronomía

De La

Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

MARINO BARRIENTOS GARCIA

En el Acto de su Investidura como:

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1981.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

C1
- (564)
C3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. MARIO DARY RIVERA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Orlando Arjona
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.	Ing. Agr. Nestor F. Vargas
Vocal 4o.	Prof. Carlos Orozco
Vocal 5o.	P. Agr. Roberto Morales
Secretari a.i.	Ing. Agr. Carlos Fernández

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. M.C. Mario Melgar
Examinador	Ing. Agr. Fredy Hernández Ola
Examinador	Ing. Agr. Ricardo Masaya
Secretario	Ing. Agr. Carlos N. Salcedo



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

6 de agosto de 1981.

Dr.
Antonio Sandoval
Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

Señor Decano:

Atentamente comunico a usted que cumpliendo con la designación que me hiciera la Decanatura he procedido a asesorar el trabajo de tesis del Perito Agrónomo MARINO BARRIENTOS GARCIA, titulado: "EVALUACION DE 4 METODOS PARA DETERMINACION DE TAMAÑO Y FORMA OPTIMOS DE PARCELA PARA EXPERIMENTACION AGRICOLA".

Considerando que el presente trabajo llena todos los requisitos de una tesis de grado y que además constituye un importante aporte de investigación básica para la experimentación agrícola, recomiendo su aprobación para ser publicado.

Me es grato suscribirme,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Mario Melgar M.

A S E S O R

MMM/amdef.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1846

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

6 de agosto de 1981.

Doctor
Antonio A. Sandoval S.
Decano de la Facultad de
Agronomía
Universidad de San Carlos

Señor Decano:

Atentamente comunico a usted que cumpliendo la designación que me hiciera la Decanatura he procedido a asesorar el trabajo de tesis del Perito Agrónomo MARINO BARRIENTOS GARCIA, titulado: "EVALUACION DE 4 METODOS PARA LA DETERMINACION DE TAMAÑO Y FORMA OPTIMOS DE PARCELA PARA EXPERIMENTACION AGRICOLA".

Considerando que el presente trabajo es satisfactorio en su contenido Científico y Técnico, y en su contribución a la investigación agrícola del país, me permito recomendarlo para su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Guillermo Peláez
A S E S O R

GP/amdef.

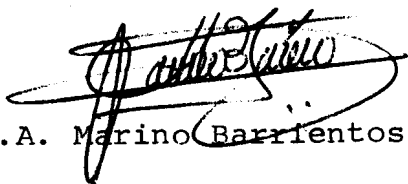
Guatemala, julio de 1981.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

Dando cumplimiento a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a su consideración el trabajo de tesis titulado: "EVALUACION DE 4 METODOS PARA LA DETERMINACION DE TAMAÑO Y FORMA OPTIMOS DE PARCELA PARA EXPERIMENTACION AGRICOLA".

Como último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera de que el mismo merezca su aprobación me es grato presentarles mi respetuoso saludo,


P.A. Marino Barrientos García.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

Marino Barrientos C.,
Zoila E. García de Barrientos

A MIS HERMANOS

Vilma y Nery
Hernan y Estela
Orlando y Gladys
Narda Armenia
Albi Irene
Tulio de Jesús
Mynor Rmilio
Fredy Ismanli
Siria Malvina

A MIS SOBRINOS

Juan Alberto
Mirian Julfeta
Owen Nathaniel
Hernan Israel
Gladys Gabriela
Brenda María

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

A LA SEÑORA

Isabel de la Cruz de Guerrero

AL DEPARTAMENTO DE BECAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

TESIS QUE DEDICO

A MI PAIS GUATEMALA

A MI PUEBLO NATAL SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATFMALA

A LA SUBAREA DE CUANTIFICACION E INVESTIGACION AGRICOLA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A LAS PERSONAS E INSTITUCIONES QUE SE DEDICAN A LA
INVESTIGACION AGRÍCOLA.

DEDICATORIA

A la memoria de mi hermano DONATO ARQUIMEDES, como un homenaje a su corta pero fructífera existencia.

AGRADECIMIENTOS

Expreso a todas aquellas personas que colaboraron conmigo para que el presente trabajo sea una realidad, mis más sinceros agradecimientos, especialmente a:

Ing. Agr. Mario Melgar e Ing. Agr. Guillermo Peláez por su valiosa asesoría, revisión y corrección de esta tesis.

Ing. Julio César González e Ing. Oscar Miranda por su colaboración en la realización del ensayo en blanco de maíz.

Ing. Marcial Guzmán, Ing. Oscar Cáceres e Ing. Helmuth Leal por su colaboración en la realización del ensayo en blanco de ajonjolí.

Ing. Agr. Fredy Hernández Ola por su valiosa ayuda en la obtención de material bibliográfico sobre el tema.

T.S. Lesbia Sierra por su colaboración en la recopilación de resultados en el ensayo en blanco de maíz.

Sritas. Elsy Vásquez y Anabella del Cid por su eficiencia y dedicación en el trabajo mecanográfico.

CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	i
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
III. HIPOTESIS	5
IV. REVISION DE LITERATURA	6
IV.1 Generalidades	6
IV.2 Método de Máxima Curvatura	14
IV.3 Método de Smith	16
IV.4 Método de Hatheway	23
IV.5 Método de Regresión Múltiple	26
V. MATERIALES Y METODOS	31
V.1 Ensayo en blanco para Ajonjolí	31
V.2 Ensayo en blanco para Maíz	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	36
VII. CONCLUSIONES	55
VIII. RECOMENDACIONES	58
IX. APENDICE	60
X. BIBLIOGRAFIA	74

INDICE DE CUADROS

No.	Pag.
1 Rendimiento en gramos por unidad básica de $3m^2$ (1.5X2) del ensayo en blanco de ajonjolí, realizado en el parcelamiento "La Máquina".	61
2 Rendimiento en kilogramos por unidad básica de $4 m^2$ (2X2) a un contenido estandar de 15% de humedad del ensayo en blanco de maíz realizado en Los Aposentos, Chimaltenango.	62
3 Estadísticos obtenidos en el ensayo de uniformidad de ajonjolí realizado en el parcelamiento "La Máquina" para la variable rendimiento expresada en gramos.	63
4. Estadísticos obtenidos en el ensayo de uniformidad de maíz realizado en Chimaltenango para la variable rendimiento expresada en kilogramos.	65
5. Coeficientes de correlación lineal de las dimensiones y el tamaño de la parcela con el CV del rendimiento en el ensayo en blanco de ajonjolí, realizado en el parcelamiento "La Máquina".	66
6. Coeficientes de correlación lineal de las dimensiones y el tamaño de la parcela con el CV del rendimiento en el ensayo en blanco de maíz realizado en Chimaltenango.	66

No.	Pag.
7. Análisis de regresión logarítmica para el método Máxima Curvatura para el ensayo en blanco de ajonjolí.	67
8 Análisis de regresión logarítmica para el Método Máxima Curvatura para el ensayo en blanco de maíz.	67
9 Análisis de regresión múltiple logarítmica para el método Máxima Curvatura Bivariada para el ensayo en blanco de ajonjolí.	68
10 Análisis de regresión múltiple logarítmica para el método Máxima Curvatura Bivariada para el ensayo en blanco de maíz.	68
11 Coeficientes de heterogeneidad de Smith para el ensayo en blanco de ajonjolí.	69
12 Coeficientes de heterogeneidad de Smith para el ensayo en blanco de maíz.	69
13 Comparación de los coeficientes de heterogeneidad de Smith calculados en la corrección de Hatheway y Williams y sin ella.	70
14 Costos porcentuales del ensayo en blanco de ajonjolí, realizado en el parcelamiento "La Máquina".	70
15 Tamaños óptimos de parcela obtenidos para ajonjolí por el método de Smith para diferentes combinaciones de costos.	71

No.	Pag.
16. Tamaños óptimos de parcela obtenidos para maíz por el método de Smith, para diferentes combinaciones de costos.	71
17 Tamaños de parcela para Ajonjolí por el método de Hatheway, considerando diferente número de tratamientos, repeticiones y diferencias a detectar.	72
18 Tamaños de parcela para maíz por el método de Hatheway, considerando diferente número de tratamientos, repeticiones y diferencias a detectar.	73
19 Análisis de Regresión Múltiple para los modelos propuestos, correspondiente al ensayo en blanco de ajonjolí, realizado en el parcelamiento "La Máquina".	74
20 Análisis de Regresión Múltiple para los modelos propuestos, correspondiente al ensayo en blanco de maíz, realizado en Chimaltenango.	75

RESUMEN

La confiabilidad de los resultados de todo trabajo de tipo experimental, está determinada por la magnitud del error experimental, debe entonces tratar de minimizarse controlando a sus componentes, dentro de los cuales el grado de heterogeneidad del suelo donde los experimentos se realicen es la más importante. Para ésto, debe seleccionarse cuidadosamente el tamaño y la forma de la parcela que ha de usarse como unidad experimental como un procedimiento que permite reducir la influencia que dicha heterogeneidad tenga sobre los resultados.

En el presente trabajo de tesis, se realizó una evaluación de los principales métodos que existen para determinar el tamaño y la forma óptimos de dicha unidad experimental, mediante la aplicación de los mismos a los resultados de dos ensayos en blanco; uno realizado con ajonjolí en el parcelamiento "La Máquina" y el otro con maíz en los Aposentos, Chimaltenango.

Es totalmente evidente la relación inversa existente entre el tamaño de la parcela y la heterogeneidad del suelo, medida como coeficiente de variación, ya que en todos los casos al aumentar el tamaño de la parcela, disminuye éste. También se confirmó plenamente la existencia de cierta dependencia entre el tamaño óptimo de la parcela a obtener y la escala de medición empleada, lo cual es importante para los métodos que emplean regresión, (máxima curvatura, máxima curvatura bivariada, regresión múltiple) pudiéndose únicamente eliminar esta dependencia usando una relación 1:1 entre unidades básicas y metros.

Los métodos evaluados son el de Máxima Curvatura, Smith, Hatheway, Regresión Múltiple y uno ideado en este trabajo llamándosele: Máxima Curvatura Bivariada. Cada uno de ellos fue sometido a análisis en 4 criterios de agrupación de las unidades básicas para cada ensayo en blanco, en donde se encontró que en general los métodos más eficientes son: el de Máxima Curvatura Bivariada y el de Regresión Múltiple, no habiéndose encontrado diferencias significativas en el comportamiento de los criterios de agrupación de las unidades básicas, se seleccionó aquel en el cual se reunieron facilidad de trabajo y lógica de resultados, resultando ser el No. 3, en el cual las parcelas formadas tienen un área menor o igual a 80 mts² y de forma cuadrada o rectangular de largo mayor que el ancho.

El método de máxima curvatura presenta dependencia de la escala en que se mide el tamaño de la parcela y no da la forma para la misma. El método de Smith tiende a subestimar los tamaños óptimos y tampoco determina la forma de la parcela. El método de Hatheway permite diversas opciones al investigador de acuerdo al No. de tratamientos, repeticiones y diferencias a detectar, pero el tamaño de la parcela al variar con la potencia 1/b de valores tremendamente grandes cuando el suelo es homogéneo y tremendamente pequeños cuando el suelo es heterogéneo, lo cual no es lógico.

Finalmente se seleccionaron los siguientes óptimos de parcela experimental, para ajonjolí en la región del parcelamiento "La Máquina" de 4 a 5 surcos de ancho (3 a 4 mts) y de 4 a 8 mts de largo para un tamaño entre 15 y 30 mts². Para maíz en la región de Chimaltenango, de 4 a 5 surcos de ancho (4 a 5 mts) y de 5 a 8 mts de largo, para un tamaño entre 20 y 40 mts².

I. INTRODUCCION

El mejoramiento de la agricultura en cualquier país, tiene obligadamente que fundamentarse en la elevación de los rendimientos unitarios de las cosechas con un aumento mínimo en los gastos de cultivo, debido principalmente a que la población al aumentar rápidamente requiere de mayores cantidades de alimentos y vestido, debiendo éstos, ser producidos en una extensión más o menos constante de tierras dedicadas a la producción agrícola.

Responsabilidad nuestra es la producción y adaptación de innovaciones de significación económica y su adopción por los agricultores, mediante programas de investigación y experimentación agrícolas, cuyos objetivos básicos sean el logro de información confiable y su aplicabilidad práctica tendiente a superar la productividad de las empresas agrícolas actuales o potenciales.

La confiabilidad de dicha información se ve afectada, no sólo por las técnicas experimentales empleadas, sino también por la localidad geográfica. Sin embargo, la falta de conocimientos fundamentales puede impedir el logro de esos objetivos, resultando entonces, necesario trabajar en investigación básica.

De una u otra forma se hace evidente la necesidad existente de realizar investigación agrícola en cada país, regiones y localidades de éste y para poder llevarla a cabo es también necesario tener un conocimiento lo más amplio posible, de todos los factores en ella involucrados. La heterogeneidad del suelo siendo un fenómeno de carácter universal y persistente, el cual debe tomarse en cuenta en todos los trabajos experimentales, es uno de ellos.

Como consecuencia de esta heterogeneidad y sus implicaciones, se deriva uno de los principales problemas que afronta el investigador en la fase inicial de toda investigación: la determinación del tamaño y la forma de parcela a usarse en su(s) ensayo(s) de campo, de tal manera que estos (el tamaño y la forma) permitan disminuir al máximo posible el error experimental y así poder detectar como significativas las diferencias que pudieran existir entre tratamientos (9). Logrando de esta forma, un mayor grado de confiabilidad en las inferencias posibles de hacer en base a los datos de producción.

Este problema generalmente se ha resuelto mediante una selección más o menos arbitraria, por falta de información precisa, de tamaños prácticos en el sentido de manejo del ensayo, disponibilidad de terreno y semilla y experiencia del investigador, sin tomar en cuenta los criterios estadísticos en el momento de tomar la decisión y sin considerar que son éstos los factores contribuyentes en mayor grado a determinar el tamaño de dicha parcela.

Como resultado de la investigación estadística realizada en la determinación del tamaño óptimo de parcela, han sido generadas varias metodologías variables entre sí, en mayor o menor grado, según los criterios considerados por cada una. En tal sentido es necesario, en primera instancia, realizar una evaluación de las mismas, con el objeto de que al utilizar una de ellas en un caso particular, sea con certeza, la más apropiada.

En Guatemala, es realmente poco lo hecho a este respecto, salvo algunos casos muy esporádicos donde se ha aplicado alguno de los métodos referidos anteriormente. Surge entonces la siguiente interrogante:

.. ¿Fue el método utilizado el más adecuado en función de de características bajo las cuales sus resultados serán aplicados?, si el método no ha sido el más conveniente, las recomendaciones derivadas no tendrán la confiabilidad ni utilidad práctica, tan codiciadas en la experimentación agrícola. Por ende, y para evitar este tipo de incertidumbres, es necesario realizar la evaluación correspondiente de los mismos, así cuando posteriormente se requiera la utilización de uno de ellos en un problema particular, se hará con la seguridad de que es el más apropiado.

Esta necesidad, urgente de satisfacer, motiva a realizar el presente trabajo, el cual tiene como propósito que los resultados obtenidos sean de utilidad, y a la vez contribuir aunque en forma mínima, a elevar el nivel científico de la investigación experimental en Guatemala, parte integral del proceso de desarrollo agrícola.

Utilizándose, con tal fin, los resultados de rendimiento de un ensayo en blanco de maíz (Zea mays) establecido en el Departamento de Chimaltenango, y uno de ajonjolí (Sesamun indicus) en el parcelamiento La Máquina.

II. OBJETIVOS

II.1. Generales:

- a) Proporcionar algunos elementos de metodología estadística que permitan fundamentar y consolidar programas y proyectos de experimentación agrícola.

II.2. Específicos:

- a) Realizar una evaluación de los principales métodos utilizados en la determinación del tamaño óptimo de parcela a utilizar en los experimentos a realizar.
- b) Seleccionar uno o más de dichos métodos, como más confiables, basado en la eficiencia mostrada en cuanto a las características consideradas en la evaluación, de tal forma que se logre confiabilidad y utilidad práctica en sus resultados.
- c) Obtener el tamaño y forma óptimos de parcela a usar en los ensayos de los cultivos de maíz en la zona de Chimaltenango, y de ajonjolí en la región del parcelamiento La Máquina.

III. HIPOTESIS

1. El comportamiento de los métodos a evaluar es similar e independiente de las condiciones bajo las cuales se rán empleados, resultando entonces igualmente eficientes y por lo tanto, de uso indiferente.
2. Existe un tamaño y forma de parcela para los ensayos de maíz y ajonjolí, que permite reducir al mínimo la variabilidad inherente a la heterogeneidad del suelo, como un componente, el cual influye en la magnitud del error experimental, y en la precisión de los resultados a obtener en los ensayos realizados en ambos cultivos en las regiones de Chimaltenango y parcelamiento La Máquina, respectivamente.

IV. REVISION DE LITERATURA

IV.1. Generalidades:

En estrecha relación con la etapa de desarrollo en que la agricultura se encuentre en cada región o país y a sus necesidades económicas, debe ponerse un énfasis relativo a cada uno de los siguientes objetivos, propuestos por Arnon (2), que la investigación agrícola persigue:

- a) Incrementar la productividad mediante el aumento de la producción por unidad de área (o animal) o en agricultura con irrigación, por unidad de agua si ésta es el factor limitante.
- b) Incrementar la eficiencia por medio de la reducción en la mano de obra en relación con la producción o haciendo el trabajo menos oneroso.
- c) Incrementar la estabilidad de la producción por medio del mejoramiento de variedades cultivables y razas de animales que tengan más resistencia a las enfermedades o sean inmunes a las condiciones ambientales desfavorables, mediante el mejoramiento de los métodos de protección a los cultivos contra enfermedades, insectos nocivos y malezas.
- d) Mejorar la calidad por medio de propagación de variedades que inherentemente tienen un valor nutritivo más alto, mejor sabor o son más atractivas a la vista, mejorando las técnicas de producción que afectan la calidad y las técnicas

.. post-cosecha

- e) Producir el tipo de productos necesarios para el consumo, la industria y la exportación incluyendo la introducción de nuevos cultivos, nuevos métodos de producción, mayor control de los factores ambientales, nuevos usos para los cultivos establecidos, etc.

Conjuntamente con ellos debe tomarse en cuenta una de las misiones en ella contenida, según Aldrich, citado por Arnon (2) la cual dice: La investigación agrícola debe trabajar en investigación básica cuando la falta de conocimientos fundamentales puede impedir el proceso.

Independientemente de ello, tanto las técnicas experimentales empleadas como la localidad geográfica, afectan la confiabilidad de los resultados obtenidos, lo cual es expresado por Méndez (19) al decir que en cualquier serie de observaciones cuantitativas originadas en una localidad geográfica específica, existe la posibilidad de que sus valores estén ligados a ella de alguna manera, tomando tendencias en los mismos. Tipo de tendencias observado y anotado en los rendimientos de ensayos de uniformidad (*). debidas a la fertilidad del suelo y a otros factores como la dispersión de plagas y enfermedades, vientos, prácticas de irrigación, efectos de maquinaria agrícola, variables climatológicas, etc. Es posible entonces representar a las variables aleatorias surgidas en una localidad específica por dos componentes:

El primero directamente relacionado con ella, llamado función de tendencia y un segundo no relacionado con ella.

(Ideas postuladas entre otros por: Pichey (1926),

(*) Ver definición en Página No.14.

Van Uven (1935), Stephens y Vinall (1928) y Wellman et al. (1948).

Arnon (2) pone de manifiesto esta misma situación al expresar que mientras la mayor parte de las formas de investigación son de aplicación mundial, la medicina por ejemplo, la investigación agrícola por su propia naturaleza tiene que ser regional. Prácticamente ningún descubrimiento de la investigación puede adoptarse sin antes estudiar las consecuencias de su aplicación bajo el infinito número de situaciones ecológicas que confrontan los agricultores en todo el mundo, es decir que cada país necesita una investigación agrícola propia que proporcione las orientaciones necesarias para mejorar los métodos seguidos por sus agricultores, de acuerdo con las exigencias de su propio medio o de sus diferentes medios, pues es notoria la diversidad no sólo ecológica, que prevalece entre las diferentes regiones de la mayoría de los países.

Palencia (23) propone dichas actividades (investigación experimental de carácter local) pero mediante técnicas experimentales igualmente confiables para derivar recomendaciones útiles a los agricultores interesados.

Harris, citado por De la Loma (17), fórmula la siguiente conclusión: "La comprobación de que los campos de cultivo en que se han llevado a cabo ensayos y experiencias en diversas ocasiones son tan heterogéneos que han influido profundamente en los resultados obtenidos, pone de manifiesto la necesidad de observar el mayor cuidado en la técnica agronómica y de hacer un uso más frecuente y general de los métodos estadísticos en el análisis de los datos que proporcionen las parcelas experimentales, si ha de asignárseles algún valor en la solución de los

.. problemas agrícolas".

En la resolución del problema que ahora nos ocupa, relativo a la determinación del tamaño de parcela a usar como unidad experimental, Chacin (9) resume lo que generalmente se hace, de la siguiente manera:

- a) Seguir criterios de tipo personal sin ninguna consideración ni estadística ni económica.
- b) Revisar literatura extranjera, lo cual no es totalmente deseable, ya que el tamaño de parcela es una característica muy local, influenciada por las características de la zona donde se desarrolle el experimento.

Los resultados a obtener en cualquier experimento de naturaleza probabilística, tal el caso de la agronomía, son en gran medida impredecibles, ya que estarán determinados tanto por la acción de las distintas modalidades del factor (*) (considerado como variable independiente) o combinación de modalidades (*) en el caso de emplearse dos o más factores, también por otra serie de causas ajenas a él (o ellos), que tienden a encubrir sus efectos, designados comúnmente como error experimental (5, 7). Cochran y Cox (7) establecen dos fuentes principales de errores experimentales, a saber: la primera, como la variabilidad inherente al material experimental al cual se aplican los tratamientos, cuya causa más común es la heterogeneidad edáfica debida a características físicas, químicas, biológicas y agrológicas presentes en el suelo, a factores de manejo o a tratamientos previamente aplicados (diferentes grados de fertilización, tipo de cultivo etc.) además de la

(*) llamados tratamientos.

variabilidad genética del material (1, 5). La segunda fuente de variabilidad es la 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. (5, 7).

Este enmascaramiento de los verdaderos efectos de los tratamientos hace que se corra el riesgo de adoptar conclusiones erradas, es aquí donde la investigación de los métodos para incrementar la exactitud de los experimentos ha desempeñado un papel importante en la investigación experimental, Cochran (7) clasifica de manera general a dichos métodos en tres tipos:

El primero consiste en aumentar la magnitud del experimento, ya sea por medio de más repeticiones, o bien por la adición de más tratamientos.

El segundo consiste en refinar la técnica experimental, siendo sus principales propósitos:

- a) Asegurar la uniformidad en la aplicación de los tratamientos.
- b) Ejercitar suficiente control sobre las influencias externas de tal manera que cada tratamiento produzca su efecto, bajo condiciones deseables y comparables.
- c) Proyectar medidas convenientes y no sesgadas de los efectos de los tratamientos y,
- d) Prevenir errores importantes, de los cuales parece que ningún tipo de experimentación está enteramente libre.

El tercero, manejar el material experimental de tal manera que los efectos de la variabilidad se reduzcan, lo cual puede hacerse por medio de una selección cuidadosa del material, tomando medidas adicionales que proporcionen información respecto al material o por medio de un hábil agrupamiento de las unidades experimentales, en tal forma que las unidades a las que se les aplique un tratamiento queden estrechamente comparables con aquellas a las que se les aplique otro tratamiento.

Posteriormente el mismo autor, señala que dentro de la selección del material experimental, la elección de la unidad experimental puede ser de importancia y que en la planeación de experimentos de campo, se han hecho numerosos estudios de variabilidad entre los rendimientos de cultivos en parcelas de diferentes tamaños y formas, bajo tratamiento uniforme, de los cuales se selecciona el mejor tamaño y forma.

Reyes (24) también propone lo mismo, quizá con la única diferencia del criterio de clasificación empleado y que es metodológicamente más explícito, cuando dice que entre las modalidades más recomendables para la reducción del error experimental están:

- a) Utilización de unidades experimentales tan uniformes como sea posible (suelo homogéneo).
- b) Tamaño adecuado de la unidad experimental.
- c) Utilización de un eficiente número de repeticiones para cada tratamiento.
- d) Manejo de las unidades experimentales tan uniforme como sea posible, (densidad de siembra, riegos, fertilización, control de plagas y enfermedades, etc.).

zación, control de plagas y enfermedades, etc.)

- e) Eliminación del efecto de orillas y la competencia mutua entre tratamientos (uso de parcela útil).
- f) Poner todos los tratamientos en igualdad de condiciones, de manera que si alguno es superior a los demás, tenga oportunidad de mostrarlo.
- g) Adecuada distribución de los tratamientos, por medio de aleatorizaciones, estratificación, etc.
- h) Aplicación de métodos estadísticos que permitan separar las diversas causas de variación y obtener el mejor provecho de los resultados.

El uso de los denominados ensayos en blanco o de uniformidad permite determinar la variabilidad, el tamaño y la forma de las unidades experimentales, así como el número ^{óptimo} de repeticiones y la distribución más indicada de los tratamientos, debido a la gran influencia que éstos tienen sobre el error experimental, han motivado la atención de numerosos investigadores, entre cuyos pioneros, Seif, citado por Baena (4) et al atribuye a Wood y Straton en (1910) y Hall en (1911).

El hecho de que el error experimental (como coeficiente de variación) decrece cuando se incrementa el tamaño de la parcela, pero la reducción no es proporcional al incremento, ha sido reportado por muchos investigadores como: Immer (1932), Chica, Fleming et al. (1957), Nonneke (1959) y Martínez y Mendoza (1966), citados por Franco (10); Aviles Ramírez (3) quien a su vez cita a Bryan, Amézquita y Muñoz (1); Marquéz Sánchez (18); Palencia (23) quien al

mismo tiempo cita a Day, Hoblyn, Batchelor y Redd y Mercer y Hall. Resulta entonces, como lo dicen Chica y Rodríguez, citados por Franco (10) que una forma de reducir la incidencia de la heterogeneidad del suelo en los resultados es el empleo de un número definido de parcelas con determinada forma y tamaño; complementado por Chacin (9), además de ser importante desde el punto de vista de variabilidad, lo es también de costo, pues muchos son los experimentos llevados a cabo en áreas grandes, injustificables no sólo desde el punto de vista económico, sino también estadístico.

Los factores que influyen y llegan a determinar el tamaño y la forma de la parcela, son en orden de importancia: (9, 24).

1. El tipo o calidad del suelo
2. La especie o clase de cultivo
3. Número de tratamientos y repeticiones
4. Grado de precisión deseado
5. Recursos económicos disponibles
6. Extensión superficial del terreno disponible
7. El objetivo perseguido
8. El muestreo
9. Uniformidad del material bajo experimentación
10. Métodos de cultivo.

Para poder realizar una evaluación de estos factores y determinar un tamaño y forma adecuados de unidad experimental, es necesario realizar ensayos previos de variabilidad edáfica o ensayos con otros objetivos, los cuales a su vez ^{pue-} dan ser utilizados para los estudios de variabilidad correspondiente, (látices o parcelas divididas).

Los ensayos en blanco o de uniformidad entre otros u-

sos, permiten determinar el tamaño de parcela experimental (22), de la Loma (17), define a un ensayo en blanco, aquel en el que se siembra toda la extensión de un campo con una misma variedad tan pura como sea posible de una especie determinada, sometiendo a todo el campo a prácticas idénticas de cultivo (el único factor que se desea variable es la heterogeneidad del suelo (9). Después se divide el campo en cierto número de parcelas (unidades básicas) cuya producción se mide por separado. Pablos y Castillo (22) agrega: de tal forma que los rendimientos de parcelas contiguas puedan ser sumados para formar parcelas de diferentes tamaños y formas y así se puedan evaluar y comparar la variabilidad del suelo y otros factores pertinentes. Franco (10) lo expresa de la siguiente manera: Los ensayos de uniformidad o blancos, permiten hacer agrupaciones de unidades adyacentes a fin de que se puedan tener observaciones para parcelas de tamaños y formas diferentes y así lograr estimaciones de parcelas óptimas, (citando a Smith).

Las metodologías de análisis que comúnmente aplicadas a los resultados de un ensayo en blanco, son las siguientes:

IV.2. Método de Máxima Curvatura:

Es el más general de los métodos empleados para conseguir tamaño de parcela; resulta de curvas empíricas del coeficiente de variación como función del tamaño de parcela.

Consiste en determinar la varianza (S_i^2) desviación estándar (S_i), media ($\bar{X}_i$) y coeficiente de variación (CV) para los rendimientos obtenidos en los diferentes tamaños de parcela, resultantes de la agrupación de unidades básicas adyacentes del ensayo en blanco.

$$S_i^2 = \frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n_i}{n_i - 1} \quad S_i = \sqrt{S_i^2}$$

$$\bar{X} = \sum x_i / n_i$$

$$CV_i = 100 S_i / \bar{X}_i$$

x_i = rendimiento de cada parcela de tamaño i

n_i = número de parcelas de tamaño i

$i = 1, 2, \dots$

Luego en un eje de coordenadas, se colocan en las abscisas (X) los tamaños (1, 3, 8, 9, 22) o el número de unidades básicas (18, 20), contenido en cada tamaño de parcela y los respectivos coeficientes de variación en las ordenadas (Y), obteniéndose la curva correspondiente en la cual se estima el tamaño óptimo de parcela que está dado por el valor de X en el punto de máxima curvatura, determinado por inspección visual (3, 8, 18, 22). Muñoz (20) dice: el punto óptimo será el punto de inflexión de dicha curva, pero el investigador puede escoger tamaños cercanos al óptimo en función del C.V. y de las facilidades en el uso de dicho tamaño. Amézquita y Muñoz (1) especifican que el tamaño óptimo se encuentra en el punto donde al incrementarse en una unidad el tamaño de parcela, se reduce en 1% el C.V.

"Sin embargo, es posible obtener una curva teórica del

parámetro en cuestión, siendo función del tamaño parcelar y entonces el tamaño óptimo corresponderá a la abscisa en la cual la derivada de dicha función sea igual a menos uno" (4, 18); es decir, después de este punto, la adición de una nueva unidad de la variable independiente (una unidad básica) producirá una disminución menor a la unidad en la variable dependiente (C.V.) por lo que ya no es significativo hacer inversiones adicionales.

En otras palabras: $F(X) = C.V.$ lo cual permite

$$\text{obtener } \frac{d(C.V.)}{dX} = -1$$

Considerada como el punto de máxima inflexión, que corresponde al tamaño óptimo de parcela.

Puede encontrarse también el límite del C.V. conforme aumenta el tamaño, con el objeto de ver lo máximo a que podría aspirarse en precisión, bajo las condiciones del experimento de que se trata; este límite corresponde al punto en el cual la derivada de la función es igual a cero.

$$\frac{d(C.V.)}{dX} = 0$$

IV.3. Método de Smith:

Fairfield Smith observó que el método de máxima curvatura tal como se aplicaba a los ensayos de uniformidad, presentaba las siguientes desventajas:

- a) El punto de curvatura máxima no es independiente del tamaño de las unidades más pequeñas que se cosechan, ni de la escala de la gráfica de medición, si se quiere: hay cierta subjetividad al me

dir el punto de curvatura.

- b) No se consideran los costos generados con los diferentes tamaños de parcela (3, 4, 8, 9).

Basándose en la parcela individual, según Chacín (9), expresó teóricamente que las medidas de n parcelas escogidas al azar, deben tener una varianza:

$$i) \sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma^2/n$$

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \text{varianza de la media de } n \text{ parcelas}$$

$$\sigma^2 = \text{varianza de las parcelas}$$

$$n = \text{número de parcelas en la media}$$

Advertiendo que en la práctica la varianza calculada para los tamaños formados por n parcelas contiguas era consistentemente mayor que el valor teórico predicho.

$$ii) \quad s_{\bar{n}}^2 > s^2/n$$

Donde s^2 y s^2/n son los estimadores de σ^2 y σ^2/n de la fórmula anterior.

Smith dijo que s^2/n podría ponerse en línea, ya fuera ajustando s^2 hacia arriba o n hacia abajo. Como se supone que s^2 es un parámetro, sugirió que se ajustara n y para ello escogió el expo-

nente "b" que variaría entre 0 y 1 de manera que n tuviera valores entre n y el valor mínimo de unidad. Por lo tanto la ecuación queda modificada:

$$S_{\bar{n}}^2 = S^2 / n^b$$

La razón fundamental para un exponente y no un coeficiente para n, se resalta cuando se toman los logaritmos de la ecuación, en cuyo caso queda:

$$\text{Log } S_X^2 = \log S^2 - b \text{ Log } n, \text{ si le llamamos:}$$

$$S_X^2 = V_X = \text{Varianza unitaria de la parcela formada por X unidades básicas}$$

$$\text{Y } S_X^2 = \frac{S^2}{X^2}, \quad S^2 = \text{Varianza total entre parcelas de área X.}$$

$$S^2 = V_1 = \text{varianza de la parcela de una unidad básica.}$$

$$n = X = \text{tamaño de la parcela, en \# de unidades básicas.}$$

La fórmula quedaría: $V_X = V_1 / X^b$ llamada Ley de varianza de Smith, formulada en 1938.

log/

Transformándola resulta: $\log V_X = V_1 - b \log X$, donde b resulta ser ahora un coeficiente y conociendo que V es un parámetro de la población, la ecuación es análoga a la ecuación de regresión lineal: $Y = b_0 + b_1 X$. Observándose que en medidas logarítmicas de ambas varianzas y de X, b es el coeficiente de regresión que des

..cribe la relación entre V_x y X .

En realidad el exponente b mide el grado de correlación entre parcelas adyacentes conocido también como coeficiente de heterogeneidad del suelo, o coeficiente de Smith.

Cuando $b = 0$ indica que $X^0 = 1$ y si $b=1 \rightarrow X^1 = X$, esto nos dice entonces que si $b=1$, X no ha cambiado, indicando que $S_{\bar{n}}^2 = S^2/X$ es lo que resulta cuando hay completa independencia entre las parcelas adyacentes, en este caso se obtiene:

$$X_x = V_1/X^b = V_1/X^1 = V_1/X$$

$b = 1$ indica completa independencia entre parcelas adyacentes, es decir ninguna correlación y se encuentra en suelos completamente heterogéneos; $b = 0$ indica perfecta correlación, encontrándose en suelos de extrema uniformidad, (1, 6, 8, 9, 10, 14) en cuyo caso no es necesario aumentar el tamaño de la parcela más allá de la unidad básica, ya que la varianza será igual para todos los tamaños:

$$V_x = V_1/X^b = V_1/X^0 = V_1/1 = V_1$$

Adaptando el método de mínimos cuadrados a la ecuación linealizada, es posible estimar el valor de b con la siguiente fórmula:

$$b = \frac{\sum (\log V_{xi} \log X_i) - \frac{(\sum \log V_{xi}) (\sum \log X_i)}{n}}{\sum (\log X_i)^2 - \frac{(\sum \log X_i)^2}{n}}$$

Smith ofrece la ecuación que estima a b ponderando con varios grados de libertad, aunque advierte, el efecto de b no es crítico al estimar el tamaño de parcela en el rango de los valores de b , comunes (comprendidos entre 0.2 y 0.8). Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que las varianzas por parcela V_x son calculadas con diferentes grados de libertad, por lo que éstas a su vez tendrán diferentes varianzas, debido a que esto modificó un poco la fórmula, expresando que la varianza del logaritmo de una varianza puede ser aproximado a $2/W_i$, viene a ser el número de grados de libertad asociados con una varianza V_x , por lo que pondera los logaritmos para ponerlos en un nivel común, los factores de ponderación son los grados de libertad (9).

Hatheway y Williams (14) observaron que los valores de b calculados por la fórmula de Smith en algunos casos excedieron de 1, lo cual impide interpretar correctamente los resultados, (por ser un índice de correlación), recomendando para evitar este problema, ponderar los logaritmos de las varianzas con los grados de libertad asociados a las mismas. Quedando la fórmula modificada así:

$$b = - \frac{\sum W_i \log V_{xi} \log X_i - (\sum W_i \log V_{xi}) (\sum W_i \log X_i) / \sum W_i}{\sum W_i (\log X_i)^2 - (\sum W_i \log X_i)^2 / \sum W_i}$$

W_i = grados de libertad asociados a cada valor de V_x y X y es el número de parcelas de tamaño X_i en el ensayo, menos uno.

V_{xi} = Varianza unitaria del rendimiento por parcela formado por X_i parcelas unitarias

$$V_{xi} = \frac{S_i^2}{X_i^2}$$

S_i^2 = varianza total entre parcelas formadas por X_i unidades básicas.

Consideraciones del Costo:

Smith, propuso una función del costo en que:

$$C = K_1 + K_2 X; \quad (6)$$

Donde: C = es el costo total por parcela de X unidades básicas.

K_1 = una constante medida en unidades de costo por parcela, independiente del número X de unidades básicas en ella.

K_2 = Una constante proporcional al número de unidades básicas en la parcela.

Según Smith, el mejor tamaño X de parcela es aquel que permite obtener la máxima información por parcela de tamaño X unidades al menor costo posible, dicha información definida como el inverso de la varianza $1/V_x$ permite determinar cuándo, el costo de la información obtenida alcanza un valor mínimo de acuerdo al siguiente desarrollo: (6)

$$\frac{1}{V_x} = \frac{X^b}{V_1} =$$

información por parcela de tamaño X unidades básicas.

$$F(X) = \frac{C}{1/V_x} = CV_x = V_x (K_1 + K_2 X)$$

Es el costo por unidad de información.

$$F(X) = \frac{V_1}{X^b} \cdot (K_1 + K_2 X)$$

Que al derivar respecto a X e igualar a cero despeja el valor de X que minimiza F(X)

$$\frac{dF(X)}{d(X)} = - \frac{bK_1 V_1}{X^{b+1}} + \frac{K_2 V_1}{X^b} - \frac{bK_2 V_1}{X^{b+1}} = 0$$

multiplicado por $\frac{X^{b+1}}{V}$ queda:

$$- b K_1 + K_2 X - b K_2 X = 0$$

$$- b K_1 + K_2 X (1-b) = 0$$

$$K_2 X = \frac{b K_1}{(1-b)} \therefore X = \frac{b K_1}{(1-b) K_2}$$

donde:

X = tamaño óptimo de parcela, dado en número de unidades básicas.

b = Coeficiente de regresión (heterogeneidad de Smith), pudiéndose calcular con datos de ensayos de uniformidad a cierto tipo de datos experimentales (13), usando los métodos propuestos por Hatheway y Williams (14) y Koch y Rigney (15), respectivamente.

K_1 = Parte del costo total que es proporcional al número de parcelas por tratamiento (costos fijos).

K_2 = Parte del costo total que es proporcional al área total por tratamiento (costos variables).

Cuando $b \rightarrow 0.5$, valor que se consigue frecuentemente, el tamaño de parcela viene determinado prácticamente por la relación de costo.

IV.4 Método de Hatheway:

Este método ha sido probado por muchos investigadores y es de bondad reconocida, relaciona una serie de factores con el tamaño de parcela a fin de obtener óptimos tamaños para diferentes condiciones experimentales (10), se le ha considerado, desde el punto de vista estadístico, como una de las metodologías más completas porque relaciona el tamaño de parcela con el número de repeticiones y con la diferencia a detectar como porcentaje de la media (1).

Cochran y Cox (7) consideraron que es interesante conocer el número de repeticiones y el tamaño de parcela requerido para detectar una diferencia específica prescindiendo del costo del experimento, desarrollando la siguiente fórmula:

$$r = 2c^2 (t_1 + t_2)^2 / d^2$$

r = número de repeticiones requeridas para detectar una diferencia verdadera de " d " unidades.

d = diferencia verdadera entre dos tratamientos (medida en porcentaje con relación a la media).

c = Error standar por parcela. (medido como porcentaje de la media).

t_1 = Valor de t que resulta significativo en la prueba.

t_2 = Valor de t en la tabla correspondiente a $2(1-p)$ donde " p " es la posibilidad de obtener un resultado significativo.

Los autores señalan que el uso de la fórmula es a veces incorrecto, porque el valor de t_1 y t_2 dependen del número de grados de libertad disponibles en la estimación del cuadrado medio del error en el ANDEVA, usando para ello el método de prueba y error, hasta que el valor más pequeño conveniente sea encontrado (13). Por lo cual señaló Hatheway (13)

..que el verdadero error medio estándar por parcela expresado como porcentaje de la media es usualmente estimado por el C.V. dependiendo del tamaño de la parcela.

Hatheway (13), derivó la siguiente expresión matemática, tomando como base la fórmula de Cochran y Cox: (1, 4, 7, 9, 13)

$$x^b = 2 (t_1 + t_2)^2 CV^2 / rd^2$$

donde:

X = tamaño óptimo de la parcela expresado en número de parcelas unitarias (unidades básicas).

b = Coeficiente de heterogeneidad de Smith.

t_1 = (Valor de "t" en las tablas para un nivel α dado y (r-1) (t-1) grados de libertad del error en el ANDEVA, siendo t = número de tratamientos.

t_2 = Valor de "t" en las tablas para (r-1) (t-1) grados de libertad del error en el ANDEVA y un nivel $\alpha = 2 (1-p)$ donde "p" es la probabilidad estimada por el experimentador de obtener un resultado significativo.

CV = Coeficiente de variación entre parcelas de una unidad básica.

r = Número de repeticiones.

d = Diferencia que se desea detectar como significativa, expresada como porcentaje respecto a la media.

Puede observarse que esta relación expresa la forma de como el tamaño de parcela es inversamente proporcional al número de repeticiones y a la diferencia a detectar (1).

Es conveniente elaborar colocando en el eje de las abscisas (X) los diferentes tamaños de parcela y en el eje de las ordenadas (Y) la diferencia verdadera expresada como porcentaje de la media, apareciendo gráficas con diferente número de repeticiones: (1, 4, 9, 13)

IV.5. Método de Regresión Múltiple:

La posibilidad de empleo de la superficie de respuesta, regresión lineal múltiple, como método para el cálculo no solamente del tamaño, como el caso de los métodos anteriormente citados, sino también de la forma de la parcela óptima, fue presentada por Méndez et al (s.f.) (9, 10); por ser éste otro de los componentes cuyo efecto sobre el error experimental es de considerable magnitud. En los suelos donde la gradiente de heterogeneidad no es definida se recomienda el uso de parcelas cuadradas y cuando es bien definida, parcelas rectangulares, con un lado mayor paralelo a dicha gradiente.

Con este método se trata de encontrar,

mediante procedimientos matemáticos (tal como el caso del uso de la función de máxima curvatura para conseguir el punto de máxima curvatura, a fin de eliminar la subjetividad y el efecto de la escala) de conseguir el punto de máxima curvatura; es en sí una extensión en tres dimensiones del método de curvatura máxima, ya 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 de respuesta el cual incluya los efectos a estudiar, de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{12} X_1 X_2 + E_{ij}$$

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 este modelo de regresión se hace estimación mínimo-cuadrática de los parámetros

y pruebas de hipótesis sobre el ajuste del modelo y la magnitud de los coeficientes.

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

$$CV_k = B_0 + B_1 A + B_2 L + B_3 A^2 + B_4 L^2 + B_5 A \times L + E_k$$

donde:

$K = 1, 2, \dots, n$ = número de observaciones.

A = ancho de parcela, medido en número de surcos o metros.

L = Largo de parcela, medido en segmentos de surco que lo componen o metros.

$A \times L$ = Interacción ancho por largo; tamaño de la parcela de ancho A y largo L .

CV_k = Coeficiente de variación calculado para parcelas de tamaño y forma $A \times L$.

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

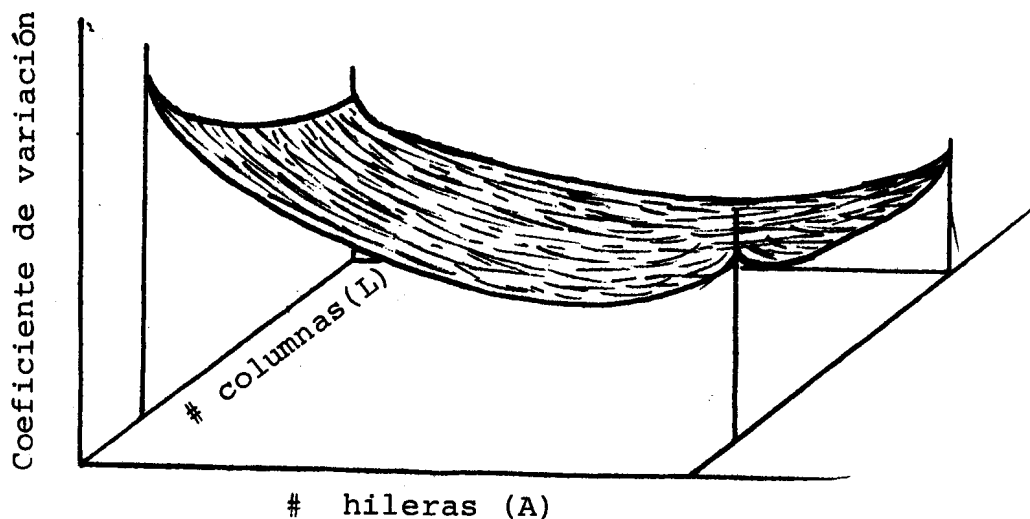


FIG. No.1: SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA EL MODELO DE REGRESION MULTIPLE.

La rapidez presentada en la disminución del CV 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 este punto se tienen decrementos significativos en el CV ante un aumento 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 super-

..ficie, pendiente = 0.0. Las derivadas parciales respecto a cada dimensión proveen la estimación de los puntos críticos buscados:

Para el punto de curvatura máxima:

$$\frac{d \text{ CV}}{d \text{ A}} = b_1 + 2b_3 \text{ A} + b_5 \text{ L} = -1$$

$$\frac{d \text{ CV}}{d \text{ L}} = b_2 + 2b_4 \text{ L} + b_5 \text{ A} = -1$$

Y para el mínimo coeficiente de variación:

$$\frac{d \text{ CV}}{d \text{ A}} = b_1 + 2b_3 \text{ A} + b_5 \text{ L} = 0$$

$$\frac{d \text{ CV}}{d \text{ L}} = b_2 + 2b_4 \text{ L} + b_5 \text{ A} = 0$$

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

Con las pruebas de hipótesis acerca de los parámetros estimados en el modelo de regresión, se obtiene una medida probabilística de la importancia de cada variable independiente, la cual determina si su efecto es o no significativo sobre la variable dependiente, es decir, la influencia de las diferentes dimensiones, forma de la parcela y su interacción, (tamaño) sobre el coeficiente de variación.

V. MATERIALES Y METODOS:

Las labores de campo ejecutadas para someter a prueba las hipótesis y alcanzar los objetivos trazados en el presente trabajo se realizaron durante el segundo semestre de 1980, en las dos localidades y cultivos cuyas descripciones se presentan a continuación:

V.1. Ensayo en Blanco para Ajonjolí:

V.1.1 Localización:

Este ensayo fue realizado en el sector B del parcelamiento "La Máquina", cuya ubicación política corresponde a los municipios de Cuyotenango y San Andrés Villa Seca de los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu respectivamente, a una distancia de 194 Kms. de la capital de Guatemala. Su ubicación geográfica a una latitud norte de $14^{\circ} 18' 23''$ y a una longitud de $91^{\circ} 33' 52''$, con una elevación que varía desde 6 hasta 152 m.s.n.m. y una extensión de 34,478 hectáreas.

V.1.2 Condiciones del clima:

Según la clasificación ecológica de Holdridge, corresponde a la zona tropical seca y tropical húmeda, con una temperatura mínima diaria de 20°C , una máxima de 35°C y una media de 27°C . La precipitación pluvial oscila entre 2,219 a 4,000 m.m. de lluvia anuales, distribuidos de mayo a octubre, siendo julio, septiembre y octubre; los meses más lluviosos, existiendo en total 114 días de lluvia. Los vientos predominantes aparecen únicamente en invierno con dirección este.

V.1.3 Condiciones del suelo:

Los suelos del parcelamiento, son, según Simmons, et al (25) pertenecientes al grupo III del litoral del Pacífico, de topografía plana, con 3 a 4% de desnivel y a las series Ixtán arcilla e Ixtán franco-limoso, caracterizados por ser de origen volcánico y aluvial, buen drenaje, textura de arcillo-arenosa a arcilla plástica, color café muy oscuro, con un espesor de 10 cm. 3% de materia orgánica, una reacción de ligeramente ácida a neutra, con pH de 6.5-7, con 37.95 de CTI y 74.57 PSB.

V.1.4 Técnica Experimental:

V.1.4.1 Material Empleado:

Se utilizó la línea R-340, producida por el ICTA cuyas principales características son: Tipo ramificado de alta tolerancia a las enfermedades fungosas del pie de la planta, la altura de la planta es de 2.15 mts. y el primer fruto se encuentra a 1 mt., florece a los 41 días y la cosecha se hace a los 98 días después de la siembra, cuando el tallo aún está verde.

V.1.4.2 Manejo del Ensayo:

Se seleccionó un lote lo más homogéneo posible en cuanto a pendiente, vegetación, color del suelo, y tratamientos anteriores, donde se estableció el en-

..sayo, manejándose de la manera más uniforme posible, desde la preparación del suelo, hasta la cosecha, de tal forma que la variabilidad existente en los rendimientos sea consecuencia de una única fuente: la heterogeneidad del suelo. Fueron seguidas todas las prácticas normalmente realizadas por los agricultores en esta región: un paso de arado, dos de rastra, siembra mecanizada a distancias de 0.75 m. entre surcos y 0.25 m. entre posturas y dos limpias, no hubo fertilización ni control fitosanitario ninguno.

De la superficie sembrada, 1,612 mts.² (un lote de 31 X 52 m²) fueron desechados 20m. de borde y 2 m. de cabecera, resultando un área útil de 27 X 48 m²; la cual se dividió en 432 parcelas (unidades básicas) de 1.5 X 2 m². A éstas se les recolectó la producción separadamente en bolsas numeradas correlativamente según la posición de cada parcela dentro del lote. En el cuadro No. 1 pueden apreciarse los valores de producción obtenidos, expresados en gramos por unidad básica y su ubicación correspondiente.

V.2 Ensayo en blanco para maíz:

V.2.1 Localización:

Este ensayo fue realizado en la localidad "Los Aposentos", cuya ubicación política la si

..túa en el municipio de Chimaltenango del mismo departamento, situado a 50 Kms. de la ciudad capital y su ubicación geográfica a una latitud de $14^{\circ} 39' 20''$ y una longitud de $90^{\circ} 49' 20''$, con una altitud de 1,800 m.s.n.m.

V.2.2 Condiciones del clima:

Según Holdridge, está situada en el área ecológica de bosque húmedo tropical de montaña, con una temperatura mínima diaria de 9.6°C , una máxima diaria de 25°C y media diaria de 15°C . La precipitación pluvial es de 669.1 mm. de lluvia anuales distribuidos en 50 días.

V.2.3 Condiciones del suelo:

De acuerdo a la clasificación de Simmons et al (25) pertenecen a la serie Guatemala, de un color café muy oscuro, textura franco-arcillosa estructura granular, de reacción ligeramente ácida con pH de 6 a 6.5 y un contenido de materia orgánica de 4%, un CTI de 26.17% y 38.21% de PSB.

V.2.4 Técnica experimental:

V.2.4.1 Material empleado:

Fue utilizada la variedad V-301 de polinización libre, grano cristalino de color blanco crema, de 2.70 a 2.90 mts. de altura, con ciclo de 210 a 240 días.

V.2.4.2 Manejos del ensayo:

Este se realizó en igual forma que el de ajonjolí, con las variantes siguientes: la siembra se hizo a un metro entre surcos y a 0.25 mts entre plantas.

El área bruta fue de 44 X 54 mts² y la neta de 40 X 50 mts², los cuales se dividieron en 500 unidades básicas de 2 X 2 mts². Al momento de la cosecha se tomó como producción el peso de mazorca, transformándose posteriormente en peso de grano; mediante la determinación de un factor de desgrane por medio de un muestreo estratificado y luego corregido a un contenido estándar de 15% de humedad. Dichos resultados expresados en kg. se presentan en el cuadro No. 2.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION:

La producción de las unidades básicas adyacentes (cuadros Nos. 1 y 2) se agruparon en 84 combinaciones en el caso del ajonjolí y 43 en el maíz, con el objeto de obtener las diferentes formas y tamaños de parcela a probar mediante la aplicación de los cuatro métodos descritos en otra parte del presente trabajo.

Con los rendimientos de cada una de dichas combinaciones, se hicieron los cálculos iniciales de media ($\bar{X}$), varianza (S^2), desviación estandar (S), coeficiente de variación (CV) y varianza comparada (V_x) que aparecen en los cuadros Nos. 3 y 4.

Como no existe información acerca del criterio que debe seguirse en la agrupación de las unidades básicas para formar las diferentes formas y tamaños de parcela a analizar, fueron probados los cuatro arreglos siguientes:

- No. 1. Haciendo las combinaciones sin ningún tipo de restricción
- No. 2. Utilizando todas aquellas combinaciones en las cuales la parcela es de forma cuadrada o rectangular de ancho menor que el largo ($A \leq L$) y de tamaño sin restricción
- No. 3. Combinaciones que formen un factorial completo 8^2 para el caso del ajonjolí y 5^2 para el maíz

No. 4. Todas aquellas combinaciones en las cuales el área (AXL) es menor o igual a 80m^2 y la forma cuadrada o rectangular de ancho menor que el largo ($AXL \leq 80\text{m}^2$ y $A \leq L$).

En los métodos de máxima curvatura y regresión múltiple se utilizó el arreglo No. 5, cuyo criterio de selección de los tamaños y formas a probar se hizo eliminando los puntos más distantes a la línea de ajuste en el diagrama de dispersión entre el tamaño de la parcela y el coeficiente de variación.

En cada uno de los cuatro casos para cada cultivo, los análisis se realizaron mediante aplicación del paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en la computadora IBM/370 de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde fueron obtenidos los análisis de correlación, regresión simples y múltiples y sus análisis de varianza correspondientes que permitieron obtener:

lo.) El grado de asociación o de influencia que ambas dimensiones (largo y ancho), así como la interacción (el tamaño) tienen sobre la variabilidad de los resultados, (medida como coeficiente de variación), comprobándose lo reportado en la literatura respecto a la relación inversa existente entre el tamaño de la parcela y la variabilidad de los resultados obtenidos en ella. Estas correlaciones se presentan en los cuadros Nos. 5 y 6, siendo todas negativas, índice de la relación inversa entre las variables, la magnitud de las mismas indican el sentido en el cual presenta el terreno su mayor heterogeneidad. En ambos casos se produjo en la dirección del largo.

2o.) Las estimaciones del modelo que corresponde al método de máxima curvatura, mediante regresiones logarítmicas entre el tamaño de la parcela (X) y el coeficiente de variación. Dichas estimaciones se presentan en los cuadros Nos. 7 y 8, en donde también se incluye el tamaño óptimo de la parcela calculado al igualar con -1 la primera derivada de la función y resolviendo para X y el valor del CV que se espera obtener en los experimentos realizados con dicho tamaño óptimo.

Tomando como base los valores de R^2 fueron seleccionados los mejores modelos para cada cultivo y en ambos casos correspondieron al criterio de agrupación por observación, (Arreglo No. 1).

Para ajonjolí es: $C V = 21.05483 X^{-0.23685}$ cuando X se expresa en unidades básicas, para el que se obtiene un tamaño óptimo de 3.6650 unidades, que equivalen a 10.998 metros² y $C V = 27.31238 X^{0.23685}$ cuando X se expresa en metros, dando un tamaño óptimo de 4.52442 metros², la gráfica resultante del modelo con la dispersión de puntos correspondiente se presentan en la figura No. 2.

Es importante hacer la observación de que el criterio de agrupación o arreglo de las parcelas no influyó en los tamaños de parcela obtenidos, esto al variar los mismos entre 10.69 m² y 11.67 m².

Por ello se considera que para este método no es importante la manera de agrupación de las unidades básicas para formar las diferentes formas y tamaños a probar.

Para el maíz los modelos son:

C.V. = $27.12105 X^{-0.27141}$ cuando X se expresa en unidades y C.V. = $39.50985 X^{-0.27141}$ cuando X se expresa en metros que dan un tamaño óptimo de 4.80692 unidades, equivalente a 19.22768 m^2 en el primer caso y de 6.46226 m^2 en el segundo. La gráfica correspondiente se presenta en la figura No. 3. En esta caso tampoco hubo mayor variabilidad entre los tamaños obtenidos en función del criterio de agrupación (arreglo), oscilando entre 17.57 m^2 y 20.36 m^2 .

Con este método se establece un tamaño óptimo de parcela para los ensayos de ajonjolí de 12 m^2 , es decir 4 surcos de 4 metros de largo, cosechando los dos surcos centrales y para los ensayos de maíz, una parcela de 20 m^2 , 4 surcos de 5 metros de largo, cosechando también los dos centrales.

Sin embargo, no debe dejarse pasar desapercibido el hecho de que no existe independencia entre la escala empleada y el tamaño obtenido, comprobándose lo planteado por Smith (3, 8) dando lugar a dudas sobre que si se emplea el tamaño de la parcela expresado en metros^2 o en número de unidades básicas. También tiene el inconveniente de que únicamente permite obtener el tamaño y no la forma de la parcela, la cual también influye sobre la magnitud del error experimental y por lo tanto debe ser considerada.

Aún así cuando se emplee este método la escala deberá expresarse en unidades básicas y la forma adaptarse a las distancias entre surcos y plantas.

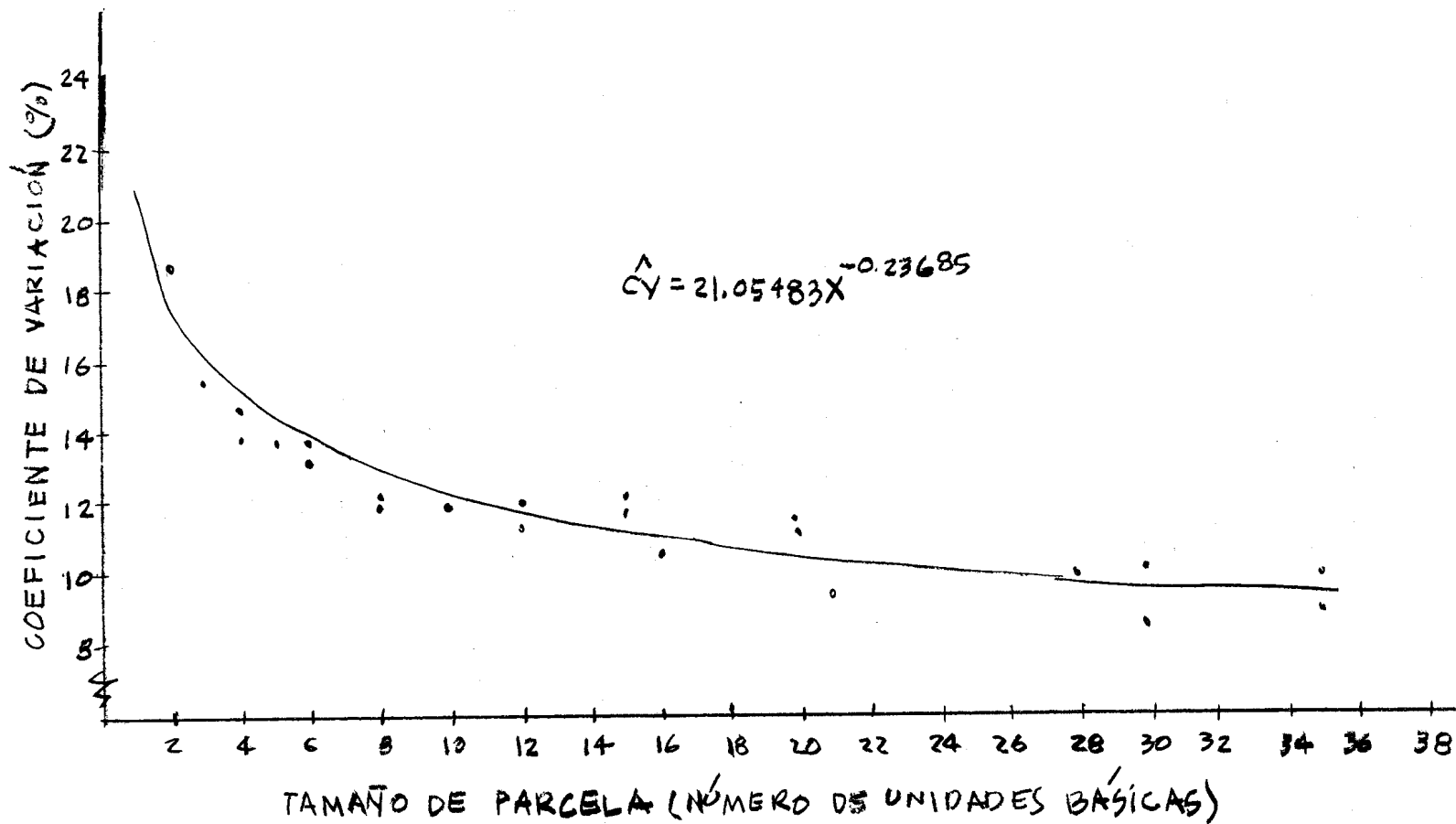


FIG 2: RELACION ENTRE EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA EN UNIDADES BÁSICAS EN EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLÍ, EN EL PARCELAMIENTO "LA MÁQUINA"

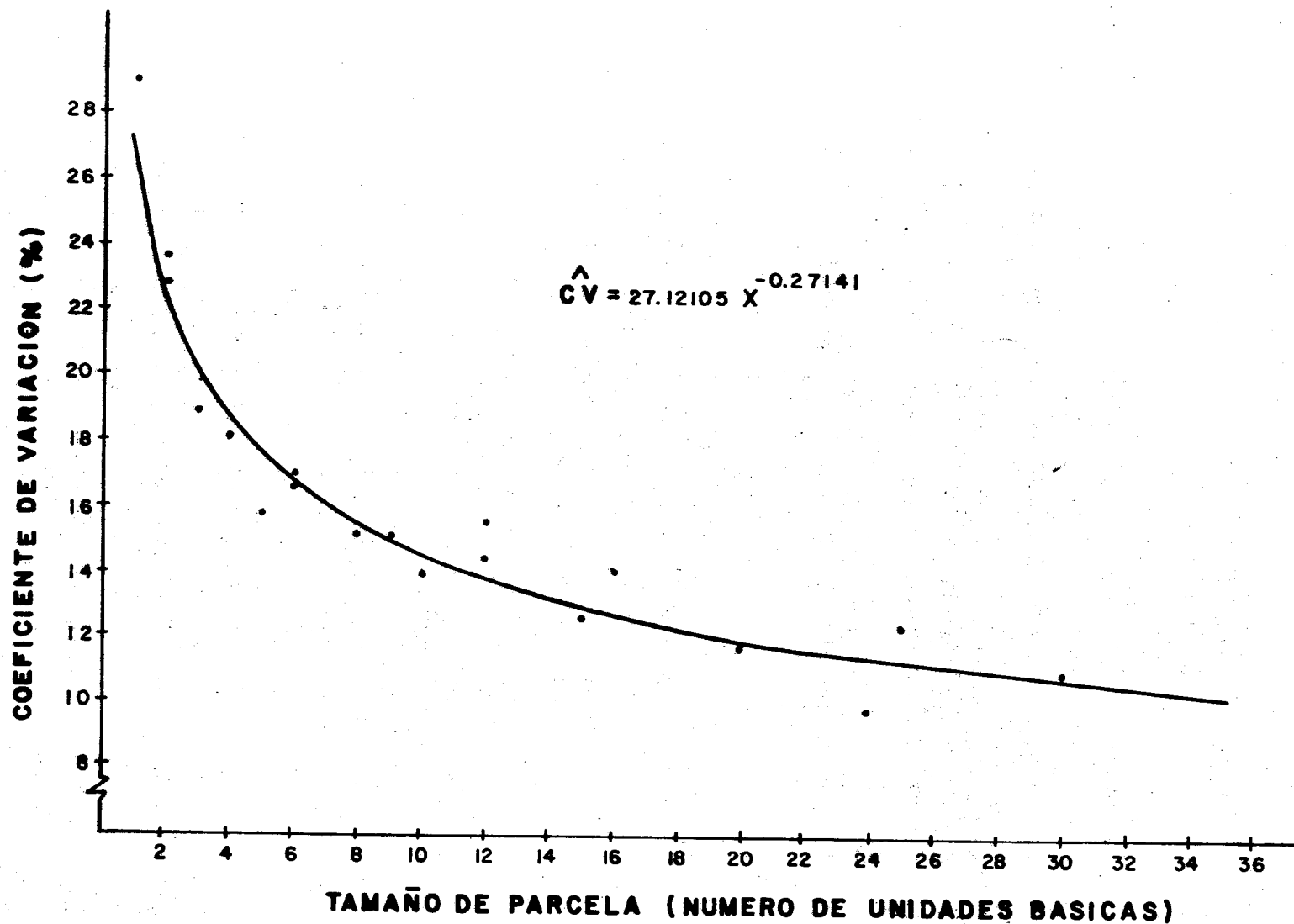


FIG.3: RELACION ENTRE EL COEFICIENTE DE VARIACION Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA EN NUMERO DE UNIDADES BASICAS EN EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ, EN LOS APOSENTOS, CHIMALTENANGO.

3o.) Observando la incapacidad del método anterior para determinar además del tamaño, la forma de la parcela, se ideó una modificación al mismo, que consiste siempre en un modelo de regresión logarítmica, sólo que en este caso ya no es simple entre el tamaño de parcela y el C.V. sino que es múltiple entre el ancho y largo de las parcelas y el C.V.; identificándolo con el nombre de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA, cuyo modelo es:

$$CV_{ij} = B_0 A_i^{B_1} L_j^{B_2} E_{ij}$$

y estimaciones: $CV = b_0 A^{b_1} L^{b_2}$ cuyos resultados se presentan en los cuadros Nos. 9 y 10.

En el cuadro No. 9, cuyos resultados corresponden al ajonjolí, los cuatro arreglos probados fueron igualmente eficientes en su comportamiento, en este caso los valores de R^2 fluctuaron de 0.90591 a 0.93183 y los tamaños y formas obtenidos no tuvieron gran variabilidad, de 8.09 a 8.53 unidades básicas y de 12.04 a 13.02 m².

El tamaño y forma óptimos que se encuentra en este método para ajonjolí es de 4 surcos de ancho (3mts.) por 8 metros de largo, dando un área de 24 mts.² cuando la escala empleada es en unidades básicas y 3 surcos (2.25 mts) por 5.5 m de largo, para un área de 12.375 mts² cuando se emplea escala en metros.

Para el maíz (Cuadro No. 10), el tercer arreglo (factorial 5²) fue el que dio la mejor estimación, con un coeficiente de determinación del 94%, aunque los tamaños obtenidos en los cuatro arreglos no varían grandemente, de 10 a 13 unidades y de 15.94 a 17.79 m²,

por lo que no se considera determinante el arreglo, en este modelo.

Se deduce del cuadro en general, un tamaño de parcela para ensayo de maíz de 4 a 5 surcos de 5 a 8 mts. de largo.

A pesar de que este modelo no varía grandemente de la máxima curvatura original, se ha comportado mucho más eficiente: al obtener mayor control sobre la variable dependiente (CV) esto por los valores más altos en los coeficientes de determinación y al permitir obtener además del tamaño la forma de la parcela óptima.

Vuelve también a confirmarse el hecho de la no independiencia entre el tamaño de parcela a obtener y la escala de medición empleada para la (s) variables independientes. En este caso resultó más eficiente el uso de la escala en metros.

- 40.) Los valores del coeficiente de heterogeneidad, b de Smith (sin la corrección de Hatheway y Williams) al realizar una regresión logarítmica entre el tamaño de la parcela en número de unidades básicas (X) y la varianza comparable (Y_x), presentados en los cuadros Nos. 11 y 12. Posteriormente se calcularon los mismos coeficientes, pero incluyendo los grados de libertad con que cada varianza comparada fue calculada, con el objeto de determinar la influencia que estos tienen sobre el valor del coeficiente.

En el cuadro No 13, se encuentra dicha comparación y en él es posible observar que la incorporación de la corrección de Hatheway y Williams tiende a incrementar el valor de b , aunque para estos rangos

dicho incremento no es crítico ya que b se encuentra entre 0.2 y 0.8.

Con el propósito de no subestimar los tamaños óptimos a obtener mediante los métodos de Smith y de Hatheway, se seleccionaron para ello los valores más grandes de b , obtenidos con la corrección, siendo 0.59538 para ajonjolí y 0.68046 para maíz, indicando el primero un grado intermedio de heterogeneidad edáfica y el segundo un grado de intermedio a alto. (ver figuras Nos. 4 y 5).

En la metodología propuesta por Smith, por medio el uso de la fórmula:

$$X = bk_1 / (1-b) K_2$$

se encuentra cierta dificultad, debido a que el cálculo de los componentes del costo resulta inexacto, por un lado y por el otro, son muy variables de una a otra región. En el cuadro No. 14 se da como ejemplo la determinación de los costos porcentuales en el ensayo en blanco de ajonjolí realizado en el parcelamiento "La Máquina".

Una parcela óptima de 2.21 unidades básicas equivalente a 6.62 mts² se obtiene al sustituir las constantes del costo ($K_1=60$ y $K_2=40$) y el valor de b en la fórmula correspondiente.

Considerando que de acuerdo a la literatura consultada las constantes del costo oscilan entre 60 y 75% para K_1 y entre 40 y 25% para K_2 (3, 4, 7) en los cuadros Nos. 15 y 16 se presentan los tamaños óptimos

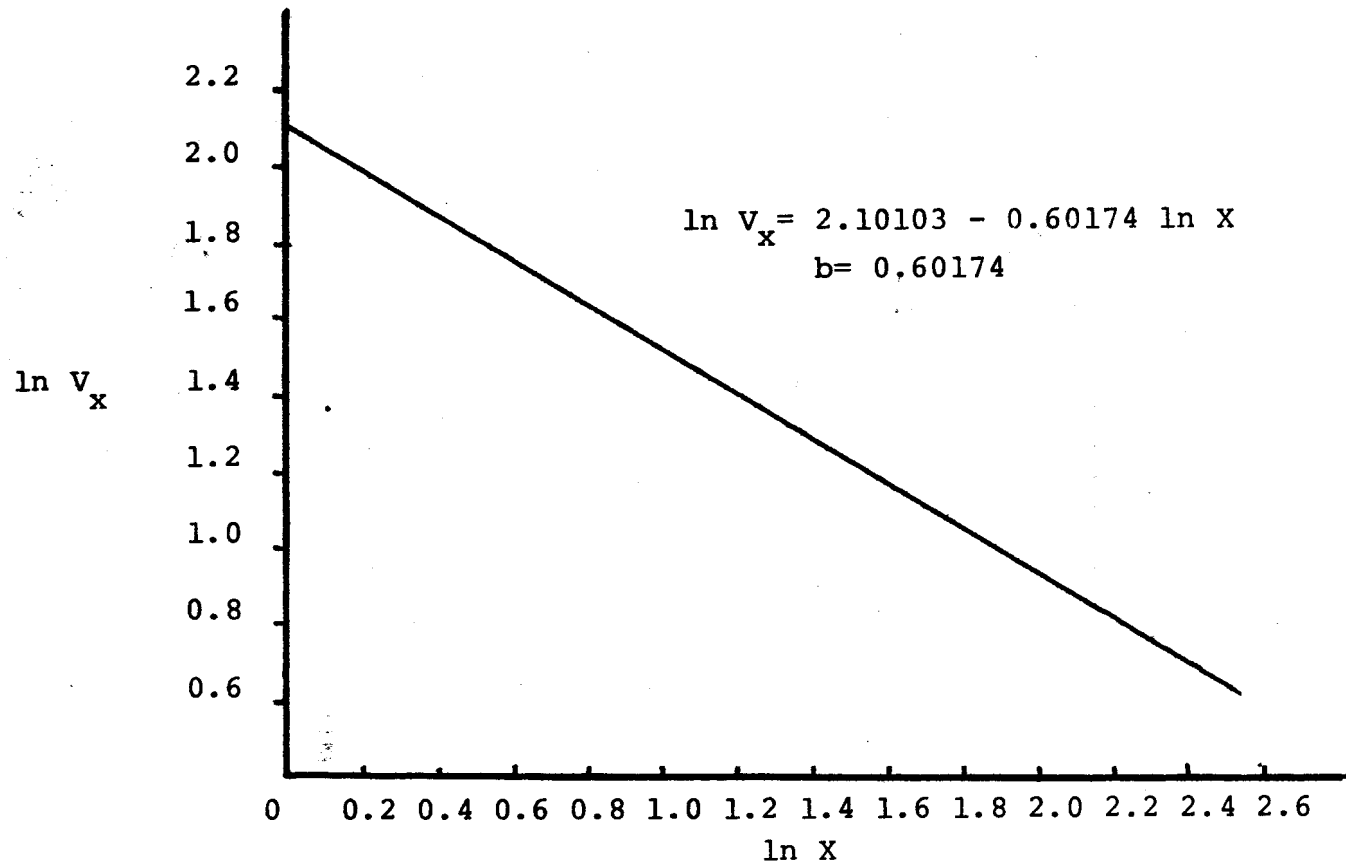


FIG. No.4: REGRESION LINEAL ENTRE EL LOGARITMO DE LA VARIANZA COMPARADA (V_x) Y EL LOGARITMO DEL TAMAÑO DE LA LA PARCELA (X) EN UNIDADES BASICAS, PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI.

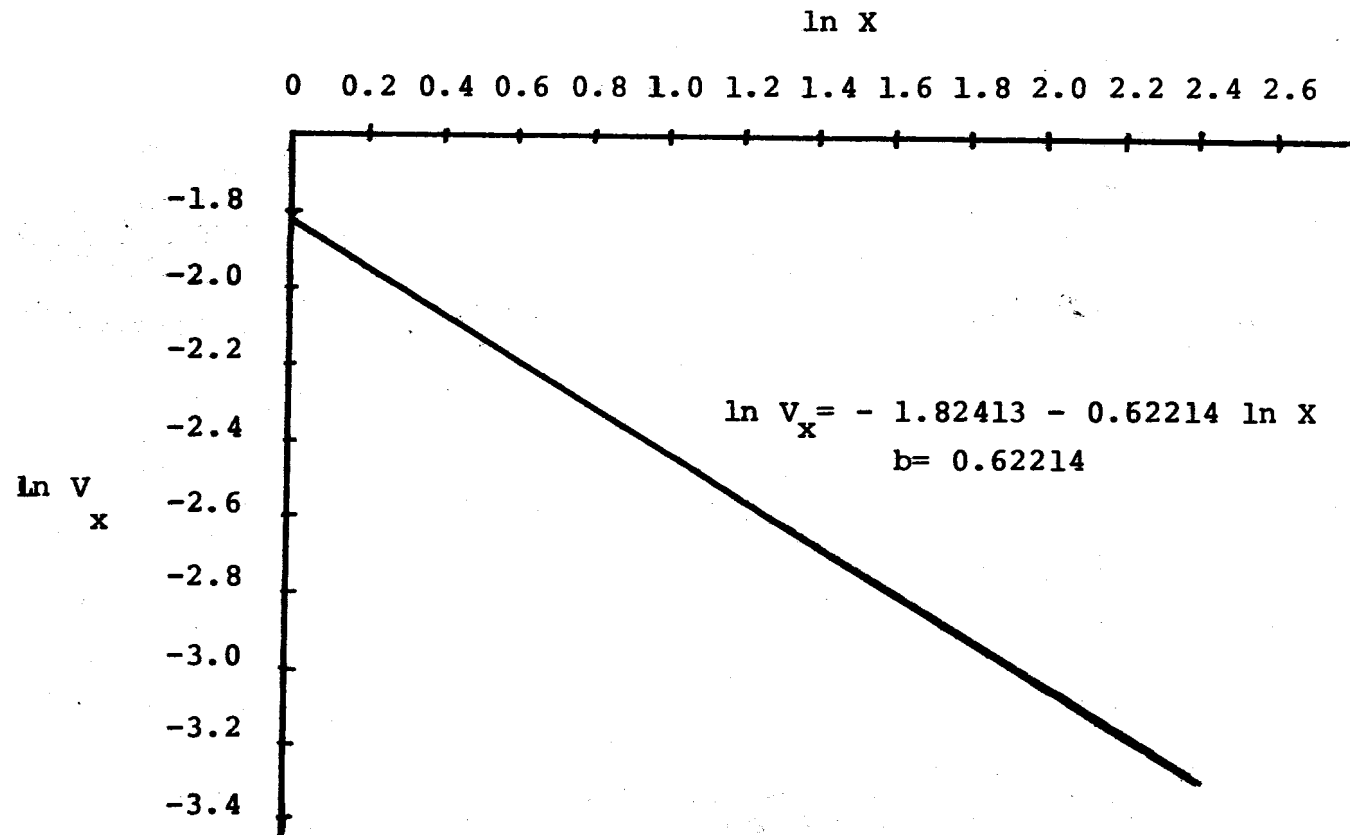


FIG. No.5: REGRESION LINEAL ENTRE EL LOGARITMO DE LA VARIANZA COMPARADA (V_x) DEL RENDIMIENTO Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA (X) EN UNIDADES BASICAS, PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ.

de parcela a emplear, dependiendo de la relación de costos de la región.

Esta metodología también tiene la característica de subestimar los tamaños óptimos y no se considera eficiente ni recomendable por lo anteriormente expuesto, además de lo considerado por Hatheway y Williams (14) al expresar que los experimentadores han estado más interesados en las conveniencias que en las tarifas y que pocos agrónomos razonan en función del costo por la variación en un ensayo de rendimiento, además es incapaz de determinar la forma que debe tener dicha parcela

- 5o.) Para poder utilizar la metodología de Hatheway se estimaron los siguientes valores de la fórmula:

$$x^b = 2 (t_1 + t_2)^2 cv^2 / rd^2$$

$b = 0.59538$ para ajonjolí y 0.68046 para maíz. Los valores de $(t_1 + t_2)^2$ se calcularon a partir de la tabla "t" de student a un 5% de nivel de significancia para t_1 ; a 0.8 de probabilidad esperada de encontrar significancia en un ensayo (p), para t_2 y a los grados de libertad del error en el ANDEVA correspondiente, cabe hacer notar que se usó, para tal fin $(t-1)(r-1)$ grados de libertad, debido principalmente en que ambas zonas (y en general es así) un 90% aproximadamente de los ensayos se realizan mediante el diseño de bloques al azar.

C.V. = 15% este valor que no es el obtenido para las parcelas de una unidad básica, fue elegido porque es el que se espera obtener en los ensayos a

realizar con los tamaños de parcela a calcular y también porque alrededor de él están los C.V. a obtener con los otros métodos. Respaldado por Franco (10).

El número de repeticiones, r , se hace variar de 2 a 8 que son los más comunmente observados en la práctica y la diferencia a detectar como porcentaje de la media, d , también se hizo variar de 10 a 25%.

En los cuadros No. 17 y 18 se presentan dichos tamaños y en ello se ve que al aumentar el número de repeticiones de tratamientos o la diferencia a detectar el tamaño óptimo de la parcela va disminuyendo. Estos cuadros juntamente con las figuras 6 y 7 permiten:

- a) Determinar el tamaño óptimo de parcela para realizar un experimento con un número determinado de tratamientos, repeticiones y un valor de diferencia a detectar.
- b) Determinar el número de repeticiones necesarias para un ensayo con determinado número de tratamientos y un valor de diferencia a detectar cuando el tamaño de parcela ha sido previamente determinado.
- c) También, aunque con menor utilidad, es posible determinar la diferencia entre medias de tratamientos que el diseño es capaz de detectar cuando se utiliza un tamaño de parcela y número de repeticiones y tratamientos específicos.

En dichos cuadros existe una línea que divide al campo en dos grupos:

El que queda por arriba de ella corresponderá a aquellos experimentos en los que los grados de libertad para el error en el ANDEVA sean menores de 12 y por lo tanto no tan confiables, mientras los que están debajo de ella sí cumplen esta restricción y son a los que hay que ponerles más atención, (esto cuando el diseño sea bloques al azar, ya que de otra manera los GL para el error cambian).

Cuando el número de repeticiones es de dos, el tamaño de parcela es estable para experimentos con 13 o más tratamientos, cuando es de tres, éste se estabiliza a partir de 9 tratamientos, a partir de 7 para 4 repeticiones, de 5 para 5 repeticiones y es prácticamente invariable para 6, 7 y 8 repeticiones y más de 2 tratamientos. (Por eso se observa en blanco parte de las líneas de los tamaños).

La importancia de esta metodología radica en que permite presentar tamaños de parcela independientemente de los costos y que permite un buen número de opciones al investigador para tomar una decisión sobre el tamaño de parcela a usar en sus experimentos, según sea el número de repeticiones, tratamientos, y la magnitud de la diferencia que desea detectar, conceptos que en investigación son mucho más importantes que los costos.

Con los valores de C.V. y b conocidos, el tamaño óptimo de parcela únicamente depende de r y x y puede graficarse como una función de estas variables. Las figuras 6 y 7 presentan estas gráficas que permiten obtener combinaciones de tamaño y repeticiones para distintos valores de d .

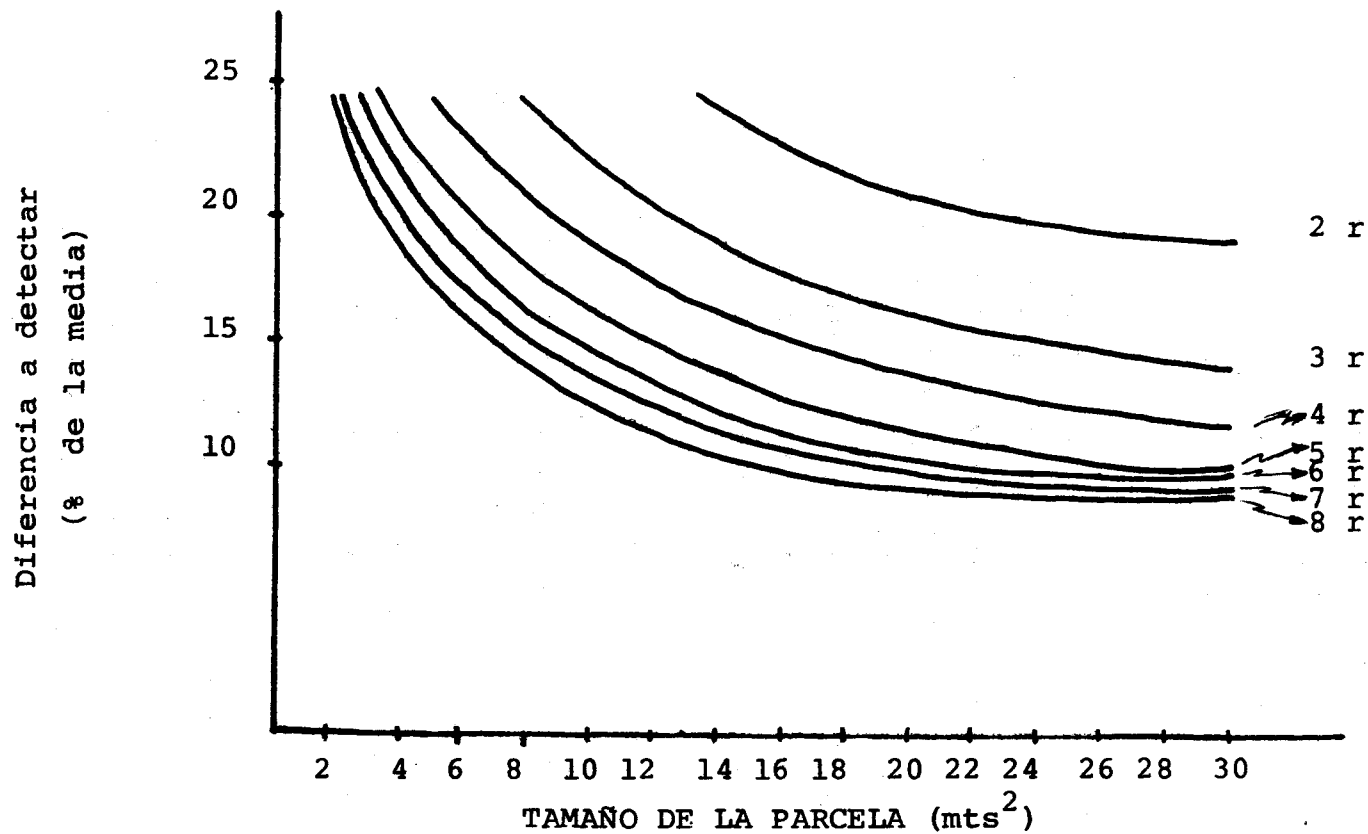


FIG. No. 6: RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE LA PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES Y DIFERENCIA A DETECTAR ENTRE TRATAMIENTOS, (METODO DE HATHEWAY), PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI.

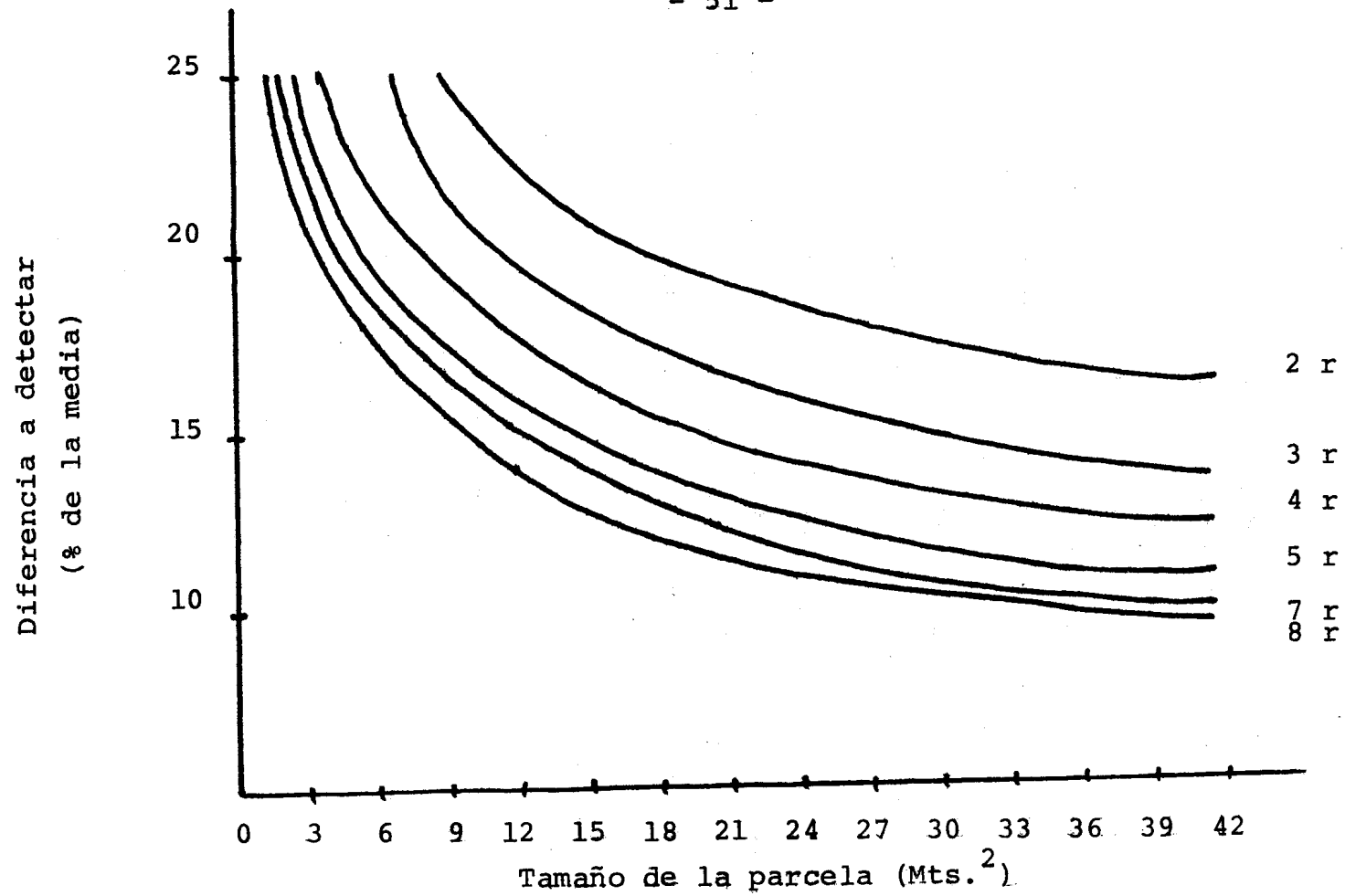


FIG. No. 7: RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE LA PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES Y DIFERENCIA A DETECTAR ENTRE EL TRATAMIENTO (METODO DE HATHEWAY), PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ.

En este método propuesto por Hatheway (13), a medida que el suelo es más heterogéneo, poca correlación y el valor de $b \rightarrow 1$, el tamaño de parcela resultante debería ser mayor que cuando el suelo es homogéneo, alta correlación y el valor $b \rightarrow 0$, en cuyo caso la parcela óptima debería ser menor; lo cual no ocurre así; ya que el tamaño de parcela está determinado por la potencia $1/b$. Resultando entonces falta de lógica que a mayor homogeneidad mayor tamaño de parcela, y a mayor heterogeneidad menor tamaño de parcela, tan es así que para valores de b menores de 0.50 y C.V. mayores de 15% los tamaños obtenidos son demasiado grandes que resultan imprácticos.

- 60.) Se probaron 5 diferentes modelos de regresión múltiple en cada criterio de selección de agrupación, y cada forma de expresión de las variables lo que hace un total de 40 estimaciones para cada cultivo, con la finalidad, tanto de seleccionar el criterio de agrupación, como el modelo más adecuado. Dichos modelos son:

MODELO No.	DESCRIPCION
1	$CV_{ij} = B_0 + B_3 A_i^2 + B_4 L_j^2 + E_{ij}$
2	$CV_{ij} = B_0 + B_3 A_i^2 + B_4 L_j^2 + B_5 A L_{ij} + E_{ij}$
3	$CV_{ij} = B_0 + B_1 A_i + B_5 A L_{ij} + E_{ij}$
4	$CV_{ij} = B_0 + B_1 A_i + B_2 L_i + B_3 A_i^2 + B_4 L_j^2 + E_{ij}$
4	$CV_{ij} = B_0 + B_1 A_i + B_2 L_j + B_3 A_i^2 + B_4 L_j^2 + B_5 A L_{ij} + E_{ij}$

En todos los casos el modelo No. 5 fue el que dio mejor ajuste, con un R^2 de 0.90933 a 0.92143 en ajonjolí y de 0.94147 a 0.96053 en maíz, seguido en orden descendente por los modelos Nos. 4, 3, 2 y 1, como puede observarse en los cuadros No. 19 y 20. La diferencia mostrada entre las diversas estimaciones para cada modelo (debidas a los arreglos) no fueron significativas, señalando una vez más que el criterio de agrupación de las unidades básicas no es determinante sobre los resultados.

La estimación de tamaños y formas óptimas se hace al igualar la primera derivada respecto a largo y ancho con -1 y al sustituir estos valores en el modelo estimado se obtienen los valores del C.V. que se espera obtener al realizar experimentos con parcelas de dicha forma y tamaño.

En todos los casos la relación entre escalas se mantuvo constante en los coeficientes estimados para cada modelo. En la determinación del tamaño y la forma óptima se utilizaron los modelos 3, 4 y 5 por ser los que dieron el mejor ajuste al obtener los coeficientes de determinación más altos y para observar la influencia del modelo en dichos óptimos.

En el ajonjolí (Cuadro No. 19) el uso de la escala en metros provocó en algunos casos, parcelas de dimensiones o tamaño negativos, lo cual es totalmente ilógico, en otros casos invirtió las magnitudes de las dimensiones, obteniendo parcelas de ancho mayor que el largo. Cuando la escala se expresó en unidades no se dieron los casos anteriores y guiado por esto es posible seleccionar como óptima, una parcela de 3.75 a 4.5 mts. de ancho (de 5 a 6 surcos) y de

10 mts. de largo para obtener coeficientes de variación alrededor del 10%.

En el maíz (cuadro No. 20) no hubo diferencias significativas entre los tamaños y formas obtenidos para cada escala en los diferentes modelos, pero si hubo diferencia entre escalas, resultando muy grandes los tamaños cuando la escala usada fue en unidades, entonces al seleccionar la parcela óptima, dentro de las obtenidas cuando la escala se expresó en metros, resulta ser de 4 metros de ancho (4 surcos) y de 7 a 9 mts. de largo, para obtener coeficientes de variación alrededor del 15%.

El método de Regresión múltiple resultó ser muy eficiente en el caso del maíz sin importar la dimensional de las escalas, no así en el ajonjolí, donde únicamente tuvo un buen comportamiento cuando la escala se expresó en unidades básicas.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos perseguidos y a las hipótesis planteadas y luego de haber obtenido y discutido los resultados correspondientes, se concluye lo siguiente:

1. Ninguno de los criterios de agrupación probados, (los arreglos), mostró estabilidad al someterlos a prueba en los diferentes métodos, modelos y cultivos evaluados, siendo en la casi totalidad de los casos no significativas las diferencias observadas entre ellos.
2. Existe una relación inversa entre el tamaño de la parcela y el coeficiente de variación del rendimiento, disminuyendo considerablemente éste al aumentar aquel, hasta lograr una estabilización; lo cual es determinado por los coeficientes de correlación lineal correspondientes cuyos valores fueron todos negativos, con un promedio de -0.72225 para ajonjolí y de -0.71563 para el maíz. Los lotes donde se establecieron los ensayos de uniformidad presentan una gradiente de heterogeneidad en la dirección del largo de las parcelas, de norte a sur en el ajonjolí y de este a oeste en el maíz, al encontrar coeficientes de correlación para el largo con un promedio de 48.94% (-0.78788 para el largo y -0.52935 para el ancho), mayores que para el ancho en el ajonjolí y de 68.55% más en el maíz, (-0.81999 para el largo y -0.48865 para el ancho).
3. Cuando el coeficiente de heterogeneidad de Smith se calculó mediante un análisis de regresión logarítmica entre V_x y X se obtuvo una fluctuación entre 0.52185 y 0.60174 para ajonjolí y entre 0.47555 y 0.62214 para maíz siguen el criterio de agrupación empleado.

Cuando se calcularon con la corrección de Hatheway y Williams la fluctuación fue entre 0.53465 y 0.59538 y entre 0.55419 y 0.68046 respectivamente, resultando dicha corrección no significativa para estos rangos de b , aunque en general tiende a incrementarle.

El grado de heterogeneidad de los lotes de terreno donde se establecieron los ensayos es intermedio y ligeramente alto para ajonjolí y maíz respectivamente.

4. En todos los modelos, arreglos y métodos el efecto de la escala de medición de las dimensiones de las parcelas tiene un efecto determinante sobre el tamaño óptimo de parcela a obtener y de menor importancia sobre la forma. En el método MAXIMA CURVATURA los mejores resultados se obtuvieron cuando la escala empelada se expresa en número de unidades básicas, en el de MAXIMA CURVATURA BIVARIADA, cuando se expresa en metros, mientras que en el de REGRESION MU TIPLE no hubo tendencia alguna.
5. Las diferencias encontradas entre los tamaños óptimos de parcela obtenidos con los diferentes métodos evaluados en este estudio pueden declararse como no significativas, con excepción del método de Hatheway que da un tamaño para cada caso por lo que no puede compararse y del de REGRESION MULTIPLE que tiene una tendencia a dar tamaños más grandes, con lo cual queda probada la primera de las hipótesis.
6. Los métodos más sencillos y fáciles de aplicar son los de máxima curvatura y Smith, pero tienen el serio inconveniente de no dar la forma de la parcela y dar un sólo tamaño para cualquier situación.

En los métodos de máxima curvatura bivariada y regresión múltiple el grado de dificultad crece pero no presentan el primer inconveniente de los anteriores y el método de Hatheway resulta ser el de mayor dificultad en la aplicación, determina un tamaño óptimo para cada situación, (número de tratamientos, repeticiones y diferencia a detectar entre tratamientos), pero no considera la forma de la misma y a medida que el valor del coeficiente de Smith decrece, (en suelos homogéneos), los tamaños óptimos de parcela obtenidos resultan demasiado grandes y cuando aumenta (en suelos muy heterogéneos) son muy pequeños, lo cual no es lógico, práctico ni económico y se debe a que dicho tamaño varía con potencia $1/b$.

Una vez eliminada la dependencia del tamaño respecto a la escala de medición de las dimensiones, (al usar unidades básicas cuadradas de $1 \times 1 \text{ m}$) el método que mejor estima el tamaño óptimo de parcela (y también la forma) es el de máxima curvatura bivariada y el de Regresión múltiple, haciendo uso de los modelos:

$$CV_{ij} = B_0 A_i^{B_1} L_j^{B_2} E_{ij}$$

$$CV_{ij} = B_0 + B_1 A_i + B_2 L_j + B_3 A_i^2 + B_4 L_j^2 + B_5 A_i L_j + E_{ij} \quad \text{respectivamente}$$

7. Los tamaños y formas óptimos de parcela que permiten reducir la mínimo la variabilidad inherente a la heterogeneidad del suelo en los ensayos de ajonjolí y maíz en las regiones respectivas son: de 4 a 5 surcos de ancho (3 a 4 metros) y de 4 a 8 mts de largo (entre 15 y 30 mts.²) y de 4 a 5 surcos de ancho (4 a 5 mts) y de 5 a 8 mts de largo (entre 20 y 40 mts²), respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

1. El procedimiento de agrupación de las unidades básicas (el arreglo) para obtener las diversas formas y tamaños de parcela a evaluar debe ser el del criterio No. 4, por basarse en razones lógicas y prácticas y por dar mayor facilidad de cálculo; es decir se debe dar un límite práctico a la superficie y que el largo sea mayor o igual que el ancho.
2. Para evitar los problemas de interpretación de resultados es necesario que las escalas de medición de las dimensiones de las parcelas guarden una relación 1:1, (e, d. un metro equivalente a una unidad).
3. Inicialmente debe calcularse el valor del coeficiente b de Smith mediante regresión logarítmica en V_x y X y si está entre 0.2 y 0.8 no es necesario hacer la corrección de Hatheway y Williams, en otro caso dicha corrección procede.
4. Cuando las estimaciones de tamaño y forma óptimos de parcela experimental vayan a hacerse con resultados de ensayos en blanco realizados para este u otro propósito, utilícense las metodologías de máxima curvatura bivariada y de regresión múltiple por ser eficientes y dar un tamaño que satisface diferentes combinaciones de tratamientos, repeticiones y diferencias a detectar entre tratamientos, simultáneamente. Sin embargo, siempre debe calcularse el valor del coeficiente b de Smith para determinar el grado de heterogeneidad que el suelo tiene y los coeficientes de correlación ^{/entre/} las dimensiones y el coeficiente de variación para determinar el diseño a usar y el

sentido en que las parcelas deben orientarse en los próximos experimentos a realizar en dichos lotes, para lograr mayor precisión en la estimación de los efectos de los tratamientos.

Si dichas estimaciones se van a hacer utilizando resultados experimentales de otra índole, el procedimiento a seguir debe ser el de Hatheway para determinar el tamaño óptimo y para determinar la forma, selecciónese aquella que dé el menor coeficiente de variación entre todas las de área igual al óptimo.

5. En los experimentos sobre ajonjolí que se realicen en la región del parcelamiento "La Máquina" o sobre maíz en la región de Chimaltenango, el tamaño y la forma de la parcela a emplear, debe seleccionarse de acuerdo a la conclusión No. 7 o los cuadros Nos. 18 y 19 de este trabajo. El diseño más eficiente resulta ser el de Bloques al Azar, debiendo ponerse éstos en sentido perpendicular a la gradiente encontrada.

IX. A P E N D I C E

CUADRO No. 1

RENDIMIENTO EN GRAMOS POR UNIDAD BASICA DE 3 mts²
(1.5X2) DEL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI REALIZA-
DO EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA".

342	262	208	203	284	352	277	342	243	195	250	200	256	300	282	317	266	321
272	253	301	236	193	233	218	247	294	256	282	298	257	258	356	288	214	290
362	284	191	258	289	294	297	277	337	265	251	304	242	243	213	394	297	218
198	234	300	185	319	275	227	240	341	216	321	272	336	156	189	334	186	332
248	271	267	291	312	352	355	251	258	204	249	296	290	306	302	284	184	220
316	212	246	281	293	298	280	242	275	278	304	380	302	213	270	275	237	243
201	336	403	235	300	329	310	290	348	296	313	263	232	349	256	395	312	312
310	299	271	321	255	214	230	324	350	259	299	326	409	324	265	250	198	245
354	222	394	293	252	204	241	307	210	210	117	284	281	320	276	300	229	200
245	276	304	207	267	216	355	237	223	180	232	320	243	137	200	257	207	296
209	305	308	195	279	344	314	211	250	220	168	254	297	206	203	280	258	239
324	333	301	294	320	246	285	289	300	312	219	283	038	420	152	237	261	286
344	270	332	229	259	240	280	304	321	314	224	206	236	278	271	263	233	212
290	246	243	174	158	236	262	242	287	230	241	247	247	285	199	305	160	224
304	299	334	217	130	340	286	234	277	226	310	265	264	251	225	266	289	310
287	338	260	220	228	127	116	218	160	246	240	255	362	217	273	277	261	237
235	252	240	194	246	259	308	248	300	300	264	240	264	275	215	167	278	262
303	220	291	243	240	197	244	263	295	128	256	150	211	293	222	194	214	245
290	248	249	224	124	133	067	169	124	190	117	241	273	289	254	220	280	242
243	341	380	338	195	310	201	294	251	213	213	277	298	330	296	224	198	309
279	350	241	317	288	396	285	264	221	181	136	287	231	312	283	296	171	302
331	353	329	315	275	302	239	275	296	257	253	297	192	207	150	205	133	100
208	143	318	346	248	236	384	397	279	214	219	146	214	064	106	104	129	132
308	296	236	270	305	235	296	366	222	149	170	205	127	129	166	234	280	292

CUADRO No. 2

RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR UNIDAD BASICA DE 4 MTS² (2X2) A UN CONTENIDO ESTANDAR DEL 15% DE HUMEDAD, DEL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ, REALIZADO EN CHIMALTENANGO.

1.710	0.855	0.766	1.270	1.180	0.962	0.817	1.325	1.016	1.434	0.853	1.573	1.255	1.305	0.519	1.255	1.422	1.204	2.326	1.573
1.532	1.194	1.745	1.996	1.270	1.361	1.452	0.472	0.907	0.508	2.341	1.773	1.522	1.104	0.887	1.054	1.204	1.773	1.606	1.439
1.585	1.425	1.888	1.833	1.524	1.651	1.198	1.615	1.161	2.105	1.234	1.138	1.138	1.606	1.238	1.171	1.338	1.154	2.074	1.255
1.871	0.819	1.247	1.270	1.669	0.980	1.669	1.615	1.161	1.288	0.762	1.639	2.493	1.539	0.954	1.138	1.138	1.472	0.703	1.154
1.265	1.871	2.013	2.286	1.488	1.415	0.708	1.034	1.052	1.089	1.071	1.623	1.472	1.573	1.104	1.037	1.171	0.903	1.439	0.787
1.354	1.959	2.263	1.851	1.270	1.524	1.833	1.270	2.177	1.270	0.998	1.238	1.338	1.355	0.954	0.887	1.472	1.505	1.439	1.121
2.120	1.888	1.764	1.833	2.032	2.032	1.923	1.797	1.452	1.379	1.543	2.250	1.435	1.847	1.930	1.204	1.222	1.288	0.937	1.238
1.621	1.728	1.871	1.343	1.724	2.105	1.706	1.869	1.960	1.034	2.232	1.434	1.385	1.452	1.402	1.589	1.255	1.639	1.707	1.037
1.764	1.781	1.764	1.833	1.415	1.851	1.706	1.397	1.397	1.615	1.125	1.560	1.452	1.551	1.930	1.188	1.222	1.556	1.355	1.840
1.318	1.532	1.336	0.943	1.615	0.926	1.923	2.051	1.706	1.071	1.524	1.270	2.244	1.715	1.650	1.493	1.088	1.338	1.238	1.037
1.835	2.031	1.906	1.797	1.560	1.778	0.871	1.016	1.198	0.998	1.234	1.161	0.858	1.748	1.270	0.636	1.439	1.683	0.719	1.505
1.425	1.336	1.033	0.798	1.252	1.034	1.851	0.744	0.817	1.161	1.306	0.762	1.138	0.462	0.875	1.104	0.742	0.561	0.841	0.368
1.211	0.802	1.924	1.978	1.597	1.524	0.762	1.107	1.851	1.742	1.361	0.526	1.106	1.106	1.683	0.528	0.726	1.600	0.94	1.740
1.585	1.746	1.229	1.742	1.560	1.343	1.706	1.706	1.778	2.117	1.071	1.724	1.600	1.584	1.914	1.914	1.748	1.551	0.973	1.472
2.191	1.942	1.942	1.524	2.141	1.597	1.288	1.597	1.434	1.343	1.452	1.815	1.881	1.847	1.616	1.699	0.594	1.254	0.940	1.188
1.835	1.959	2.458	1.960	1.452	1.415	2.268	0.962	1.198	1.524	1.688	1.760	1.683	1.782	1.633	1.337	2.343	1.078	2.112	1.823
1.389	1.692	1.995	1.270	1.960	1.815	1.506	0.526	1.270	1.198	1.923	1.887	1.122	2.276	2.013	1.930	2.128	1.798	1.452	1.941
1.496	1.603	1.603	1.633	1.234	1.905	1.198	1.434	0.980	1.016	1.161	1.815	1.616	1.616	1.171	1.60	1.369	2.177	2.326	1.372
1.389	1.336	1.033	0.889	1.379	1.216	0.454	0.599	0.989	1.198	0.654	1.597	0.511	1.089	0.99	1.385	1.402	1.798	1.452	1.472
0.926	1.692	1.692	2.160	1.524	1.543	1.052	1.379	1.198	1.306	0.980	1.125	1.633	1.188	2.078	1.286	1.616	1.320	1.188	1.238
1.803	1.069	1.461	1.615	1.706	0.817	1.252	1.379	1.098	1.288	1.089	1.887	1.765	1.683	0.66	1.534	1.237	1.831	1.055	1.740
1.196	1.585	2.977	2.141	1.742	1.379	2.472	1.306	1.543	1.505	1.819	2.323	1.881	1.501	0.561	1.584	1.748	1.769	1.534	1.088
2.261	1.550	1.621	2.341	1.815	1.579	1.942	1.815	2.250	1.325	1.960	2.323	2.607	1.584	1.972	1.847	2.112	2.309	1.732	1.606
1.362	2.583	1.745	0.817	1.778	1.180	1.942	1.198	1.633	2.232	1.960	1.978	2.408	1.60	1.353	1.385	1.847	1.715	2.045	1.489
1.472	1.800	1.781	1.815	2.559	1.942	1.597	2.069	1.651	1.107	2.087	1.341	1.551	1.419	2.062	1.930	1.501	2.375	1.798	1.773

CUADRO No. 3.

ESTADÍSTICOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DE AJONJOLI REALIZADO EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA", PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EXPRESADA EN GRAMOS.

FORMA DE LA PARCELA				TAMANO		No. DE PARCELAS	RENDIMIENTO PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	VARIANZA COMPARABLE
En parcelas		En mts.		En No.	En						
Ancho	Largo	Ancho	Largo	parc.	Mts ²	Wi + 1	$\bar{X}$	S^2	S	C.V.	Vx
1	1	1.5	2	1	3	432	258.211	3680.533	60.667	23.495	3680.533
1	2	1.5	4	2	6	216	517.269	8534.048	92.380	17.859	2133.512
1	3	1.5	6	3	9	144	774.563	14951.898	122.278	15.787	1661.322
1	4	1.5	8	4	12	108	1032.898	20444.634	142.985	13.843	1277.790
1	5	1.5	10	5	15	72	1279.639	31252.347	176.783	13.815	6250.469
1	6	1.5	12	6	18	72	1549.125	32330.477	179.807	11.607	898.069
1	7	1.5	14	7	21	54	1793.981	42636.849	206.487	11.510	870.140
1	8	1.5	16	8	24	54	2063.944	46947.714	216.674	10.498	733.558
1	9	1.5	18	9	27	36	2286.917	61277.907	247.544	10.824	756.517
1	10	1.5	20	10	30	36	2550.417	61973.621	248.945	9.761	619.736
2	1	3	2	2	6	216	519.537	9667.971	98.326	18.926	2416.993
2	2	3	4	4	12	108	1035.528	23282.42	152.586	14.735	1455.151
2	3	3	6	6	18	72	1547.806	42171.905	205.358	13.268	1171.442
2	4	3	8	8	24	54	2071.056	61836.544	248.670	12.007	966.196
2	5	3	10	10	30	36	2561.5	95678.943	309.32	12.076	956.789
2	6	3	12	12	36	36	3095.611	84743.102	291.107	9.404	588.494
2	7	3	14	14	42	27	3587.963	118531.345	344.284	9.596	604.752
2	8	3	16	16	48	27	4140.111	141842.795	376.62	9.097	554.073
2	9	3	18	18	54	18	4568.833	166170.971	407.641	8.922	512.873
2	10	3	20	20	60	18	5123.00	184913.412	430.016	8.394	462.284
3	1	4.5	2	3	9	144	775.396	17661.835	132.898	17.139	1962.426
3	2	4.5	4	6	18	72	1554.958	46910.379	216.588	13.929	1303.066
3	3	4.5	6	9	27	48	2323.688	86717.879	294.479	12.673	1070.591
3	4	4.5	8	12	36	36	3109.917	139362.822	373.313	12.004	967.797
3	5	4.5	10	15	45	24	3847.25	216973.587	465.804	12.107	964.327
3	6	4.5	12	18	54	24	4647.375	182913.288	427.864	9.203	564.547
3	7	4.5	14	21	63	18	5394.167	265443.794	515.212	9.551	601.913
3	8	4.5	16	24	72	18	6219.833	354423.912	595.335	9.572	615.319
3	9	4.5	18	27	81	12	6860.75	422573.659	650.057	9.475	579.662
3	10	4.5	20	30	90	12	7694.5	414413.364	643.749	8.366	460.459
3	11	4.5	22	33	99	12	8500.917	497961.356	705.664	8.301	457.265
3	12	4.5	24	36	108	12	9294.75	540092.386	734.910	7.907	416.738
4	1	6	2	4	12	96	1022.042	24464.861	156.412	15.304	1529.054
4	2	6	4	8	24	48	2049.813	62676.198	250.352	12.213	979.316
4	3	6	6	12	36	32	3066.125	122739.726	350.342	11.426	852.359
4	4	6	8	16	48	24	4097.417	184429.906	429.453	10.481	720.429

CUADRO No. 3

Continuación

FORMA DE LA PARCELA				TAMANO		No. DE PARCELAS W1 + 1	RENDIMIENTO PROMEDIO $\bar{X}$	VARIANZA S^2	DESVIACION ESTANDAR S	COEFICIENTE DE VARIACION C.V.	VARIANZA COMPARABLE Vx
En parcelas Ancho	En mts. Largo	En No. Ancho	En mts. Largo	En No. parc.	En mts. 2						
4	5	6	10	20	60	16	5063.938	319878.463	565.578	11.169	799.696
4	6	6	12	24	72	16	6132.25	245774.2	495.754	8.084	426.691
4	7	6	14	28	84	12	7102.833	377024.91	615.851	8.645	480.895
4	8	6	16	32	96	12	8194.833	429611.061	654.478	7.998	419.542
4	9	6	18	36	108	8	9017.125	447016.725	668.718	7.415	344.920
4	10	6	20	40	120	8	10127.875	512564.875	719.754	7.239	335.947
4	11	6	22	44	132	8	11199.875	589611.875	770.718	7.453	359.227
4	12	6	24	48	144	8	12264.50	632774.50	795.478	6.784	309.487
5	2	7.5	4	10	30	36	2537.222	64355.222	253.718	12.743	105.342
5	3	7.5	6	15	45	24	3797.667	284011.667	534.348	11.831	897.258
5	4	7.5	8	20	60	18	5064.5	333587.083	577.532	11.404	833.858
5	5	7.5	10	25	75	12	6252.333	512112.333	715.621	11.446	819.380
5	6	7.5	12	30	90	12	7595.333	421986.788	649.605	8.553	468.878
5	7	7.5	14	35	105	9	8773.000	607995.75	779.741	8.888	496.323
5	8	7.5	16	40	120	9	10129.0	732473.0	855.846	8.449	457.796
5	9	7.5	18	45	135	8	11117.167	612821.767	782.829	7.042	302.628
5	10	7.5	20	50	150	6	12504.667	742791.467	861.854	6.892	297.117
5	12	7.5	24	60	180	6	15190.667	1118886.267	1057.774	6.963	310.802
6	2	9	4	12	36	36	3109.917	117821.164	343.251	11.037	818.203
6	3	9	6	18	54	24	4647.375	243006.766	492.957	10.607	750.021
6	4	9	8	24	72	18	6219.833	379002.147	615.632	9.898	657.990
6	5	9	10	30	90	12	7694.5	604548.818	777.527	10.105	671.721
6	6	9	12	36	108	12	9294.75	487431.295	698.163	7.511	376.104
6	7	9	14	42	126	9	10788.333	764323.5	874.856	8.104	433.290
6	8	9	16	48	144	9	12439.667	1004823.25	1002.409	8.058	436.121
6	9	9	18	54	162	6	13554.833	1197369.367	1094.244	8.073	410.620
6	10	9	20	60	180	6	15389.00	1256400.001	1120.893	7.284	349.000
6	11	9	22	66	198	6	17001.833	1571701.367	1253.675	7.374	360.813
6	12	9	24	72	216	6	18589.5	1523955.899	1234.486	6.641	293.973
7	3	10.5	6	21	63	16	5316.125	380698.783	617.008	11.606	863.263
7	4	10.5	8	28	84	12	7082.833	505145.424	710.736	10.035	644.314
7	5	10.5	10	35	105	8	8728.00	749168.572	865.545	9.917	611.500
7	6	10.5	12	42	126	8	10632.25	650258.214	806.386	7.584	368.852
7	7	10.5	14	49	147	6	12261.333	955343.067	977.417	7.972	397.858
7	8	10.5	16	56	168	6	14162.667	1316498.667	1147.388	8.101	419.802
7	9	10.5	18	63	189	4	15517.75	1165754.917	1079.701	6.958	293.715
7	10	10.5	20	70	210	4	17456.00	1437610.0	1199.004	6.869	293.390
7	12	10.5	24	84	252	4	21264.5	2485979.7	1576.699	7.415	419.292
8	3	12	6	24	72	16	6132.25	425221.533	652.09	10.634	738.232
8	4	12	8	32	96	12	8194.833	679199.788	824.136	10.057	663.281
8	5	12	10	40	120	8	10127.875	1232778.126	1110.305	10.963	770.486
8	6	12	12	48	144	8	12264.5	911072.286	954.501	7.783	395.431
8	7	12	14	56	168	6	14205.0	1375977.999	1173.021	8.258	438.768
8	8	12	16	64	192	6	16389.667	1735231.868	1317.282	8.037	423.641
8	9	12	18	72	216	4	18034.25	1851333.046	1360.637	7.545	357.124
8	10	12	20	80	240	4	20055.25	2120000.000	1456.435	7.284	349.000

CUADRO No. 4

ESTADISTICOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DE MAIZ REALIZADO EN: CHIMALTENANGO PARA: LA VARIABLE RENDIMIENTO EXPRESADA EN Kgs.

FORMA DE LA PARCELA				TAMANO		No. DE PARCELAS	RENDIMIENTO PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION	VARIANZA COMPARABLE
En parcelas		En mts.		En No.	En						
Ancho	Largo	Ancho	Largo	parc.	Mts ²	W1 + 1	$\bar{x}$	s^2	S	C.V.	Vx
1	1	2	2	1	4	500	1.4819	0.1858	0.43109	29.09	0.185834
1	2	2	4	2	8	240	2.975	0.425	0.652	21.915	0.106266
1	3	2	6	3	12	160	4.473	0.719	0.848	18.957	0.079890
1	4	2	8	4	16	120	5.959	1.128	1.062	17.826	0.070524
1	5	2	10	5	20	100	7.394	1.358	1.165	15.763	0.054337
1	6	2	12	6	24	80	8.926	1.5375	1.2399	13.891	0.042707
1	7	2	14	7	28	60	10.556	1.3872	1.1778	11.158	0.028311
1	8	2	16	8	32	60	11.918	1.9164	1.384	11.616	0.029944
2	1	4	2	2	8	250	2.961	0.492	0.702	21.695	0.123064
2	2	4	4	4	16	120	6.005	1.194	1.093	18.200	0.074653
2	3	4	6	6	24	80	8.946	2.217	1.489	16.644	0.061584
2	4	4	8	8	32	60	11.918	3.302	1.817	15.247	0.051594
2	5	4	10	10	40	50	14.807	4.269	2.066	13.954	0.042690
2	6	4	12	12	48	40	17.882	4.516	2.125	11.884	0.031361
2	7	4	14	14	56	30	21.081	4.001	2.000	9.489	0.020414
2	8	4	16	16	64	30	23.913	5.1178	2.262	9.460	0.019992
3	1	6	2	3	12	150	4.466	0.828597	0.9103	20.382	0.092066
3	2	6	4	6	24	72	9.056	2.345	1.531	16.909	0.065134
3	3	6	6	9	36	48	13.524	4.167	2.041	15.094	0.051444
3	4	6	8	12	48	36	18.112	7.900	2.811	15.519	0.054865
3	5	6	10	15	60	30	22.329	8.034	2.834	12.694	0.035707
3	6	6	12	18	72	24	27.047	8.037	2.835	10.482	0.024807
3	7	6	14	21	84	18	31.895	7.926309	2.815	8.827	0.017973
3	8	6	16	24	96	18	36.225	10.796997	3.2859	9.071	0.018745
4	1	8	2	4	16	125	5.93	1.29520	1.138	19.192	0.08095
4	2	8	4	8	32	60	11.945	3.64683	1.9097	15.987	0.056982
4	3	8	6	12	48	40	17.918	6.672	2.602	14.524	0.047032
4	4	8	8	16	64	30	23.891	11.387	3.374	14.124	0.044478
4	5	8	10	20	80	25	29.654	12.272	3.503	11.813	0.030678
4	6	8	12	24	96	20	35.841	12.419	3.524	9.833	0.021563
4	7	8	14	28	112	15	43.232	10.944	3.108	7.834	0.013960
4	8	8	16	32	128	15	47.782	14.284	3.779	7.910	0.013950
4	9	8	18	36	144	19	54.488	17.884	4.2289	7.761	0.013799
4	10	8	20	40	160	10	60.708	31.489	5.611	9.243	0.019681
5	2	10	4	10	40	48	14.877	5.663	2.380	15.996	0.056631
5	3	10	6	15	60	32	22.368	11.412	3.378	15.103	0.050722
5	4	10	8	20	80	24	29.753	18.689	4.323	14.530	0.046723
5	5	10	10	25	100	20	37.069	21.119	4.596	12.397	0.033789
5	6	10	12	30	120	16	44.735	23.752	4.874	10.894	0.026391
5	8	10	16	40	160	12	59.506	28.4797	5.3366	8.968	0.017799
5	9	10	18	45	180	8	67.990	41.461	6.4390	9.471	0.020475
5	10	10	20	50	200	8	75.889	61.8643	7.865	10.364	0.024746
5	12	10	24	60	240	8	89.4705	92.782	9.6324	10.766	0.025773

CUADRO No. 5:

COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS DIMENSIONES Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA CON
CON EL CV DEL RENDIMIENTO EN EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI, REALIZADO EN EL PAPCE
LAMIENTO "LA MAQUINA"

ARREGLO	ANCHO (A)		LONGITUD (L)		AREA (K)	
	UNIDADES	METROS	UNIDADES	METROS	UNIDADES	METROS ²
1. Sin restric- ción (84 da- tos).	- 0.52277	-0.52277	-0.79360	-0.79360	-0.72983	-0.72983
2. A L (62 datos)	- 0.64842	-0.64842	-0.81419	-0.81419	-0.70259	-0.70259
3. Factorial 8 ² (58 datos)	-0.56140	-0.56140	-0.77344	-0.77344	-0.73845	-0.73845
4. 80 K y A L (29 datos)	-0.38480	-0.38480	-0.77029	-0.77029	-0.71812	-0.71812

CUADRO No. 6

COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL ENTRE LAS DIMENSIONES Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA CON
EL CV DEL RENDIMIENTO EN EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ REALIZADO EN CHIMALTENANGO.

ARREGLO	ANCHO (A)		LARGO (L)		AREA (K)	
	UNIDADES	METROS	UNIDADES	METROS	UNIDADES	METROS ²
1. Sin restric- ción (43 da- tos).	-0.42767	-0.42767	-0.83445	-0.83445	-0.69471	-0.69471
2. A L (34 datos)	-0.59343	-0.59343	-0.81058	-0.81058	-0.65355	-0.65355
3. Factorial 5 ² (24 datos)	-0.54781	-0.54781	-0.76644	-0.76644	-0.77215	-0.77215
4. 80 K y A L (21 datos)	-0.37709	-0.37709	-0.86448	-0.86448	-0.74612	-0.74612

CUADRO No. 7

ANALISIS DE REGRESION LOGARITMICA ENTRE EL TAMAÑO DE LA PARCELA Y EL COEFICIENTE DE VARIACION DEL RENDIMIENTO PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI REALIZADO EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA".

METODO DE MAXIMA CURVATURA, MODELO: $CV_j = B_0 X_j^{B_1} E_j$

ARREGLO	DIMENSIONAL DEL TAMAÑO	b_0	b_1	F_c	R^2	TAMAÑO OPTIMO		CV
						UNIDADES	METROS	
1	unidades	20.75921	-0.24915	514.868	0.86262	3.73	11.19	14.96
	metros	27.29490	-0.24915				4.64	18.62
2	unidades	19.88409	-0.24453	458.305	0.884424	3.56	10.68	14.57
	metros	26.01231	-0.24453				4.42	18.09
3	unidades	20.62925	-0.23839	315.530	0.84927	3.62	10.82	15.18
	metros	26.80558	-0.23839				4.47	18.76
4	unidades	20.91800	-0.26717	111.596	0.80519	3.89	11.67	14.55
	metros	28.05397	-0.26717				4.90	18.35
5	unidades	21.05483	321.679	0.92324		3.67	11.01	15.48
	metros	27.31238	-0.23685				4.52	19.10

CUADRO No. 8

ANALISIS DE REGRESION LOGARITMICA ENTRE EL TAMAÑO DE LA PARCELA Y EL COEFICIENTE DE VARIACION DEL RENDIMIENTO PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ, REALIZADO EN CHIMALTENANGO

METODO DE MAXIMA CURVATURA MODELO: $CV_j = B_0 X_j^{B_1} F_j$

ARREGLO	DIMENSIONAL DEL TAMAÑO	b_0	b_1	F_c	P^2	TAMAÑO OPTIMO		CV
						UNIDADES	METROS	
1	unidades básicas	26.86865	-0.29231	142.407	0.77645	4.93	19.71	16.86
	metros ²	40.29309	-0.29231				6.14	23.06
2	unidades básicas	25.38732	-0.28266	107.556	0.77070	4.65	18.59	16.44
	metros ²	37.56602	-0.28266				6.31	22.32
3	unidades básicas	26.18587	-0.23880	207.724	0.90423	4.39	17.57	18.39
	metros ²	36.46198	-0.23880				5.74	24.02
4	unidades básicas	27.04170	-0.31349	61.757	0.76473	5.09	20.36	16.24
	metros ²	41.76088	-0.31349				7.09	22.60
5	unidades básicas	27.12105	-0.27141	213.10	0.92668	4.81	19.23	17.71
	metros	39.50985	-0.27141				6.46	23.81

CUADRO No. 9

ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE LOGARITMICA ENTRE EL ANCHO Y EL LARGO DE LAS PARCELAS CON EL COEFICIENTE DE VARIACION DEL RENDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DE AJONJOLI EN EL PARCELAJE "LA MAQUINA".

METODO MAXIMA CURVATURA BIVARIADA MODELO: $CV_{ij} = B_0 A_1^{B_1} L_j^{B_2} E_{ij}$

ARRE- GLO	DIMENSIONAL	b_0	b_1	b_2	P^2	F_c	OPTIMOS			A CV
							ANCHO	LARGO	SUPERFICIE	
1	Unidades	21.50961	-0.16743	-0.33280	0.9242	493.812	2.01701	4.01042	8.08907	12.05
	metros	28.99345	-0.16743	-0.33280	0.9242	493.812	2.46119	4.89329	12.04333	14.70
2	Unidades	22.79360	-0.16234	-0.36575	0.93183	403.217	1.93976	4.36403	8.46517	11.94
	metros	31.36700	-0.16234	-0.36575	0.93183	403.217	2.38935	5.37373	12.83972	14.72
3	Unidades	21.39412	-0.17239	-0.32190	0.90591	264.167	2.09392	3.90992	8.18706	12.15
	metros	28.69516	-0.17239	-0.32190	0.90591	264.167	2.54915	4.75135	12.1119	14.80
4	Unidades	23.16772	-0.16018	-0.37364	0.91161	134.079	1.91233	4.46072	8.53037	11.94
	metros	32.03055	-0.16018	-0.37364	0.91161	134.079	2.36267	5.51121	13.02117	14.75

CUADRO No. 10

ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE LOGARITMICA ENTRE EL ANCHO Y EL LARGO DE LAS PARCELAS CON EL COEFICIENTE DE VARIACION DEL RENDIMIENTO, PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD DE MAIZ REALIZADO EN CHIMALTENANGO.

METODO: MAXIMA CURVATURA BIVARIADA MODELO: $CV_{ij} = B_0 A_1^{B_1} L_j^{B_2} E_{ij}$

ARRE- GLO	DIMENSIONAL	b_0	b_1	b_2	R^2	F_c	OPTIMOS			CV
							ANCHO	LARGO	SUPERFICIE	
1	Unidades	27.23683	-0.15400	-0.39602	0.86553	128.737	1.98116	5.09462	10.0934	12.85
	metros	39.87781	-0.15400	-0.39602	0.86553	128.737	2.53361	6.51535	16.50736	16.45
2	Unidades	29.69296	-0.13338	-0.45708	0.85405	90.702	1.34529	9.71706	13.07226	10.09
	metros	44.70968	-0.13338	-0.45708	0.85405	90.702	2.15708	7.39203	15.94520	16.17
3	Unidades	26.35533	-0.18732	-0.29367	0.94176	169.800	2.68971	4.21488	11.33259	14.35
	metros	36.79861	-0.18732	-0.29367	0.94176	169.800	3.36919	5.28048	17.79565	17.98
4	Unidades	30.99924	-0.14558	-0.47564	0.92384	109.177	1.78953	5.85084	10.47026	12.30
	metros	47.65703	-0.14558	-0.47564	0.92384	109.177	2.33378	7.62446	17.7938	16.03

CUADRO No. 11

COEFICIENTES DE HETEROGENEIDAD DE SMITH (b), OBTENIDOS MEDIANTE REGRESION LOGARITMICA ENTRE EL TAMARO DE LA PARCELA EN NUMERO DE UNIDADES Y LA VARIANZA COMPARADA (Vx) PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI, REALIZADO EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA",

$$\text{MODELO: } Vx = \frac{v_1}{x^b}$$

ARREGLO	v_1	b	F_c	R^2
1	8.06697	0.53234	329.629	0.80079
2	8.02075	0.53247	223.832	0.78861
3	8.08323	0.52185	185.698	0.76831
4	8.17460	0.60174	46.736	0.63383

CUADRO No. 12:

COEFICIENTES DE HETEROGENEIDAD DE SMITH (b) OBTENIDOS MEDIANTE REGRESION LOGARITMICA ENTRE EL TAMARO DE LA PARCELA EN NUMERO DE UNIDADES Y LA VARIANZA COMPARADA (Vx) PARA EL ENSAYO EN BLANCO DE MAIZ REALIZADO EN CHIMALTERANGO.

$$\text{MODELO: } Vx = v_1/x^b$$

Arreglo	v_1	b	F_c	R^2
1	0.15860	0.57747	142.63	0.77696
2	0.14172	0.55622	107.57	0.77072
3	0.15167	0.47555	200.82	0.90127
4	0.16136	0.62214	61.69	0.76452

CUADRO No. 13:

COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE HETEROGENEIDAD DE SMITH
CALCULADOS CON LA CORRECCION DE HATHIWAY Y SIN ELLA.

CULTIVO	ARREGLO	b		DIFERENCIA
		CORREGIDO	SIN CORREGIR	
AJONJOLI	1	0.57434	0.53234	0.04200
	2	0.59374	0.53247	0.06127
	3	0.56338	0.52185	0.04153
	4	0.59538	0.60174	-0.00636
	5	0.53465	0.45870	0.07595
MAIZ	1	0.63225	0.57747	0.05478
	2	0.65731	0.55822	0.09909
	3	0.55419	0.47555	0.07964
	4	0.68046	0.62214	0.05932
	5	0.59067	0.54043	0.05024

CUADRO No. 14:

COSTOS PORCENTUALES DEL ENSAYO EN BLANCO DE AJONJOLI,
REALIZADO EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA.

LABOR	Proporcional al area	
	K ₂	TOTAL
Preparación del Suelo	5	5
Preparación del Material	2	5
Siembra	10	10
Limpieza	5	5
Cosecha y aporreo	10	25
Pesaje y anotaciones	3	10
Análisis estadístico	0	30
Otros gastos	5	10
Porcentaje Total	40	100

CUADRO No. 15:

TAMAROS OPTIMOS DE PARCELA OBTENIDOS PARA ADOCOLO, POR EL METODO DE SMITH, PARA DIFERENTES COMBINACIONES DE COSTOS.

K ₁	K ₂	Tamaño Óptimo	
		Unidades lésicas	Metros ²
60	40	2.20718	6.62155
65	35	2.73270	8.19910
68	32	3.12584	9.38052
70	30	3.43339	10.30018
72	28	3.78374	11.35122
75	25	4.41436	13.24309

CUADRO No. 16:

TAMAROS OPTIMOS DE PARCELA OBTENIDOS PARA MAIT, POR EL METODO DE SMITH, PARA DIFERENTES COMBINACIONES DE COSTOS.

K ₁	K ₂	TAMARO OPTIMO	
		Unidades lésicas	Metros ²
60	40	3.15425	12.77699
65	35	3.95478	15.81913
68	32	4.52518	18.10074
70	30	4.86983	19.87532
72	28	5.47585	21.90341
75	25	6.38950	25.55398

NUMERO DE TRATAMIENTOS

r	d	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	10	84574.65	3304.71	1407.09	963.90	780.76	681.98	620.99	579.78	549.96	527.92	510.94	497.15	485.0	476.09	467.56	461.38
	15	21652.79	846.45	360.41	246.99	199.98	174.56	159.06	148.50	140.94	135.19	130.97	127.34	124.29	121.94	119.79	118.18
	20	9241.78	322.05	137.12	93.93	76.09	66.45	60.52	56.60	53.59	51.43	49.79	48.45	47.29	46.39	45.57	44.95
	25	3897.78	152.19	64.80	44.40	35.95	31.40	28.60	26.70	25.32	24.31	23.53	22.99	22.34	21.92	21.54	21.25
3	10	1672.50	487.53	345.10	293.43	267.13	251.51	240.95	233.51	227.77	223.43	219.99	217.11	214.99	212.54	210.95	188.76
	15	428.40	124.95	88.39	75.16	68.42	64.45	61.72	59.81	58.34	57.23	56.32	55.61	55.04	54.46	54.03	48.35
	20	162.99	47.55	33.63	28.59	26.03	24.52	23.49	22.76	22.20	21.77	21.43	21.16	20.94	20.72	20.56	18.39
	25	77.01	22.47	15.89	13.51	12.30	11.60	11.10	10.75	10.50	10.30	10.13	10.00	9.90	9.79	9.71	8.69
4	10	439.23	212.95	171.55	155.19	145.99	140.49	136.72	133.92	131.79	130.11	116.43	116.43	116.42			
	15	112.50	54.51	43.96	39.75	37.39	35.99	35.02	34.30	33.76	33.33	29.82	29.82	29.82			
	20	42.79	20.73	16.73	15.12	14.23	13.69	13.32	13.05	12.84	12.68	11.35	11.35	11.35			
	25	20.22	9.81	7.90	7.15	6.72	6.47	6.30	6.17	6.07	5.99	5.36	5.36	5.36			
5	10	206.95	124.41	106.59	99.01	94.74	92.06	90.15	80.04	80.04	80.04						
	15	52.95	31.85	27.33	25.35	24.26	23.58	23.09	20.50	20.50	20.50						
	20	20.15	12.12	10.40	9.65	9.23	8.97	8.70	7.80	7.80	7.80						
	25	9.54	5.73	4.91	4.56	4.36	4.24	4.15	3.69	3.69	3.69						
6	10	123.51	83.40	73.90	69.75	67.40	71.89	58.92	58.92	58.92							
	15	31.65	21.36	18.92	17.85	17.25	18.41	15.09	15.09	15.09							
	20	12.03	8.13	7.20	6.80	6.57	7.01	5.74	5.74	5.74							
	25	5.70	3.84	3.40	3.21	3.10	3.31	2.71	2.71	2.71							
7	10	83.15	60.63	54.89	52.31	50.83	45.49	45.49	45.49								
	15	21.30	15.54	14.06	13.40	13.02	11.65	11.65	11.65								
	20	8.10	5.91	5.35	5.10	4.95	4.43	4.43	4.43								
	25	3.81	2.79	2.53	2.41	2.34	2.09	2.09	2.09								
8	10	60.51	46.39	42.69	40.94	36.35	36.35	36.35									
	15	15.51	11.89	10.93	10.50	9.31	9.31	9.31									
	20	5.91	4.52	4.16	3.99	3.54	3.54	3.54									
	25	2.79	2.14	1.97	1.89	1.67	1.67	1.67									

TAMANOS DE PARCELA CALCULADOS PARA MAIZ POR EL METODO DE BATHURAY, CONSIDERANDO DIFERENTE NUMERO DE TRATAMIENTOS, REPETICIONES Y DIFERENCIAS A DETECTAR.

NUMERO DE TRATAMIENTOS																	
r	d	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	10	31316.04	1835.55	869.50	624.49	519.14	461.31	425.06	400.26	382.14	368.71	358.37	349.99	342.52	336.99	331.56	327.76
	15	9510.46	557.36	264.06	189.55	157.72	140.10	129.09	121.56	116.05	111.97	108.93	106.26	104.02	102.31	100.72	99.54
	20	4083.03	239.30	113.37	81.42	67.71	60.15	55.42	52.20	49.82	48.07	46.72	46.62	44.66	43.92	43.24	42.73
	25	2119.07	124.19	58.84	42.26	35.14	31.22	28.75	27.10	25.86	24.95	24.25	23.68	23.18	22.80	22.44	22.18
3	10	1011.43	344.15	254.22	220.58	203.19	192.92	185.55	180.52	176.74	173.78	171.38	169.48	167.96	166.42	165.26	149.95
	15	397.16	104.51	77.21	66.99	61.71	58.56	56.39	54.85	53.67	52.78	52.05	51.46	51.00	50.54	50.20	45.54
	20	131.97	44.87	33.15	28.75	26.49	25.14	24.21	23.55	23.04	22.66	22.34	22.10	21.90	21.70	21.55	19.55
	25	68.44	23.30	17.20	14.93	13.75	13.05	12.55	12.22	11.96	11.76	11.60	11.46	11.36	11.25	11.19	10.15
4	10	313.95	166.57	137.99	126.34	119.76	115.90	113.08	111.05	109.50	108.28	98.25	98.25	98.25			
	15	95.35	50.60	41.91	38.36	36.36	35.16	34.34	33.72	33.25	32.89	29.84	29.84	29.84			
	20	40.93	21.72	17.99	16.47	15.61	15.10	14.74	14.48	14.29	14.12	12.81	12.81	12.81			
	25	21.24	11.27	9.34	8.55	8.10	7.84	7.65	7.51	7.41	7.33	6.65	6.65	6.65			
5	10	162.45	104.12	91.02	85.25	82.03	80.01	78.56	70.78	70.78	70.78						
	15	49.33	31.62	27.64	25.89	24.91	24.29	23.86	21.50	21.50	21.50						
	20	21.19	13.58	11.86	11.12	10.70	10.43	10.24	9.23	9.23	9.23						
	25	10.99	7.05	6.16	5.77	5.55	5.41	5.32	4.79	4.79	4.79						
6	10	103.46	73.36	66.00	62.75	60.90	59.67	54.14	54.14	54.14							
	15	31.42	22.29	20.04	19.06	18.49	18.12	16.44	16.44	16.44							
	20	13.43	9.57	8.60	8.18	7.94	7.78	7.06	7.06	7.06							
	25	7.00	4.96	4.47	4.25	4.12	4.04	3.66	3.66	3.66							
7	10	73.20	55.51	50.89	48.79	47.58	43.16	43.16	43.16								
	15	22.23	16.86	15.45	14.82	14.45	13.11	13.11	13.11								
	20	9.54	7.24	6.63	6.36	6.20	5.63	5.63	5.63								
	25	4.95	3.76	3.44	3.30	3.22	2.92	2.92	2.92								
8	10	55.42	43.92	40.83	39.37	35.48	35.43	35.48									
	15	16.83	13.34	12.40	11.96	10.77	10.77	10.77									
	20	7.22	5.73	5.32	5.13	4.63	4.63	4.63									
	25	3.75	2.97	2.76	2.66	2.40	2.40	2.40									

19

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE PARA LOS MODELOS PROPUESTOS, CORRESPONDIENTE AL ENSAYO EN BLANCO DE AEROSOL, REALIZADO EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA".

METODO: "REGRESION MULTIPLE"

APRE- GLO	DIMENSIONAL	INTERCEPTO b_0	ANCHO LINEAL b_1	LARGO LINEAL b_2	ANCHO CUADRATICO b_3	LARGO CUADRATICO b_4	INTERACCION b_5	R^2	F_c				
1	Unidades	13.82949			-0.05217	-0.04548		0.61469	64.610				
	metros	13.82949			-0.02319	-0.01147		0.61469	64.610				
2	Unidades	13.37883			-0.04732	-0.04203		0.58438	41.478				
	metros	13.37883			-0.02103	-0.01051		0.58438	41.478				
3	Unidades	15.28757			-0.06291	-0.09473		0.65676	52.619				
	metros	15.28757			-0.02796	-0.02368		0.65676	52.619				
4	Unidades	16.23202			-0.23430	-0.08169		0.61179	20.487				
	metros	16.23202			-0.10414	-0.02042		0.61179	20.487				
1	Unidades	13.82337			-0.05123	-0.04544	-0.00132	0.61470	42.543				
	metros	13.82337			-0.02277	-0.01136	-0.00044	0.61470	42.543				
2	Unidades	13.39563			-0.05547	-0.04413	0.00870	0.58450	27.197				
	metros	13.39563			-0.02465	-0.01103	0.00290	0.58450	27.197				
3	Unidades	15.26325			-0.05816	-0.09138	-0.00838	0.65692	34.466				
	metros	15.26325			-0.02585	-0.02285	-0.00279	0.65692	34.466				
4	Unidades	16.46231			0.06347	-0.04012	-0.29589	0.66809	16.774				
	metros	16.46231			0.02821	-0.01003	-0.09863	0.66809	16.774				
										O P T I M O S			
										ANCHO	LARGO	SUPERFICIE	$\hat{CV}$
1	Unidades	20.28097	-1.32439	-122973			0.12348	0.84217	142.288	4.13909	4.55921	18.85640	13.20487
	metros	20.28097	-0.88293	-0.61486			0.04116	0.84217	142.288	3.82896	4.66922	17.87826	19.87568
2	Unidades	21.48139	-2.11113	-1.32348			0.19969	0.86996	129.343	3.40189	5.69860	19.3765	11.60136
	metros	21.48139	-1.40742	-0.66174			0.06623	0.86996	129.343	3.32415	7.91761	26.31931	16.82646
3	Unidades	21.65819	-1.43840	-1.63167			0.16498	0.84788	100.331	4.75162	3.84995	18.29348	13.49007
	metros	21.65819	-0.95893	-0.81583			0.05499	0.84788	100.331	5.58422	3.78094	21.11359	19.36869
4	Unidades	22.23030	-2.37278	-1.41407			0.22096	0.79748	32.815	4.01491	6.26726	25.16249	10.04810
	metros	22.23030	-1.58186	-0.70703			0.07365	0.79748	32.815	3.17235	7.67716	24.35464	17.33410
1	Unidades	22.37985	-1.85094	-1.97111	0.14999	0.09737		0.90476	187.614	2.9648	6.34273	18.80492	9.79219
	metros	22.37985	-1.23396	-0.98555	0.06666	0.02433		0.90476	187.614	4.14601	7.80012	32.33939	14.79410
2	Unidades	23.33410	-1.64831	-2.30053	0.14281	0.11249		0.91837	160.322	2.66792	6.75920	18.033	9.51902
	metros	23.33410	-1.09888	-1.15026	0.06347	0.02812		0.91837	160.322	3.49444	9.32954	32.60151	14.04210
3	Unidades	25.96979	-3.19411	-2.81555	0.45673	0.15701		0.90135	54.820	2.53832	7.07027	17.9466	9.2345
	metros	25.96979	-2.12941	-1.40778	0.20299	0.03925		0.90135	54.820	3.64259	9.35747	34.0854	13.83669
1	Unidades	23.20400	-2.06892	-2.02560	0.12962	0.08042	0.06244	0.91991	179.191	2.37658	7.4908	17.80245	9.17265
	metros	23.20400	-1.37928	-1.01280	0.05716	0.02021	0.02081	0.91991	179.191	4.16272	8.64357	35.98076	14.36907
2	Unidades	23.35650	-1.74532	-2.24420	0.13093	0.10331	0.02354	0.91896	127.004	2.75875	6.97525	17.8479	9.16966
	metros	23.35650	-1.16355	-1.12210	0.05819	0.02583	0.00785	0.91896	127.004	3.58167	9.37819	33.58957	14.07752
3	Unidades	24.68375	-2.30739	-2.61781	0.13619	0.12579	0.10727	0.90933	104.300	2.66595	4.41579	11.77227	13.41329
	metros	24.68375	-1.53860	-1.30891	0.06053	0.03145	0.03576	0.90933	104.300	4.34459	6.81287	29.68603	15.69573
4	Unidades	28.34362	-4.85845	-3.18015	0.51633	0.15190	0.26003	0.92143	53.945	1.99888	6.73853	13.46952	10.62427
	metros	28.34362	-3.23496	-1.59007	0.22948	0.03798	0.04654	0.92143	53.945	3.80483	8.68526	33.04595	14.36692
5	Unidades	27.03476	-2.17226	-1.66871	0.0903	0.04561	0.07784	0.92313	55.240	4.22202	7.50119	31.67017	15.07376

CUADRO NO. 20

ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE PARA LOS MODELOS PROPUESTOS, CORRESPONDIENTE AL ENSAYO EN BIANCO DE MAIL, REALIZADO EN CHIMALTENANGO.

MÉTODO: "REGRESIÓN MÚLTIPLE"

APRE- SIO	DIMENSION	INTER- CEPTO b_0	ANCHO LINEAL b_1	LARGO LINEAL b_2	ANCHO CUADRATICO b_3	LARGO CUADRATICO b_4	INTER- ACCION b_5	R^2	F_c				
1	Unidades	18.12108			-0.90468	-0.09328		0.53746	23.239				
	metros	18.12108			-0.02367	-0.02332		0.53746	23.239				
2	Unidades	17.33111			-0.12405	-0.07529		0.48769	14.755				
	metros	17.33111			-0.03101	-0.01882		0.48769	14.755				
3	Unidades	22.43614			-0.20421	-0.29876		0.70023	24.527				
	metros	22.43614			-0.05105	-0.07469		0.70023	24.527				
4	Unidades	22.07972			-0.4079	-0.19931		0.76999	30.129				
	metros	22.07972			-0.10198	-0.04983		0.76999	30.129				
1	Unidades	18.05671			-0.07553	-0.08577	-0.02438	0.53775	15.123				
	metros	18.05671			-0.01888	-0.02144	-0.0061	0.53775	15.123				
2	Unidades	17.82365			-0.40849	-0.14305	0.27661	0.50483	10.195				
	metros	17.82365			-0.10212	-0.03576	0.06915	0.50483	10.195				
3	Unidades	22.42535			-0.20026	-0.29551	-0.00736	0.70025	15.574				
	metros	22.42535			-0.05907	-0.07388	-0.00184	0.70025	15.574				
										OPTIMOS			
										ANCHO	LARGO	SUPERFICIE	$\hat{CV}$
1	Unidades	30.38391	-3.04992	-2.86098			0.44972	0.98105	96.294	1.86046	2.62707	4.88757	15.19
	metros	30.38391	-1.52496	-1.43049			0.11243	0.88175	96.294	-9.35714	-2.84427	26.61424	31.39
2	Unidades	31.85030	-4.27553	-2.95537			0.57479	0.90489	95.14	1.62306	5.59228	9.10459	12.45
	metros	31.85030	-2.13776	-1.47768			0.14379	0.90489	95.14	-5.10735	6.15159	-31.41834	22.52
3	Unidades	31.42773	-2.96482	-3.42499			0.51035	0.87753	47.766	3.82877	2.65729	10.17414	13.49
	metros	31.42773	-1.48241	-1.71249			0.12759	0.87753	47.766	-3.34915	-0.74686		
4	Unidades	30.69043	-3.58042	-2.65306			0.41173	0.90249	52.446	1.87396	6.21280	11.64253	11.57
	metros	30.69043	-1.79021	-1.32653			0.19293	0.90249	52.446	-3.97787	7.90034		
1	Unidades	32.26338	-4.32443	-3.59684	0.56065	0.20471		0.93853	145.036	2.83666	4.9867	14.14557	10.93
	metros	32.26338	-2.16221	-1.79842	0.14016	0.05118		0.93853	145.036	1.75488	-0.29696		
2	Unidades	33.71954	-3.89789	-4.22752	0.54310	0.23875		0.95598	157.447	2.26983	5.78065	13.12109	10.79
	metros	33.71954	-1.94895	-2.11376	0.13578	0.05969		0.95598	157.447	0.77995	2.67176	2.08384	
4	Unidades	33.95727	-4.54035	-4.05489	0.69738	0.21959		0.94048	63.206	2.40198	5.78164	13.89738	9.90
	metros	33.95727	-2.27017	-2.02745	0.17435	0.05490		0.94048	63.206	2.78194	5.19465	14.45120	15.35
1	Unidades	34.09524	-5.04233	-3.73715	0.50005	0.14743	0.22234	0.96053	180.098	2.88579	5.23029	15.09352	10.85
	metros	34.09524	-2.52117	-1.86857	0.12501	0.03686	0.05558	0.96053	180.098	3.59439	-1.51998		
2	Unidades	33.93107	-4.26744	-4.07434	0.49574	0.20114	0.10487	0.95774	126.917	2.32942	5.75629	13.40882	10.82
	metros	33.93107	-2.13372	-2.03717	0.12394	0.05029	0.02622	0.95774	126.917	1.25882	2.17225	2.73447	19.70
3	Unidades	36.91251	-2.57222	-5.61677	0.51074	0.40339	0.39608	0.94738	64.812	2.72711	5.26782	14.35592	10.64
	metros	36.91251	-2.78611	-2.80839	0.12769	0.19085	0.09902	0.94738	64.812	3.60564	2.85181	10.2926	16.81
4	Unidades	36.25440	-6.32619	-4.43277	0.72756	0.20150	0.25877	0.95006	57.076	2.45957	5.07076	12.47189	10.54
	metros	36.25440	-3.16310	-2.21638	0.18189	0.05038	0.08969	0.95006	57.076	4.34479	2.81021	12.20977	17.61
5	Unidades	35.62314	-2.50695	-2.45197	0.12057	0.07483	0.06317	0.94147	41.823	5.26931	2.83433	14.93496	14.89

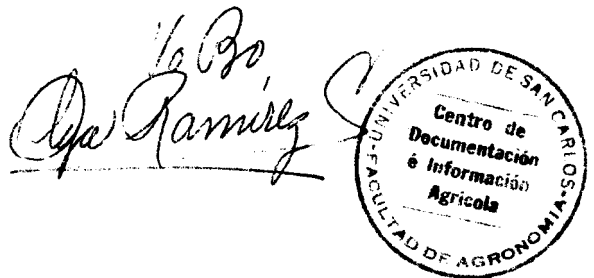
X. BIBLIOGRAFIA

1. AMEZQUITA, M. C. y MUÑOZ, J. F. Manual estadístico para la experimentación en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia, CIAT, Unidad de Biometría, 1979. p. irr.
2. ARNON, I. Organización y administración de la investigación agrícola. Trad. por Carlos J. Molestina y Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1978. 433 p.
3. AVILES RAMIREZ, F. I. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en maíz (Zea mays). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1971. 28 p.
4. BAENA, D. et al. Estudio de la heterogeneidad del suelo, del tamaño y forma de la parcela y del número de repeticiones óptimas en ensayos de uniformidad en frijol (Phaseolus vulgaris L.). In Reunión anual del P.C.C.M. A., 23a, Panamá, 21-24 de marzo, 1977. Cali, Colombia, CIAT, Unidad de Biometría, 1977. 24 p.
5. BARRIENTOS GARCIA, M. La matriz experimental Plan-Puebla para la determinación de dosis óptimas económicas de capital ilimitado y dosis óptimas económicas de capital limitado en experimentos agrícolas. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1980. 36 p.
6. CASANOVA A., A. Tamaño óptimo de parcela experimental, Chapingo, México, Colegio de Posgraduados, 1977. 15 p. (seminario).

7. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Diseños experimentales. Trad. por el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Posgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura. México, Trillas, 1980. 661 p.
8. CORRALES RODRIGUEZ? D. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en ensayos de sorgo (Shorgum vulgare Pers). Tesis Ing. Agr. Mangua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1971. 33 p.
9. CHACIN LUGO, F. Tamaño de parcela experimental y su forma. Revista de la Facultad de Agronomía, (Maracay, Universidad Central de Venezuela) 9 (3): 55-74. 1977.
10. FRANCO D., J. E. Uso de las superficies de respuesta en el cálculo del tamaño óptimo de la parcela experimental; un ensayo metodológico. Revista ICA (Colombia 12(3): 325-341. 1977.
11. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E IDROLOGIA, Sección de Climatología. Datos meteorológicos año 1978. Guatemala, 1981 360 p.
12. _____: INSTITUTO NACIONAL DE TRANSFORMACION AGRARIA. OFICINA DE ESTADISTICA. Recursos Naturales de las zonas de desarrollo. Publicación No. 2 OE/1 I/A.H., 1971. 83 p.
13. HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. Agronomy Journal 53(4): 279-280. 1964.
14. _____, and WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. Journal of the Biometric Society 14 (2): 207-22. 1958.

15. KOCH, E. J. and RIGNEY, J. A. A method of estimating optimum plot size from experimental data. *Agronomy Journal* 43 (1): 17-21. 1951.
16. LITTLE, T. M. y HILLS, F. J. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. por Anatólio de Paula Crespo. 2a. ed. México, Trillas 1979. 270 p.
17. LOMA, J. L. de la. Experimentación agrícola. 2a. ed. México, UTEHA, 1966. 433 p.
18. MARQUEZ SANCHEZ, F. Tamaño de muestra para representar poblaciones de maíz. *Agrociencia (México)* no. 8: 163-177. 1972. (Serie B).
19. MENDEZ R., I. Determinación de las funciones de tendencia y su comparación con bloques en los ensayos de uniformidad. *Agrociencia (México)* no. 6: 17-28. 1971. (Serie A).
20. MUÑOZ OROZCO, A. Tamaño de la parcela, diseño y uso de los factoriales en la experimentación agrícola. México, Campo agrícola experimental de Chapingo, CIAMEC. 38 p. (fotocopias).
21. OSTLE, B. Estadística aplicada. Trad. por Dagoverto de la Serna Valdivia. México, Limusa, 1979. 629 p.
22. PABLOS HACH, F. L. y CASTILLO MORALES, A. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. *Agrociencia (México)* no. 23: 39-48. 1976.

23. PALENCIA ORTIZ, J. A. Determinación del tamaño óptimo de parcela para estudios experimentales en caña de azúcar (Saccharum officinarum) bajo las condiciones de la estación experimental "Sabana Grande". Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1965. 34 p.
24. REYES CASTAÑEDA, P. Diseño de experimentos aplicados. 2a. ed. México, Trillas, 1980. 344 p.
25. SIMMONS, C., TARANO, J. y PINTO, J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.





FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	_____
Asunto	_____

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O

