

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA, NICARAGUA, C. A.

**DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA UNIDAD
EXPERIMENTAL EN AJONJOLI (*Sesamum spp.*)**

JUAN FRANCISCO DELGADILLO LOPEZ

T E S I S

1973

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA NICARAGUA C. A.

DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA UNIDAD
EXPERIMENTAL EN AJONJOLI (*Sesamun spp.*)

POR

JUAN FRANCISCO DELGADILLO LOPEZ

TESIS

1973

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA, NICARAGUA, C. A.

DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE LA UNIDAD
EXPERIMENTAL EN AJONJOLI (Sesamun spp.)

POR

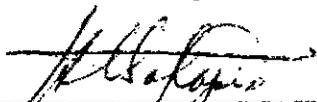
JUAN FRANCISCO DELGADILLO LOPEZ

TESIS

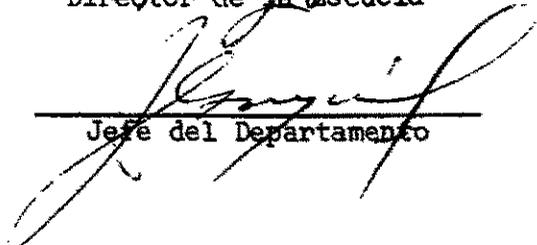
Presentada como requisito parcial para obtener
el grado profesional de Ingeniero Agrónomo.

APROBADA:

Asesor Principal



Director de la Escuela



Jefe del Departamento

Fecha

Fecha

Fecha

1973

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico:

A mis Padres:

Armando Delgadillo Ibarra y Yolanda López de Delgadillo,
por haberme dado el ser y proporcionarme los bienes necesarios para una preparación cultural y espiritual que hoy en día me han hecho útil a la Patria.

A mi Esposa:

Maritza Yolanda Escobar Silva,
por darme el estímulo para lograr la meta de mis aspiraciones.

A mis Hijos:

Juan Martín Delgadillo E.
María Auxiliadora Delgadillo E.

A mis Hermanos:

Armando José
Flor de María
Yolanda del Socorro
Noel Ernesto
María Teresa

A todos mis Familiares.

A mis Compañeros de la ENAG.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente al Ingeniero Noel Zúñiga por su colaboración desinteresada como Asesor Principal en el Desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Humberto Tapia, por ser mi guía en mi formación Profesional.

A todos mis Profesores que de una manera u otra lograron cumplir su cometido en mi Educación Profesional.

A los Directores de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería durante mi permanencia como Alumno:

Agr. Orlando Lindo.

Ing. Gustavo Jarquín.

Ing. Noel Somarriba

CONTENIDO

SECCION	Página
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VIII
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	3
III REVISION DE LITERATURA	4
IV MATERIALES Y METODOS	14
V RESULTADOS	20
VI DISCUSION	31
VII CONCLUSIONES	34
VIII RESUMEN	35
IX LITERATURA CITADA	37

INDICE DE CUADROS

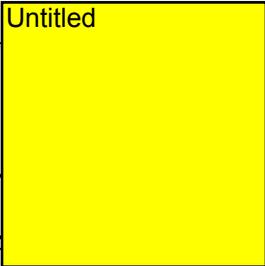
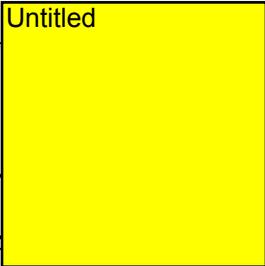
CUADRO		Página
1	Precipitación Pluvial del año 1969, en la zona en que se sembró el experimento, La Calera, Managua	14
2	Tamaños de Parcelas Estudiadas	16
3	Análisis de Varianza General	18
4	Análisis de Varianza	20
5	Rendimiento de semilla de ajonjolí en gramos de las unidades básicas individuales	22
6	Rendimiento de semilla de ajonjolí en gramos de las parcelas formadas por tres surcos de cinco - metros de longitud	23
7	Rendimiento de semilla de ajonjolí en gramos de las parcelas formadas por tres surcos de 10 metros de longitud	24
8	Rendimiento en gramos de las parcelas formadas por seis surcos de 10 metros de longitud	24

CUADRO		Página
9	Rendimiento de semilla de ajonjolí en gramos de las parcelas formadas por seis surcos de 20 metros de longitud	25
10	Rendimiento de semilla de ajonjolí en gramos de las parcelas formadas por 12 surcos de 40 metros de longitud	25
11	Notación logarítmica de los valores de tamaños de parcela y varianza por parcela para el cálculo del coeficiente de regresión " η "	26
12	Costos Variables K_1 (en función del área) de una parcela experimental de Ajonjolí. Costos fijos K_2 de una parcela experimental de Ajonjolí.....	28

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 Relación logarítmica entre varianza por parcela y tamaño de parcela	30

INTRODUCCION

Desde hace muchos siglos el hombre ha cultivado la tierra con el fin de obtener sus alimentos, pero debido a muchos factores naturales incontrolables por el mismo; éste ha tenido que mejorar sus cultivos, para lo cual  por simples observaciones y experimentos empíricos  mediante la investigación hecha a través de la observación y experimentación, que se está alcanzando un claro entendimiento de la naturaleza y sus problemas. Esto es un paso esencial para lograr las soluciones que se buscan.

Los problemas de la producción Agropecuaria de un país pueden ser resueltos por medio de las observaciones y experimentación; pero la experimentación Agropecuaria se conduce todavía en muchas estaciones experimentales en forma empírica, siendo necesario que esta actividad se desarrolle y tecnifique a fin de que constituya un instrumento eficaz y económico para el progreso.

Los países que están actualmente a la cabeza del mundo, dedican mucha atención e invierten cada año mayores sumas de dinero para estos trabajos, porque reconocen que es la experimentación - la que da el avance técnico y económico y a ello se deben los grandes progresos alcanzados en los últimos tiempos.

En algunos países Latinoamericanos no hay todavía suficiente - conciencia de lo que es la investigación Agropecuaria, lo que - la ha hecho perder su importancia pero en repetidas ocasiones - se ha notado su ausencia por tener un medio de desarrollo con - condiciones tan variados de clima; suelo y cultivos.

La tendencia actual en la experimentación es la de disminuir el área de las parcelas y aumentar el número de repeticiones para cada tratamiento con el fin de disminuir el error experimental.

Por lo tanto, es preciso conocer el tamaño óptimo de la parcela experimental para que en los experimentos futuros muestren errores experimentales mínimos y que los resultados de la experimentación sean eficientes.

El tamaño óptimo de la parcela experimental se obtiene de la relación que existe entre el coeficiente de correlación 'b', que mide el grado de asociación entre parcelas adyacentes y los costos de la experimentación.

Este trabajo se efectuó en los campos experimentales de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería (Managua), en el período comprendido entre el 25 de Agosto al 28 de Diciembre de 1969.

OBJETIVOS

Determinar el tamaño óptimo de la unidad experimental para ensayos con el cultivo del Ajonjolí (*Sesamum spp.*)

REVISION DE LITERATURA

En la determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental hay que tomar en cuenta un buen número de factores siendo los principales los siguientes: Cultivos; número de tratamientos en estudio; cantidad de semillas disponibles; uso de maquinaria agrícola; naturaleza del estudio; área del campo disponible; costo, tiempo y mano de obra (5).

La precisión de los experimentos depende de: La variabilidad inherente del material estudiado; de los recursos disponibles; y del tamaño y forma de la parcela (19).

En general si en un experimento se aumenta el tamaño de las parcelas, ésto tiende a disminuir la diferencia de fertilidad entre parcelas vecinas, pero por el contrario tiende a aumentar esta diferencia entre parcelas distanciadas. Por consiguiente se presentan dos factores contrarios. Esto hace que el error experimental tienda a disminuir por una parte y aumentar por otra. Al comienzo la primera tendencia es mayor que la segunda, pero a medida que aumenta el tamaño de la parcela, la segunda tiende a sobrepasar a la primera; de aquí que el tamaño óptimo corresponde cuando la segunda tendencia comienza a sobrepasar a la primera tendencia (5).

Para determinar el tamaño y forma óptimo de la parcela experimental, se usa principalmente el ensayo de uniformidad; el cual consiste en dividir en pequeñas unidades (unidades básicas) un terreno sembrado con determinado cultivo y anotar por separado la cosecha de cada unidad.

La heterogeneidad del suelo puede expresarse con los mapas de contorno de fertilidad denominados también, mapas de variabilidad.

Los mapas se construyen uniendo los puntos del terreno que produzcan rendimientos similares, expresados éstos en porcentaje (2, 19).

Como índice de la heterogeneidad del suelo, Harris, citado por Smith, propone que se use el coeficiente de correlación intracase "b" de los rendimientos de parcelas contiguas; "b" depende del suelo y de las variaciones ambientales. Cuando $b = 0$ las parcelas están perfectamente correlacionadas, indicando completa homogeneidad del suelo y si $b = 1$ las parcelas no están correlacionadas, indicando extensa heterogeneidad del suelo. Para facilitar los cálculos del coeficiente "b" puede hacerse uso de un diagrama como el indicado por Ferguson (9, 17, 18, 34).

Pance y Sukhatme (31), deducen que las áreas relativamente pequeñas son homogéneas, además que la desviación estandar de los rendimientos puede usarse como un índice de la variabilidad del suelo.

Bryan (3), en cultivo de Maíz, encontró que la variabilidad del rendimiento decrecía conforme aumentaba el tamaño de la parcela de ocho a 48 plantas; pero la disminución no era proporcional al tamaño de la parcela, en general el incremento del tamaño de la parcela provocó una reducción del error experimental. Pero por lo general el error experimental se reduce más efectivamente - cuando se aumenta el número de repeticiones que cuando se incrementa el tamaño de la parcela (20, 32, 36).

En cuanto a la forma de la parcela, Fu-Siao (11), notó que era influenciada por la variación de la fertilidad del suelo. Por lo general se logra una mayor reducción del error con parcelas largas y angostas que con las de forma cuadrada (8, 20, 28, 30, 37, 40).

Calero (4), en frijol aconseja el uso de parcelas pequeñas cuando se trata del estudio de ciertas labores como, siembra, deshierbas y aplicaciones de productos químicos. El mismo recomienda el uso de parcelas grandes para el estudio de labores de pre-

paración de tierra, obtención de semillas y cosecha.

Métodos para determinar el tamaño óptimo de parcela experimental.

Error Probable.

Consiste en obtener la varianza de cada uno de los tamaños de parcela y aquel que tenga la menor varianza corresponde al tamaño óptimo.

Wood y Stratton, citado por Thompson (37) fueron los primeros en aplicar, en el año 1910, el error probable como método estadístico usado para determinar el tamaño óptimo de parcela en experimentos con remolacha forrajera.

McClelland (20) en maíz, basándose en la desviación estandar y el error probable expresado en porcentaje de la media, midió el efecto del tamaño de la parcela. Vegholkar et al (38) además de usar el método del error probable, utilizó el diseño de bloques al azar para establecer el tamaño óptimo de parcela en caña de azúcar.

Pan (30) empleó este método para determinar el tamaño óptimo de parcelas en arroz.

Máxima Curvatura.

El método de la máxima curvatura consiste en dividir el área experimental en unidades básicas, las cuales se combinan sumando los valores de las unidades adyacentes formándose así diferentes tamaños de parcelas.

Para cada uno de éstos se calculan el coeficiente de variación luego, en el eje de coordenadas, se colocan, los tamaños en las abcisa (x) y los coeficientes de variación expresados en porcentajes en la ordenada (y). el punto de mayor curvatura en la curva que así se obtiene, se denomina punto de máxima curvatura y corresponde al tamaño óptimo de parcela.

Este método lo han usado en diferentes cultivos. Moore y Darroch (25) en frijol, recomienda un tamaño óptimo de parcelas de nueve metros de largo con una ó con dos hileras.

Soto (35), en Ajonjolí encontró que el tamaño óptimo de la unidad experimental es de 18.30 metros cuadrados lo que consigue usando dos surcos de 10.0 metros de largo ó bien cuatro surcos de cinco metros de largo.

Odland y Garber (29), en Soya, encontraron que la parcela de cinco metros de largo con tres repeticiones es la más apropiada.

Método de Smith.

Smith (34), observó que el método de la máxima curvatura tal como se aplicaba en los ensayos de uniformidad adolecía de lo siguiente: 1o) El punto de máxima curvatura no era independiente del tamaño de las unidades básicas ni la escala de medición.

2o) Los costos relativos de los diferentes tamaños de parcelas no se tomaban en cuenta. Por lo tanto desarrolló una relación empírica entre la varianza y el tamaño de la parcela, la cual se expresa por la ecuación:

$$V_x = \frac{V_1}{X^b} \quad (A)$$

Donde:

V_x = Varianza unitaria de la parcela de x unidades.

V_1 = Varianza de la parcela de una unidad.

X = Tamaño de la parcela en unidades básicas.

b = Coeficiente de correlación entre parcelas adyacentes.

Si se transforman los valores de la ecuación anterior (A) en la ecuación logarítmica, la relación resultante toma la forma de una regresión lineal.

$$\text{Log } V_x = \text{Log } V_1 - b \text{ Log } X \quad (\text{B})$$

Para determinar el tamaño óptimo de parcela en relación al costo, Smith (34), dedujo la fórmula siguiente:

$$X = \frac{b K_1}{(1-b) K_2} \quad (\text{C})$$

Donde:

X = Tamaño óptimo.

K₁ = Parte del Costo Total que es proporcional al número de parcelas por tratamientos.

K₂ = Parte del Costo Total proporcional al área total por tratamiento.

El costo por tratamiento y por unidad experimental es:

$$C = K_1 X + K_2 \quad (\text{D})$$

Este método fué utilizado en frijol por Monzón y Pérez (23), quienes determinaron parcelas óptimas de dos a tres metros cuadrados con ensayos en hileras simples y dobles, respectivamente.

Monzón (22), con soya, obtuvo un tamaño óptimo de 15 metros cuadrados.

Nonnecke (27), en arveja; recomienda un tamaño de 4.5 metros cuadrados.

Monzón y Visor (24), en caña de azúcar, encontraron que el tamaño óptimo de la unidad experimental es de 93.16 metros cuadrados sin tomar en cuenta la forma.

Luego Smith (34), encontró que si $b = 0.5$ la eficiencia es de 96 por ciento si usamos doble ó mitad del área de la parcela óptima, y es de 80 por ciento si usamos cuádruple ó un cuarto de la parcela óptima.

Freman (10), propone agregar a la relación de Smith (34), la varianza de las plantas representadas por (V''/n) .

Weber y Horner (39), modificaron la relación de Smith (34), y obtuvieron una fórmula que les permite determinar el tamaño óptimo de la parcela en soya, simultáneamente para rendimiento y calidad de la semilla (siete y ocho metros de largo).

Método por Hatheway y Williams.

Hatheway y Williams (15), al observar que los valores de correlación dados por el coeficiente "b" de las fórmulas de Smith (34), normalmente oscilan entre cero y uno, pero que en algunos

casos exceden de uno, lo cual impide interpretar correctamente los resultados, propusieron un método que consiste en ponderar las varianzas observadas entre parcelas de diferentes tamaños, para obtener un coeficiente de regresión ponderado (b) que es dado por la fórmula:

$$b = \frac{\sum w_i \log V_{jxi} \log x_i - \sum w_i \log V_{jxi} \sum w_i \log x_i / \sum w_i}{\sum w_i (\log x_i)^2 - (\sum w_i \log x_i)^2 / \sum w_i}$$

Donde:

S = Símbolo de Sumatoria

w_i - Grados de libertad de i parcelas

Log V_{jxi} = Logaritmo de la Varianza de x_i unidades básicas

Log x_i = Logaritmo de x_i unidades básicas.

Honzón et al (21), usándolo en frijol, obtuvieron un tamaño óptimo de parcela de siete metros cuadrados, a su vez Hallauer (13), en maíz determinó la variabilidad del suelo "b" que oscilaba entre 0.35 a 0.78.

Hernández y Arrollo (16), en arroz, encontraron un tamaño óptimo de parcela experimental de 1.97 metros cuadrados.

Hatheway (14), haciendo una combinación de la fórmula del número de repeticiones de Cochran y Cox (7), y la relación de Smith.

(34), obtuvo una ecuación que permite determinar el tamaño óptimo de la parcela independientemente del costo.

Smith (33), tomó el cuadrado medio como medida de la eficiencia del tamaño de la parcela en frijol y además recomienda el uso de una parcela de nueve metros cuadrados con seis repeticiones para alcanzar una diferencia mínima significativa. (D. M. S.) de 200 libras por acre.

Este mismo método usaron Gartner y Cardona (12), también en frijol determinando como óptima una parcela de dos surcos con cuatro metros de largo y cuatro repeticiones.

En Nicaragua se han realizado trabajos de determinación del tamaño óptimo de parcela en Maíz y Sorgo siendo éstos 4.47 y tres metros cuadrados respectivamente (1, 6).

MATERIALES Y METODOS

Materiales

El trabajo de campo se realizó en los terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería (Managua). En una siembra comercial de Ajonjolí del período agrícola (1969 - 1970) se escogió un área de terreno de 1754.8 metros cuadrados ó sea 24 surcos de 80 metros de longitud separados a 0.915 metros.

La precipitación pluvial en esta zona (La Calera, Managua) para el año de 1969, se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación pluvial del año 1969 en la zona en que se sembró en experimento, La Calera, Managua.

Mes	Precipitación en mm.
Enero	5.6
Febrero	0.0
Marzo	0.0
Abril	21.7
Mayo	94.3
Junio	252.0
Julio	104.2
Agosto	262.7
Septiembre	255.7
Octubre	302.7
Noviembre	64.9
Diciembre	5.5
TOTAL	1,368.5

Fuente: Ministerio de Defensa de Nicaragua.

La fertilización fué de 90.80 kilogramos por hectárea de 10-30-10 Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, a los 36 días después de la siembra. Las demás prácticas de cultivo se efectuaron de acuerdo a las técnicas ya establecidas.

El lote de 24 surcos de 80 metros de largo cada uno; se subdividió en 384 parcelas de un surco de cinco metros de largo cada una y con un área de 4.57 metros cuadrados.

A estas parcelas las llamaremos unidades básicas, cada unidad básica formó una parva. Las unidades básicas se cosecharon por separado, colocando el rendimiento de cada unidad básica en bolsas de papel debidamente identificadas para luego proceder al pesado de dichas unidades básicas.

Métodos:

Las producciones de las unidades básicas adyacentes se combinaron para obtener parcelas de diferentes tamaños. Los tamaños escogidos fueron parcelas de: 5, 10, 20 y 40 metros de largo por 12, 6, 3 y 1 surco de ancho, los tamaños usados pueden verse en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tamaños de Parcelas Estudiados

Tamaño de Parcelas (Metros Cuadrados)	Surcos	Metros de Largo
4.57	1	5
13.72	3	5
27.45	3	10
54.90	6	10
109.80	6	20
439.20	12	40

El método empleado fué el de H. Fairfield Smith; el cual consiste en sub-dividir el área, (que en este caso es un rectángulo de 24 surcos de 16 unidades básicas cada uno).

Primero: En 4 parcelas de 12 surcos de 40 metros de longitud; cada uno de éstos en 4 parcelas de 6 surcos de 20 metros de longitud; a su vez cada uno de éstos en 2 parcelas de 6 surcos de 10 metros de longitud; éstos a su vez en 2 parcelas de 3 surcos de 10 metros de longitud; luego cada uno de estos en 2 parcelas de 3 surcos de 5 metros de longitud y por último cada uno de éstos en 3 parcelas de un surco de 5 metros de longitud.

Hecho ésto se procedió al análisis de varianza de los datos usando las fórmulas del Cuadro 3.

Para el cálculo de "b" fué necesario analizar los datos de varianza y tamaños de parcela por medio de una regresión lineal simple, Cuadro 11. usando la fórmula (F).

$$b = \frac{S_{xy} - \frac{(S_x)(S_y)}{n}}{S_x^2 - \frac{(S_x)^2}{n}} \quad (F)$$

Donde:

X = Logaritmo de X

Y = Logaritmo de Vj/X

n = Número de tamaños diferentes.

b = Coeficiente de regresión.

Cuadro 3. Análisis de varianza general

Fuente de Variación	GL.	SC	Vj
x_1	a-1	$Sy_1^2 / bcdef - (Sy_1)^2 / abcdef$	v_1
x_2/x_1	a(b-1)	$Sy_1^2 / cdef - Sy_1^2 / bcdef$	v_2
x_3/x_2	ab(c-1)	$Sy_1^2 / def - Sy_1^2 / cdef$	v_3
x_4/x_3	abc(d-1)	$Sy_1^2 / ef - Sy_1^2 / def$	v_4
x_5/x_4	abcd(e-1)	$Sy_1^2 / f - Sy_1^2 / ef$	v_5
x_6/x_5	abcde(f-1)	$Sy_1^2 - Sy_1^2 / f$	v_6

Donde:

a = 4 = Número de parcelas de tamaño 12x40 que hay en el ensayo.

b = 4 = Número de parcelas de tamaño 6x20 que hay en las parcelas 12x40.

c = 2 = Número de parcelas de tamaño 6x10 que hay en las parcelas 6x20.

d = 2 = Número de parcelas de tamaño 3x10 que hay en las parcelas 6x10.

e = 2 = Número de parcelas de tamaño 3x5 que hay en las parcelas 3x10.

$f = 3 =$ Número de parcelas de tamaño 1×5 que hay en las parcelas 3×5 .

$y_1 =$ Datos de rendimiento de cada parcela básica.

$v_j =$ Varianza entre parcelas de tamaño x_i .

El tamaño óptimo de la parcela está dado por la fórmula (C).

Conociendo los valores de K_1 , K_2 , Cuadro 12, y el coeficiente de regresión "b" Cuadro 11. Se reemplazaron en la ecuación (C) y así se determinó el tamaño óptimo de la parcela.

RESULTADOS

El rendimiento de las 384 parcelas básicas individuales aparece en el cuadro 5.

Con estos datos se formaron los nuevos tamaños de parcela los cuales aparecen en los cuadros (6, 7, 8, 9 y 10).

Los valores de las varianzas, obtenidos usando las fórmulas del cuadro 3, se resumen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza.

Fuente	Gl.	SC.	C.M.	X	VJ/X
X_1	3	98.513,7	32.837,90	96	342,06
X_2	12	260.955.2	21.746,26	24	906,09
X_3	16	405.107.1	25.319,19	12	2.109,93
X_4	32	394.850,9	12.339,09	6	2.056,51
X_5	64	591.863,5	9.247,86	3	3.082,62
X_6	256	2 ₁ 095.794.7	8.186,69	1	8.186,69

Estos valores de varianza y tamaños de parcela se transformaron en función logarítmica y se calculó el coeficiente de regresión "b" usando la fórmula (F).

Efectuados los cálculos del coeficiente de regresión Cuadro 11

"b" resultó igual a 0,6642.

El gráfico que representa la relación logarítmica entre varianza por parcela y tamaño de parcela se encuentra en la Figura 1.

Cuadro 5. Rendimiento en gramos de ajonjolí de las unidades básicas individuales.

471	360	252	378	164	420	347	404	232	422	408	302	312	357	386	310
138	184	356	462	447	277	425	166	460	528	368	341	317	403	192	235
273	486	278	536	326	390	333	369	208	398	328	73	489	467	26	94
488	312	423	260	286	531	421	460	271	550	265	342	389	516	291	291
427	460	396	404	460	406	556	491	462	807	583	289	443	434	280	277
327	310	237	175	341	323	432	347	262	561	410	244	193	304	299	283
261	383	339	287	346	207	339	308	444	456	324	287	294	289	266	276
379	450	416	295	416	425	430	391	381	488	348	132	340	356	268	132
408	538	685	358	468	478	425	471	478	484	342	177	362	332	224	326
123	217	240	302	127	286	168	322	436	286	460	191	305	297	302	300
378	341	346	362	450	353	443	411	375	353	310	222	286	200	260	365
321	369	430	270	317	301	436	397	408	549	376	259	376	325	357	420
358	350	473	536	328	153	405	462	425	369	298	230	417	346	334	445
286	289	203	354	197	332	317	360	359	440	464	211	286	216	418	341
310	475	429	482	327	262	444	470	335	552	386	240	361	299	299	376
456	403	396	393	532	286	431	242	362	517	475	242	312	313	328	359
349	399	224	447	538	339	331	338	368	457	287	474	421	311	336	192
320	271	195	464	363	410	378	418	403	346	503	388	351	302	344	377
332	291	348	368	266	431	370	540	409	491	414	398	272	385	262	308
322	251	259	454	367	306	408	306	346	473	417	431	403	327	327	377
377	352	454	441	383	361	441	452	476	417	417	296	430	337	370	537
138	257	204	371	317	296	386	232	373	403	407	248	294	358	264	427
273	431	243	179	457	412	589	483	588	569	387	422	435	350	357	345
427	451	310	427	328	482	736	646	443	532	465	363	316	328	392	431

Cuadro 6. Rendimiento en gramos de semilla de ajonjolí en parcelas formadas por tres surcos de cinco metros de longitud.

082	1030	886	1376	937	1087	1105	939	900	1348	1104	716	1118	1227	604	639
1242	1072	1036	839	1087	1260	1409	1298	995	1418	1258	875	1025	1254	870	951
1043	1371	1440	940	1230	1110	1194	1170	1303	1429	1014	396	996	977	758	734
822	927	1016	934	894	940	1047	1130	1219	1188	1146	672	967	822	919	1085
954	1114	1105	1372	852	747	1166	1292	1119	1361	1148	601	1064	861	1051	1162
1125	1073	815	1304	1433	1035	1140	998	1133	1320	1265	1104	1064	926	1008	928
1031	894	1061	1263	1016	1098	1219	1298	1231	1381	1248	1125	1105	1049	959	1222
830	1139	757	577	1102	1190	1711	1361	1404	1504	1259	1033	1045	1036	1013	1203

Cuadro 7. Rendimiento en gramos de semilla de ajonjolí en parcelas formadas por tres surcos de 10 metros de longitud.

1912	2262	2024	2244	2248	1820	2345	1243
2324	1895	2347	2707	2413	2133	2279	1721
2419	2380	2340	2364	2732	1610	1973	1492
1749	1950	1834	2177	2407	1818	1789	2004
2068	2477	1599	2458	2480	1829	1925	2213
2198	2119	2468	2138	2453	2369	2010	1936
1925	2324	2114	2517	2612	2373	2154	2181
1977	1734	2292	3072	2908	2292	2081	2216

Cuadro 8. Rendimiento en gramos de semilla de ajonjolí en parcelas formadas por seis surcos de 10 metros de longitud.

4236	4157	4371	4751	4661	3953	4624	2964
4168	4330	4174	4541	5139	3428	3762	3496
4266	4596	4067	4596	4933	4198	3035	4149
3902	4058	4406	5589	5520	4665	4235	4397

Cuadro 9. Rendimiento en gramos de semilla de
ajonjolí en parcelas formadas por
seis surcos de 20 metros de longitud

3393	9122	8614	7588
8498	8715	8567	7258
8862	8663	9131	8084
7960	9995	10185	8632

Cuadro 10. Rendimiento en gramos de semilla de
ajonjolí en parcelas formadas por
12 surcos de 40 metros de longitud.

84728	32027
35480	36032

Cuadro 11. Notación logarítmica de los valores de tamaños de parcela y varianza por parcela para el cálculo del coeficiente de regresión "b".

Log. X	Log. VJ/X	Log. X ²	(Log. X)(Log. VJ/X)
1.9822	2.5341	3.9291	5.0230
1.3802	2.9572	1.9049	4.0815
1.0791	3.3242	1.1644	3.5871
0.7781	3.3131	0.6054	2.5779
0.4771	3.4889	0.2276	1.6645
0.0000	3.9131	0.0000	0.0000
5.6967	19.5306	7.8314	16.9340

Cálculo del coeficiente de regresión "b".

$$b = \frac{16.9340 - (5.6967)(19.5306)/6}{7.8314 - (5.6967)^2/6} = -0.6642$$

Constantes de Costo.

De acuerdo con las definiciones de K_1 y K_2 dadas en la fórmula (D) el costo por unidad de área de cada labor correspondiente a K_1 se multiplicó por el área de la unidad básica (4.57) metros cuadrados y se sumaron. Para K_2 se obtuvo el costo por parcela experimental tomando el promedio de 200 datos. Los datos de costo así obtenidos

se transformaron en porcentaje, resultando $K_1 = 14.93$ por ciento y $K_2 = 85.07$ por ciento.

Para obtener estos valores se tomaron en cuenta las labores representadas en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Costos variables K_1 (en función del área) de una parcela experimental de Ajonjolí.
Costos fijos K_2 de una parcela experimental de Ajonjolí.

Labor	Costo por		Area de unidad básica	Total K_1	Costo por labor en Córdobas. K_2
	metro cua- drado. En Córdobas.				
Preparación del material					0,0694
Arada	1(0,0114)	x	4,57 m.	0,0520	
Gradoo	3(0,0057)	x	"	0,0781	
Semilla, siembra, y fertilizantes.	1(0,0250)	x	"	0,1142	
Cultivo	2(0,0170)	x	"	0,1553	
Raleo	1(0,0128)	x	"	0,0584	
Aporque	1(0,0170)	x	"	0,0776	
Corte y emparve.	1(0,0300)	x	"	0,1371	
Aplicación de in- secticida	1(0,0142)	x	"	0,0648	
Cosecha	1(0,0142)	x	"	0,0648	
Pesado	1(0,0219)	x	"	0,1000	
Observaciones ..					0,0694
Análisis estadís- tico					<u>5,0000</u>
TOTAL				0,9023	5,1388
Porcentaje				14,93%	85,07%

Determinación del tamaño óptimo de parcela.

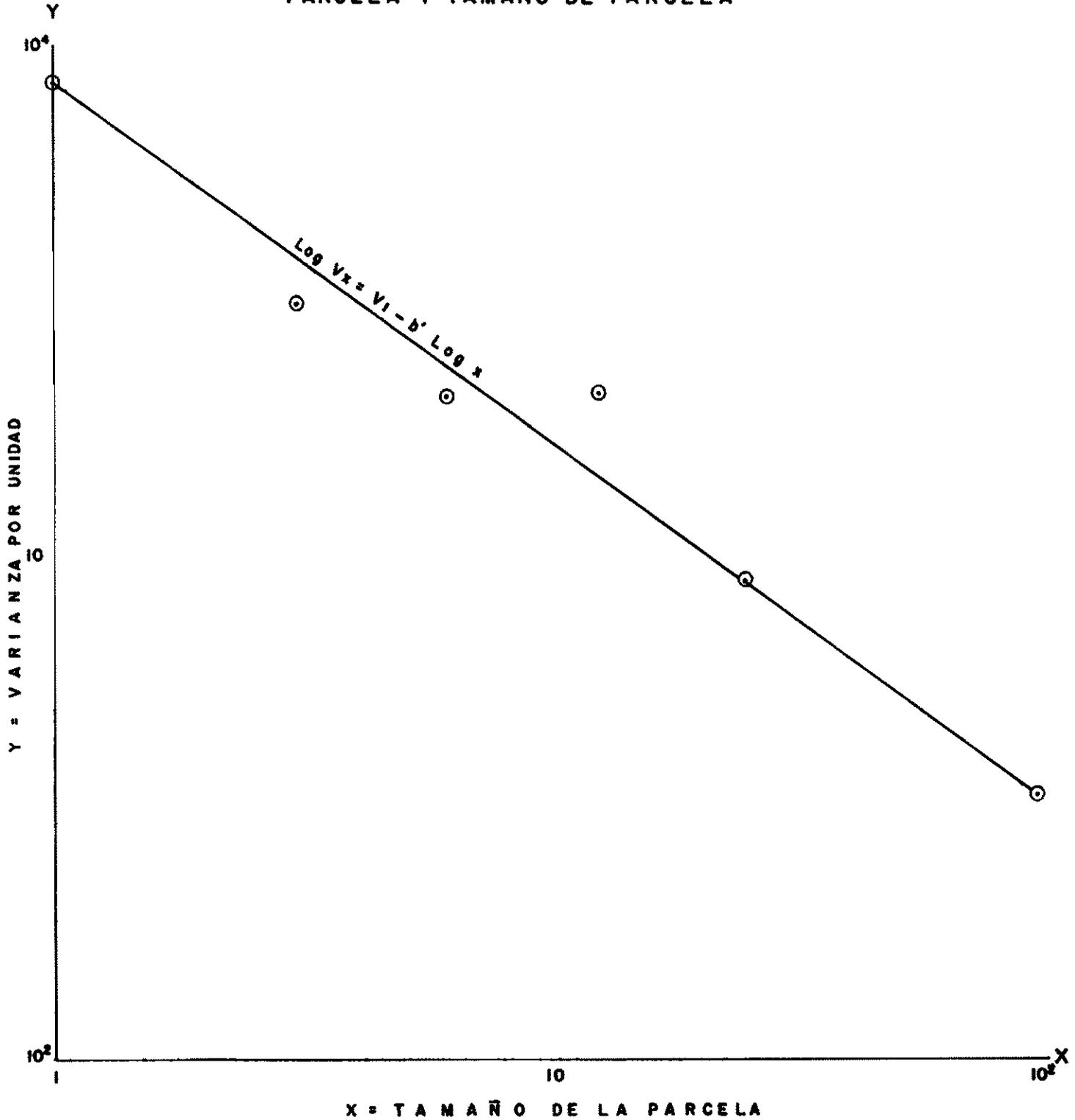
Reemplazando el coeficiente de regresión $b = 0.6642$ y los valores de $K_1 = 14,93$ por ciento y $K_2 = 85,07$ por ciento en la fórmula (C) se obtuvo el tamaño de parcela igual a 1,58 metros cuadrados.

$$X = \frac{0.6642 \times 14.93}{0.3358 \times 85.07} = 0,347 \text{ unidad básica}$$

Una unidad básica = 4,57 metros cuadrados.

Parcela óptima = 1,58 metros cuadrados.

FIGURA I. RELACION LOGARITMICA ENTRE VARIANZA POR PARCELA Y TAMAÑO DE PARCELA



DISCUSION

La eficiencia y confiabilidad de los datos de un ensayo de campo, depende entre otros factores del tipo de diseño utilizado, del número de repeticiones y principalmente del tamaño de las parcelas.

Sin embargo hay un buen número de factores que tomar en consideración para determinar el tamaño de la parcela como son: Cultivo, número de tratamientos en estudio; cantidad de semilla disponible; uso de maquinaria agrícola; naturaleza del estudio; área del campo disponible; costo, tiempo y mano de obra.

Pero, si en un campo la desuniformidad al azar es pequeña y la desuniformidad en una dirección definida es grande y coincide con el ancho del bloque no convendrá aumentar mucho el tamaño de la parcela; mientras que si sucede lo contrario, si será necesario hacer parcelas grandes. Por este motivo el tamaño de la parcela depende en primer lugar de la desuniformidad del campo experimental (5).

Si observamos el Cuadro 5. La desuniformidad al azar es relativamente pequeña, pero hay mayor desuniformidad en la dirección de los surcos. Así pues los resultados obtenidos en este trabajo, coincide con lo expuesto por Calzada (5), de que conviene usar par

celas pequeñas, lo que viene a confirmar los resultados obtenidos.

Calero (4) en frijol, aconseja el uso de parcelas pequeñas cuando se trata de estudio de ciertas labores como: siembras; deshieras y aplicaciones de productos químicos. También recomienda el uso de parcelas grandes para el estudio de labores de preparación de tierra; obtención de semillas y cosechas.

En la determinación del tamaño óptimo de cualquier parcela, intervienen dos factores principales: La variabilidad del suelo y sus costos.

Para medir la variabilidad del suelo, la mayoría de los autores recomiendan el uso de un análisis de regresión en donde el coeficiente "b" además de medir la variabilidad del suelo, mide también según Nonnecke (26), la correlación entre parcelas adyacentes.

En el presente trabajo se encontró un tamaño óptimo de 0,347 unidades básicas usando un coeficiente de regresión "b" obtenido a partir de una regresión lineal simple.

Las constantes de costo calculadas fueron $K_1 = 14,93$ por ciento y K_2 igual a 85,07 por ciento.

Avilés (1), Calero (4), y Corrales (6), en diferentes cultivos - obtuvieron valores de $K_1 = 70$ por ciento y $K_2 = 30$ por ciento.

El tamaño óptimo de parcela en Ajonjolí obtenido en este trabajo fué de 1,58 metros cuadrados, Avilés (1), en Maíz obtuvo un tamaño óptimo de parcela de 4,47 metros cuadrados para parcelas sin bordes.

La aplicación práctica de los resultados obtenidos, es que con el coeficiente de regresión "b" = 0,6642 se puede calcular el tamaño óptimo de parcela en Ajonjolí para la zona de La Calera calculando las constantes de costo ya que son muy variables.

CONCLUSIONES

El tamaño óptimo de parcela recomendable para ensayar en Ajonjolí donde no se usen borduras, es de 1,50 metros cuadrados.

El costo de producción determina en parte el tamaño óptimo de la parcela experimental, dado a que los coeficientes K_1 y K_2 son muy variables, por lo cual se recomienda hacer estudio de costo para la zona de La Calera y así ajustar el tamaño óptimo de parcela.

Con el coeficiente de regresión $b = 0,6642$ se puede determinar el tamaño óptimo de parcela para la zona de La Calera siempre y cuando se calculen las constantes de costo ya que son muy variables.

Los resultados obtenidos se deben de usar para ensayos de Rendimientos.

RESUMEN

En los campos experimentales de la ENAG, Nicaragua; se llevó a cabo un estudio para determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental para ensayar en Ajonjolí (*Sesamum spp.*).

El experimento tuvo una duración de cuatro meses comprendidos entre los meses de Agosto de 1969 a Diciembre del mismo año. Se usó la variedad Mexicana.

El procedimiento empleado fué un ensayo de uniformidad. El tamaño de la unidad básica usada fué de 4,57 metros cuadrados, (un surco de cinco metros de largo y 0,91 metros de ancho), en total 384 unidades básicas.

Los tamaños de parcela estudiados se obtuvieron combinando las parcelas adyacentes, los tamaños estudiados fueron parcelas de 5, 10, 20 y 40 metros de largo por 12, 6, 3 y 1 surco de ancho. Los datos de rendimiento se obtuvieron individualmente para cada unidad básica. Y se analizaron usando el método H. Fairfield - Smith.

El coeficiente "b" se calculó por medio de una regresión lineal simple y resultó de 0,6642

Las constantes de costo calculadas para experimentos en Ajonjolí

fueron de $K_1 = 14,98$ por ciento y $K_2 = 85,07$ por ciento.

El tamaño óptimo de parcela resultó de 1,58 metros cuadrados excluyendo las borduras.

LITERATURA CITADA

1. AVILES, R. F. J. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en Maíz (*Zea mays*). Tesis Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Nicaragua. 28 p.
2. BOSE, R. D. 1935. Some soil heterogeneity trials at pusa - and size and the shape of experimental plot. *Indian Journal of Agricultural Science*. 5(5):579-606.
3. BRYAN, A. A. 1933. Factors affecting experimental error in field plot tests with corn. Iowa Agricultural experimental Station. Research Bulletin 163. 241-260 p.
4. CALERO, E. 1965. Estudio del tamaño y forma de la parcela experimental para ensayos del campo en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Mg. Sc. IICA. Costa Rica. 36 p.
5. CALZADA, B. J. 1964. Métodos estadísticos para la investigación 2a. edición SASATOR Lima-Perú 39-41 p.
6. CORRALES, R. D. 1971. Determinación del tamaño óptimo de la parcela experimental en ensayos de Sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) Tesis Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Nicaragua. 33 p.

7. COCHRAN, W. G. y COX, G.M. 1965. Diseños experimentales - traducido del Inglés Centro Regional de Ayuda Técnica México. 661 p.
8. DAY, J. W. 1920. The relation of shape, size and number of replication of plot to probable error in field experimentation. *Agronomy Journal*. 12(3): 100-105 p.
9. FERGUSON, J. H. A. 1962. Randon variability in horticultural experiments. *Euphytica*. 11(3): 213-220 p.
10. FREEMAN, G. H. 1963. The combined effect of environmental and plant variation. *Biometrics*. 19(2): 273-277 p.
11. FU-SIAO. 1935. Uniformity trials with Cotton. *Agronomy - Journal* 27(12): 974-979 p.
12. GARTNER, A. & CARDONA, C. 1960. Tamaño de parcela y número de replicaciones para experimentación en frijol. *Agricultura Tropical*. Colombia. 16(9): 572-574 p.
13. HALLAUER, A. R. 1964. Estimation of soil variability and convenient plot size from Corn Trials. *Agronomy Journal* - 56(5): 493-499 p.

14. HATHEWAY, W. A. 1961. Convenient plot size. *Agronomy Journal*. 53(4): 279-280 p.
15. HATHEWAY, W. H. & WILLIAMS, E. J. 1958. Efficient estimation of the relationship between plot size and variability of the Crop yields. *Biometrics*. 14(2): 207-222 p.
16. HERNANDEZ, L. J. & ARROYO, V. R. 1968. Investigaciones sobre tamaño óptimo de parcela en Arroz Estación Experimental - Agrícola de la Molina, Perú. Enero. Boletín 20.
17. KEMPHORNE, C. 1952. The design and analysis of experiments John Wiley. New York. 631 p.
18. KIESSELBACH, T. A. 1919. Plot competition as a source of error in crop tests. *Agronomy Journal*. 11(1):242-247 p.
19. LECLERG, E. L.; LEONARD, W. H. & CLARK, A. G. 1962. Field plot technique. Burgess, Phissing Co. Minnesota, U.S.A. - 373 p.
20. McCLELLAND, L. K. 1926. Some determinations of plot variability *Agronomy Journal*. 18(9): 819-823 p.
21. MONZON, P. D.; ORTEGA, S. & GARCIA, A. 1970. Ensayo de uniformidad II. Frijol. in reunión Latinoamericana de Fitotecnia. 8a. Colombia 170 p.

22. MONZON. 1970. Ensayo de uniformidad I Soya, in Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, Colombia. 170 p.
23. MONZON & PEREZ, N. 1970. Dos ensayos para determinar tamaño de unidad experimental para experimentos de Caracotas (*Phaseolus vulgaris* L.) in Reunión Latinoamericana de Fitotecnia Sa. Bogotá 171 p.
24. MONZON, P. & VISOR, A. 1958. Agronomía Tropical Centro de Investigaciones Maracay, Venezuela 8(2): 43-49 p.
25. MOORE, J. F. & DARROCH, J. G. 1956. Field plot technique, with blue dake pale beans, bush beans, carrots, sweet corn, spring and fall cauliflauer. Washington Agricultural Experiment stations technical bulletin No. 21, 30 p.
26. NONNECHE, P. L. 1959. The precision of field experiments with vegetable crops as influences by plot and block size - and shape sweet corn. Canadian Journal of plant Science - 39(4): 433-457 p.
27. NONNECKE. 1960. The precision of field experiment with vegetable crops as influenced by plot and block size an shape. Canning peas. Canadian Journal of plant science. 40(2): - 396-404 p.

28. _____ & SMILLIE, K. W. 1964. Precision of field experiments with vegetable crops as influenced by plot size and shape. III Potatoes Canadian Journal of plants Science 44(1): 57-65 p.
29. ODLAND, T. E. & GARBER, R. J. 1928. Size of plot of number of replications in field experiments with Soybeans. Agronomy Journal 20(2): 93-108 p.
30. PAN, C. L. 1935. Uniformity trial with rige. Agronomy Journal 27(4): 279-285 p.
31. PANSE, V. G. & SUKHATME, P. V. 1959. Métodos estadísticos para investigaciones Agrícolas, traducido al Español por Ana - María Flores y María Guadalupe Lomilli. Fondo de Cultura Económica. México 349 p.
32. SHEAR, G. M. & MILLER, L. I. 1960. Influence of plant spacing of jumbo runner peanut of ruit Development, yield and breeder effect. Agronomy Journal 52(3): 125-127 p.
33. SMITH, F. L. 1958. Effect of plot size, plot shape and number of replications on the efficiency of been yield trials. Hilgardia. 28(2): 43-63.

34. SMITH, H. F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of Agricultural science 28(1): 1-23 p.
35. SOTO, M. C. A. 1965. Determinación del tamaño óptimo de la parcela útil experimental para el Ajonjolí en Iguala, Gro. Agricultura Técnica en México. Secretaría de Agricultura y Ganadería 2(5): 207-209 p.
36. THOMAS, H. L. & ABCU-EL-FITTOUH, H. A. 1968. Optimin plot size and number of replications for estimating forage yield and moisture percentage. Agronomy Journal 60(5): 549-550 p.
37. THOMSON, R. C. 1934. Size shape and orientation of plot - and number of replications requirid in sweet potato field - plot experiments. Journal Research 48(5): 379-400 p.
38. VAGHOIKAR, B. P.; APTE, V.N. & SUBRAMONIA, I. S. 1940. - A study on plot size and shape technique for field experiments of sugar cane. Indian Journal of Agricultural Science 10(3): 388-403 p.
39. WEBER, C. R. & HORNER, T. W. 1957. Estimates of cost and optimm plot size and shape for mesuring yield and chemical characteres in Soybeans. Agronomy Journal 49(8):444-449 p.