

**Universidad Nacional Agraria
La Molina**

*Escuela de Post-Grado
Especialidad de Mejoramiento Genético
de Plantas*



**Determinación del tamaño
Óptimo de Parcela y del número
adecuado de repeticiones para
la Evaluación de Poblaciones de
Camote (*Ipomoea batatas* L.)**

*Tesis para optar el Grado de
MAGISTER SCIENTIAE*

Sergio Eduardo Contreras Liza

Lima . Perú

1992

A MIS PADRES.

INDICE GENERAL

I. Introducción.

II. Revisión de Literatura.

2.1 Aspectos generales de la técnica de parcela experimental y del número adecuado de repeticiones.

2.2 Reportes experimentales.

2.3 Métodos para determinar el tamaño óptimo de parcela.

- Método de Máxima Curvatura.

- Método de Comparación de Variancias.

- Método de Información Relativa.

- Método de la Ley de Variancias de Smith.

- Método de Hatheway y Williams.

2.4 Métodos de estimación del número adecuado de Repeticiones.

- Método de Harris-Horvitz-Mood.

- Método de Cochran y Cox.

- Método de Kempthorne.

- Método de Hatheway.

- Método de Tukey.

2.5 Determinación de los factores de costo K1 y K2.

III. Materiales y Métodos.

3.1 Lugar de Experimentación.

3.2 Material Experimental.

3.3 Planeamiento Experimental.

- Características del Ensayo de Uniformidad.
 - Diseño Experimental.
 - Procedimiento de Analisis.
- 3.4 Métodos para estimar el tamaño óptimo de parcela.
- Método de Máxima Curvatura.
 - Método de la Ley de Variancias(Smith,1938).
 - Método de Hatheway y Williams(1958).
 - Método de Comparación de Variancias.
- 3.5 Métodos experimentales para estimar el número adecuado de repeticiones.
- Método de Hatheway(1961).
 - Método de Cochran y Cox(1965).
- 3.6 Determinación de los factores de costo.

IV. Resultados y Discusión.

- 4.1 Analisis de Variabilidad del Ensayo de Uniformidad.
- 4.2 Análisis del Tamaño Optimo de Parcela.
- Método de Máxima Curvatura.
 - Método de Smith.
 - Método de Hatheway y Williams.
 - Método de Comparación de Variancias.
- 4.3 Determinación del Número Adecuado de Repeticiones.
- Método de Hatheway
 - Método de Cochran y Cox.
- 4.4 Estimación de los factores de costo K1 Y K2.
- 4.5 Discusión de los resultados experimentales.

V. Conclusiones.

VI. Resumen.

INDICE DE CUADROS.

CUADRO # 1: Tamaño Optimo de Parcela estimados experimentalmente en diversos cultivos...	pp.4
CUADRO # 2: Esquema del análisis de variabilidad del Ensayo de Uniformidad bajo un criterio de clasificación jerárquica.....	pp.19
CUADRO # 3: Matriz Variancia-Covariancia.....	pp.26
CUADRO # 4: Análisis de Variancia del Ensayo de Uniformidad bajo un esquema de clasificación jerárquica con 6 subdivisiones.....	pp.32
CUADRO # 5: Estimados de los coeficientes de variabilidad correspondientes a los diferentes tamaños de parcela en el Ensayo de Uniformidad...	pp.34
CUADRO # 6: Diferencias verdaderas a detectarse cuando se utilizan diversas combinaciones de # de tratamientos y repeticiones bajo un diseño simulado de D.B.C.A. y un tamaño óptimo de parcela $X=10$ u.b. y niveles de significación de $\alpha=0.05$ y $\beta=0.20$	pp.41
CUADRO # 7: Tiempo empleado en horas-hombre por cada labor del experimento y estimados parciales de K1 y K2.....	pp.44
CUADRO # 8: Costos totales por labor expresados en horas-hombre en el ensayo de uniformidad.	pp.45
CUADRO # 9: Resumen de los métodos utilizados para estimar el tamaño óptimo de parcela.....	pp.47.

INDICE DE GRAFICOS.

GRAFICO # 1: Croquis del campo experimental para el
ensayo de uniformidad con Camote.....pp.19

GRAFICO # 2: Curva de los diferentes coeficientes de
variabilidad correspondientes a cada tamaño
de parcela.....pp.34

GRAFICO # 3: Diferencias Verdaderas en D.B.C.A.....pp.42.

AGRADECIMIENTOS.

La realización de la presente tesis no hubiera sido posible sin el concurso de las siguientes personas e instituciones a quienes quedo en deuda de gratitud:

A los miembros del Jurado de tesis de la Escuela de Post-Grado quienes aportaron sugerencias para la investigación;

Al personal técnico y administrativo del Centro Internacional de la Papa(La Molina).institución que me brindó todas las facilidades de instalaciones y financiamiento para la materialización de esta tesis;

Al Departamento de Genética y Mejoramiento del CIP y muy especialmente al Dr. H.A. Mendoza, quien patrocinó esta investigación.

Finalmente, a las personas que colaboraron en la impresión y procesamiento de los datos, así como en la edición final: M. Contreras, personal de S.P.A. y otras personas que de una u otra manera participaron con facilidades para la edición.

.I.-INTRODUCCION

En la investigación del mejoramiento de plantas, es importante la reducción del error experimental para poder obtener información estadística válida y conclusiones de confiabilidad en los experimentos de campo.

En ese sentido el presente trabajo de tesis tiene justificación ya que permitirá determinar el tamaño óptimo de unidad experimental y el número adecuado de repeticiones en el cultivo de camote (Ipomoea batatas L.) tomando en cuenta la variabilidad del material experimental utilizado y los costos asociados al experimento.

El camote es una especie de importancia económica como cultivo alimenticio en el Perú y en otros países de América Latina y el mundo, por lo que la investigación es esencial para optimizar el tamaño de los experimentos con poblaciones relativamente grandes y para reducir los costos requeridos en los ensayos de campo.

Los objetivos de la presente tesis son: determinar el tamaño óptimo de unidad experimental para la evaluación eficiente de poblaciones de camote y, estimar el número adecuado de repeticiones en experimentos de campo a realizarse en La Molina (Perú).

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Aspectos generales de la técnica de tamaño de Parcela y del Número adecuado de repeticiones.-

Segun Mead y

Curnow(1983) existen dos áreas principales en las cuales debe tenerse conocimiento de las unidades experimentales: en la magnitud de la variabilidad de las parcelas y en el bloqueo de las mismas.

Por su parte Little y Jackson(1972) sostienen que el tamaño y la forma de las unidades experimentales afectan la precisión: en general, que la variabilidad decrece con el incremento del tamaño de parcela.

Federer(1967), indica que la variabilidad del material experimental es el aspecto común que se presenta en los campos de investigación, y que siendo éste componente del error experimental, debe efectuarse un análisis con el fin de controlarlo en forma eficiente.

Finney(1972) considera que los métodos para reducir el error experimental pueden ser: el caracter y dimensión de las parcelas, el número de repeticiones, la técnica experimental y las mediciones complementarias, el diseño experimental y el análisis estadístico. Señala además que la desviación estándar tiende a incrementarse conforme se reduce el tamaño de las unidades experimentales porque una parcela pequeña es menos representativa del lugar experimental.

Steel y Torrie(1970) definen a la unidad experimental como

la unidad de material a la cual se aplica un tratamiento. Asimismo que las funciones de las repeticiones son: permitir una estimación del error experimental, mejorar la precisión de un experimento, incrementar el alcance de la inferencia del experimento y controlar la variancia del error.

Koch y Rigney(1951) demostraron que un ensayo de uniformidad puede ser subdividido simulando un arreglo de parcelas divididas o látice que puede ser analizado por componentes de variancia.

2.2 Reportes Experimentales.-

Se han utilizado una serie de metodologías para la estimación del tamaño óptimo de parcela experimental. A continuación se presenta un resumen de los principales trabajos realizados en el Perú con diversos cultivos. (Cuadro # 1).

CUADRO # 1 : TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA ESTIMADOS
EXPERIMENTALMENTE EN DIVERSOS CULTIVOS.-

CULTIVO	TAMAÑO DE PARCELA	METODOS UTILIZADOS	LUGAR	REF. BIBLIOGRAF..
Maiz	6.0 m	Inf.Relat.	La Moli-	Vega(1966)
(grano)	6.0 m	Met.Smith	na	
Maiz	9.0 m	Max.Curvat.	La Moli-	Montero
(chala)	9.0 m	Inf.Relat.	na	(1965)
	4.5 m	Met.Smith		
Sorgo	1.8 m	Inf.Relat.	La Moli-	López Ocaña
	4.5 m	Max.Curvat.	na	(1964)
	2.2 m	Met.Smith		
Sorgo	2.7 m	Inf.Relat.	La Moli-	Caballero
	4.5 m	Max.Curvat.	na	(1965)
	5.7 m	Met.Smith		
Pásto elefante	0.6-2 m	Met.Hathe- way/Williams	La Moli- na	Caballero (1965)
Arroz	1-4 m	Met.Hathe- way/Williams	Jequete- peque	Hernandez; Arroyo (1968)
Trigo	8.2 m	Koch-Rigney	La Moli-	Pastor(1966)
	10.8 m	Met.Smith	na	
	2.9 m	Met.Hatheway Williams.		
Frijol	2.4 m	Inf.Relat.	La Moli-	Rodriguez
	9.3 m	Met.Hatheway Williams.	na	(1966)
Frijol	2.8 m	Inf.Relat.	La Molina	Laca(1961)
	5.6 m	Max.Curvat.		
	2.0 m	Met.Smith		
Soya	6.0 m	Met.Hathe- way/Williams	La Moli- na	Silva(1979)
	9.6 m	Met.Canonico		
Yuca	8.1 m	Met.Smith	La Moli-	Rolando
	7.4 m	Met.Hatheway Williams	na	(1976)
Papa	3.5 m	Met.Hathe- way/Williams	Cusco	Arroyo & Chavez (1966)
Papa	3-6 m	Met.Hathe- way/Williams	Puno	Aguilar (1974)

SIGUE CUADRO # 1.....

Mani	2.4 m	Inf.Relat.	La Moli-	Burga
	4.9 m	Met.Smith	na	(1968)
	3.8 m	Met.Hatheway		
		Williams.		
Alfalfa	16.0 m	Max.Curvat.	Tacna	Aranda
	2.0 m	Inf.Relat.		(1964)
	1.9 m	Met.Hathe-		
		way/Williams		
Papa-	14.4 m	Max.Curvat.	La Moli-	Vallejo
semilla	8.3 m	Met.Smith	na	(1983)
sexual	6.9 m	Met.Hatheway		
		Williams.		
Camote	15.5-22 m....	Max.Curvat..	Tacna,	Mendoza et
		Met.Smith	San Ramon	al(1987).

Por otro lado, algunos investigadores (Arroyo y Chavez, 1966; Pastor, 1967; Silva, 1979) han discutido la eficiencia de los diversos métodos de estimación del tamaño de unidad experimental; la mayoría de los cuales coincide en señalar que el método de Hatheway & Williams (1958) es el más eficiente en términos de la estimación del Coeficiente de Heterogeneidad del suelo (B2), ya que permite obtener un valor ponderado de variancia mínima.

El coeficiente de heterogeneidad del suelo (B2) se define como la regresión lineal existente entre la variancia de parcelas y el tamaño de parcela, cuando los datos se plotean en escala logarítmica y es un índice de la variabilidad del lugar experimental. (Smith, 1938).

En el Perú, algunos investigadores han utilizado unidades experimentales para comparativos de rendimiento

de variedades de camote, de tamaño igual a 21.6 m. (6x3.6) ó 70-80 plantas por parcela, en la mayoría de los citados experimentos realizados en La Molina (Aranda, 1970; Arteaga, 1969; Cuadros, 1971; López, 1971; Palomino, 1972) Por otro lado, Gadea (1970) al evaluar resistencia al nemátodo del nudo en variedades de camote, ha utilizado parcelas de 32.4 m. (6x5.4).

En los ensayos mencionados, se han obtenido coeficientes de variabilidad de 17-28%, así como estimados adecuados de variancia del error experimental y por lo general, estimados de variancia de efectos de blocks, sin diferencias estadísticas significativas.

Por otro lado, Thompson citado por Boudreaux y Jones (1978) encontró que en experimentos con camote, las parcelas de forma cuadrada eran superiores a las rectangulares a menos que éstas se construyeran con hileras múltiples. Concluyó que una parcela de 27.4 m. de longitud, con 4-5 repeticiones era satisfactoria para la investigación en experimentos de campo.

Boudreaux y Jones (1978) sostienen que el coeficiente de variabilidad para el número de repeticiones necesarios para alcanzar significación en experimentos con camote, decrece en muchos casos con el aumento de la longitud y el ancho de las parcelas. Consideran que usando arbitrariamente un nivel del coeficiente de variabilidad igual a 12%, una parcela de hilera simple de 15-20 plantas, espaciadas 30.5 cm en longitud y con 9-11

repeticiones, sería suficiente para conducir investigación sobre rendimiento en camote. En cambio al usar parcelas mellizas (de doble hilera) de la misma longitud, se requeriría de 5-7 repeticiones; cuando se utilizaron parcelas de triple hilera con la misma longitud, se requirieron de 3-6 repeticiones. Los experimentos fueron conducidos durante 2 años en la Universidad de Lousiana con la variedad 'Centennial' en ensayos de uniformidad, indicando los autores que la heterogeneidad del suelo, las condiciones ambientales durante la campaña y la naturaleza inherente del cultivo, jugaron un rol importante en la variabilidad de los rendimientos.

Biradar (1980) condujo ensayos de uniformidad con camote variedad H-268 en la localidad de Trivandrum (India) bajo 2 condiciones ambientales: zonas altas (Upland) y zonas bajas (Lowland). Utilizando el método de máxima curvatura, encontró que el tamaño óptimo de parcela era de 3.6 mt. ó 18 plantas por parcela para la zona Upland y de 2.88 mt. ó 14 plantas por parcela en la zona Lowland. Concluye que la forma de la parcela no tiene efecto apreciable sobre el coeficiente de variabilidad de los diferentes tamaños probados y que este coeficiente decrece a medida que aumenta la dimensión de las parcelas. Halló por otro lado, un coeficiente no ponderado de heterogeneidad del suelo, según el método de Smith (1938), de 0.5903 y 0.7852 para las zonas Upland y Lowland, respectivamente.

Connors (1958) encontró que el tamaño de parcela más

eficiente para ensayos con camote estaba dentro del rango de 2-16 plantas espaciadas 0.53 m. de distancia y que la mejor forma de parcela era la de 4 hileras de ancho, con 2-8 plantas de largo.

Oliva y colaboradores(1988),condujeron un ensayo de uniformidad en un área de 400 metros cuadrados en la localidad de Villa Clara(Cuba) con el clon de camote "CEMSA 78-354",para determinar el grado de precisión de diferentes tamaños de parcela.Utilizando el método de máxima curvatura,hallaron el punto de inflexión de la curva en parcelas de 4 metros de largo con 7,8,y 9 surcos evaluables (a un coeficiente de variabilidad de 12.6%) que correspondía a 112,128 y 144 plantas por parcela,respectivamente.

2.3. Métodos de estimación del tamaño óptimo de parcela.-

El estudio de la técnica de unidad experimental consiste en el análisis de los distintos tipos de parcelas de campo adecuadas a un determinado experimento. Inicialmente Harris citado por Leclerg y colaboradores(1962) sugirió que la variabilidad del suelo podría ser medida por un coeficiente que indicara el grado de correlación entre los rendimientos de parcelas contiguas,al cual llamó Coeficiente de heterogeneidad del suelo(B) que esencialmente sería un coeficiente de correlación intraclase para el cálculo de los datos de un ensayo de uniformidad.

A continuación se presentan algunos de los

métodos reportados para estimar el tamaño óptimo de unidad experimental, utilizando los datos de ensayos de uniformidad.

-Método de la Máxima Curvatura: consiste en estimar para cada tamaño de parcela sus respectivos coeficientes de variabilidad para posteriormente plotearlos en un sistema de ejes cartesianos. Se obtiene de esta manera una curva en cuyo punto de máxima inflexión, se hallará el correspondiente tamaño de parcela óptimo.

-Método de Comparación de Variancias: consiste en realizar pruebas de homogeneidad de variancias sucesivas para cada grupo de tamaño de parcelas, en cuya ejecución se irán excluyendo parcelas de menor tamaño hasta conseguir que en un grupo determinado, las pruebas estadísticas sean no significativas. En este momento, se supone que dentro del grupo de prueba ha de hallarse el tamaño óptimo de parcela el cual obviamente debe ser el de menor dimensión.

-Método de Información Relativa: Keller (1949) propuso el método para estimar el tamaño óptimo de parcela a partir del cómputo de las variancias para cada tipo de parcela del ensayo de uniformidad. Las variancias obtenidas se dividen entre el número de unidades básicas que forman dicha parcela con el fin de obtener variancias comparables a la de la unidad básica, la misma que se supone aporta el 100% de información relativa. Al dividir la variancia de unidad básica entre las variancias de los distintos tamaños de parcela se obtiene un porcentaje, el mayor del cual debe

coincidir con el tamaño óptimo de parcela.

-Método de la ley de Variancias(Smith,1938):el método consiste en determinar el coeficiente de heterogeneidad del suelo(β_1) que es el coeficiente de regresión lineal entre el logaritmo del tamaño de parcela y el logaritmo de la variancia del rendimiento promedio referidas al correspondiente tamaño de parcela expresado en unidades básicas:

$$\beta_1 = \frac{\sum_j y_j (x'_j - \bar{x}')}{\sum_j (x'_j - \bar{x}')^2} \dots\dots\dots(1)$$

Luego para obtener el tamaño óptimo de parcela(X) se utiliza una expresión que relaciona a β_1 con los costos asociados a los tamaños de parcela

$$X = \beta_1 K_1 / (1-\beta_1) K_2 \dots\dots\dots(2)$$

K_1 es la constante de costo asociado a la parcela independiente del tamaño de ésta y K_2 es la constante de costo que es dependiente del tamaño de parcela.

-Método de Hatheway & Williams(1958):es una modificación al método de la ley de variancias en el cual los autores recurren a un Índice ponderado de heterogeneidad del suelo (β_2) cuyos factores de ponderación son los elementos de la matriz información:(3)

$$\beta_2 = \frac{-\sum_{jk} w_{jk} y_j (x'_j - \bar{x}')}{\sum_{jk} w_{jk} x'_j (x'_j - \bar{x}')}$$

-Método Canónico:Con este método es posible hallar el tamaño

óptimo de parcela considerando las dimensiones de cada tipo de parcela en el ensayo de uniformidad (la longitud y el ancho de la unidad experimental). El método utiliza la optimización a diferencia del método de la ley de variancias para el cálculo de los parámetros estadísticos (Silva, 1979).

2.4 Métodos de estimación del número adecuado de repeticiones.-

El número de repeticiones depende de varios factores de los cuales el más importante es el grado de precisión requerido en los experimentos (Steel & Torrie, 1970). Los métodos más utilizados en la determinación del número de repeticiones son:

-Método de Harris-Horvitz-Mood: utiliza una expresión matemática para calcular r (# de repeticiones), en función de un nivel de significación determinado, una probabilidad p expresada en porcentaje, cuando se supone encontrar una diferencia verdadera entre tratamientos, d:

$$r = 2 \left(\frac{K' s}{d} \right)^2 (df + 1) \dots \dots \dots (4)$$

donde K' se obtiene directamente de tablas especiales para un nivel α de significación, una probabilidad p y sus grados de libertad df_1, df_2 .

s, es un estimado de la variancia disponible con df_1 grados de libertad.

d, es la verdadera diferencia de medias de tratamiento a detectarse.

df_2 son los grados de libertad del experimento a conducirse.

-Método de Cochran y Cox(1965):para determinar el número adecuado de repeticiones los autores proponen una expresión basada en la prueba de Student:

$$r \geq 2 \left(t_o^2 + t_1^2 \right) s^2 / \delta^2 \dots \dots \dots (5)$$

donde:

s^2 , es un estimado de variancia expresado en % de la media

δ , es la verdadera diferencia a detectarse.

t_o , es el valor significativo t de student en la prueba de significación a un nivel $\alpha=0.05$.

t_1 , es el valor tabular t de student para la probabilidad $1 - 2(1-P)$, donde P es la probabilidad de obtener significación en el experimento; $\beta=0.40$.

-Método de Kempthorne(1952):en este método se consideran los factores de costos asociados al experimento y las variancias de los tamaños de parcela:

$$r = \frac{C_o}{C + C_s \left(\frac{\sigma_e^2}{\sigma_s^2} \right)} \dots \dots \dots (6)$$

donde:

C_o , es el costo por tratamiento en el experimento

C , es el costo de la parcela sin considerar la cosecha

C_s , es el costo de la cosecha por unidad básica.

σ_e^2 , es la variancia del error experimental

σ_s^2 , es la variancia del error de muestreo.

Con este método se ha de simular un diseño experimental con r blocks al azar, t parcelas, T tratamientos y s muestras por parcelas a modo de un diseño de blocks completos al azar con subunidades y poder obtener los estimados de variancias.

-Método de Hatheway(1961):consiste en la utilización de diferentes combinaciones de tamaños de parcela y de # de repeticiones para detectar diferencias verdaderas entre medias bajo un diseño simulado de blocks;por medio de la expresión:

$$\hat{d} = [2(\tau_1^2 + \tau_2^2) \text{ C.V.}^2 / r X^b]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

donde :

τ_1 , es el valor t de student para un nivel significación $\alpha=0.05$.

τ_2 ,es el valor tabular t de student para $(1-P)=0.20$

b ,es el coeficiente de heterogeneidad del suelo.

C.V.,es el coeficiente de variabilidad correspondiente a los tamaños de parcela involucrados en el cálculo.

X ,es el # de unidades básicas por parcela.

De este modo podemos hallar el valor d ,que dependera unicamente de X y d er.Las combinaciones adecuadas de tamaño de parcela y número de repeticiones,pueden determinarse graficamente para el nivel de significación deseado.

-Método de Tukey:El procedimiento de Tukey citado por Steel y Torrie(1970) da el tamaño muestral necesario para todas las posibles diferencias de tratamientos,a un nivel de

significación α y un error de tipo I con base experimental. Tukey da la siguiente expresión para el calculo del tamaño de un experimento:

$$r = s \sqrt{\frac{q(p, f_2) F_{\beta}(f_2, f_1)}{d}} \dots\dots\dots(8)$$

donde:

s , es una estimación de σ basada en f_1 grados de libertad que se hallan en una tabla especial para el coeficiente

de confianza deseado y los grados de libertad f_2 para el cuadrado medio del error en el experimento.

F_{β} , se obtiene directamente de la tabla de Tukey de una cola para f_1 y f_2

B , se define de tal modo que $1-B$ sea la confianza que los intervalos sean menores a $2d$.

d , es la mitad de la longitud del intervalo de confianza deseado.

Ya que en esta expresión q y F depende del valor buscado, ello implica que la formula se ha de emplear varias veces hasta estimar un valor de r apropiado.

2.5 Determinación de los factores de costo K_1 y K_2 .-

En los ensayos de uniformidad, es decir aquellos estudios de datos de experimentos donde no se aplican tratamientos, los costos expresados en horas-hombre varían de acuerdo al tamaño de la unidad experimental en unos casos y en otros, es independiente del tamaño de ésta. Por otro lado es comun que los recursos destinados para la investigación agrícola usualmente son escasos y es necesario incluir los

costos asociados al tamaño de los experimentos.

Smith(1938) propuso una función de regresión lineal para estimar el costo asociado para las parcelas experimentales:

$$C_o = k_1 + k_2 X \dots \dots \dots (9)$$

donde

k_1 ,es una constante de costo independiente al tamaño de la parcela.

k_2 ,es una constante de costo asociado al tamaño de la parcela.

X ,es el tamaño de parcela en # de unidades básicas.

C_o ,es el tiempo empleado por parcela al realizarse determinada labor(variable independiente)

Se obtienen las constantes k_1 y k_2 para cada labor del experimento y se suman los resultados parciales para obtener dos resultados globales que expresados en porcentaje se utilizan en la expresión (2) para la estimación del tamaño óptimo de parcela.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Lugar de Experimentación.-

El presente trabajo de tesis se realizó en la sede del Centro Internacional de la Papa ubicado en La Molina(Lima-Perú).Este se encuentra ubicado a 12 05' de latitud sur,a una altitud de 240 m.s.n.m.La temperatura promedio es de 18 C en invierno y 28 C en verano,presentandose escasa precipitación pluvial durante todo el año.

La región de la costa es árida y de clima subtropical.Los cultivos predominantes son el algodón,maíz,caña de azúcar y hortalizas en la región central.EL cultivo de camote (Ipomoea batatas) es importante como producto alimenticio y como cultivo de rotación anual en los valles de la costa central.

Los suelos aluviales en origen son de textura ligera franco-arenosos,con baja disponibilidad de materia orgánica y de nitrógeno y con presencia de cantidades elevadas o medias de fósforo y potasio por lo general.

El sistema de riego predominante es por gravedad.Para fines del trabajo de investigación,el ensayo de uniformidad se condujo bajo riego por aspersión con el fin de homogenizar al máximo el regadío

y las labores culturales como la fertilización, el control de malezas y aporque. Se observó en el campo baja incidencia de plagas, utilizándose control fitosanitario para el gusano pegador de hojas (Trichotaphe sp.) y cigarritas (Empoasca sp.) en menor cuantía.

El ensayo de uniformidad se llevó a cabo en la temporada de invierno (abril-agosto) de 1986.

3.2 Material Experimental.-

Se utilizó como material experimental la variedad 'Nemañete' que es un cultivar de camote de 6 meses de período vegetativo, con moderada resistencia a nemátodos del nudo y rendimientos promedios por hectárea de 18 T.M. Es una variedad con desarrollo vegetativo abundante y lámina foliar grande, de tallos y ramas gruesas y alargadas. Ha servido como progenitor de nuevos cultivares de camote (Del Carpio, 1987).

Se colectó un aproximado de 15,000 esquejes de hoja de la localidad de Cañete (Ica), para tener el material necesario para el ensayo de uniformidad.

3.3 Planeamiento Experimental.-

-Características del Ensayo de Uniformidad.-

En un área total de 2,160 m², se condujo el ensayo uniformidad. El campo experimental tenía dimensiones de: 90 metros de largo por

24 metros de ancho(24 surcos espaciados a 1 m de distancia). De éste,el área efectiva se dedujo dejando un borde de 4 m.de largo y 2 surcos al contorno del campo

El campo se dividió para fines del ensayo en 1,080 unidades básicas de 1.5 m espaciadas 0.5 m entre cada una de ellas,segun se observa en el croquis adjunto.En cada unidad basica de 1.5 m,se ² procedió a colocar los esquejes distanciados 0.25 m entre cada uno,de tal forma que en cada unidad se sembró 6 esquejes de camote.

Las labores de cultivo se llevaron a cabo en la forma más homogénea posible con el fin de evitar posibles errores en las estimaciones. Al momento de la cosecha cada surco fue dividido en tal forma de realizar esta operación en forma individual para cada unidad básica de 1.5 metros cuadrados,obteniendose un total de 1080 datos de rendimiento,que corresponden de dividir elcampo en 45X24 partes o unidades básicas.

-Diseño Experimental .-

Para el diseño estadístico se hizo uso de un arreglo de parcelas divididas,que sirvió para simular un diseño anidado o jerárquico,tomando como criterio de clasificación,el tamaño de la unidad experimental.

En total se dividió el diseño en 6 subdivisiones,segun se advierte en el cuadro # 2.:

-CUADRO # 2 :Esquema de analisis de variabilidad del ensayo de uniformidad bajo un criterio de clasificación jerarquica.

FUENTE DE VARIACION		G.L	C.M	n	X
		—	—	-j	-j
Repeticiones	(f=6)	(f-1)	V	6	180
Blocks/Repeticiones	(e=2)	f(e-1)	V ₁	12	90
Parcelas/Blocks	(d=3)	ef(d-1)	V ₂	36	30
Subparcela/parcela	(c=2)	def(c-1)	V ₃	72	15
Sub-subparcela/subparcela	(b=3)	cdef(b-1)	V ₄	216	5
Sub-sub-subpar./sub-subparc.	(a=5)	bcdef(a-1)	V ₅	1080	1
			V ₆		

De esta forma, las 6 subdivisiones fueron: 6 repeticiones que contendrán 2 bloques cada una, 12 blocks que incluirán 3 parcelas cada uno, 36 parcelas que contienen 2 subparcelas cada una, 72 sub-parcelas que incluyen 3 sub-subparcelas cada una, 216 sub-subparcelas que contienen a 5 sub-sub-subparcelas cada una y 1080 sub-sub-subparcelas, que constituyen la unidad básica del ensayo de uniformidad.

El tamaño de parcela en unidades básicas (X_j) para cada subdivisión fue: 180 unidades básicas por repetición, 90 unidades básicas para Blocks, 30 unidades básicas para cada parcela, 15 unidades básicas para cada subparcela, 5 unidades básicas para sub-subparcelas y 1 unidad básica/sub-sub-

24 mts.

90
metros

45 sec
de 1.5
mt.

SSSP

sub
subparc.

sub-
parce-
LA.

BLOQUE

PARCELA

REPETICION.

subparcela.

-Procedimientos de Análisis.-

Los datos del ensayo de uniformidad se procesaron tomando por separado los rendimientos de cada unidad básica y luego realizando el análisis de variancia mencionado en el acápite anterior; una vez terminado éste se procedió a estimar el tamaño de parcela a través de los métodos de:

Máxima Curvatura, Comparación de Variancias, Ley de la Variancia de Smith(1938) y método de Hatheway y Williams.

Asimismo se utilizó la metodología de Cochran y Cox(1965) y de Hatheway(1961) para estimar el número adecuado de repeticiones.

Por su parte se estimaron los valores de los factores de costo asociado al experimento, K1 y K2 según metodología que se señala más adelante.

Se utilizó un microprocesador McIntosh modelo Apple para el análisis de los datos en el trabajo de investigación.

3.4 Métodos Experimentales utilizados para estimar el Tamaño óptimo de Parcela.-

-Método de Máxima Curvatura:

Utilizando la información del Análisis de Variancia en el ensayo de uniformidad se calcularon los coeficientes de variabilidad para cada fuente

de variación, es decir para cada uno de los tamaños de unidad experimental:

$$C.V. = \frac{[V_j]^{\frac{1}{2}}}{\sum_j X_{ij} / n} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

donde :

V_j , es la variancia (C.M.) para la fuente de variación del tamaño de parcela X_j .

$\sum_j X_{ij}$, es la suma de los rendimientos de todas las unidades básicas (gran total)

n_j , es el número de parcelas de tamaño X_j .

De esta forma se calcularon 6 coeficientes de variabilidad correspondientes a cada tamaño de parcela. Luego se plotó en una escala de ejes cartesianos los valores de los coeficientes de variabilidad (en las ordenadas) y los tamaños de unidad experimental en # de unidades básicas (en las abscisas). Se obtuvo de esa manera una curva uniendo los puntos correspondientes, en la cual se localizó gráficamente el punto de máxima inflexión. Este correspondía aproximadamente al tamaño de parcela, en el que las reducciones subsecuentes en la variabilidad, eran no significativas.

Con el fin de poder estimar en forma precisa el tamaño óptimo de parcela a través del método de máxima curvatura, se utilizó la ecuación matemática que explica la relación existente entre tamaño de unidad experimental (Y) y los coeficientes de variabilidad (X):

$$Y = a \cdot X^{-B}$$

que es la expresión de una función exponencial. Al transformar los datos originales a logaritmos naturales en base e, se obtiene una ecuación lineal de la forma siguiente:

$$Y' = a - \beta X',$$

Donde:

X' , es el logaritmo natural del tamaño de parcelas en número de unidades básicas.

Y' , es el logaritmo natural de los coeficientes de variabilidad.

β , es el coeficiente de regresión lineal entre X' e Y' .

Para determinar el punto de máxima pendiente, se tomó la primera derivada de la ecuación lineal, con respecto a la variable X :

$$\begin{aligned} \delta Y' / \delta X' &= a - \beta \delta X' / \delta X' \\ &= a - \beta \end{aligned}$$

El resultado de $\delta Y' / \delta X'$, elevado al exponente e, corresponde al valor de máxima curvatura de la función exponencial que está expresado en número de unidades básicas.

-Método de la Ley de Variancias (Smith, 1938):

En este método

se utilizaron igualmente los cuadrados medios V_j del análisis de variancia (como en el esquema del cuadro #2) para estimar las variancias de unidad experimental de distintos tamaños, reducidas con referencia a subunidades de menor tamaño (V_j'):

$$V_1' = V_1$$

$$V_2' = f(e-1)V_2 + (f-1)V_1 / (ef-1)$$

$$V3' = ef(d-1)V3 + f(e-1)V2 + (f-1)V1 / (def-1)$$

$$V4' = def(c-1)V4 + ef(d-1)V3 + f(e-1)V2 + (f-1)V1 / (cdef-1)$$

$$V5' = cdef(b-1)V5 + def(c-1)V4 + \dots + (f-1)V1 / (bcdef-1)$$

$$V6' = bcdef(a-1)V6 + cdef(b-1)V5 + \dots + (f-1)V1 / (abcdef-1)$$

Posteriormente se estimó el coeficiente de heterogeneidad del suelo (β_1) utilizando la expresión (1):

$$\beta_1 = \frac{\sum X_j' Y_j - (\sum X_j')(\sum Y_j') / n}{\sum X_j'^2 - (\sum X_j')^2 / n}$$

donde:

β_1 , es el estimado no ponderado del coeficiente de heterogeneidad del suelo.

X_j' , es el logaritmo del tamaño de parcela.

Y_j , es el logaritmo de la variancia de promedios de cada tamaño de parcela expresado como:

$$\ln V_x = \ln(V_j' / X_j).$$

n , es el número de los diferentes tamaños de unidad experimental en el ensayo.

De esta manera, se calculó:

$$X1' = \ln(X1=180 \text{ U.B.}) \quad Y1 = \ln(V1' / X1)$$

$$X2' = \ln(X2= 90 \text{ U.B.}) \quad Y2 = \ln(V2' / X2)$$

$$X6' = \ln(X3= 1 \text{ U.B.}) \quad Y3 = \ln(V6' / X6).$$

De igual modo se estimaron los parámetros α, β por el procedimiento matricial (Steel y Torrie, 1970):

$$\beta_1 = (X' X)^{-1} (X' Y)$$

Donde:

$$X = \begin{vmatrix} 1 & \text{Ln } 180 \\ 1 & \text{Ln } 90 \\ 1 & \text{Ln } 30 \\ 1 & \text{Ln } 15 \\ 1 & \text{Ln } 5 \\ 1 & \text{Ln } 1 \end{vmatrix} \quad Y = \begin{vmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \\ Y4 \\ Y5 \\ Y1 \end{vmatrix}$$

A continuación se hallaron los términos $(X \cdot X^{-1})$, $(X \cdot X')$ ⁻¹
 $(X \cdot Y)$, para finalmente encontrar los valores de α y β .

Una vez estimado β_1 , se procedió a calcular el tamaño óptimo de parcela, haciendo uso de la expresión (2) que relaciona éste, con el costo asociado con la parcela.

$$X = K_1 \beta / K_2 (1 - \beta)$$

Para la estimación de los factores K_1 y K_2 se procedió según se indica en el acápite correspondiente.

-Metodo de Hatheway y Williams(1958):

Se utilizó la modificación a la Ley de la Variancia de Smith, propuesta por Hatheway y Williams(1958) con el fin de encontrar el valor ponderado del coeficiente de heterogeneidad del suelo β , para lo cual se aplican factores de ponderación w_{jk} , que son los elementos que constituyen la matriz información denominada (W). Esta matriz resulta del producto de matriz inversa Variancia-Covariancia (w^{-1}) por los respectivos valores de V_j' . Los pasos necesarios para la determinación del tamaño óptimo de parcela fueron:

a) Cálculo de la matriz variancia-covariancia de las V_j' .-

Se estimaron los valores de las variancias y

covariancias de las V_j' , a partir de los datos del ensayo de uniformidad (C.M.), de este modo se obtuvo:

$$\text{VAR}(V_1') = 2 V_1^2 / (f-1)$$

$$\text{VAR}(V_2') = 2 [f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2] / (ef-1)$$

$$\text{VAR}(V_3') = 2 [ef(d-1)V_3^2 + f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2] / (def-1)$$

$$\text{VAR}(V_4') = 2 [def(c-1)V_4^2 + ef(d-1)V_3^2 + \dots + (f-1)V_1^2] / (cdef-1)$$

$$\text{VAR}(V_5') = 2 [cdef(b-1)V_5^2 + \dots + (f-1)V_1^2] / (bcdef-1)$$

$$\text{VAR}(V_6') = 2 [bcdef(a-1)V_6^2 + \dots + (f-1)V_1^2] / (abcdef-1)$$

y luego las covariancias se calcularon:

$$\text{COV}(V_1', V_2') = \frac{2(f-1)V_1^2}{(f-1)(ef-1)}$$

$$\text{COV}(V_1', V_3') = 2(f-1)V_1^2 / (f-1)(def-1)$$

$$\text{COV}(V_1', V_6') = 2(f-1)V_1^2 / (f-1)(abcdef-1)$$

$$\text{COV}(V_2', V_3') = 2\{f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2\} / (ef-1)(def-1)$$

$$\text{COV}(V_2', V_4') = 2\{f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2\} / (ef-1)(cdef-1)$$

$$\text{COV}(V_3', V_4') = \frac{2\{ef(d-1)V_3^2 + f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2\}}{(bcdef-1)(abcdef-1)}$$

$$\text{COV}(V_5', V_6') = 2\{cdef(b-1)V_5^2 + def(c-1)V_4^2 + ef(d-1)V_3^2 + f(e-1)V_2^2 + (f-1)V_1^2\} / (bcdef-1)(abcdef-1)$$

De esta forma se obtuvo una matriz 6x6 (w) en la cual los elementos de la diagonal estaban constituidos por las $\text{VAR}(V_j')$ y por 12 covariancias, segun se puede apreciar en el cuadro # 3.

CUADRO # 3: MATRIZ VARIANCIACOVARIANCI(W).

VAR(1)	COV(1,2)	COV(1,3)	COV(1,4)	COV(1,5)	COV(1,6)
COV(2,1)	VAR(2)	COV(2,3)	COV(2,4)	COV(2,5)	COV(2,6)
COV(3,1)	COV(3,2)	VAR(3)	COV(3,4)	COV(3,5)	COV(3,6)
COV(4,1)	COV(4,2)	COV(4,3)	VAR(4)	COV(4,5)	COV(4,6)
COV(5,1)	COV(5,2)	COV(5,3)	COV(5,4)	VAR(5)	COV(5,6)
COV(6,1)	COV(6,2)	COV(6,3)	COV(6,4)	COV(6,5)	VAR(6)

DONDE:

$$\text{VAR}(1) = \text{VAR}(V1')$$

$$\text{VAR}(4) = \text{VAR}(V4')$$

$$\text{VAR}(2) = \text{VAR}(V2')$$

$$\text{VAR}(5) = \text{VAR}(V5')$$

$$\text{VAR}(3) = \text{VAR}(V3')$$

$$\text{VAR}(6) = \text{VAR}(V6')$$

$$\text{COV}(1,2) = \text{COV}(V1', V2')$$

$$\text{COV}(2,3) = \text{COV}(V2', V3')$$

$$\text{COV}(2,4) = \text{COV}(V2', V4')$$

$$\vdots$$

$$\text{COV}(3,4) = \text{COV}(V3', V4')$$

$$\vdots$$

$$\text{COV}(5,6) = \text{COV}(V5', V6')$$

b) Cálculo de la matriz información.-

Para poder obtener los factores de ponderación necesarios para estimar β_2 , se procedió a efectuar $(W)^{-1}$ es decir la inversa de la matriz variancia-covariancia y luego multiplicarla por sus respectivos valores de V_j' .

De esta manera, se calculó 12 valores w_{jk} , que formaban parte de la matriz información denominada (W) los cuales se utilizaron en la expresión (3).

Como comprobación del cálculo, se debe cumplir que:

$$\sum_{jk} w_{jk} = \frac{1}{2}(abcdef-1).$$

$= 539.5$, para el presente caso.

c) Estimación del tamaño de parcela: Se utilizó la expresión (2) para el cálculo del tamaño óptimo de parcela relacionado al costo del experimento.

d) Estimación del tamaño de parcela por el método de matrices.-

El calculo del coeficiente ponderado de heterogeneidad del suelo β_2 , se pudo obtener igualmente usando la expresión:

$$\bar{\Phi} = (X' \cdot W \cdot X)^{-1} \cdot (X' \cdot W \cdot Y)$$

$$\bar{\Phi} = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ 2 \end{bmatrix}$$

El término $(X' \cdot W \cdot X)^{-1}$ es una matriz de 4 elementos cuyo cuarto elemento corresponde a $VAR(\beta_2)$.

Igualmente, se utilizó la expresión (2) para el cálculo del tamaño óptimo de parcela.

- Método de Comparación de Variancias.-

Para el estimado del tamaño óptimo de parcela según el método de comparación de variancias, se calcularon los valores de (\bar{V}_x) o variancias promedio por unidad básica tomando en cuenta los diferentes tamaños de unidad experimental.

Posteriormente, se realizaron pruebas sucesivas de homogeneidad de Variancias según el método de Bartlett(1937), usando los valores calculados de

$$(\bar{V}_x) = V_j' / X_j .$$

Inicialmente se toman en cuenta los valores de (\bar{V}_x) correspondientes a todos los tamaños de unidad experimental en estudio y se utiliza los términos siguientes:

$$M = 2.3026 [(\sum f_i) \text{Log } s^2 - \sum f_i \text{Log } s_i^2]$$

$$C = 1 + 1/3(a-1) [\sum 1/f_i - 1/\sum f_i]$$

luego: M/C se distribuye con $X^2 (n-1)$ g.l.

Donde:

$\sum f_i$, es la sumatoria de los grados de libertad de cada una de las variancias en prueba.

s^2 , es un promedio ponderado de variancias, definido como:

$$= \sum f_i s_i^2 / \sum f_i .$$

C , es el factor de corrección por tamaño finito de muestra.

a ,es el # de estimados de variancia en prueba.

Se efectuaron las siguientes pruebas, sin considerar en ellas las variancias promedio de las unidades experimentales de menor tamaño hasta encontrar una prueba de comparación que fue estadísticamente no significativa. Ya que dentro de este grupo comparativamente existen variancias homogéneas, se supone encontrar dentro de él, la variancia promedio que corresponde al tamaño óptimo de parcela.

3.5 METODOS EXPERIMENTALES UTILIZADOS PARA ESTIMAR EL NUMERO ADECUADO DE REPETICIONES.

Para estimar el tamaño adecuado del experimento, se utilizaron las siguientes metodologías:

- Método de Hatheway.-

Para la aplicación del método de Hatheway(1958) se hizo uso de la expresión(7) en la cual se estiman las verdaderas diferencias de medias(d) en experimentos simulados de blocks completos para diferentes combinaciones de # de tratamientos y de repeticiones.

Para el experimento se consideró diseños de blocks completos al azar con 10,15,20,25,30 y 35 tratamientos y 2,3,4,5,6,7 repeticiones bajo la suposición de los tamaños óptimos de parcela estimados anteriormente en la parte correspondiente, para un nivel de significación α y una probabilidad $\beta=(1-P)=0.20$. Estos datos se tomaron del ensayo de uniformidad, reordenándolos para

simular los experimentos mencionados.

Ya que el método requiere de un estimado promedio del coeficiente de variabilidad(C.V.), se utilizó la información de experimento de tamaño de parcela y se utilizó la media de los C.V. para los tamaños de 5,10 y 15 unidades básicas.

Se utilizaron gráficos para poder determinar por inspección la relación entre la magnitud de la diferencia a detectarse con cada experimento y el tamaño de parcela en unidades básicas para la estimación del # apropiado de repeticiones.

-Método de Cochran y Cox(1965).-

Se utilizó el método para fines de comparar su eficiencia con respecto a los otros 2 métodos anteriores. Para ello se utilizó la información del diseño simulado en D.B.C.A. con el fin de obtener estimación de las variancias cuando se desea detectar diferencias verdaderas entre t tratamientos al nivel $\alpha=0.05$ de significación con una seguridad de $\beta=0.20$.

Se hizo uso de la expresión (5) para experimentos simulados de 4,5,6 repeticiones con 30 tratamientos cada uno. Para hipótesis alternativas de 2 colas la ec.(5) puede escribirse:

$$r \geq 2(Z\alpha + Z\beta)^2 \cdot (\sigma)^2 / (\delta)^2$$

Donde:

r ,es el # de repeticiones.

Z_{α} , es el valor tabular de z basado en error tipo I
 $\alpha=0.05$

Z_{β} , es el valor tabular de z basado en error tipo II
 para $\beta=0.40$

σ^2 , es la estimación de la variancia del error experimental

δ , es la estimación de la verdadera diferencia de medias
 $\delta=\mu_1 - \mu_2$.

El valor estimado de r se dividió entre un factor de corrección C:

$$C = G.L. del error + 3 / G.L del error + 1$$

3.6 ESTIMACION DE LOS FACTORES DE COSTO K1 Y K2.

Para poder estimar los factores de costo se hizo uso de la expresión (9). Se realizaron mediciones por triplicado del tiempo requerido para ejecutar cada labor del experimento en cada uno de 6 tamaños de unidad experimental del ensayo, es decir para $X=1, 5, 10, 15, 20$ y 25 unidades básicas.

Se realizó un análisis de regresión utilizando como variable independiente el tamaño de unidad experimental y el tiempo requerido para cada labor como variable dependiente para hallar $\alpha=K_1$ y $\beta=K_2$.

Luego se sumaron los resultados parciales de K_1 y de K_2 para obtener 2 estimados globales de los factores de costo que se utilizaron en la determinación del tamaño de parcela y también para el # apropiado de repeticiones.

Las labores en las que se estimaron los factores de costo fueron: planeamiento, preparación del material

experimental, preparación de terreno, transplante y recalce,
deshierbo manual, abonamiento, semiaporque, aporque, riegos,
corte de follaje, cosecha, enmallado y toma de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANALISIS DE VARIABILIDAD DEL TAMAÑO OPTIMO DE UNIDAD EXPERIMENTAL:-

En el cuadro #4 se presenta el análisis de variancia del diseño jerarquico con 6 subdivisiones:

CUADRO # 4:ANALISIS DE VARIANCIA DEL ENSAYO DE UNIFORMIDAD BAJO UN CRITERIO DE CLASIFICACION JERARQUICA CON 6 SUBDIVISIONES. La Molina, agosto de 1986.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	Vj(C.M)	Vj'
Repeticiones	5	17.37030	17.37030
Blocks/Repeticiones	6	4.04340	10.10108
Parcelas/Blocks	24	3.82216	5.79553
Subparcelas/parcelas	36	2.19737	3.97111
Sub-subparcelas/subparc.	144	1.77210	2.49828
Sub-sub-subparc/sub-subp.	864	0.82616	1.15934

El cálculo de las sumas de cuadrados(S.C.) para las fuentes de variación fueron:

$$S.C(\text{Repeticiones}) = \frac{R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_6^2}{180} - \frac{(\sum X_{ijk})^2}{1080}$$

$$= 86.8515.$$

$$S.C(\text{Blocks/rep.}) = \frac{B_1^2 + B_2^2 + \dots + B_{12}^2}{90} - S.C(\text{Repeticiones no corregidas})$$

$$= 24.2604.$$

$$S.C(\text{Parc./blocks}) = \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_{36}^2}{30} - S.C(\text{Blocks/rep. No corregidas})$$

$$= 91.73184.$$

$$\begin{aligned}
 \text{S.C. (Subparc/parc)} &= \frac{\overset{2}{\text{SP1}} + \overset{2}{\text{SP2}} + \dots + \overset{2}{\text{SP72}}}{15} - \text{S.C. (Parc/blocks} \\
 & \hspace{15em} \text{No corregidos)} \\
 &= 79.10532.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{S.C. (Sub-subparc/subparcela)} &= \frac{\overset{2}{\text{SSP1}} + \overset{2}{\text{SSP2}} + \dots + \overset{2}{\text{SSP216}}}{5} - \text{S.C. (subparc/parc.} \\
 & \hspace{15em} \text{no corregidas)} \\
 &= 255.1824.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{S.C. (Sub-sub-subparc)} &= \overset{2}{\text{SSSP1}} + \overset{2}{\text{SSSP2}} + \dots + \overset{2}{\text{SSSP1080}} \\
 & \hspace{10em} - \text{S.C. (Subsubparc/subparc. no corregidas)} \\
 &= 713.80224.
 \end{aligned}$$

Para el ensayo $\sum X_{ij} = 3,575.88$ kg. o la suma total de los rendimientos de todas las unidades básicas. El Promedio general (\bar{X}) fue de 3.311 kg/unidad básica y el rendimiento por planta, 0.5518 kg.

El coeficiente de variabilidad del experimento fue de C.V. = 27.45%. El estimado de Rendimiento promedio por hectárea ascendió a 15,850 kg.

4.2 ANALISIS DEL TAMAÑO OPTIMO DE UNIDAD EXPERIMENTAL.-

A) Método de Máxima Curvatura:

Se estimaron los coeficientes de variabilidad de cada tamaño de parcela utilizando la expresión (10) según se observa en el cuadro#5:

CUADRO #5 :Estimados de los Coeficientes de variabilidad correspondientes a los diferentes tamaños de parcela utilizados en el ensayo de uniformidad. La Molina, agosto de 1986

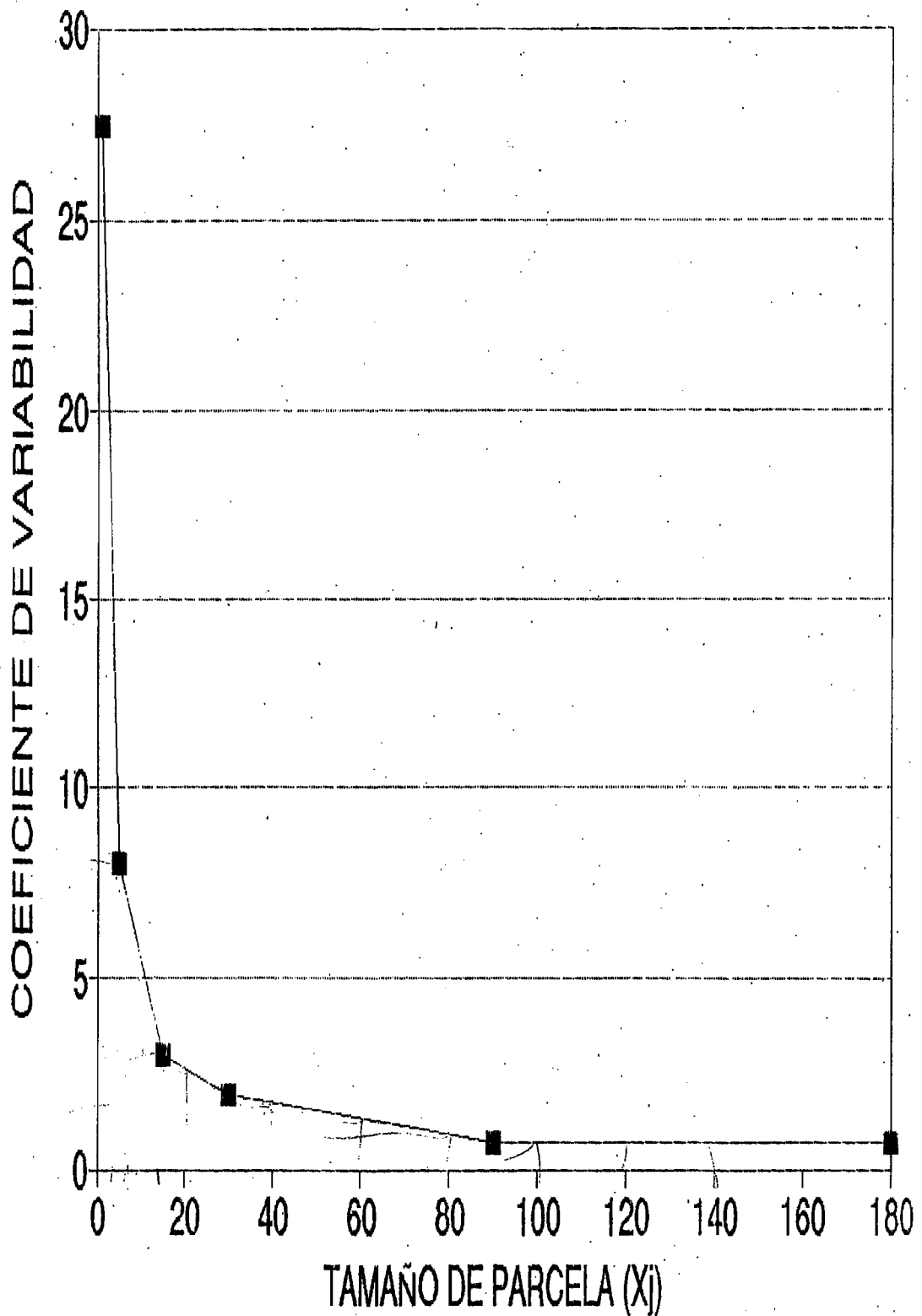
Tamaño de parcela en # de unid.básicas	Número total de parcelas	Coeficientes de Variabilidad
180	6	0.69
90	12	0.67
30	36	1.96
15	72	2.98
5	216	8.04
1	1080	27.4

A partir del cuadro anterior se puede observar que conforme se reduce el tamaño de la unidad experimental, el coeficiente de variabilidad tiende a incrementar su valor hasta un rango de tamaños de parcela ($X=15-180$ u.b.) en el que las reducciones subsecuentes en la variabilidad, parecen disminuir en intensidad.

En el gráfico #2 se plotearon los valores de C.V. y de los tamaños de parcela (X_j), obteniéndose una curva tipo exponencial. En él se pudo advertir que el punto de máxima inflexión se encontró gráficamente entre los tamaños de parcela de 5 y 15 unidades básicas y más cercanamente en el tamaño cercano a las 10 u.b. es decir en la unidad experimental con un área de 15 metros cuadrados o 60 plantas por parcela, que se consideró como el tamaño óptimo según el procedimiento aproximado.

Para realizar una estimación precisa, los datos

GRAF#2: MAXIMA CURVATURA



ploteados para la curva exponencial, se transformaron a logaritmos naturales, obteniéndose la siguiente ecuación lineal :

$$Y' = 3.2472 - 0.7520 X'$$

Por derivadas parciales con respecto a X' , se obtuvo el valor de :

$$\delta Y' / \delta X' = 2.4952 .$$

Finalmente, al realizar la expresión:

$$e^{2.4952} = 12.12 .$$

que corresponde al tamaño óptimo de parcela en número de unidades básicas. Este valor equivale a un área experimental de 18.18 metros ó 72.72 plantas por parcela.

B) Método de la Ley de Variancias.-

A partir del cuadro#5 se estimaron las V_j' (variancias de distintos tamaños referidas a un tamaño determinado de parcela) y las V_x (variancias de promedios de los diferentes tamaños de parcela):

Tamaño de parcela	V_j'	V_x
180 u.b.	17.37030	0.09650
90 "	10.10108	0.11223
30 "	5.79553	0.19318
15 "	3.97111	0.26474
5 "	2.49828	0.49965
1 "	1.15934	1.15934

Por el procedimiento estándar de matrices se calculó el valor estimado de β_1 , a partir de:

$(X.X') \quad (X.Y) :$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 5.19296 \\ 1 & 4.49981 \\ 1 & 3.40120 \\ 1 & 2.70805 \\ 1 & 1.60944 \\ 1 & 0.00000 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} -2.33821 \\ -2.18720 \\ -1.64413 \\ -1.32901 \\ -0.69385 \\ 0.14785 \end{bmatrix}$$

$$(X.X') = \begin{bmatrix} 6.000000 & 17.411449 \\ 17.411449 & 68.707035 \end{bmatrix}$$

$$(X.X')^{-1} = \begin{bmatrix} 0.629856 & -0.159615 \\ -0.159615 & 0.055004 \end{bmatrix}$$

$$(X.Y) = \begin{bmatrix} -8.044461 \\ -32.291611 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0873872 \\ -0.4921390 \end{bmatrix}$$

El valor estimado según el método de Smith del coeficiente no ponderado de heterogeneidad del suelo fue:

$$\beta_1 = 0.4921390 \quad \text{VAR}(\beta_1) = 0.0577.$$

La variancia de β_1 , se estimó a partir de:

$$\begin{aligned} \text{VAR}(\beta_1) &= \frac{\sigma_{Y.X}^2}{\sum (X_i - \bar{x})^2} \\ &= 1.0489 / 18.1803 = 0.0577 \end{aligned}$$

Para calcular el tamaño óptimo de parcela se utilizó el término(2):

$$\begin{aligned} X &= \beta_1 K_1 / (1 - \beta_1) K_2 \\ &= 0.492139(73) / (1 - 0.492139) \times 26 \end{aligned}$$

= 2.72 Unidades básicas.

= 4.08 m^2 ó 16-17 plantas/parcela.

C) Método de Hatheway y Williams.-

Segun el procedimiento

propuesto en la sección correspondiente se calcularon los valores de VAR(Vj') y las COV(Vj') y se construyó la matriz variancia-covariancia:

$$w = \begin{vmatrix} 120.691 & 54.860 & 17.242 & 8.500 & 2.807 & 0.559 \\ 54.860 & 26.558 & 8.347 & 4.115 & 1.359 & 0.271 \\ 17.242 & 8.347 & 3.196 & 1.575 & 0.520 & 0.104 \\ 8.500 & 4.115 & 1.575 & 0.846 & 0.279 & 0.056 \\ 2.807 & 1.359 & 0.520 & 0.279 & 0.112 & 0.022 \\ 0.559 & 0.271 & 0.104 & 0.056 & 0.022 & 0.005 \end{vmatrix}$$

y la inversa de la matriz w:

$$w^{-1} = \begin{vmatrix} 4.889 & -10.498 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -10.498 & 23.369 & -0.870 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.870 & 5.249 & -5.032 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5.032 & 62.475 & -158.27 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -158.27 & 768.32 & -1450.57 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1450.57 & 7279.87 \end{vmatrix}$$

la matriz de las Vj':

$$X' = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5.19296 & 4.49981 & 3.4012 & 2.70805 & 1.60944 & 0 \end{vmatrix}$$

finalmente, la matriz información(W):

$$W = \begin{vmatrix} 104.0328 & -118.9855 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -118.9855 & 141.0892 & -6.1015 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -6.1015 & 42.7617 & -39.2824 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -39.282 & 467.322 & -558.747 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -558.747 & 1280.094 & -937.68 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -937.68 & 1825.79 \end{vmatrix}$$

Los siguientes cálculos fueron $(X'W)^{-1}$, $(X'W X)$, $(X'W X)^{-1}$,
 $Y (X'W Y)$ para estimar el valor del coeficiente ponderado
de heterogeneidad del suelo:

$$(X'W) = \begin{vmatrix} -14.952 & 16.002 & -2.622 & -130.71 & -216.33 & 888.12 \\ 4.825 & -3.765 & 11.607 & 232.65 & 547.12 & -1509.14 \end{vmatrix}$$

$$(X'W X) = \begin{vmatrix} 539.50622 & -716.69525 \\ -716.69525 & 1558.19245 \end{vmatrix}$$

$$(X'W X)^{-1} = \begin{vmatrix} 0.004765 & 0.002192 \\ 0.002192 & *0.001649 \end{vmatrix} \quad \text{*Corresponde a VAR}(\beta) \quad \text{2}$$

$$(X'W Y) = \begin{vmatrix} -95.430198 \\ -124.663701 \end{vmatrix}$$

$$Y \text{ FINALMENTE, el valor } \Phi = \begin{vmatrix} \alpha \\ \beta \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0.727987 \\ -0.414753 \end{vmatrix}$$

Se determinó que a través del método de Hatheway y Williams, el coeficiente ponderado de heterogeneidad del suelo fue de $\beta=0.414753$ y la $VAR(\beta) = 0.001649$.

El tamaño óptimo de parcela se calculó igualmente a través de la expresión (2) :

$$X = \beta K_1 / (1 - \beta) K_2$$

$$X = 1.98 \text{ unidades básicas} \quad \text{ó} \quad 2.98 \text{ m} \quad \text{2}$$

que corresponde de 11-12 plantas/parcela.

D) Método de comparación de variancias.-

Para realizar las pruebas de homogeneidad de variancias segun Bartlett se calcularon los valores del rendimiento promedio por unidad básica \bar{V}_x :

Tamaño de parcela	\bar{V}_x
180 u.b.	0.09650
90 u.b.	0.11223
30 u.b.	0.19318
15 u.b.	0.26474
5 u.b.	0.49965
1 u.b.	1.15934

Como primer paso se compararon las variancias \bar{V}_x de todos los tamaños de parcela involucrados en el experimento:

$$M = 2.3026 \left[\frac{(1079)(0.00398) - (-36.60608)}{2} \right]$$

$$= 94.177, \text{ distribuido } \Omega X \text{ con 5 grados de libertad.}$$

Se determinó en este caso que existían diferencias estadísticas significativas al nivel $\alpha=0.01$ entre las variancias promedio de los tamaños de parcela iguales a $X=1,5,10,15,30,90,180$ unidades básicas.

Posteriormente, se excluyó de la prueba de comparación de variancias aquella cuyo tamaño de parcela $X=1$ unidad básica:

$$M = 2.3026 \left[\frac{(215)(-0.39156) - (-92.08422)}{2} \right]$$

$$= 18.188, \text{ distribuido } \Omega X \text{ con 4 grados de libertad.}$$

Se encontró diferencias significativas al nivel $\alpha=0.01$ de probabilidad en la prueba, para las variancias promedio de los tamaños $X=5,10,15,30,90$ Y 180 unidades básicas .

Finalmente, sin considerar en la prueba las variancias de los tamaños de parcela $X=1,5$ unidades básicas, se obtuvo:

$$M = 2.3026 [(71)(-0.68543) - (-48.692)]$$

$$= 0.06094 \text{ , distribuido } \Omega X \text{ con 3 grados de libertad.}$$

El valor resultante no fue estadísticamente significativo, consecuentemente las parcelas de tamaño igual o mayor a $X = 10$ unidades básicas pueden considerarse similares en la reducción de la variabilidad para los fines del ensayo de uniformidad, considerándose un tamaño óptimo de parcela de 10 unidades básicas o 15 metros cuadrados de superficie. Esta unidad experimental corresponde a 60 plantas por parcela.

4.3 DETERMINACION DEL NUMERO ADECUADO DE REPETICIONES.-

-Método de Hatheway.-

A partir de los datos del ensayo de uniformidad, se simuló un experimento en D.B.C.A. con diferentes números de repeticiones y tratamientos para detectar diferencias significativas entre tratamientos a un

nivel $\alpha=0.05$ y $\beta=0.20$. Los valores resultantes fueron:

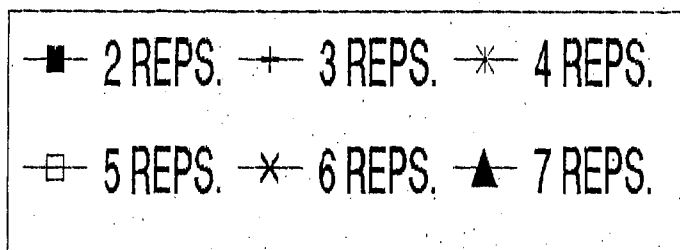
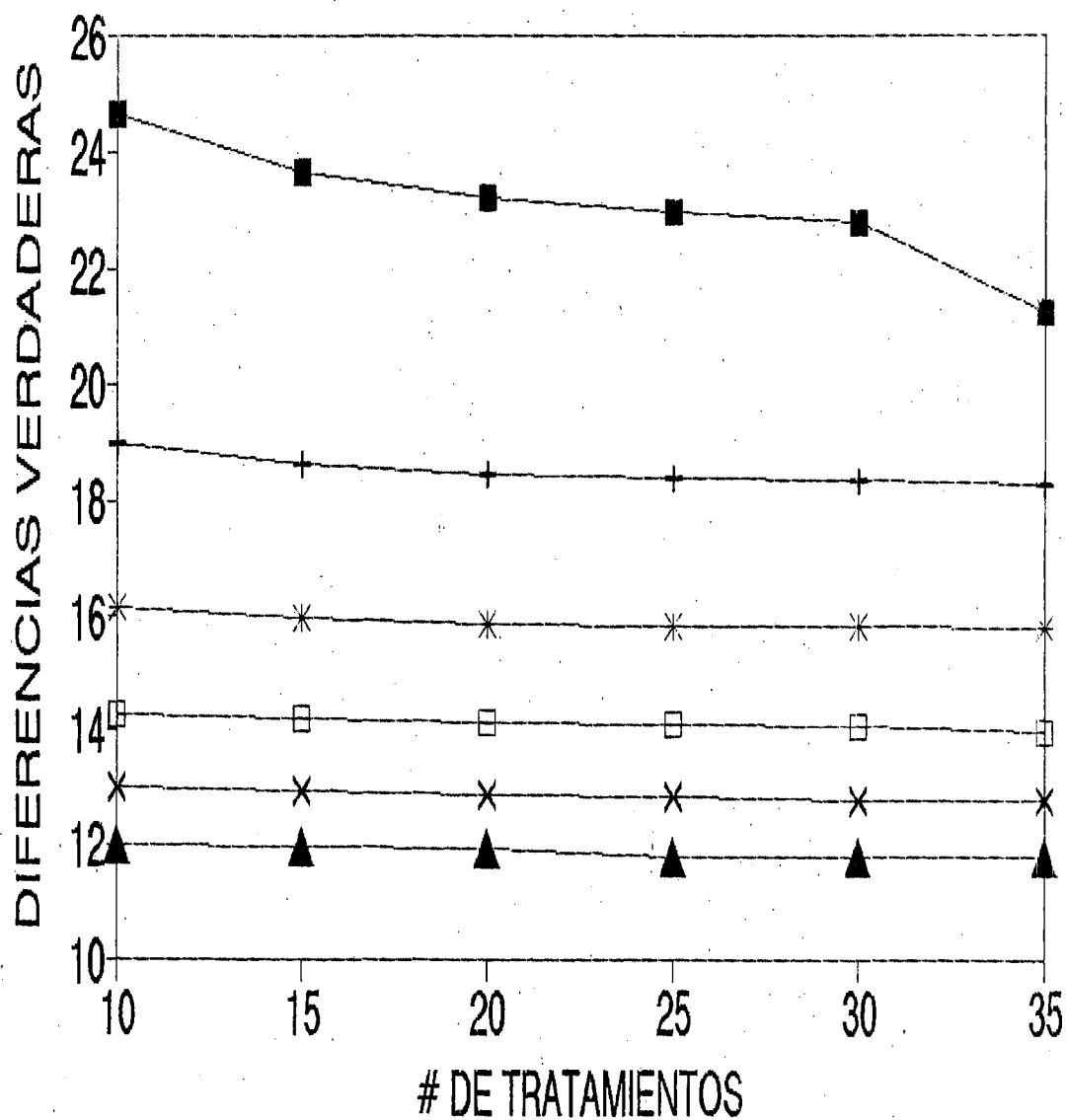
CUADRO # 6: Diferencias verdaderas (d) a detectarse cuando se utilizan diversas combinaciones de # de tratamientos y de repeticiones bajo un diseño simulado en D.B.C.A. y tamaño óptimo de parcela igual $X=10$ unidades básicas y niveles de significación $\alpha=0.05$ y $\beta=0.20$. La Molina, agosto de 1986. -

NUMERO DE REPETICIONS	NUMERO DE TRATAMIENTOS					
	10	15	20	25	30	35
2	24.63	23.65	23.20	22.96	22.80	21.17
3	19.00	18.64	18.47	18.36	18.32	18.28
4	16.16	15.96	15.87	15.83	15.80	15.76
5	14.25	14.20	14.15	14.11	14.07	13.96
6	13.02	12.93	12.88	12.84	12.74	12.74
7	12.01	11.94	11.90	11.80	11.80	11.80

Para el cálculo se recurrió a un estimado promedio del coeficiente de variabilidad de los tamaños de parcela de 1,5 y 15 unidades básicas, que alcanzó el valor de 12.82. Se observa a partir del cuadro# 9 que la magnitud de las diferencias entre medias de tratamientos a detectar, se incrementa proporcionalmente al número de repeticiones utilizado en el ensayo, para el tamaño de parcela elegido, con los niveles de significación α y β utilizados.

Aun cuando estos valores d, dependan del grado de precisión requerido en las pruebas de significación, se puede determinar en el caso presente que el número de repeticiones adecuado para la investigación en experimentos con camote,

GRAFICO # 3: DIFERENCIAS VERDADERAS DE TRATAMIENTOS EN DBCA.



es de 3-4 repeticiones, ya que en este tamaño de experimento las diferencias verdaderas entre tratamientos, tienen valores consistentes para este rango, utilizando el método de Hatheway(1961).

En el gráfico 3, se observa que la precisión se incrementa hasta llegar a 4 repeticiones y que a partir de este nivel, las ganancias en precisión dejan de ser significativas. En este caso y para el ejemplo de tomar un experimento con 10 y 30 tratamientos se observan diferencias del orden de 16.16 y 15.76 lo que supone solo 0.40 unidades de discrepancia; para el caso de tomar 3 repeticiones la discrepancia se eleva a 1.28 unidades de diferencia.

Considerando experimentos previos en comparativos de camote estas diferencias verdaderas entre medias de tratamiento, pueden estimarse como confiables cuando se utilicen parcelas experimentales de 10 unidades básicas ó 15 metros.

-Método de Cochran y Cox.-

Se calcularon valores de r (# de repeticiones) utilizando el término(11) para lo cual se promediaron valores de la variancia del error(σ_e) de experimentos comparativos de rendimiento de variedades de camote realizados en La Molina(Lopez, 1971; Palomino, 1972; Fujimori, 1969; Cuadros, 1971; Gadea, 1970; Aranda, 1970; Arteaga, 1969).

Se utilizó asimismo, el valor de la verdadera diferencia de medias de tratamiento estimado previamente en el diseño de blocks completos al azar con 5 repeticiones:

$$\frac{2}{e} \sigma \text{ (promedio de 7 experimentos) } = 15.81$$

$$d \text{ (10 tratamientos) } = 14.07$$

$$Z(\alpha=0.05) = 1.96 \text{ (36 g.l.)}$$

$$Z(\beta=0.40) = 0.85 \text{ (36 g.l.)}$$

$$\text{factor de corrección} = (10-1)(5-1) = 36 \text{ g.l.}$$

$$f.c. = 36 + 3 / 36 + 1$$

$$= 1.054$$

Con estos datos el valor r , fué :

$$r \geq 1.22 \times f.c$$

$$r \geq 1.29$$

Debido a que el verdadero valor de $r=2$ repeticiones los grados de libertad del error serían $(10-1)(2-1):9$ g.l.

Para este valor $(t_0 + t_1) = 2.262 + 0.883 = 3.145$ y el valor de r es:

$$r \geq 1.53$$

Es decir a través del método de Cochran y Cox, se obtiene un número de repeticiones igual a 2 aproximando el valor al número entero siguiente. Este bajo estimado es algo sesgado ya que el número de grados de libertad en t_0 y t_1 , depende del valor de r , lo cual ha sido anotado por Federer(1967).

4.4 ESTIMACION DE LOS FACTORES DE COSTO K1 y K2.-

Los datos de costo asociados a la parcela experimental se presentan en el cuadro # 7, expresados en horas-hombre:

CUADRO # 7 : Tiempo empleado en horas-hombre para cada labor del experimento y estimados parciales de K1 y K2. La Molina, agosto de 1986.

LABOR	TAMAÑO DE PARCELA EN UNIDADES BASICAS					
	X=1	X=5	X=10	X=15	X=20	X=25
Colocación de esquejes	0.0041	0.0368	0.0521	0.0767	0.0986	0.1081
Siembra	0.0026	0.0228	0.0220	0.0607	0.0844	0.1113
Corte follaje	0.0158	0.0917	0.1336	0.2167	0.2889	0.3127
Cosecha	0.0753	0.1352	0.2996	0.4433	0.4872	0.6619
Toma de datos	0.0193	0.0622	0.0852	0.1263	0.1430	0.1770

Al realizar los análisis de regresión para cada labor, los resultados fueron:

	K1 parcial(α)	K2 parcial(β)
Colocación de esquejes	0.0082	0.0043
Siembra	0.0064	0.0045
Corte de follaje	0.0161	0.0126
Cosecha	0.0427	0.0243
Toma de datos	0.0226	0.0062
Sumatoria Σ =	0.0960	0.0529
Estimado (en %) =	65 %	35 %

de K1 y K2

Los resultados globales de los factores de costo, pueden observarse en el cuadro # 8:

CUADRO # 8 : COSTOS TOTALES POR LABOR EXPRESADOS EN HORAS-HOMBRE PARA EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD.
La Molina, agosto 1986.

LABOR	#HRS-HOMBRE	K1'	K2'
Planeamiento	8 *	8	
Corte de esquejes	60 *	60	
Preparación del terreno	3 *	3	
Colocacion de esquejes	40	26	14
Siembra	24	16	8
Resiembra	14 *	14	
Deshierbo	58	38	20
Abonamiento	4	2.5	1.
Semiaporque mecanizado	1 *	1	
Aporque mecanizado	1 *	1	
Riegos	30 *	30	
Corte de follaje	112	73	39
Cosecha	198	129	69
Toma de datos	12	8	4
Enmallado	52	34	18
Análisis Estadístico	30	30	

SUMA ($\Sigma K1$)=	647	($\Sigma K2$)= 474.5	172.5
(%)	100%	74%	26%

*labores que dependen solo de K1.

Para fines del experimento, corresponde un valor de K1 (factor de costo independiente del tamaño) de parcela

aproximado de 74% y un estimado de K^2 (factor dependiente del tamaño de parcela), de 26% que son los valores utilizados en la sección correspondiente al análisis del tamaño de parcela.

4.5 Discusión de los resultados experimentales.-

Al estimarse el tamaño óptimo de parcela se han utilizado métodos que relacionan la dimensión de la unidad experimental con la variabilidad expresada ya sea en coeficiente de variación, variancia promedio o variancias referidas a parcelas de menor tamaño, así como los factores de costos asociados a las parcelas. El método de la ley de variancia de F. Smith (1938) y el método de Hatheway y Williams (1958) proporcionan estimados menores de tamaño de parcela debido a involucran además de la variabilidad de los datos, factores referidos al costo.

En el presente estudio, se han obtenido estimados de tamaños de parcela de $X_1 = 4.08$ metros cuadrados ó 16 plantas/parcela (2.72 u.b.) para el método de Smith y de $X_2 = 2.98$ metros cuadrados ó 12 plantas/parcela (1.98 u.b.). Ello sugiere que existen diferencias en cuanto a los métodos de estimación, considerándose el método de Hatheway y Williams más eficiente ya que utiliza ponderaciones adecuadas para estimar el parámetro β .

Al comparar la eficiencia de estos 2 métodos a través de los estimados de sus $VAR(\beta)$, se encuentra que la relación de $VAR(\beta_1) / VAR(\beta_2)$, es alrededor de 33

veces, lo cual supone una mayor eficiencia del método que estima a β_2 , es decir el método de Hatheway y Williams.

En el cuadro # 9, se observan los estimados de tamaño de parcela a través de los 4 métodos utilizados.

En cuanto a los métodos que no involucran el uso de factores de costo, Método de Máxima curvatura y el Método de Comparación de Variancias, estos estiman el tamaño óptimo únicamente en función de la variabilidad de los diferentes tamaños probados, que para fines del experimento, es de 10-12 unidades básicas ó 15-18 metros cuadrados (60-72 plantas por parcela).

Es conveniente mencionar la eficiencia relativa de ambos métodos, cuando se desea obtener estimados confiables en experimentos de campo, si se tiene en cuenta solamente la variabilidad de las observaciones con fines de reducir el error experimental.

CUADRO # 9 : RESUMEN DE LOS METODOS UTILIZADOS PARA ESTIMAR EL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA.

METODO UTILIZADO	(β)	X_j (U.B.)	AREA (MTS)	No. DE PLANTAS	OBERVACIONES
Máxima Curvatura	0.752	12.12	18.18	72	C.V.
Comparación de variancias	-	10	15	60	(\bar{V}_x).
Smith	0.492139	2.72	4.08	16	V_j' , Costos
	+ -0.2402				
Hatheway y Williams.	0.414753	1.98	2.98	12	V_j' , w_{ij} , Costos.
	+ -0.1284				

En conclusión, se ha comprobado en el ensayo de uniformidad, la relación inversa existente entre el tamaño de unidad experimental y la variabilidad de las unidades experimentales y se ha estimado que tamaños eficientes de parcela para experimentos de campo con camote, fluctúan entre 12-72 plantas (1.98-18.18 mt.), si se toma en cuenta o no los factores de costos asociados al experimento.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por Boudreaux y Jones (1978) y con Biradar (1980), aún cuando estos investigadores utilizaron el método de máxima curvatura que analiza la parcela solo en función de los coeficientes de variabilidad de los tamaños comparados y desestiman el factor costo. Biradar (1980) encontró que los estimados de β_1 , eran poco consistentes debido a una alta heterogeneidad del suelo ($\beta \geq 0.59$), lo cual condujo a valores viciados de X_j .

Al respecto el mismo autor, además de Connors (1958) y Boudreaux y Jones (1978) coinciden en señalar que existen factores inherentes al material utilizado de camote, que determinan una alta variabilidad en los rendimientos dentro de un mismo clon y también debido a factores del medio ambiente durante el período de cultivo.

Una de las razones por las que los estimados del tamaño óptimo de parcela fueron relativamente bajos, es debido a los factores K_1 y K_2 de los costos asociados al

experimento.

En el presente experimento el valor calculado K_1 , (costo independiente del tamaño de parcela) fué de 74% mientras que K_2 , fue de 26%. Estos valores concuerdan con lo hallado con otros investigadores, tal como se observa en el cuadro # de Anexos. Los valores promedio de K_1 y K_2 alcanzaron a 80% y 20% respectivamente en 7 experimentos con ensayos de uniformidad en La Molina, Perú. Por otro lado, la Oficina de Estadística del Ministerio de Agricultura (1973) estima que los costos directos de producción en el cultivo de camote son del orden del 83% y los indirectos, alcanzan la cifra de 17%, lo que podría considerarse relacionado a K_1 y K_2 , respectivamente.

El método más conveniente en términos del ensayo de uniformidad realizado en camote, para determinar el número adecuado de repeticiones, es para el caso presente el de Hatheway (1961), ya que relaciona el coeficiente de variabilidad de las parcelas con el coeficiente de heterogeneidad del suelo, para un determinado nivel de precisión en experimentos de campo. El número apropiado de repeticiones encontrado con este método fué de 4 repeticiones, utilizando parcelas de 15 mt. ó 60 plantas.

Por su parte, el método de Cochran y Cox (1965) subestimó el # de repeticiones adecuadas para el experimento, ya que tal como lo señalan otros autores (Federer, 1967) los datos de grados de libertad del error experimental, se hallan correlacionados al valor de r .

El número de repeticiones adecuados en los experimentos con ensayos de uniformidad, dependen del tamaño de la parcela, además del grado de precisión requerido, tal como lo indican Boudreaux y Jones (1978), quienes han encontrado en experimentos un # de repeticiones de 3-6 para tamaños de parcela similares a los que se presentan en esta investigación (13-18 mt.), utilizando el método de Federer (1967).

Finalmente, se recomienda analizar la técnica de parcela experimental, en otras localidades y épocas de siembra (en verano), utilizando variedades precoces de camote ya que en éstas la competencia entre plantas y el ritmo de engrosamiento de la raíz, pueden afectar la variabilidad de los rendimientos y proporcionar posiblemente, otros estimados del coeficiente de heterogeneidad del suelo.

V. CONCLUSIONES.-

- 1) En el ensayo de uniformidad realizado con la variedad 'Nemañete' de camote (Ipomoea batatas) en la localidad de la Molina (Perú), se obtuvo un coeficiente de variabilidad para todos los tamaños de parcela en prueba de 27.45 % y un rendimiento promedio de 0.55 kg/planta comprobándose la relación inversa que existe entre el coeficiente de variabilidad y el tamaño de parcela.
- 2) Se estimaron tamaños de parcela de 12 y 16 plantas (2.98 y 4.08 metros cuadrados) según los métodos de Smith y Hatheway y Williams, respectivamente, así como estimados del coeficiente de heterogeneidad del suelo de 0.4147 y 0.4912 para ambos métodos.
- 3) Utilizando el método de máxima curvatura, se estimó un tamaño de parcela de 72 plantas ó 18 metros cuadrados de área, para evaluar eficientemente experimentos de campo, sin tomar en cuenta el factor de costo asociado a las parcelas. Asimismo, a través del método de Comparación de Variancias, se estimó un tamaño óptimo de parcela de 60 plantas que corresponden a 15 metros de área experimental.
- 4) Se determinó que utilizando el método de Hatheway, y para lograr una precisión adecuada, se necesitan por lo menos 4 repeticiones con el fin de reducir el error experimental y poder detectar diferencias verdaderas entre medias de tratamientos en experimentos de campo con camote.

VII. RESUMEN.-

Se condujo un ensayo de uniformidad en la localidad de La Molina(Perú) con la variedad 'Nemañete' de Camote(Ipomoea batatas) con el fin de determinar el tamaño óptimo de parcela experimental y el número apropiado de repeticiones para evaluar eficientemente experimentos de Campo.

Se halló un tamaño óptimo de unidad experimental de 16 plantas ó 4.08 metros cuadrados y un coeficiente no ponderado de heterogeneidad del suelo de 0.492139 a través del método de la Ley de Variancias de Smith(1938).Asimismo,se encontró que utilizando el método de Hatheway y Williams(1958) el tamaño de parcela más eficiente era de 12 plantas ó 2.98 metros cuadrados y un coeficiente ponderado de heterogeneidad del suelo de 0.414753.

Se determinó además que con el método de Máxima Curvatura y con el método de Comparación de Variancias,el tamaño óptimo de parcela era de 72 y 60 plantas respectivamente,ó 15-18 metros cuadrados de área experimental,sin tomar en cuenta los costos asociados a las parcelas.

Por otro lado utilizando el método de Hatheway(1961) se determinó que el número adecuado de repeticiones era de 4 teniendo en cuenta la precisión requerida para hallar diferencias verdaderas entre medias

de tratamiento y un tamaño óptimo de parcela de 60 plantas.

VII. SUMMARY.-

An Uniformity Trial using the Sweet Potato (Ipomoea batatas) cv. 'Nemañete' was conducted in La Molina (Peru) with the purpose to determine optimum plot size and appropriate number of replications required for significance in field experiments.

Optimum plot size found with Smith method (1938) was 16 plants or 4.08 square meters and the coefficient of soil heterogeneity (β_1) was 0.492139. Using Hatheway and Williams method (1958) optimum plot size was 12 plants or 2.98 square meters and the weighed coefficient of soil heterogeneity (β_2), 0.414753.

Using maximum curvature and Comparison for Variances methods, optimum plot sizes reached to 72-60 plants or 18-15 square meters respectively without considering costs associated to experimental plots.

It was determined that four replications appeared to be sufficient considering an appropriate level of precision and an optimum plot size of 60 plants, using Hatheway method (1961).

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- 1) AGUILAR,A. 1974. Determinación del tamaño y número de repeticiones óptimas de parcelas experimentales en el cultivo de papa. Tesis . Universidad Nacional Técnica del Altiplano . Puno,Perú .
- 2) ARANDA,C. 1964 . Determinación del tamaño y forma óptima de parcela experimental y número adecuado de repeticiones en alfalfa. Tesis . U.N.A.La Molina,Lima.
- 3) ARANDA,L. 1970. Rendimiento, calidad harinera y resistencia al *Meloydogyne incognita* en cultivares de Camote. Tesis . U.N.A. La Molina,Lima.
- 4) ARROYO,R.;CHAVEZ,A. 1966 . Estimación eficiente de parámetros en la determinación del tamaño óptimo de parcela. Boletín SIPA # 15. Ministerio de Agricultura.
- 5) ARTEAGA,L. 1969 . Estudio comparativo de rendimiento y resistencia al nemátode del nudo en 10 cultivares de camote en la zona de Lima. Tesis . U.N.A. La Molina,Lima.
- 6) BARTLETT,M. 1937 . Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied Biology. J.Roy. Stat.Soc.Suppl. 4:137-183.
- 7) BIRADAR,R. 1980 . Field plot technique studies in Sweet Potato . Jour.Root.Crops(India). 6(1/2):15-19 .
- 8) BOURDEAUX,J.;JONES,L. 1978 . Field plot studies with sweet potato. Jour.Am.Soc.Hort.Sci. 103(1):87-89 .
- 9) BURGA,C. 1968 . Estimación del tamaño y forma óptima de parcela experimental y número de repeticiones usando ensayos de uniformidad con 3 variedades de maní. Tesis . U.N.A. La Molina,Lima .
- 10) CABALLERO,W. 1965 . Tamaño de parcelas experimentales. Boletín SIPA # 5.Estación experimental agrícola La Molina.
- 11) COCHRAN,W.;COX,G. 1965 . Diseños experimentales. Centro Regional de ayuda técnica . Mexico .661 pp.
- 12) CONNERS,H. 1958 . Field plot technique for sweet potato obtained from uniformity trial data . MS Thesis . Iowa State College,Ames.

- 13) DE LA LOMA, J. 1966 . Experimentación agrícola . UTEHA . 500 pp.
- 14) DEL CARPIO, R. 1987 . Investigaciones y experiencias en el cultivo del camote en la costa central del Perú. Seminario realizado en el CIP, Lima-Peru.
- 15) FEDERER, W. 1967 . Experimental design . State college of agriculture . Cornell Univ. Ithaca, N.Y.
- 16) FINNEY, D. 1972 . An introduction to statistical science in agriculture . Blackwell Sci. Publications . Copenhagen.
- 17) FUJIMORI, A. 1969 . Estudio comparativo de rendimiento de 13 cultivares de camote en la zona de Lima. Tesis . U.N.A. La Molina, Lima.
- 18) GADEA, J. 1970 . Estudio comparativo de morfología, rendimiento, grado de susceptibilidad al ataque de nemátodes y análisis bromatológicos en 5 cultivares de camote nacionales y 5 introducidos en la zona de Lima. Tesis . U.N.A. La Molina, Lima .
- 19) HATHEWAY, W. 1961 . Convenient plot size . Agron. Jour. 53(4):279-280 .
- 20) HATHEWAY, W.; WILLIAMS, E. 1958 . Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. Biometrics, 14(2):207-222.
- 21) HERNANDEZ, L.; ARROYO, R. 1968. Investigaciones sobre tamaño de parcela en arroz. Boletín SIPA #20. Estación experimental agrícola La Molina, Lima.
- 22) KEMPTHORNE, O .1960. The design and analysis of experiments. John Wiley, ED. N.Y.
- 23) KELLER, K. 1949 . Uniformity trials in hops (*Humulus lupulus*) . Agron. Jour. 41(8):389-392.
- 24) KOCH, E.; RIGNEY, J. 1951 . A method estimating optimum plot size for experimental data. Agron. Jour. 43(1): 17-26.
- 25) LACA, A. 1961 . Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en el cultivo de frijol. Tesis . U.N.A. La Molina, Lima.
- 26) LECLERG, E.; LEONARD, W.; CLARK, A. 1962 . Field plot technique . Minnesota . Burgess .
- 27) LITTLE, M.; JACKSON, F. 1972 . Statistical methods in agricultural research. UNIV. of California.

- 28) LOPEZ, L. 1971. Comparativo de rendimiento, de producción de harina y almidón en 12 cultivares de camote blanco para uso industrial. Tesis .U.N.A.La Molina, Lima.
- 29) LOPEZ OCAÑA, C. 1964 . Determinación del tamaño y forma óptima de parcela experimental en el cultivo de sorgo forrajero. Tesis . U.N.A. La Molina, Lima.
- 30) MEAD, R.; CURNOW, R. 1983. Statistical methods in agriculture and experimental biology . Chapman and Hall.ltd. N.Y.
- 31) MENDOZA, H.A.; ESPINOZA, J.A.; VALLEJO, R.L. 1988. Mejoramiento de la batata (Ipomoea batatas) en Latinoamérica: Memorias del Seminario. Centro Internacional de la Papa. Lima. Peru.pp.203-210.
- 32) MONTERO, M. 1965 . Determinación del tamaño óptimo de parcela en maíz chala . Tesis. U.N.A.La Molina, Lima.
- 33) OLIVA, M.; RUIZ, L.; RODRIGUEZ, A.; DELGADO, S.; SIMO, J.; YERA, C. 1988 . Comportamiento de la precisión para diferentes tamaños de parcela en el cultivo de boniato. (Ipomoea batatas) . Ciencia y Técnica en la agricultura. Serie Viandas tropicales 11(1):59-71.
- 34) PALOMINO, C. 1972 . Evaluación morfológica, bromatológica rendimiento y porcentaje harinero de 12 cultivares blancos de camote en sembrío de verano. Tesis . U.N.A.La Molina, Lima.
- 35) PASTOR, J. 1966. Dterminación del tamaño optimo de parcelas experimentales. Tesis .U.N.A.La Molina, Lima.
- 36) PERU. 1973 . Aspectos económicos del cultivo de camote en la provincia de Trujillo. Oficina general de estadística. Ministerio de agricultura. Boletín # 19.
- 37) RODRIGUEZ, R. 1966. Determinación del tamaño óptimo económico de parcelas experimentales en frijol. Tesis . La Molina, Lima.
- 38) ROLANDO, J. 1976 . Determinación del tamaño óptimo económico de parcela experimental para estudios en el cultivo de yuca. Tesis .U.N.A.La Molina, Lima.
- 39) SILVA, A. 1979. Determinación del tamaño óptimo de parcela mediante la forma canónica. Tesis . U.N.A. La Molina, Lima.
- 40) SMITH, F. 1938 . An empirirical law describing heterogenity in the yield of agricultural crops. Jour.Agr.Sci. 28(1):1-23.

- 41) STEEL,R.;TORRIE,J. 1970 . Bioestadística:principios y procedimientos. McGraw-Hill. Bogotá .
- 42) THOMPSON,R. 1934 . Size,shape and orientation of plots and number of replications required in sweet potato field plot experiments. Jour.Agric.Research.48(5):379-399.
- 43) VALLEJO,R. 1983. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental y número adecuado de repeticiones para evaluación de poblaciones de papa. Tesis. U.N.A.La Molina,Lima.
- 44) VEGA,L. 1966 . Estimación del tamaño y forma óptimas de parcela experimental y número de repeticiones en maíz. Tesis .U.N.A.La Molina,LIMA.