

**DETERMINACION DE TAMAÑO Y
FORMA OPTIMOS DE PARCELA
PARA ENSAYOS DE RENDIMIENTO CON CAFE¹**

NORBERTO RODRÍGUEZ N. Y HERNANDO SÁNCHEZ C.
Estadísticos Universidad Nacional

BERNARDO CHÁVES CÓRDOBA
Lider Biometria, CENICAFE

PEDRO NEL PACHECO D.
Prof. Asociado U. N.

RESUMEN. En este trabajo se calcula el coeficiente de heterogeneidad del suelo, propuesto por F. Smith, por Mínimos Cuadrados No-Líneales, el cual se emplea en la obtención de tamaño óptimo de parcela recomendado cuando se tengan restricciones de costos (Smith) o de tipo estadístico (Hatheway). Posteriormente se calcula tamaño y forma de parcela por superficies de respuesta, para lo que se plantea una superficie de tipo exponencial, puesto que la cuadrática ajustada no arroja resultados coherentes.

1. INTRODUCCION

Las investigaciones en las cuales se desea comparar variedades o tratamientos, en cualquier cultivo, tratan de lograr el control de factores tales como la heterogeneidad del suelo, variabilidad genética, condiciones ambientales, formas de cultivo, etc., con el fin de reducir el error experimental. A los anteriores factores se agrega la consideración del empleo de cierto número de parcelas de forma y tamaño adecuados.

La determinación del tamaño y forma de la parcela se hace teniendo en cuenta el manejo del ensayo, el área disponible y la experiencia de los investigadores. Es necesario, llegar a conjugar estos factores de manera que su incidencia sea minimizada.

Palabras Claves: Ensayo en Blanco o de Uniformidad, Coeficiente de Heterogeneidad del Suelo, Cultivo Perenne, Parcela Util..

¹ Resumen del trabajo de grado, con el mismo nombre, presentado para optar al título de Estadísticos .

Los métodos estadísticos desarrollados para este propósito, a partir de un ensayo en blanco, son muy variados y aplicados la gran mayoría de las veces en cultivos de tipo anual, los cuales se diferencian de los cultivos perennes en características tales como duración y extensión; es necesario entonces, considerar la condición de cultivo perenne que tiene el café, para la adecuada aplicación de dichos métodos.

Se emplea para el efecto, datos recolectados de ensayos de uniformidad, realizados en tres estaciones experimentales del Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE.

2. REVISION DE LITERATURA

Los trabajos encaminados a obtener estimaciones del tamaño y forma de parcela a emplear en trabajo experimental, se remontan al siglo pasado, con el trabajo de Alwood, mencionado por Chica y Rodríguez (1967). El primer método usado para la obtención del tamaño óptimo de parcela, fue el método gráfico o de máxima curvatura, pero como lo ilustra Smith (1938), su bondad es dudosa, debido principalmente a la variabilidad ante cambios de escala.

Fairfield Smith (1938) propuso hacer agrupaciones de unidades básicas (parcelas unitarias) adyacentes, correspondientes a ensayos de uniformidad o en blanco, de manera que se puedan obtener observaciones para parcelas de tamaños y formas diferentes y así lograr estimar el coeficiente de heterogeneidad del suelo, empleado en el cálculo del tamaño óptimo. Koch y Rigney (1951), plantearon un método para la obtención del coeficiente de heterogeneidad del suelo, propuesto por Smith, cuando no se cuenta con datos de ensayos de uniformidad, sino con datos de experimentos en parcelas divididas, subdivididas o en bloques incompletos.

Hatheway (1961) propone el "cálculo de tamaño conveniente de parcela" independiente de los costos, teniendo en cuenta factores como: número de repeticiones, coeficientes de variación, diferencias a detectar, nivel de significancia, potencia de la prueba y coeficiente de heterogeneidad.

Méndez y otros (s.p. citado por Franco (1977)) presentaron el método de las superficies de respuesta, para el cálculo de tamaño y forma óptimos de parcela. Pablos y Castillo (1976) sugirieron una generalización de la anterior técnica, en la que el investigador impone ciertas restricciones de tipo económico o de técnica experimental; permitiendo hacer inferencias en relación al largo y ancho de la parcela resultante.

Chica y Rodríguez (1967) presentan una reseña de varios trabajos donde se aplican algunos de los anteriores métodos; sobre cultivos perennes Pearce (1976) referencia varias fuentes; trabajos más recientes, son mencionados por Carrillo y otros (1984).

Para el caso específico del café se encuentra el trabajo realizado por Gilbert (1938), quien usando datos de ensayos de uniformidad y basado en el método de la máxima curvatura, encontró que 20 árboles por parcela era un tamaño conveniente.

Pérez (1959) empleando datos de rendimiento del cuarto año de un ensayo de uniformidad y el método de la máxima curvatura, sugiere emplear parcelas de 8 plantas y un número de repeticiones que depende de la diferencia entre promedios de tratamientos que se desee detectar. En Costa Rica Páez (1963), utilizando el mismo método y datos de 5 años, recomienda usar parcelas de cuatro a seis plantas, pues esto permite aumentar el número de repeticiones y el consiguiente aumento de precisión.

Quiceno (1979) presentó datos de rendimiento de café provenientes de ensayos de uniformidad, realizados en tres estaciones experimentales. Entre sus recomendaciones finales está la de no usar parcelas de menos de seis árboles, a menos que se utilicen transformaciones para lograr normalidad en la distribución de rendimientos.

3. MATERIALES

En el presente trabajo se retoman los datos que Quiceno (1979) presentó en el informe final, con el fin de aplicar nuevas técnicas para la determinación de tamaño y forma de parcela experimental. Dichas cifras corresponden al rendimiento anual -años de Julio a Junio, con varios graneos al año- en Kilogramos de café cereza por árbol de la especie *coffea arabica* L. variedad caturra, sembrados a una distancia de 2 x 2 m., una planta por hoyo, para una densidad de 2500 sitios por hectárea. Las plantas estuvieron a plena exposición solar y la fertilización se hizo con 12/12/17 - 2 en cantidad de 1200 gr./arbol al año.

Las tres sub-estaciones estudiadas son: Naranjal, donde se plantaron inicialmente 693 plantulas, que luego de eliminar áreas de borde dejaron 540 plantas efectivas, en arreglo de 18 x 30. Paraguaicito, 832 plantulas iniciales para 720 efectivas, en arreglo de 30 x 24. El Rosario, 1000 plantulas iniciales para 720 efectivas, en arreglo de 24 x 30.

La descripción geográfica y ubicación de las tres localidades, se presentan en la Tabla 1, así como las características físico-químicas de los terrenos en la Tabla 2; es de anotar que los lotes se pueden considerar como representativos de la zona cafetera colombiana.

La importancia del número de cosechas a considerar para el análisis, en estudios de este u otro tipo en cultivos perennes, es decisivo, como lo comenta, entre otros, Machado (1960). En principio se consideró la posibilidad de acumular cosechas de dos o tres años, como recomiendan Gilbert (1938) y Páez (1966), pero por sugerencia

TABLA 1. LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS
DE LAS ESTACIONES ESPERIMENTALES

ESTACION	MUNICIPIO	ALTURA (m.s.n.m)	TEMPERATURA (En °C)			PRECIPITACION MEDIA ANUAL (En mm)
			Media	Máx	Mín	
			Naranjal	chinchiná-Caldas	1370	
Paranguaicito	Buena Vista-Quin.	1250	21.3	28.0	16.6	2214
El Rosario	Venecia - Ant.	1637	19.7	24.4	15.9	2806

de investigadores de CENICAFE y con el objeto de reducir la variabilidad debida al patrón de producción bienal (ver Gráfico 1), se acumularon las cuatro primeras cosechas anuales, en cada una de las tres localidades.

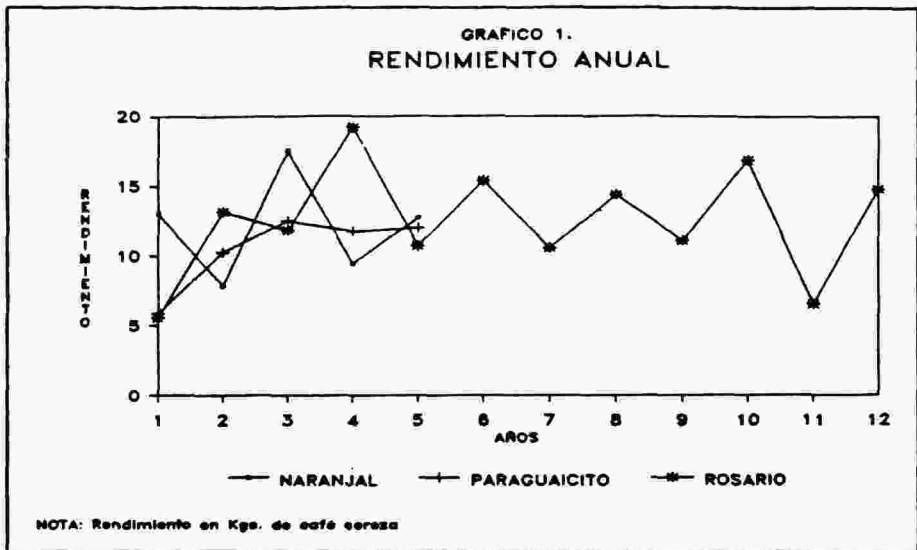
TABLA 2. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS

ESTACION	TEXTURA	PENDIENTE (%)	PH	Ca	Mg	K	MO	P	N
				(me/100 Kg)			(%)	ppm	(%)
Naranjal	Franco-arenoso	2-3	5.6	0.9	0.9	0.22	13.1	12	0.63
Paranguaicito	Franco-arenoso	2-3	5.4	5.4	2.4	0.61	6.6	11	0.40
El Rosario	Franco	3-5	4.0	2.0	1.6	0.14	13.8	8	0.53

4. CALCULO DEL COEFICIENTE DE HETEROGENEIDAD DEL SUELO

Es conveniente cuantificar la heterogeneidad del suelo, mediante un índice o coeficiente, el cual interviene en fórmulas matemáticas desarrolladas para calcular el tamaño óptimo de parcela útil a emplear en trabajos de experimentación futuros.

Para tal fin se diseñan arreglos diferentes en tamaño y forma, mediante la suma de rendimientos de parcelas unitarias adyacentes; para cada uno de los arreglos se calcula la varianza de rendimiento entre unidades secundarias, coeficiente de variación y la varianza por unidad de área. Con lo anterior, se calcula el coeficiente de heterogeneidad del suelo, partiendo de la ley empírica de Fairfield Smith que es la medida de la correlación entre parcelas adyacentes y que relaciona la varianza y el tamaño de parcela mediante la ecuación:



$$(4.1) \quad V_X = \frac{V_1}{X^b}$$

donde:

X = número de parcelas unitarias que conforman una unidad experimental de forma y tamaño determinado.

V_X = varianza calculada para una agrupación de tamaño X .

V_1 = varianza calculada para el ensayo sin agrupación ($x = 1$).

b = coeficiente de heterogeneidad del suelo.

La representación de la varianza unitaria de rendimientos de parcelas de tamaño $X(V_X)$, contra el tamaño, caso Naranjal, se hace en el Gráfico 2; allí se observa el patrón universal de la "reducción en la variación ante incrementos en el tamaño de la parcela".

Para calcular b , se empleó el método de estimación mínimo cuadrática no-lineal, hecho sobre la ecuación (4.1), dicha solución se obtuvo por los métodos de Gauss-Newton y de la Secante, no se encontraron diferencias. Los ajustes así obtenidos son:

$$V_X = \frac{50.129}{X^{0.5762}} \quad X^2 \approx 9.7$$

$$V_X = \frac{38.165}{X^{0.6697}} \quad X^2 \approx 0.968$$

$$V_X = \frac{41.650}{X^{0.6577}} \quad X^2 \approx 0.908$$

para Naranjal, Paraguaicito y El Rosario, respectivamente. La ilustración del ajuste para Naranjal, se hace en el Gráfico 2, en las otras dos localidades se presenta un comportamiento similar. En la prueba de hipótesis de que el modelo es adecuado para los datos, se empleó el estadístico χ -cuadrado, para la bondad del ajuste, cuyos valores calculados son los que aparecen al lado del respectivo modelo y en ninguno de los casos se rechaza la hipótesis de adecuación del modelo.

5. TAMAÑO Y FORMA DE PARCELA

5.1 METODO DE FAIRFIELD SMITH. En su ley, Smith (1938), presenta una ecuación para el cálculo del tamaño de parcela con base en el coeficiente 'b' de heterogeneidad del suelo y la relación de costos:

$$(5.1) \quad T_X = K_1 + K_2X$$

donde :

T_X = Costo total por parcela de tamaño x -unidades (medida en pesos/parcela).

K_1 = Una constante que representa el costo fijo por parcela (\$/par.)

K_2 = Una constante que representa los costos variables (\$/planta)

X = Número de plantas por parcela.

y obtiene:

$$(5.2) \quad X_{opt} = \frac{bK_1}{(1-b)K_2}$$

como tamaño de parcela óptimo para propósitos experimentales, si no se tiene en cuenta la forma.

Una modificación de la relación de costos en la ecuación (5.1), propuesta por Robinson y otros (1948) (citado por Federer (1955)), fue tomar:

K_1 = % del costo total proporcional al No. de parcelas/tratamiento.

K_2 = % del costo total proporcional al No. de plantas/tratamiento.

Como no se presentó heterogeneidad diferencial direccional o gradiente de fertilidad en ninguno de los tres terrenos (gracias al análisis de los mapas de fertilidad del suelo), la forma de la parcela pudo ser ignorada y con el uso de la anterior relación procederse al cálculo de tamaños de parcela adecuados, según el método de Smith.

Es necesario definir con la mayor exactitud la estructura de costos, ya que estos influyen en la determinación de tamaños óptimos, como lo menciona Menchaca (1983). Para este caso, con la colaboración de la disciplina de Economía Agrícola-CENICAFE,

se hizo una aproximación de costos porcentuales, así: $K_1 = 70\%$ y $K_2 = 30\%$; igual en las 3 localidades.

Con los anteriores costos, los coeficiente 'b' estimados en la Sección 4 y usando la ecuación 5.2, se calcularon los tamaños de parcela óptimos y se obtuvo: 3, 5 y 4 plantas por parcela (aprox.), para Naranjal, Paraguaicito y Rosario, respectivamente.

5.2 HATHEWAY - TAMAÑO ADECUADO DE PARCELA. Este método probado y utilizado por muchos investigadores, relaciona una serie de factores con el tamaño de parcela con el fin de obtener tamaños óptimos para diferentes condiciones experimentales; su presentación matemática es:

$$X^b = \frac{2(t_1 + t_2)^2 CV^2}{rd^2}$$

donde:

X = tamaño óptimo de parcela expresado en múltiplos de parcelas unitarias o existentes.

b = coeficiente de heterogeneidad del suelo-Smith.

t_1 = valor de la t -Student para una probabilidad de error tipo I, en una prueba de diferencia de medias.

t_2 = es el valor de la distribución t correspondiente a $2(1 - P)$, donde P es probabilidad de error tipo II.

CV = coeficiente de variación esperado bajo una condición experimental dada, expresado en porcentaje, para parcelas de tamaño unitario.

r = número de repeticiones.

d = diferencias a detectar como significativas, (promedio)

Los valores t_1 y t_2 dependen de los grados de libertad del error, disponibles para el análisis de varianza, los cuales dependen del número de repeticiones y de tratamientos, por ello, el método puede ser un proceso iterativo.

El cálculo del tamaño óptimo de parcela, por este método, depende de factores como el coeficiente de variación unitario y el coeficiente b -Smith obtenido, estableciendo las siguientes condiciones: potencia del 80%, nivel de significancia del 10% y con un número de tratamientos fijo en 15, el Gráfico 3, presenta los tamaños de parcela en relación a las diferencias a detectar, para varios números de repeticiones, correspondiente a Naranjal: se observa que si se desea detectar diferencias del 20% de la media general, se podría emplear un tamaño de parcela útil de 19 plantas, con 5 repeticiones o 6 plantas, si se usan 9 repeticiones. En el caso de optar por usar

parcelas de 6 plantas efectivas y 5 repeticiones, sólo se podrán detectar diferencias mayores o iguales que 27.5%.

Dado que la determinación del tamaño de parcela por este método depende de los factores ya mencionados, no es posible dar una respuesta única a la pregunta del tamaño de parcela a usar, por tal motivo, además de los aspectos ya explicados, se presenta la Tabla 3 bajo condiciones más generales, donde además se hace variar el nivel de significancia y el número de tratamientos, para Naranjal, permitiendo al investigador hacer la escogencia adecuada a su plan experimental.

5.3 SUPERFICIE DE RESPUESTA. El comportamiento de la variabilidad en un ensayo de rendimiento puede ser analizado como respuesta de la variación a componentes de forma y tamaño de las parcelas experimentales, mediante una ecuación que incluya los efectos a estudiar; una primera propuesta, es plantear un modelo de la siguiente manera:

$$CV_k = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 L + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} L^2 + \beta_{12} A * L + \epsilon_k$$

donde $k = 1, 2, \dots, n$ es el número de observaciones.

A= Ancho de parcela, medido en número de plantas.

L= Largo de la parcela, medido en número de plantas que lo componen.

$A \times L$ = Interacción ancho por largo, tamaño.

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

Planteado así el modelo, se tiene una superficie de tipo cuadrático en tres dimensiones, el interés se centra en los puntos de máxima curvatura (derivadas parciales igualadas a -1) y el de mínimo *C.V.* (derivadas igualadas a 0), de esta forma es posible calcular valores de ancho y largo y tamaño para parcelas que optimizan y minimizan el *C.V.*, los detalles se presentan en Franco (1977).

Se efectuó la simulación de parcelas secundarias de todos los tamaños y formas posibles, descartándose aquellas donde no se lograron obtener más de dos observaciones. Para cada tamaño y forma así obtenido, se calcula el respectivo coeficiente de variación; la representación para Naranjal se hace en el Gráfico 4. El ajuste de la superficie cuadrática para cada una de las tres localidades fue:

a. Naranjal

$$C.V. = 11.59 - 0.40A - 0.66L + 0.01A^2 + 0.01L^2 + 0.02A \times L$$

$$SCR^{(2)} = 431.3 \quad n = 405(\# \text{ de obs.})$$

representado en el Gráfico 5.

²SCR : Suma de Cuadrados Residuales

TABLA 3. RELACION TAMAÑO DE PARCELA, DIFERENCIAS A DETECTAR, NUMERO DE REPLICAS Y NUMERO DE TRATAMIENTOS-NARANJAL

TAMAÑO:		SIGNIFICANCIA							
EN No. DE		5 %				10%			
PLANTAS POR		DIFERENCIAS (%)				DIFERENCIAS (%)			
PARCELA		15	20	25	30	15	20	25	30
		Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño	Tamaño
Tratamientos	Replicas								
5	4	109	40	18	10	82	30	14	7
	6	50	18	8	4	38	14	7	3
	8	29	11	5	3	23	8	4	2
	10	20	7	3	2	15	6	3	1
10	4	98	36	17	9	76	28	13	7
	6	47	17	8	4	37	14	6	3
	8	28	10	5	3	22	8	4	2
	10	19	7	3	2	15	5	3	1
15	4	95	35	16	9	74	27	13	7
	6	46	17	8	4	36	13	6	3
	8	28	10	5	3	22	8	4	2
	10	19	7	3	2	15	5	3	1
20	4	94	35	16	8	74	27	13	7
	6	46	17	8	4	36	13	6	3
	8	28	10.	5	3	22	8	4	2
	10	19	7	3	2	15	5	3	1

b. Paraguaicito

$$C.V. = 10.18 - 0.40A - 0.49L + 0.004A^2 + 0.01L^2 + 0.01A \times L$$

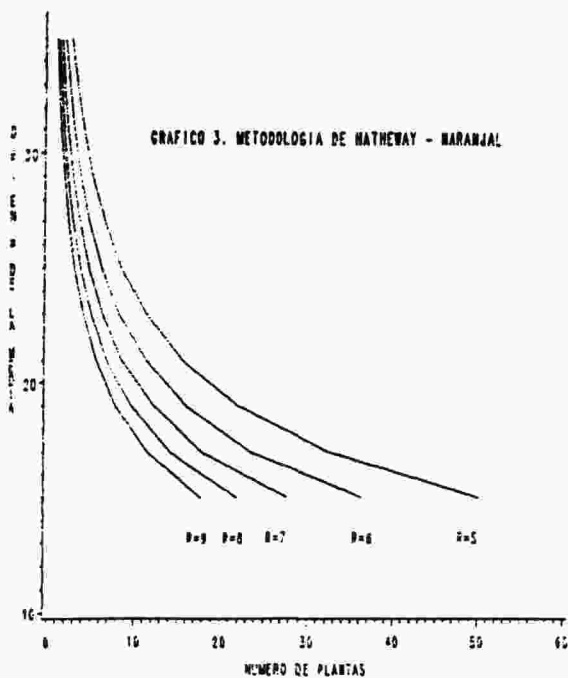
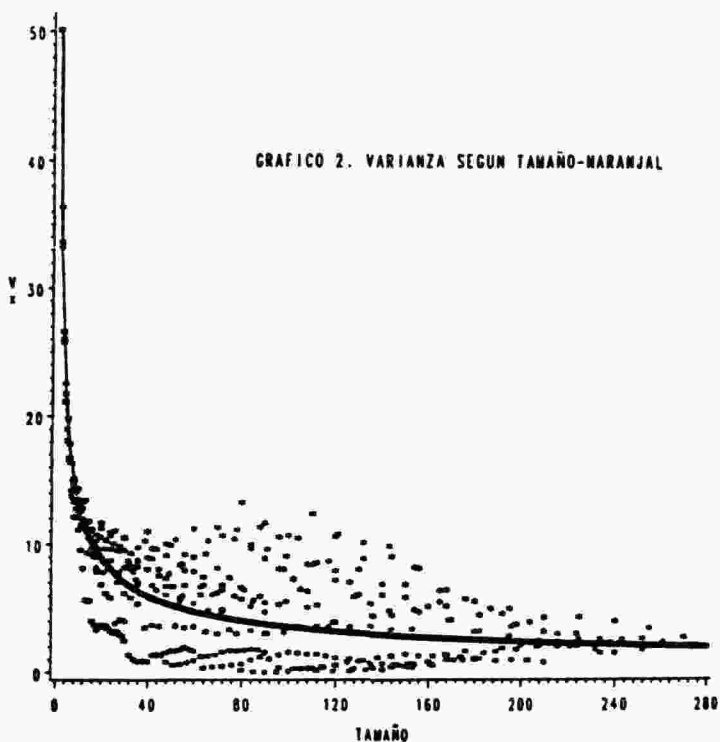
$$SCR = 459.2 \quad n = 540$$

c. El Rosario

$$C.V. = 9.26 - 0.33A - 0.47L + 0.005A^2 + 0.01L^2 + 0.01A \times L$$

$$SCR = 390.5 \quad n = 540$$

Los resultados obtenidos para tamaños de parcela no son coherentes por lo tanto no se detallan.



REFERENCIA: TAMAÑO DE PARECÍA No. DE REPLICAS Y DIFERENCIAS A DETECTAR

Pablos y Castillo (1976), proponen una generalización del anterior método, consistente en una traslación y rotación de ejes de la superficie de respuesta dada, desde su origen al punto óptimo, que depende de un vector de constantes, $K^{(3)}$, cuyos elementos son valores independientes fijados por el investigador, con base a la razón del decremento de la variabilidad, ante el incremento de magnitud en las dimensiones de la parcela experimental, según Pablos y Castillo (1976). Al no lograr establecer, con certeza, otros valores de dicho vector, se trabajó con el de ceros y así continuar con el análisis y determinar cual de los lados de la parcela es más importante en la reducción del *C.V.*, en la forma que lo plantean los autores de la metodología. En los tres casos se encontró que el largo de la parcela es más importante, es decir: si se esta experimentando con un tamaño de parcela diferente al óptimo, es recomendable aumentar el largo de la parcela antes que incrementar el ancho, si se desea reducir la variabilidad.

Como una generalización del modelo propuesto por Smith (1938), se plantea el siguiente:

$$C.V. = b_0 A^{-b_1} L^{-b_2}$$

el cual describe una superficie de tipo exponencial, en donde en forma análoga a la anterior, se obtienen los puntos de máxima curvatura, estableciendo así un tamaño y forma de parcela óptimo.

El ajuste de la superficie exponencial para cada una de las tres localidades, es como sigue:

a. Naranjal

$$C.V. = 12.9423A^{-0.1293}L^{-0.3686}$$

$$SCR = 707.9 \quad n = 405$$

representado en el Gráfico 6. Calculando las derivadas parciales e igualándolas a 1, para obtener el punto de máxima curvatura, se tiene:

$$A = 1.09 \approx 1; \quad L = 3.11 \approx 3$$

en este modelo no tiene sentido tratar de encontrar el punto de mínimo coeficiente de variación, ya que es asintótico a cero, esto es, no hay punto de inflexión.

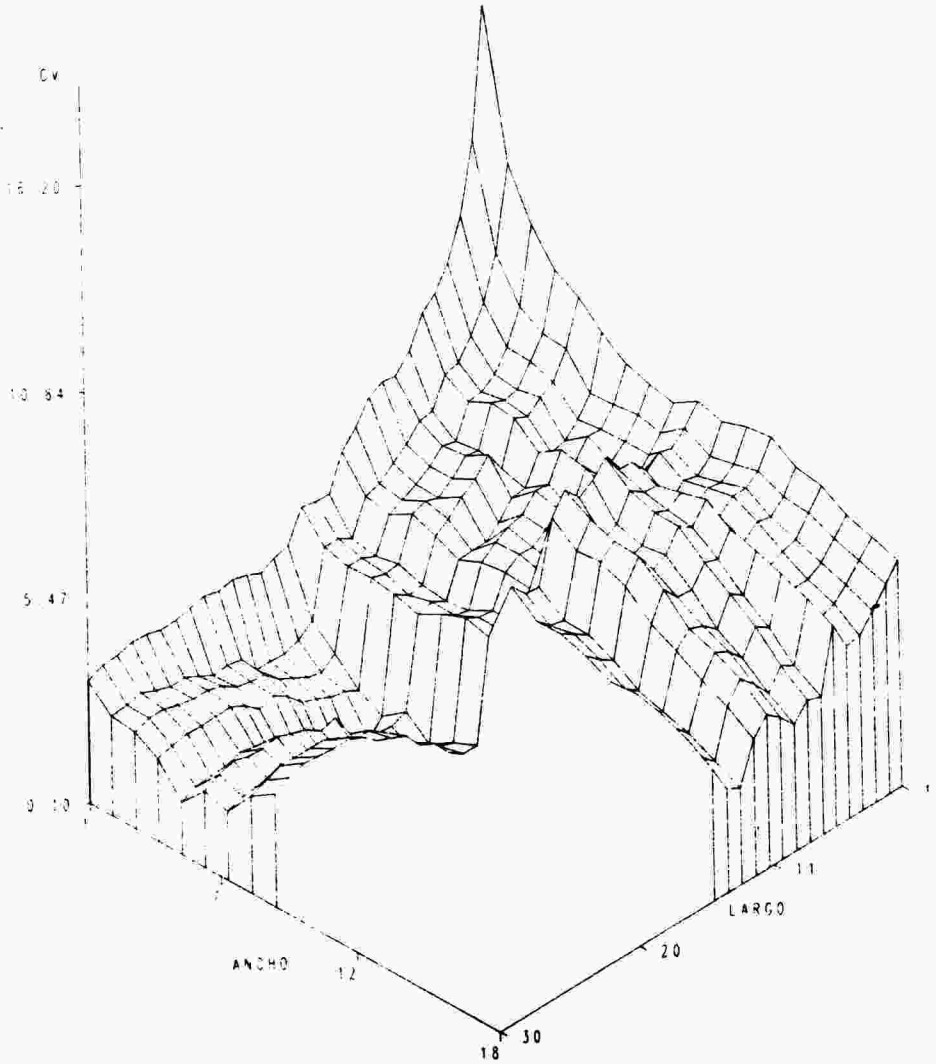
b. Paraguaicito

$$C.V. = 14.1292A^{-0.3726}L^{-0.2522}$$

$$SCR = 519.8 \quad n = 540$$

⁽³⁾Caso particular $K' = [-1, 1]$ y $K' = [0, 0]$, los empleados en el caso de superficie cuadrática

GRAFICO 4. C V. SEGUN DIMENSIONES DE PARCELA-NARANJAL



Para el punto de máxima curvatura, se tiene,

$$A = 2.95 \approx 3; \quad L = 1.99 \approx 2$$

c. El Rosario

$$C.V. = 12.2713A^{-0.3089}L^{-0.3794}$$

$$SCR = 487.9 \quad n = 540$$

Para el punto de máxima curvatura, se tiene,

$$A = 2.20 \approx 2; \quad L = 2.70 \approx 3$$

CONCLUSIONES

Los tamaños determinados, en principio, no son extendibles a otras densidades de siembra ni tampoco a otras variables, diferentes al rendimiento; de igual manera no se hacen aseveraciones sobre la aplicación de estos resultados cuando se hagan acumulaciones diferentes a un período de cuatro años.

Los tamaños óptimos de parcela obtenidos por el método de Smith no difieren notablemente de los que se encuentran con el método de superficies de respuesta, los cuales se recomiendan, ya que además plantean la forma la unidad experimental.

La razón por la cual el modelo de superficie cuadrática ajustado para cada localidad, no arrojó resultados consistentes, en primera instancia, parece ser por el hecho de que las pendientes de dichos ajustes no son tan pronunciadas, por tal motivo se planteó el modelo de tipo exponencial, con el cual se obtuvieron resultados prácticos; no obstante se desarrolló el análisis canónico, para la superficie cuadrática, con el que se determinó cual lado de la parcela es más influyente en la reducción de la variabilidad.

GRAFICO 5 AJUSTE DE C.V. POR SUPERFICIE CUADRÁTICA NARANJAL

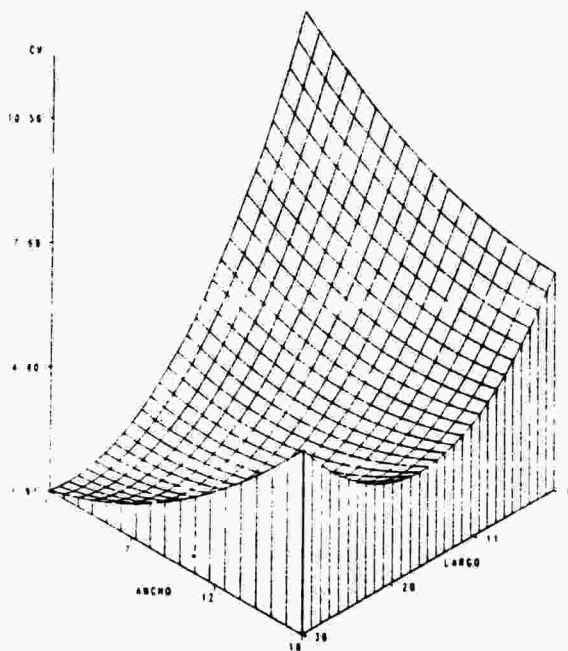
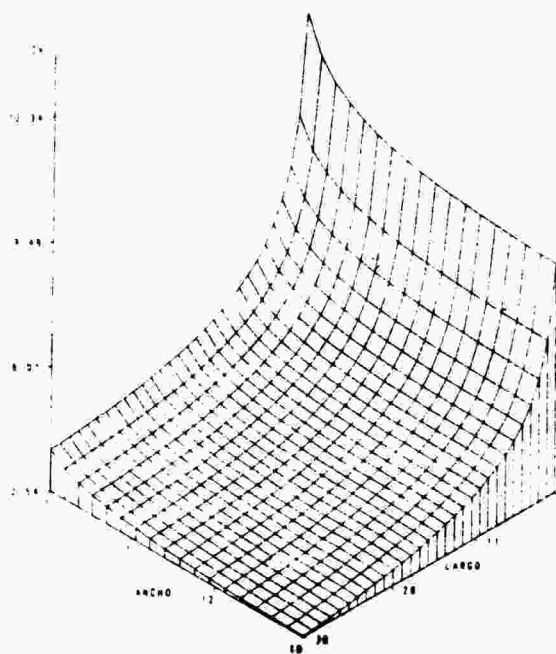


GRAFICO 6 AJUSTE DE C.V. POR SUPERFICIE CUBICAJAL NARANJAL



BIBLIOGRAFIA

- CARRILLO V., P.; MARTINEZ W., O. y MANRIQUE E., R. (1984), *Tamaño de Parcela y Número de Repeticiones Óptimas Para Experimentación de Caña en Ladera y en Fincas de Agricultores*, Revista ICA 17, 209-216.
- CHICA L., Hernán y RODRIGUEZ Z., Enrique. (1967), *Tamaño de Parcela Experimental y Número de Repeticiones Para Ensayos de Rendimiento con Cebolla (Allium Cepa L.)*, Agricultura Tropical 4, 240-247.
- FEDERER, Walter T. (1955), *Experimental Design: Theory and Application*, The McMillan Company, New York.
- FRANCO D., Jorge E. (1977), *Uso de las Superficies de Respuesta en el Cálculo del Tamaño Óptimo de Parcela Experimental: Un Ensayo Metodológico*, Revista ICA 12 No. 3, 325-341.
- GILBERT, S. M. (1938), *Planning Field on coffea arabica*, Tropical Agriculture 15, 52-55.
- HATHEWAY, W. (1961), *Conveniente Plot Size*, Agronomy Journal 53, 279-280.
- KOCH, E. J. and RIGNEY, J. A. (1951), *A Method of Estimating Optimum Plot Size From Experimental Data*, Agronomy Journal 43, 17-21.
- MACHADO S., Alberto. (1960), *Duración de un Experimento de Campo con Cafetos en Producción*, Revista Cenicafé (Octubre-1960), 275-306.
- MENCHACA, M. A., TORRES, Verena y SARDIÑAS, O. (1983), *Una Nota Sobre la Influencia de los Costos Fijos y Variables en la Determinación de Tamaños Óptimos de Parcela Experimental*, Revista Cubana de Ciencia Agrícola 17 No 1, 11-14.
- PABLOS H., J. L. y CASTILLO M., A. (1976), *Determinación del Tamaño de Parcela Experimental Óptimo Mediante la Forma Canónica*, Agrociencia (Méjico) 23, 39-48.
- PAEZ B., Gilberto. (1963), *Estudio Sobre el Tamaño y Forma de Parcela para Ensayos en Café*, Proceedings of the Caribbean Region American Society for Horticultural Science 7, 69-79.
- PEARCE, S.C. (1976), *Field Experimentation with Fruit Trees and Others Perennial Plants*, Commonwealth Agricultural Bureau of Horticultural and Application Crops.
- PEREZ G., Juan. (1959), *Estudio Sobre el Tamaño de la Parcela Experimental en Café*, STICA, San José, Costa Rica.
- QUICENO H., Gerardo. (1979), *Ensayo de Uniformidad, Informe. (Sin Publicar)*, CENICAFE, Sección de Biometría.
- SMITH, H. Fairfield. (1938), 1-23, Journal Agricultural Science 28.