

TAMAÑO DE PARCELA Y NUMERO DE REPETICIONES PARA ESTIMAR UNA POBLACION DE *Spodoptera frugiperda* (Smith) Y SU DAÑO EN MAIZ

Por: los I.A. Ramón Antonio Alvarez Torres,
María Melva Soto Buriticá
Hernán Gómez López.*

INTRODUCCION

En general, puede decirse que las investigaciones que se han realizado sobre métodos estadísticos para el muestreo de insectos son escasas e incipientes.

Esta situación es más marcada en nuestro medio, donde con frecuencia el técnico selecciona el tamaño de la parcela y el número de repeticiones para estimar el efecto de un tratamiento o la media de una población, con criterio más bien personal, que con un conocimiento claro de la distribución probabilística de la plaga y su variabilidad.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el tamaño óptimo de parcela y el número de repeticiones requeridas para estimar poblaciones de larvas del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* (Smith)) y su daño, en ensayos experimentales o semicomerciales con este cultivo.

Se considera que la metodología utilizada ofrece amplias posibilidades de aplicación en los procesos de estimación de poblaciones de insectos y su daño a las plantas.

1. REVISION DE LITERATURA

Se puede decir que el diseño de una muestra estriba en definir el tamaño y forma de la unidad de muestreo, el método de selección y distribución; así como el número de unidades de muestreo. La teoría estadística supone modelos conceptuales de la distribución de las observaciones y de ellas deriva una secuencia lógica de reglas para seguir en la técnica de muestreo, que permite además, comparar las ventajas de un muestreo con respecto a otro (12).

* Profesor asociado Universidad Nacional. Facultad Agronomía, Medellín.

1.1 TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA.

Según Smith (1938), citado por Franco (7), para determinar el tamaño óptimo de parcela con el fin de estimar el rendimiento, se puede usar un ensayo en blanco o ensayo de uniformidad, que consiste en sembrar toda la extensión de un campo con una misma variedad, tan pura como sea posible, de una especie determinada, sometiendo todo el campo a prácticas idénticas de cultivo; al final se cosechan pequeñas parcelas denominadas "unidades básicas", lo cual permite posteriormente hacer agrupaciones de unidades adyacentes, de manera que se puedan obtener combinaciones de estas "unidades básicas" para formar parcelas de tamaños y formas diferentes y así lograr estimaciones de parcelas óptimas.

La información obtenida a partir de ensayos de uniformidad, no es la única para escoger tamaños apropiados de parcela, aún cuando se considera que es el método más preciso para obtener estimadores de varianza para los diferentes tamaños y formas. Sin embargo, la conducción práctica de un ensayo de uniformidad, requiere de una inversión considerable de tiempo y dinero.

Otra forma de obtener información para estimar tamaño de parcelas es a partir de datos de experimentos, los cuales consisten esencialmente en la reconstrucción del análisis de varianza de un diseño experimental, para simular un ensayo de uniformidad (5).

La mayor parte de los investigadores usan el coeficiente de variación para determinar la forma y tamaño óptimo de la parcela experimental (Lana y Homeyer (1953), citado por Márquez (10). A esta metodología se le llama método gráfico de máxima curvatura, el cual parte de las "unidades básicas" cosechadas de un ensayo de uniformidad. Las "unidades básicas" contiguas se agrupan a fin de obtener parcelas de mayor tamaño; así se obtiene un conjunto de parcelas cuyos tamaños varían dentro de cierto rango; luego se estiman los coeficientes de variación, usando las varianzas de error de los análisis correspondientes a los diferentes tamaños y formas. Estos coeficientes de variación se grafican con respecto a los tamaños de parcela y se determina el tamaño óptimo, éste corresponde a la abscisa en la cual ocurre la curvatura máxima, determinándose dicho punto por inspección visual de la gráfica, el cual estará localizado en la región donde la velocidad de cambio en la curva es mayor.

Los resultados muestran que el coeficiente de variación decrece a medida que aumenta el tamaño de parcela, en términos de "unidades básicas" (1,5,6,9).

También es posible obtener una curva teórica del parámetro en cuestión, que sea función del tamaño de parcela y entonces el tamaño óptimo corresponderá a la abscisa en la cual la derivada de dicha función sea igual a menos uno (-1); es decir, después de este punto la inversión de una nueva unidad básica de la variable independiente (tamaño de parcela) producirá una reducción de la variable dependiente (coeficiente de variación) menor que la unidad, por lo cual ya no sería costeable hacer inversiones adicionales (13).

A continuación se reporta una metodología para obtener el tamaño de la unidad experimental óptimo, propuesta por Pablos y Castillo (11), basada en la obtención del coeficiente de variación correspondiente a cada tamaño de parcela, mediante la siguiente expresión:

$$CV_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{X}_{ij}} \cdot 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Con el conjunto de CV_{ij} ($i=1, 2, \dots, l$; $j=1, 2, \dots, a$) obtenidos mediante el arreglo factorial completo se tiene una superficie de respuesta cuyo modelo real se presume ser un modelo cuadrático en α (largo) y γ (ancho) real; ésto es:

$$CV = \beta_0 + \beta_1\alpha + \beta_2\gamma + \beta_{11}\alpha^2 + \beta_{22}\gamma^2 + \beta_{12}\alpha\gamma \quad \text{Ec. 2}$$

El cual se estima con el modelo cuadrático ajustado:

$$\hat{CV} = b_0 + b_1 L + b_2 A + b_{11} L^2 + b_{22} A^2 + b_{12} LA, \quad \text{Ec. 3}$$

donde los b representan los coeficientes de regresión, L es el largo de la parcela y A es el ancho de la parcela.

Franco (7), indica que al plantearse así el modelo se tiene una superficie de respuesta en tres dimensiones, definida por los valores de los coeficientes de regresión y el intercepto; dada la característica ya conocida, de respuesta descendente de la variación ante incrementos en el tamaño de la parcela, la superficie se espera cóncava (hacia abajo) presentando seguramente un valor mínimo.

La rapidez con que se presenta la disminución del coeficiente de variación ante cambios en las dimensiones de la parcela, corresponde a la curvatura de la superficie y puede ser medida en cualquier punto mediante el cálculo de la pendiente; así, es posible obtener la combinación de factores (ancho y largo) para los cuales la superficie presenta una curvatura determinada. En este caso la combinación de importancia es aquella para la cual la superficie presenta su máxima curvatura, es decir pendiente -1; a la izquierda de este punto se tienen decrementos significativos ante un aumento de las dimensiones (parcelas pequeñas y exceso de variabilidad) y a la derecha la curva es tal que económicamente un aumento del tamaño no justifica la disminución en variabilidad que origina. Los puntos críticos de interés son entonces el de máxima curvatura (pendiente igual a -1) y el mínimo de la superficie (pendiente igual a cero) (7).

Según sea la precisión deseada por el investigador para \hat{CV} , el objetivo es encontrar las condiciones de ancho y largo que optimicen la función de respuesta \hat{CV} , es decir, encontrar un tamaño de parcela óptimo en el sentido fijado por el investigador, lo cual se logra al obtener las derivadas parciales de CV con respecto a α y γ e igualarlas a un vector constante K de elementos iguales a -1.0. Los elementos de K son valores independientes fijados por el investigador con base en la razón del decremento de variabilidad con el incremento de magnitud de la (s) dimensión (es) de la parcela experimental. También pueden considerarse la relación del costo por unidad de área experimental entre unidad de variación experimental (\hat{CV}), en donde el costo por unidad de área

experimental se considera que está en función de los costos necesarios para realizar la experimentación. Se pueden considerar las restricciones de carácter presupuestario que el investigador crea pertinentes (11).

Para la obtención del tamaño óptimo de parcela con base en el vector K , el modelo cuadrático antes mencionado se va a presentar en su forma matricial:

$$\widetilde{CV} = b_0 + \delta' b + \delta' B \delta \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

$$\delta' = (\alpha, \gamma); \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

y

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & 1/2b_{12} \\ 1/2b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

donde $\delta' b$ proporciona los términos lineales o términos de primer orden de la función de respuesta en la Ec. 3 y $\delta' B \delta$ los términos que aportan la contribución cuadrática, involucrando el coeficiente cuadrático mixto o interacción b_{ij} ($i \neq j$ en este caso b_{12} y b_{21}) y dos coeficientes cuadráticos puros b_{ii} ($i = j$, en este caso b_{11} y b_{22}) (11).

Con base en la Ec. 4 se obtiene los valores $\delta_K = (\alpha_K, \gamma_K)$ resultantes al derivar \widetilde{CV} con respecto al vector δ e igualar dichas derivadas con el vector de constantes K , ésto es, haciendo

$$\frac{\partial \widetilde{CV}}{\partial \delta} = \frac{\partial}{\partial \delta} (b_0 + \delta' b + \delta' B \delta) = K$$

$$\iff b + 2 B \delta = k, \quad \text{Ec. 5}$$

y resolviendo para δ se obtiene el punto óptimo δ_k dado por:

$$\delta_k = 1/2 B^{-1} (k - b), \quad \text{Ec. 6}$$

el cual está referido a lo ancho y largo de la parcela experimental (11).

1.2 NUMERO DE UNIDADES DE MUESTREO.

Para definir el número de unidades de muestreo, Gómez (8) plantea la siguiente expresión:

$$n = \frac{S^2 t^2 \alpha/2}{d^2} \quad \text{Ec. 7}$$

Ecuación que nos da el número de repeticiones para estimar la media con una diferencia o error de muestreo dado d y una confiabilidad $(1 - \alpha)$; S^2 es la varianza muestral.

La precisión d aparece como denominador por lo que: si se desea una precisión alta, entonces el valor de d será pequeño, con lo cual tendremos un n de tamaño relativamente grande, es decir que, a medida que se aumenta la precisión, se requerirá un mayor tamaño de muestra n (8).

La confiabilidad $(1 - \alpha)$ está expresada en términos de $t_{\alpha/2}$ que se encuentra en el numerador, por lo que: a mayor confiabilidad, o sea, a mayor valor de $t_{\alpha/2}$ se tendrá un mayor valor de n (8).

Si se considera el error de muestreo como una proporción P con respecto a la media que el investigador está dispuesto a aceptar en un proceso de estimación, bajo un coeficiente de variación dado, se obtiene

$$n = \frac{(CV)^2 t^2_{\alpha/2}}{P^2} \quad \text{Ec. 8}$$

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACION

El trabajo de campo se realizó en el Centro Experimental Cotové, Santa Fé de Antioquia, zona de vida bosque seco tropical (bs-T), en el segundo semestre de 1982.

De acuerdo con el sistema de clasificación ecológica de Holdridge, su temperatura media anual es de 28°C, la altura sobre el nivel del mar de 540 m, y su precipitación promedia anual durante el período 1977-1980 fue de 931.1 mm (2).

2.2 METODOS

El trabajo de campo consistió en determinar el número de larvas y plantas afectadas por unidad de muestreo; para ello se sembró el híbrido ICA H-154 en un lote de 1600 m² (Serie Llano), en 40 surcos de 50 m de largo cada uno, la distancia entre surcos fue de 80 cm y la distancia entre plantas fue de 25 cm. La densidad de siembra obtenida fue de aproximadamente 38.000 plantas por hectárea después de la germinación.

Para los fines del presente trabajo se consideró que la unidad básica de muestreo estaba constituida por una parcela de 1 m de largo por 1 surco (80 cm) de ancho.

La siembra se efectuó el 3 de junio de 1982; la germinación ocurrió a los 6 días; a los 14 días después de la germinación se hizo el primer conteo y a los 34 días el segundo conteo.

Los análisis estadísticos se efectuaron en el primer semestre de 1984, siguiendo la metodología de superficies de respuesta y utilizando un computador "Texas Instruments", 990-10, modelo 8 con 256 K de memoria.

Con base en los conteos realizados por parcela unitaria, se hicieron arreglos con diferente tamaño de parcela que variaron desde 1 x 1 hasta 10 x 10; y se

BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

determinó para cada arreglo una tabla de frecuencia con el valor de la media y el coeficiente de variación.

Teniendo en cuenta la información anterior y considerando el ancho, el largo y el coeficiente de variación de cada arreglo, se ajustaron los 100 valores a un modelo de regresión múltiple, en donde el coeficiente de variación se expresa en función del ancho y el largo de la parcela. Siguiendo la metodología propuesta por Pablos y Castillo, se obtuvo el tamaño óptimo de parcela para la estimación del número de larvas y plantas afectadas por unidad de muestreo.

Para obtener el número de repeticiones se utilizó la Ec. 8, considerando una confiabilidad $(1 - \alpha)$ igual a 0.95, $t \approx 2$, y un $P = 0.1$.

3. RESULTADOS

Cada conteo de larvas y plantas afectadas en cada una de las épocas consideradas, generó una serie de observaciones que se procesaron en forma independiente, los cuales se identificaron mediante la siguiente notación:

- L1 Conteo de larvas en la primera época.
- D1 Conteo de plantas afectadas en la primera época,
- L2 Conteo de larvas en la segunda época,
- D2 Conteo de plantas afectadas en la segunda época.

Los promedios obtenidos por unidad básica para cada serie de observaciones y el porcentaje de incidencia con respecto al número de plantas por unidad básica se indica en la Tabla 1.

TABLA 1.

Valores promedios de larvas y plantas afectadas por unidad básica y porcentaje de incidencia

Serie	\bar{X}	Incidencia (%)
D1	2.67	88
L1	2.06	68
D2	2.29	75
L2	1.01	33

Para cada tamaño de parcela se obtuvo una tabla de frecuencia con la media y el coeficiente de variación respectivo.

Luego se ajustó un modelo de superficie de respuesta por el método de los mínimos cuadrados, con el coeficiente de variación en función del ancho y el largo de la parcela; obteniéndose las siguientes ecuaciones estimadas para cada una de las series de datos:

$$D1: CV = 40.28532 - 3.68239 L - 5.10445 A + 0.13283 LA + 0.18473 L^2 + 0.2776 A^2$$

$$R^2 = 0.94644$$

$$L1: CV = 83.12230 - 7.78197 L - 9.23349 A + 0.26895 LA + 0.37967 L^2 + 0.42873 A^2$$

$$R^2 = 0.94862$$

$$D2: CV = 45.11476 - 3.91469 L - 5.08094 A + 0.16233 LA + 0.17383 L^2 + 0.25816 A^2$$

$$R^2 = 0.92490$$

$$L2: CV = 84.83253 - 7.24440 L - 9.37117 A + 0.29580 LA + 0.33079 L^2 + 0.46726 A^2$$

$$R^2 = 0.92312$$

Se observa que los coeficientes de determinación (R^2) resultaron altos, lo cual indica que los modelos propuestos se ajustan en forma muy satisfactoria a los valores observados.

La forma de las ecuaciones, muestra una tendencia decreciente del coeficiente de variación cuando se aumenta el ancho y/o largo de la parcela. Como ilustración en la Figura 1 se presenta la forma como disminuye el coeficiente de variación cuando se aumenta el ancho y/o largo de la parcela; utilizando el modelo correspondiente a la serie D1.

Con base en los modelos estimados, se obtuvo el tamaño óptimo de la parcela, siguiendo la metodología propuesta por Pablos y Castillo (11), para cada una de las series de datos.

Los valores de tamaño óptimo de parcela obtenidos para cada una de las series de datos fueron:

Serie	Ancho (Surcos)	Largo (m)
D1	6.18683	5.03586
L1	7.65097	6.22185
D2	6.17436	5.50075
L2	6.95438	6.3293

Los valores anteriores fueron ajustados a los enteros considerando la participación relativa del ancho y el largo en la variabilidad; y luego utilizando los modelos respectivos se estimó el coeficiente de variación correspondiente.

Los valores correspondientes al ancho y largo de la parcela, coeficiente de variación y número de repeticiones, se indican en la Tabla 2.

Finalmente se hizo un estudio del tipo de distribución de las observaciones correspondientes a dos de las series analizadas: D1 y L1.

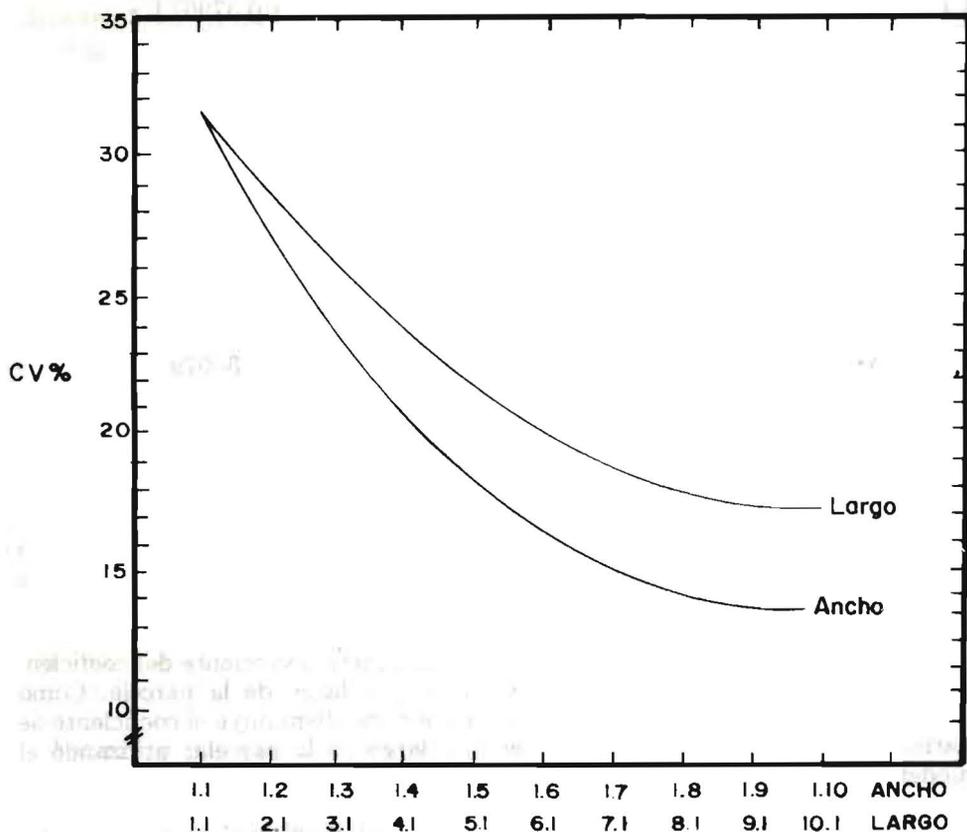


FIGURA 1. Cambios del coeficiente de variabilidad de Acuerdo al ancho o largo de la parcela en el modelo de daño (D₁).

TABLA 2.

Valores de tamaño óptimo de la parcela con su correspondiente coeficiente de variación y número de repeticiones.

Serie	Ancho (surcos)	Largo (m)	Coficiente de variación %	n
D1	6	5	9.84	3.87
L1	8	6	16.58	10.99
D2	6	5	13.57	7.36
L2	7	6	22.99	21.15

Para la serie D1 se tomaron 100 muestras al azar de tamaño 6; procedentes de la Tabla de frecuencias correspondiente al tamaño de parcela 6 x 5 en la serie D1.

Para la serie L1 se tomaron 100 muestras al azar de tamaño 12; procedentes de la tabla de frecuencia correspondiente al tamaño de la parcela 8 x 6 en la serie L1.

Se obtuvo los valores promedios respectivos, y con ellos se elaboraron tablas de frecuencia, que permitieron realizar pruebas de bondad de ajuste con respecto a la Distribución Normal.

Las pruebas realizadas indican que los promedios para ambas series se ajustan a la Distribución Normal en forma muy estrecha.

DISCUSION

Los modelos ajustados para las diferentes series de observaciones, muestran claramente una disminución en el valor del coeficiente de variación, a medida que aumentan las variables ancho y/o largo de la parcela, como lo indican los coeficientes negativos obtenidos para estas variables. Además, los coeficientes de los términos cuadráticos resultaron positivos, lo cual indica que la rata de cambio de la variable dependiente (coeficiente de variación), va disminuyendo en forma parabólica a medida que aumentan las variables independientes (ancho y largo). Estos resultados concuerdan con los métodos estudiados por los autores mencionados en la revisión de la literatura, en lo que se refiere a determinación del tamaño óptimo de parcela en ensayos de rendimiento (4, 6, 7, 10, 11).

La tendencia encontrada en el presente trabajo, en la cual el ancho en número de surcos resulta ser más importante que su longitud en el control de la variación, puede explicarse por la dinámica misma de la plaga en su desarrollo; puesto que la difusión de las larvas puede hacerse más intensa y uniforme a lo largo de un surco (por la proximidad de las plantas) que entre surcos.

Al considerar los valores de coeficiente de variación, número de repeticiones (Tabla 2) y la incidencia de la plaga (Tabla 1), se observa que para la primera época donde la intensidad de ataque fue mayor, los coeficientes de variación resultan inferiores a la segunda época, lo cual indica que a medida que aumenta la población de larvas y plantas afectadas, disminuye su variabilidad. Esta característica resulta ventajosa para los procesos de estimación, ya que al disminuir el coeficiente de variación, el número de parcelas a tomar se disminuye, como puede observarse en la Tabla 2.

Las consideraciones anteriores señalan la conveniencia de utilizar la variable número de plantas afectadas para medir la intensidad del ataque de la plaga, en lugar de la variable número de larvas, ya que requiere un menor tamaño de parcela y menor número de repeticiones. Además, desde el punto de vista de la observación en el campo, resulta más fácil y eficiente el conteo de plantas afectadas que el de larvas.

Sin embargo, en ensayos entomológicos donde interese estimar las larvas, podría tenerse en cuenta el coeficiente de variación para estimar el número de repeticiones requeridas bajo una precisión dada, diferente de $P = 0.1$. Por ejemplo si $P = 0.15$, entonces se obtendría $n = 5$ para L_1 y $n = 10$ para L_2 .

La Ec. 8, utilizada para calcular el número de repeticiones, supone que los promedios de las observaciones presenta Distribución Normal. Cuando el tamaño de la muestra es grande, esta suposición se puede respaldar con base en el Teorema del Límite Central; aunque algunos autores (Poole y Southwood, citados por Clavijo (4)), recomiendan el uso de esta ecuación cuando el hábitat a ser muestreado sea ecológicamente homogéneo.

Con el fin de estudiar la distribución de los promedios, se realizó un análisis numérico para las series D1 y L1.

Las pruebas realizadas en el presente trabajo, indicaron un estrecho ajuste a la Distribución Normal, lo cual respalda el uso de la Ec. 8 para la estimación del número de repeticiones.

La metodología desarrollada en el presente trabajo, aunque inicialmente fue propuesta por algunos autores para la estimación del tamaño óptimo de parcela en el rendimiento de los cultivos, se considera que puede aplicarse ampliamente en investigaciones similares, para determinar el tamaño óptimo y número de muestreo en la estimación de las poblaciones de insectos y su daño.

Es de anotar que en la determinación del tamaño óptimo de la parcela, se utilizó como criterio de optimización el punto de máxima curvatura, en el cual no se consideran los costos que podrían considerarse bajo ciertas condiciones como lo indican Pablos y Castillo (11).

Los resultados del presente estudio se obtuvieron en un área relativamente pequeña (1600 m^2) y se considera que tienen validez en ensayos a escala experimental o semicomercial, para evaluar las variables consideradas.

Para efecto de muestreos en cultivos de tipo comercial, convendría adelantar nuevos trabajos con el fin de establecer la validez de sus aplicaciones, dada la gran variabilidad que puede ocurrir en cuanto a la incidencia de la plaga en campos extensos.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó que la metodología de superficies de respuesta, constituye una valiosa herramienta para el estudio de las poblaciones de organismos. Esta técnica tradicionalmente se ha aplicado a la investigación de los fenómenos físico-químicos, especialmente al estudio de los suelos.
2. La metodología desarrollada en el presente trabajo, puede aplicarse ampliamente a investigaciones relacionadas con la determinación del tamaño óptimo de la unidad de muestreo y número de repeticiones, necesarios para estimar la intensidad de las plagas y el daño causado a las plantas en diferentes cultivos.
3. El tamaño óptimo de parcela obtenido en el presente trabajo para la evaluación del número de plantas afectadas por el *Spodoptera frugiperda* (Smith) en maíz, fue de 6 surcos de ancho por 5 m de largo.
4. El tamaño óptimo de parcela para la estimación de población de larvas, fluctuó entre los valores 7-8 surcos de ancho por 6 m de largo.

5. El número de parcelas obtenido para la evaluación del promedio de plantas afectadas con un máximo error de muestreo de $P = 0.1$ y una confiabilidad del 95%, fue de 4 repeticiones para una intensidad de daño del 88%, y de 8 repeticiones para una intensidad de daño del 75%.
6. El número de repeticiones obtenido para la estimación del promedio de larvas por parcela, con un máximo error de muestreo de $P = 0.1$ y una confiabilidad del 95%, fue de 11 repeticiones para una intensidad de 68% larvas/planta y de 22 repeticiones para una intensidad de 33% larvas/planta, con tamaños de parcela 8 x 6 y 7 x 6 respectivamente.
7. Se encontró que a mayor intensidad de ataque de la plaga, hubo menor variabilidad entre las unidades experimentales y viceversa; lo cual indica que se requiere menor número de repeticiones, a medida que la intensidad de la plaga aumenta.
8. El ancho de la parcela controló más eficazmente la variabilidad de las observaciones que el largo de la misma; por lo cual las formas óptimas resultan ligeramente más anchas que largas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BRISEÑO DE LA HOZ, V.M., PABLOS H., J. L. y CASTILLO M., A. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en centeno (*Secale cereale*). Chapingo, Nueva Epoca (México), 23-24: 97-101, mayo-agosto, 1980.
2. BUSTAMANTE B., ORLANDO. Producción de semilla de dos variedades de tomate (*Lycopersicon sculentum*, Miller) con diferentes densidades de siembra en la zona de Cotové (bs-T) Santa Fe de Antioquia. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1982. 53 p.
3. CASANOVA A., ANGEL. Tamaño óptimo de parcela experimental. Seminario. Centro de Estadística y Cálculo. Chapingo, Colegio de Postgraduados, 1977. 15 p.
4. CLAVIJO A., SANTIAGO. Sugerencias en cuanto al número de muestras requeridas para una estimación adecuada de las poblaciones del Gusano Cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* (Smith)) (*Lepidoptera-Noctuidae*). Rev. Fac. Agronomía (Maracay), 26: 101-106, agosto, 1978.
5. CHICA, H. y RODRIGUEZ, E. Tamaño de parcela experimental y número de repeticiones para ensayos de rendimiento con cebolla (*Allium cepa*, L.). Agricultura Tropical (Colombia), 23(4): 240-247, abril, 1967.
6. ESCOBAR S., CARLOS. Tamaño de parcela experimental para ensayos de rendimiento con maíz en el Centro Cotové. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1980. 52 p.
7. FRANCO D., JORGE E. Uso de las superficies de respuesta en el cálculo del tamaño óptimo de parcela experimental. Rev. ICA (Bogotá), 12(3): 325-327, septiembre, 1977.
8. GOMEZ A., JOSE R. Introducción al muestreo. Tesis, Maestro en Ciencias. Chapingo, Colegio de Postgraduados, 1977. 259 p.
9. MANCINI M., SIMEONE. Curso de Diseño Experimental. IV: Recomendación sobre la conducción de experimentos. 58-67 p. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1981. 130 p.

10. MARQUEZ S., FIDEL. Tamaño de muestra para representar poblaciones de maíz. *Agrociencia (México)*, Serie B (8): 163-177, 1972.
11. PABLOS H., J. L. y CASTILLO M., ALBERTO. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. *Agrociencia (México)*, 23: 39-48, 1976.
12. ROJAS, BASILIO A. La Binomial Negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. *Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica)*, 1(1): 27-36, enero 1964.