

SISTEMA DE MUESTREO SECUENCIAL DEL COGOLLERO *SPODOPTERA FRUGIPERDA* SMITH EN MAÍZ DE RIEGO EN NICARAGUA.

Por Sean L. SWEZEY.*

RESUMEN.

Un sistema de muestreo secuencial del daño del cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith, basado en una dispersión agregada de cogollos dañados y un modelo de distribución negativa binomial, se evaluó en el campo. El sistema da buenos resultados (86 % de clasificación correcta) y ahorra 47 % del tiempo necesario para muestreo de cogollos dañados en comparación con el método absoluto recomendado.

ABSTRACT.

A sequential sampling system for classifying levels of % damage caused by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* Smith in cornfields was evaluated, based on an aggregated distribution (negative binomial distribution model). The sampling system gives good results (86% correct classification) and saves 47 % of the time necessary in sampling damaged whorls when compared to the recommended absolute method.

INTRODUCCION.

La región II (departamentos de León y Chinandega) siembra miles de manzanas de maíz de riego para producir granos básicos para el pueblo Nicaragüense y contribuir a su producción autosuficiente de granos básicos. La expansión de esta producción exige un control de plagas eficiente y con gastos mínimos en muestreo de plagas y uso de productos químicos.

El cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith es una plaga clave en maíz de riego en la región y los recuentos que identifican sus niveles críticos están efectuados en los primeros cuarenta y cinco días post-germinación de la planta.

El umbral de daño que merece una aplicación de insecticida al cogollo ha sido establecido como 20 % de cogollos dañados en el campo (MIDINRA 1984; F.A.O.-P.N.U.D., 1979), aunque Sandino (1984, no publicado) ha demostrado que se puede utilizar un umbral de 40 % de cogollos dañados siempre que la medida de control esté efectuada a tiempo y con una concentración de insecticida adecuada.

Para decidir si es necesario un tratamiento basado en estos niveles no ha surgido un sistema de muestreo uniformemente aceptado en el campo. La Guía de Control Integrado de Plagas en Maíz (F.A.O.-P.N.U.D. 1979) recomienda un muestreo de 100 plantas al azar en unidades de no más de 10 Mzs.

Pero, es necesario el tiempo que cuesta muestrear 100 plantas para clasificar el daño de cogollero ? Está el daño del cogollero distribuido en tal patrón en el campo, para que 100 plantas escogidas al azar representen con un nivel dado de exactitud la distribución actual ? El tiempo que actualmente cuesta este tipo de recuento al azar en unidades de 10 mz. casi asegura que no sería aceptado por la mayoría de los técnicos y asistentes del campo.

* Maestría en Control Integrado de Plagas, Escuela de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.

El muestreo del cogollero nunca ha sido estudiado en Nicaragua desde el punto de vista de economizar el tiempo necesario para el recuento de eficiencia máximo según la distribución estadística de la plaga en el campo. Dado que existen umbrales de acción para control de esta plaga, el muestreo secuencial es una técnica que ofrece una solución que es confiable estadísticamente y que puede ahorrar mucho tiempo en muestreo al contrario de un sistema que usa un tamaño de muestra constante. El muestreo secuencial sirve para clasificar poblaciones según necesidades dictadas por umbrales específicos y esta clasificación está lograda con un nivel conocido con exactitud.

Planes para muestreo secuencial han sido elaborados para plagas del algodón en los U.S.A. (PIETERS & STERLING 1974, 1975, ALLEN et. al 1972, SERACHEVIAN & STERN 1972) y ahí han demostrado resultados favorables disminuyendo más que 50 % del tiempo necesario para el muestreo y dando niveles conocidos de precisión en comparación con métodos absolutos.

La presente investigación se inició con la meta de producir un sistema de muestreo secuencial para daño de *Spodoptera frugiperda* en maíz de riego en Nicaragua.

METODOS.

Un sistema de muestreo secuencial necesita el conocimiento de la distribución de la plaga en el campo utilizando algún índice de muestreo (porcentaje de cogollos dañados) y alguna unidad de muestreo (número de plantas por unidad). Entre marzo y mayo de 1983 se muestrearon 27 veces (una vez a la semana) 7 campos de maíz de riego de 10 Mzs. en superficie cada uno. El muestreo fué efectuado en cultivos con edad menor ó igual a 45 días (etapa de cogollo) y los cultivos fueron escogidos como representativos de las condiciones generales de maíz de riego en la región II. Las fincas de muestreo fueron las siguientes :

- Las U.P.E. Papalonal, El Recreo, Las Pampas I y II y La Esperanza, E.A.P. Hilario Sánchez (La Paz Centro - Nagarote).
- La U.P.E. La Virgen, E.A.P. Carlos Agüero Chavarría (Posoltega).
- La finca privada San José de Telica (Telica).

Una vez a la semana en cada finca, 50 estaciones de 20 plantas cada una fueron muestreadas en el siguiente patrón : cada 40 surcos adentro fueron escogidas cinco estaciones con 50 m de distancia entre cada estación se contaron los cogollos dañados de las 20 plantas de cada estación. 50 estaciones escogidas así llenaron 10 mz de superficie.

De las distribuciones resultantes de cogollos dañados fueron calculados X y S^2 por estaciones de 5, 10, 15, 20 plantas (utilizando los primeros 5, 10, 15 y todas las plantas de la estación respectivamente). Histogramas de frecuencia de cogollos dañados fueron construidos para estas muestras para determinar su similitud a la distribución de frecuencia del negativo binomial, la distribución que cabe más frecuentemente a poblaciones cuyos promedios de incidencias de la plaga (ó su daño) en unidades de muestreo son menores que la varianza asociada con el promedio: la llamada dispersión agregada. Para estas calculaciones usamos distribuciones debajo del 50 % de cogollos dañados totales siendo la presunción que el sistema de muestreo funcionará con infestaciones menos de 50 % de cogollos dañados.

La distribución negativa binomial está completamente descrito por el promedio X y el exponente K (BLISS & FISHER 1953). El valor más pequeño de K indica que está más agrupada la distribución.

Se escogio 10 plantas por unidad de muestreo con la intención luego de probar más exactamente la correspondencia de la distribución negativa binomial de los otros tamaños de muestra.

El promedio X y exponente K común de 24 distribuciones fueron calculados según el método de regresión de Y_1 sobre X_1 de BLISS y OWEN (1958) citado por WATERS (1955) donde :

$$X_1 = X^2 - (S^2/N) \quad Y_1 = S^2 - X \quad y \quad K = 1/b,$$

donde b = pendiente de la regresión Y_1 sobre X_1 .

Con el K común de todas las distribuciones, se decidió que los niveles de error de tipo a (aceptando un nivel de daño cuando no es cierto) y de error tipo b (no aceptando un nivel de daño cuando es cierto), serán 0.1 para generar la tabla final, es decir al nivel de 0.10 (una vez en 10 el sistema tiene riesgo de no clasificar correctamente una infestación del cogollero). Se construyeron las líneas de decisión y los cuadros de campo correspondientes según las formulas de WATERS (1955) para el negativo binominal donde la línea para la decisión de cogollos dañados < 20 % fué :

$$D1 = Dn + h1$$

y cogollos dañados > a 40 % fué :

$$d1 = Dn + h2$$

$$\log (Q2/Q1)$$

Donde : $d = K$ -----

$$\log (P2Q2/P1Q1)$$

$M1 = 2$ (1° 20 % de cogollos dañados)

$M2 = 4$ (1° 40 % de cogollos dañados).

$$\log (P2Q1/P1Q2)$$

$h1 =$ -----

$$\log (P2Q1/P1Q2)$$

error $a = 0.10$

error $b = 0.10$

$$\log ((1-B)/a)$$

$h2 =$ -----

$$\log (P2Q1/P1Q2)$$

$$P1 = M1/K \quad Q1 = 1 + P1.$$

$$P2 = M2/K \quad Q2 = 1 + P2.$$

Se decidió, basado en los datos de MIDINRA (1984) (nivel económico de 20 % de cogollos dañados) y SANDINO (1984, no publicado) (nivel crítico de 40 % de cogollos dañados) de diseñar un sistema que puede clasificar las poblaciones < al 20 % de cogollos dañados (infestación ligera que no merece aplicación de insecticida) y > 40 % de cogollos dañados (infestación fuerte que merece aplicación de insecticida). Basados en estas calculaciones se construyó el cuadro de decisión para utilizar en el campo y clasificar los niveles de infestación. Los cálculos fueron hechos con la ayuda de los programas VISICALC y MICROSTAT, de una computadora IBM-PC, situada en la Escuela de Biología, UNAN, León.

Nota: Se usa por razones de imprenta los simbolos > y < con el sentido de más grande o igual y más pequeño o igual.

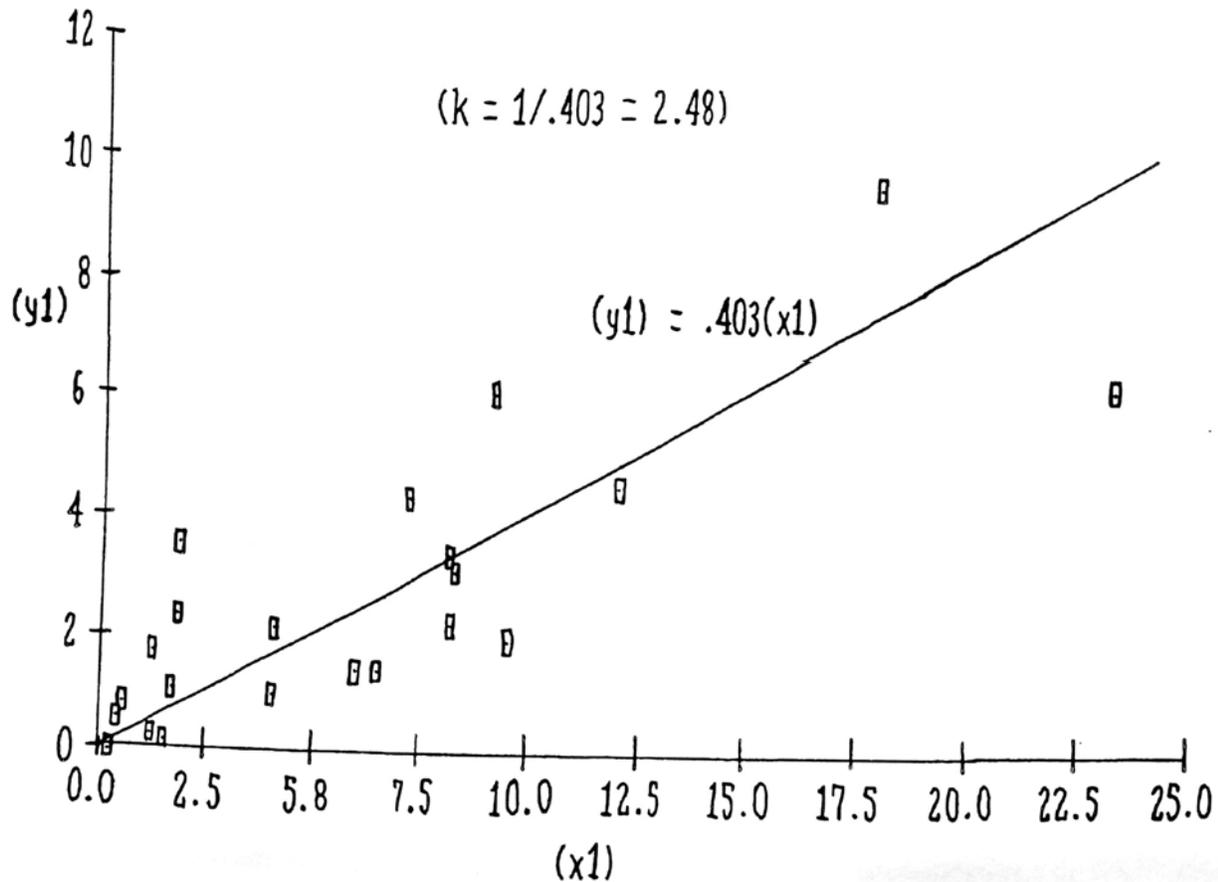


FIGURA 1 : Estimado de regresión de k común para *Spodoptera frugiperda* en 24 campos de maíz de riego, León, Nicaragua, 1983.

RESULTADOS.

Figura 1, demuestra la estimación del K común de las 24 muestras, forzando la regresión a través del origen. La ecuación consecuente era $Y_1 = .403 (X_1)$ y el K común para la dispersión de *Spodoptera frugiperda* en maíz de riego resultó = 2.48 ($1/.403$).

Se calculó por este K y el promedio total de 2.2 (22 %) cogollos dañados por 10 plantas que según la ecuación de KARANDINOS (1976) más que 150 muestras serán necesarias para calcular un promedio de 10 % de confianza. Obviamente este es el gran problema con una población agregada; que las estimaciones absolutas de daño cuestan mucho obtener.

Precisamente por esta razón, la figura 2 demuestra la tabla de decisión para uso directamente en el campo ($a = 0.10$; $b = 0.10$) en muestreo secuencial.

La tabla será utilizada de la manera siguiente. En una unidad de 10 Mz el muestreador entra 40 surcos de una esquina del margen del cultivo y camina 50 m sobre el surco para ubicar la primera estación de 10 plantas consecutivas. Esta es la primera estación. El apunta el número de cogollos dañados, repitiendo el muestreo 40 surcos más adelante y 50 pasos más adentro, apuntando el número de cogollos dañados en 10 plantas consecutivas. Esta es la segunda estación. El acumula los daños de las dos primeras estaciones en la columna "cogollos dañados acumulados". Sigue el

muestreo cada 40 surcos y 50 pasos sobre el surco hasta que se encuentre un total de "cogollos dañados acumulados" igual o debajo del número correspondiente en la columna de decisión para "< 20 %" (infestación que no merece tratamiento) ó igual o encima del número correspondiente por la columna de decisión para "> 40 %" (nivel de infestación que merece tratamiento). Si después de este número de estaciones todavía no puede clasificar la población, se clasifica de 21 - 39 % de cogollos dañados.

Ejemplo 1 : Si los cogollos dañados en 7 estaciones consecutivas fueron 2, 0, 2, 2, 0, el muestreador llenaría la tabla con un total de 6 cogollos dañados acumulados en cinco estaciones porque el total acumulado está debajo del número de decisión para < 20 %, el muestreador pasaría y clasificaría el daño como un nivel que no merece tratamiento.

Ejemplo 2 : Si los cogollos dañados en 4 estaciones consecutivas fueron 5, 3, 6, 5. El muestreador llenaría la tabla con un total de 19 cogollos dañados acumulados. Porque este número esta encima del número de la columna de decisión para > 40 %, el muestreador pasaría y clasificaría el daño como > 40 %, un nivel que merece tratamiento.

Ejemplo 3 : Si los cogollos dañados en 10 estaciones consecutivas fueran 0, 3, 2, 4, 5, 7, 6, 1, 3, 2. El muestreador llenaría la tabla con un total de 33 cogollos dañados acumulados, porque el total acumulado está todavía entre los niveles < 20 % y > 40 %, el muestreador pasaría y clasificaría el daño como entre 21 % y 39 % . El sistema nunca debe tomar más que 10 muestras consecutivas.

Existe la posibilidad que el muestreador no aceptaría más que el 20 % de cogollos dañados. En esta situación el muestreador puede decidir aplicar un tratamiento.

FIGURA 2 : Cuadro para muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* en maíz de riego, estaciones consecutivas 10 plantas
 $a=0.10$; $b=0.10$.

Número de estación	Cogollos dañados	Cogollos dañados acumulados	20 %	21-39 %	40 %
1	-	-		s	10
2	-	-		e	12
3	2	2		g	15
4	4	4		u	18
5	7	7		i	21
6	10	10		r	24
7	13	13			26
8	16	16		el	29
9	19	19			32
10	21	21	muestreo		35

FIGURA 3 : Comparación de la eficiencia de dos métodos de muestreo del % de daño del cogollero, *Spodoptera frugiperda* en maíz de riego (Santa Clara) y en maíz de primera ("Vivian Hernandez") Departamento de León, Nicaragua, 1986-1988.

LUGAR (año)	METODO	MUESTREO	MUESTRAS NECESARIAS	% TIEMPO AHORRADO
		ABSOLUTO	SECUENCIAL	(100 pl.)
SANTA CLARA (1986)				
1		4	< 20	3 70
2		4	< 20	3 70
3		20	< 20	4 60
4		7	< 20	4 60
5		50	> 40	8 20
6		61	> 40	2 80
7		8	< 20	5 50
8		9	< 20	5 50
9		11	< 20	3 70
10		23	21-39	10 0
11	27 *	> 40 *		2 80
12	34 *	> 40 *		1 90
13	26	21-39		<u>10</u> <u>10</u>
			X = 4.6	X = 54.0

VIVIAN HERNANDEZ (1988)				
1		17	< 20	6 40
2		48	> 40	4 60
3		56	> 40	5 50
4		16	< 20	10 0
5		85	> 40	2 80
6		85	> 40	2 80
7	37 *	> 40 *		9 10
8	16	< 20		<u>10</u> <u>0</u>
			X = 6.0	X = 40.0

* Clasificación incorrecta.

Dado que un sistema de muestreo secuencial debe ser probado bajo condiciones actuales. Se evaluó su uso en dos sistemas de producción comercial en la Región II, la UPE Santa Clara (Empresa Agrícola

del Pueblo Carlos Agüero, León) y el Centro de Capacitación y Experimentación "Vivian Hernández" de la UNAG, León. Se imprimó una tabla en base a la figura 2 y se entrenaron técnicos de las respectivas empresas en su uso correcto. La figura 3 detalla los resultados del uso de la tabla en el campo. En Santa Clara, los técnicos ahorraron 54 % del tiempo necesario para clasificar el daño del cogollero con la tabla de con solo 15 % (2/13 muestreos) de clasificación incorrecta (*). En Vivian Hernández, los técnicos ahorraron 40 % del tiempo necesario con solo 13 % (1/8 muestreos) de clasificación incorrecta. En ambos casos, la clasificación incorrecta siempre eran de cultivos con por lo menos 27-37 % de daños y la decisión de tomar una medida de control no hubiera sido incorrecta para prevenir que suba el daño en una fecha posterior.

Discusión.

La tabla de muestreo secuencial, utilizada por los técnicos de las respectivas empresas dio buenos resultados (un promedio de 86 % de clasificación correcta) y ahorró un promedio de 47 % del tiempo necesario para muestreo en comparación con el método absoluto recomendado en cien plantas. Se considera que el sistema de muestreo secuencial del daño del cogollero será de mucha utilidad en la evaluación rápida y eficiente del daño del cogollero para la toma de decisiones de control de esta plaga de maíz en la Región II. Se espera también que servirá de estímulo para el diseño de otros sistemas de muestreo secuencial para las demás plagas claves de los cultivos de la Región II.

Bibliografía.

- ALLEN J.D., GONZALES D. & GOKHALE D. (1972) Sequential sampling plans for the bollworm *Heliothis zea*. Environ. Entomol., 1:771-780.
- BLISS C.I. & FISHER R.A. (1953) Fitting the negative binomial distribution to biological data and note on the efficient fitting of the negative binomial. Biometrics, 8:176-200.
- FAO-PNUD (1979) Guía de control integrado de plagas en maíz y sorgo. Proyecto control integrado de plagas INTA-FAO-PNUD, Managua, Nicaragua.
- KARANDINOS M.G. (1976) Optimum sample size and comments on some published formulae. Bull. Ent. Soc. Amer., 22:417-421.
- MIDINRA (1984) Guía fitosanitaria para maíz de riego. Division de Sanidad Vegetal, Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Reforma Agraria. Managua, Nicaragua.
- PIETERS E.P. & STERLING W.L. (1974) A sequential sampling plan for the cotton fleahopper, *Pseudatomoscelis seriatus*. Environ. Entomol., 3:102-106.
- SANDINO C. (1984) Investigación práctica de la eficiencia de productos microbiales y químicos en control integrado de plagas en maíz de riego en la Region II. Tesis de maestria en C.I.P., UNAN, León, Nicaragua.
- SEVACHERIAN V. & STERN V.M. (1972) Sequential sampling plans for lygus bugs in California cotton fields. Environ. Entomol., 1:704-710.
- WATERS W.E. (1955) Sequential sampling in forest insect surveys. For. Sci., 1:68-79.