

Disposición espacial y distribución en la planta de maíz de *Diatraea saccharalis* (F) (Lepidoptera: Pyralidae). Desarrollo de un plan de muestreo secuencial*.

Nancy Greco

Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE), 2 N° 584, 1900 La Plata, Argentina.

Recibido: 30 de Junio de 1994. Aceptado: 22 de Diciembre de 1994.

RESUMEN

Diatraea saccharalis es una de las principales plagas del maíz en la zona maicera tradicional de la Argentina. El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución en la planta y la disposición espacial de los estados de huevo, larva y pupa; calcular el número mínimo de muestras requerido para estimar la población con un nivel de precisión dado y desarrollar un plan de muestreo secuencial. El estudio se realizó en lotes de maíz en la localidad de Abasto (35° S Prov. de Buenos Aires) durante cuatro años. El patrón de disposición se analizó mediante el modelo de regresión de Taylor (1961). El número de muestras se determinó según la ecuación de Finch et al. (1975) y el muestreo secuencial sobre la base de la distribución binomial negativa y también mediante la sustitución de los parámetros de Taylor, en el modelo de Iwao (1975). Se encontró que las masas de huevos se disponen al azar y las larvas pequeñas en forma agregada. Existe una disminución de la agregación con la edad. Se requieren entre 20 y 30 plantas para muestrear la población con un nivel de precisión de 0,2. El muestreo secuencial, para el umbral de daño utilizado, mostró que las densidades de huevos a las cuales se requiere tratamiento son elevadas (más de 100 huevos en 10 plantas muestreadas). El muestreo secuencial podrá ser fácilmente adaptado a otros umbrales de daño económico, al permitir su aplicación a nivel regional en sistemas de manejo integrado de la plaga.

Palabras claves: *Diatraea*, disposición espacial, muestreo secuencial, maíz.

Spatial pattern and within-plant distribution of *Diatraea saccharalis* (F) (Lepidoptera: Pyralidae) on corn. Development of a sequential sampling scheme.

SUMMARY

Diatraea saccharalis is the major pest on corn in the traditional corn area of Argentina. The aim of this paper is to determinate the spatial and within-plant distribution of egg masses, larva and pupa stages as well as to estimate the number of samples required for density estimation for a given precision level and to develop a sequential sampling plan. The study was developed in corn fields in Abasto (35° S, Buenos Aires, Argentina) during 1986, 1987, 1988 and 1990. Spatial pattern was

*Contribución científica N° 349

analyzed by Taylor's power function. The number of samples was determined by Finch equation and sequential sampling based on negative binomial distribution and by means of Taylor parameters substitution in Iwao model. Egg masses showed random distribution, larvae showed aggregated distribution decreasing with the age whereas the pupa stage's pattern was aggregated. Between 20 and 30 plants are required for sampling population with a 0,2 precision level. Sequential sampling showed that eggs density at which treatment is required are high (more than 100 eggs in 10 sampled plants).

Key words: *Diatraea*, spatial distribution, sequential sampling, corn.

INTRODUCCION

Diatraea saccharalis es una de las plagas más importantes en los cultivos de maíz de la zona maicera tradicional de la Argentina (noroeste de la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe). Las larvas se alimentan de los tejidos de conducción de la planta realizando galerías en el tallo, lo que provoca su debilitamiento y causa que la planta se quiebre y las espigas se desprendan fácilmente dificultando su cosecha. Por otra parte, al interferir en la actividad fisiológica de la planta, disminuye el tamaño de las espigas y el número y peso de los granos (Withworth *et al* 1984).

La técnica más utilizada, para el control de esta plaga en nuestro país, está basada en la destrucción del rastrojo mediante el laboreo de la tierra después de la cosecha. Esta práctica, probablemente sea el factor preponderante que determina la ocurrencia de bajas densidades de la primera generación en el cultivo (Greco 1993). Sin embargo, la segunda alcanza densidades elevadas y ocasiona severos daños. Es importante, por lo tanto, incorporar a su manejo otras técnicas para disminuir sus niveles poblacionales. Esto debe hacerse en el marco del manejo integrado de plagas y bajo la filosofía de una agricultura sustentable. En el caso de las aplicaciones con insecticidas de contacto, para que los tratamientos resulten efectivos es necesario

identificar el momento preciso, antes de que las larvas penetren al tallo (segundo estadio larval) (Ingram 1983). Además, al considerar que estas aplicaciones tienen un elevado costo económico y producen un daño ambiental, es imprescindible determinar correctamente si la densidad presente las justifica.

En tal sentido, para realizar estimaciones de densidad, que permitan la toma de decisiones acerca del empleo de medidas de control, es importante el conocimiento de la disposición espacial de la plaga. Esto constituye un prerequisite para los siguientes objetivos: desarrollar planes de muestreo eficientes (Thistlewood 1989, Overholt *et al* 1990, Rodríguez-del-Bosque *et al* 1990); estimar el número de muestras con una predeterminada precisión de muestreo y desarrollar técnicas de muestreo secuencial (Onsager 1976, Walker *et al* 1984, Thistlewood 1989, Overholt *et al* 1990).

El objetivo de esta investigación fue determinar la distribución en la planta y la disposición espacial de los estados de huevo (masas de huevos), larva y pupa de *D. saccharalis*. A partir de esta información, estimar el número mínimo de muestras requerido para estimar la población, con un nivel de precisión dado, y desarrollar un plan de muestreo secuencial.

MATERIAL Y METODOS

Disposición espacial

La disposición espacial de *D. saccharalis* se analizó en 1986, 1987, 1988 y 1990 en un cultivo de maíz, tipo duro colorado «flint» (*Zea mays indurata*), de aproximadamente 40 ha. Los tres primeros años, el estudio se llevó a cabo en un lote ubicado en la localidad de Abasto, 35° S Prov. de Buenos Aires y en 1990 se realizó en otro, de aproximadamente las mismas dimensiones, en la localidad de Correa, cercana a la anterior. Los lotes fueron sembrados al finalizar octubre y cosechados entre fines de abril y principios de mayo. El sistema de cultivo fue el convencional para la zona, sin rastrojo en superficie. No se realizaron aplicaciones químicas en ninguno de ellos. El área elegida, en los cuatro lotes mencionados, fue una parcela representativa del cultivo de 200 m² (aproximadamente 1.200 plantas).

Los muestreos tuvieron un diseño al azar simple y estuvieron integrados por 20 unidades muestrales (plantas) determinadas a partir de un muestreo previo. Se consideró un error estándar del 10% del promedio.

Se realizaron en total 49 muestreos semanales (17 en 1986, 8 en 1987, 13 en 1988 y 11 en 1990). Los mismos comenzaron cuando las plantas se encontraban en el estado de 4-6 hojas y finalizaron cuando se efectuó la cosecha del cultivo.

Para cada fecha de muestreo se registró el número de posturas, huevos, larvas de cada grupo y pupas y se calculó el promedio y la varianza, variando el error estándar de las estimaciones entre un 10% y un 25% del promedio. Las larvas fueron clasificadas en base al ancho de su cápsula cefálica en: pequeñas (0,2 a 0,6 mm), medianas (0,7 a 1,2 mm), grandes (1,3 a 2,2 mm) correspondiendo aproximadamente a primero y segundo, tercero y cuarto, y quinto y sexto estadio,

respectivamente (Overholt et al/1990, Machado Botelho 1985).

El patrón de disposición fue analizado mediante el método de regresión de Taylor (1961). Las diferencias de la pendiente de cada regresión, con respecto a 1, fueron contrastadas mediante la prueba t.

Determinación del número de unidades muestrales

El número de plantas (n) necesario para estimar la población, con un nivel de precisión dado, y a una densidad determinada, se calculó según la ecuación propuesta por Finch et al (1975):

$$n = a / p^2 x^{(2-b)}$$

donde a y b son los parámetros de la función de Taylor, los cuales fueron calculados con los promedios y varianzas del número de individuos obtenidos en cada muestreo, p es el nivel de precisión deseado, y x es el número medio de individuos por planta. El cálculo de n se realizó para posturas, larvas pequeñas, medianas y grandes; total de larvas (sin discriminar por tamaño) y pupas. Los niveles de precisión fueron de 0,1, comunmente requerido para estudios poblacionales, y 0,2 más utilizado para el manejo comercial (Overholt et al/1990). Las densidades utilizadas para el cálculo de n fueron 3; 1; 0,5 y 0,1 individuos por planta, para cada uno de los estados de desarrollo (huevo, larva y pupa).

Plan de muestreo secuencial

El desarrollo de un plan de muestreo secuencial requiere el conocimiento del umbral de daño económico de la plaga. En el caso de los «barrenadores del tallo», este umbral

debe estimarse para los estados de huevo y larvas pequeñas, ya que los tratamientos con insecticidas foliares son efectivos cuando se aplican antes de que las larvas penetren en el tallo (Ingram 1983). La visualización en el campo de las larvas pequeñas es difícil, por lo que se propone el muestreo de huevos, que al estar dispuestos en masas sobre la superficie de las hojas pueden observarse con mayor facilidad. Al no existir información sobre el umbral de daño económico para esta especie en nuestro país se utilizó en este estudio un umbral nominal de 25% de plantas infestadas con huevos (Poston *et al* 1983, Parker *et al* 1986, Overholt *et al* 1990). Este porcentaje fue establecido para *D. grandiosella*, en cultivos de maíz del sur de los Estados Unidos, en prácticas de manejo integrado.

Se establecieron las hipótesis:

$$H_1 : x' < x_1 \text{ y } H_2 : x' > x_2,$$

siendo x' la densidad acumulada de huevos por planta, x_1 la densidad correspondiente, en este caso, al 15% de plantas infestadas (por debajo de la cual no existiría daño significativo) y x_2 la densidad correspondiente al 25% de plantas infestadas (por encima de la cual el daño sería significativo). El nivel de aceptación de ambas hipótesis se fijó en 0,05. Para hallar las densidades x_1 y x_2 , se utilizó el modelo propuesto por Wilson (1985), que relaciona la proporción de plantas infestadas con el número medio de individuos por planta:

$$p = 1 - e^{-x \ln((ax(b-1)) / ((ax(b-1)) - 1))}$$

donde p es la proporción de plantas infestadas, x es el número medio de huevos por planta, y a y b son los parámetros de la función de Taylor.

El ajuste de los datos observados con los estimados por el modelo se realizó mediante la utilización de Chi cuadrado.

Para calcular las rectas que determinan los puntos de rechazo y aceptación de las hipótesis mencionadas se usaron las fórmulas para disposición agregada, la cual se ajusta a la distribución binomial negativa (Onsager 1976). El índice de agregación, se calculó como un k común a todos los muestreos (K_c) mediante el método de regresión lineal de Bliss y Owen (1958) siendo:

$$x = \bar{x}^2 - s^2/n$$

$$y = s^2 - \bar{x}$$

donde x , s^2 y n corresponden a media, varianza y número de muestras de cada muestreo. La pendiente de la recta de regresión es igual a $1/k_c$. Debido a que el cálculo de un k común está justificado si hay homogeneidad entre los muestreos, para probar la misma se utilizó la regresión de x/y en función de $\log x$ (Southwood 1978).

El cálculo de las rectas del muestreo secuencial se realizó, también, en base al método desarrollado por Iwao (1975). Se consideró que los métodos de Iwao y Taylor para estimar la disposición espacial están relacionados (Xu 1985), por lo cual las rectas para el muestreo secuencial se obtuvieron utilizando los parámetros de Taylor en el modelo de Iwao (Ekblom 1985, Thistlewood 1989):

$$T_0 = nm_0 + t\alpha (n(am_0^b))^{-2}$$

donde T_0 constituye los límites superior (+) e inferior (-) del intervalo de confianza, para el número acumulativo de huevos por planta encontrado, n es el número de muestras, m_0 es la densidad media crítica o nivel de tratamiento, y t es el valor de la distribución t de Student, con una probabilidad de α (en este caso 0,05) para una prueba de dos colas e infinitos grados de libertad. La densidad media crítica fue calculada por el modelo de Wilson (1985).

Distribución en la planta

La distribución de posturas, larvas y pupas se analizó en función de los porcentajes de cada estado de desarrollo, registrados en tres estratos de la planta. Durante el estado fenológico vegetativo, la planta se dividió en tres partes iguales, y se llamó estrato «a» a la parte superior, «b» a la intermedia y estrato «c» a la inferior (incluyendo la raíz). A partir de la aparición de las espigas, el estrato «b» se definió desde el nudo por encima de la espiga superior hasta el nudo inmediatamente por debajo de la espiga inferior (Davis *et al* 1983). Se analizaron las diferencias entre los porcentajes de individuos de cada estado en los tres estratos, mediante la prueba Chi cuadrado. En el caso del estado de larva se analizó, del

mismo modo, la distribución en la planta de las pequeñas, medianas y grandes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Disposición espacial.

La Tabla 1 muestra los parámetros de las regresiones de Taylor. En todas ellas se obtuvo un buen ajuste de la función a los datos analizados. La pendiente (b) fue significativamente mayor que 1 para los huevos, larvas pequeñas, larvas medianas y larvas en general, lo que indica que su disposición es agregada. Para las posturas, larvas grandes y pupas este parámetro no fue diferente de 1, señalando que su disposición es al azar.

Número de unidades muestrales.

La Tabla 2 muestra el número mínimo de muestras (plantas) necesario para estimar la población, a distintas densidades, con niveles de precisión de 0,1 y 0,2 y el rango de densidades utilizado. Puede observarse que el número de muestras requerido varió ampliamente en función del nivel de precisión, densidad y estado de desarrollo de los individuos de la población, tal cual ya había sido observado por Rodríguez-del-Bosque *et al* (1990).

Muestreo secuencial

En la Figura 1 se muestra la proporción de plantas infestadas en función del número medio de huevos por planta. Los datos presentaron un buen ajuste al modelo utilizado ($X^2 = 1,39$ g.l. = 26 $P < 0,01$). Las densidades correspondientes al 15 y al 25% de las plantas infestadas fueron 3,6 y 9,7 huevos por planta, respectivamente.

En cuanto al parámetro k, no se observó una tendencia o correlación entre x/y y el log de x , lo que indica la existencia de homogeneidad entre los muestreos. La regresión

Tabla 1. Parámetros de las regresiones de Taylor para los estados inmaduros de *D. saccharalis* en el maíz. Entre paréntesis: error estándar de las estimaciones; n: número de muestreos; *, **: pendiente significativamente distinta de 1 ($P < 0,05$), ($P < 0,01$).

Coefficients for Taylor's power function for different categories of *Diatraea saccharalis* in corn. « » : standard deviation, n: number of samples, *, **: ($P < 0,05$) ($P < 0,01$).

Estado	log a	b	r ²	n
Huevos	1,11 (0,05)	1,43** (0,09)	0,89	30
Posturas	0,04 (0,04)	1,03 (0,05)	0,96	30
L. pequeñas	0,62 (0,62)	1,52** (0,09)	0,90	30
L. medianas	0,36 (0,05)	1,19* (0,07)	0,88	40
L. grandes	0,18 (0,04)	1,12 (0,05)	0,94	38
L. en general	0,39 (0,03)	1,27** (0,08)	0,93	49
Pupas	0,26 (0,07)	1,22 (0,08)	0,88	34

Tabla 2. Número de plantas de maíz requerido para muestrear diferentes estados de *D. saccharalis* con niveles de precisión de 0,1 y 0,2 y distintas densidades. r: rango de densidades medias sobre el cual se basan las estimaciones.

Number of single-plant samples (n) required to attain 0,1 and 0,2 at varying densities of *Diatraea saccharalis* r: range of mean densities.

	Nivel de precisión									
	0,1-0,2		0,1-0,2		0,1-0,2		0,1-0,2			
	densidad/planta									
	3,0		1,0		0,5		0,1		r	
Huevos	56	16	111	28	166	41	426	107	0,50-7,84	
Posturas	1	1	4	1	8	2	36	9	0,05-0,50	
L. peq.	37	9	62	15	86	22	188	47	0,04-1,52	
L. med.	15	4	36	9	63	16	232	59	0,05-2,47	
L. gdes.	7	2	18	4	33	8	138	35	0,10-4,47	
L. tot.	17	4	39	10	65	16	209	52	0,05-4,85	
Pupas	11	3	26	6	45	13	157	40	0,05-0,78	

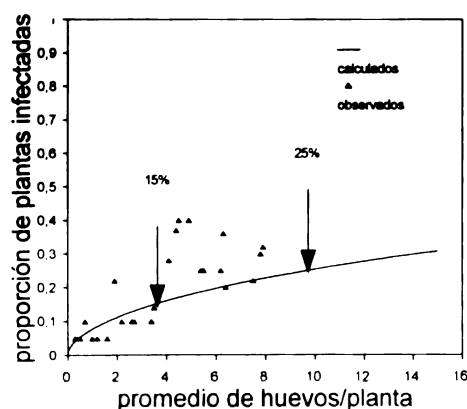


Figura 1. Proporción de plantas infestadas con huevos de *Diatraea saccharalis* en función del número medio de huevos por planta.

Proportion of plants infested as a function of mean density of *Diatraea saccharalis* eggs per plant.

calculada entre x e y ($r = 0,825$; $b = 3,469$; $ES = 0,492$) para estimar el valor de k , arrojó un valor de 0,288 para este parámetro.

La Figura 2A representa las rectas calculadas para el muestreo secuencial, a partir de la distribución binomial negativa, y la Figura 2B las encontradas mediante la ecuación propuesta por Ekbohm (1985).

El primer método requiere un mayor esfuerzo para el muestreo que el segundo, para llegar a tomar una decisión, siendo más amplia la franja que indica continuar el muestreo. Por ejemplo, si se comparan las rectas por debajo de las cuales no se requiere tratamiento, se ve que para 15 muestras el método de la binomial negativa indica continuar muestreando a partir de aproximadamente 30 huevos por planta, mientras que para el método propuesto por Ekbohm, este valor es de alrededor de 120. Por lo tanto, con 15 muestras, según el primer método el muestreo debe continuar si el número acumulado de huevos está entre 30 y 120, mientras que en el segundo si está entre 120 y 180. En cuanto a la recta por encima de la cual las densidades acumuladas revelan la necesidad de tratamiento, las diferencias entre am-

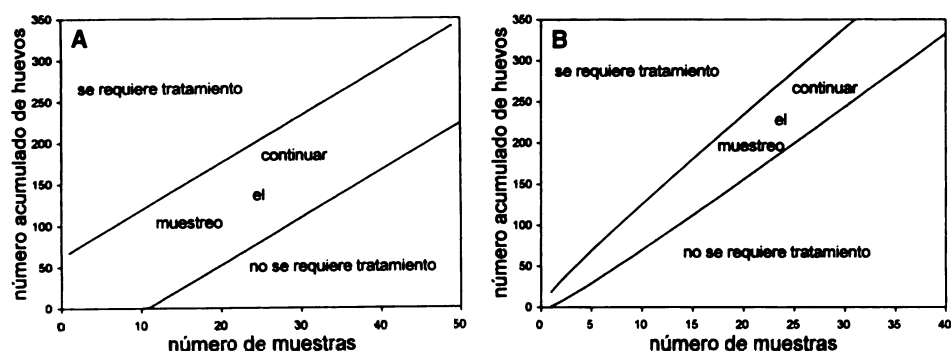


Figura 2. Plan de muestreo secuencial para huevos de *Diatraea saccharalis*, usando un umbral de daño del 25% de plantas infestadas (9,7 huevos/planta). A: rectas calculadas a partir de la distribución binomial negativa, B: rectas calculadas mediante la ecuación de Ekbom.

Sequential sampling plan for *Diatraea saccharalis* eggs, using 25% damaging threshold of infested plants (9,7 eggs/plant). A: calculated lines from negative binomial distribution, B: calculated lines using the equation of Ekbom.

Los métodos son menos marcados, sin embargo, el primer método requiere que se registre un menor número acumulado de huevos, en comparación con el segundo, para tomar la decisión de realizar un tratamiento. La elección del plan de muestreo secuencial, según uno u otro método, deberá basarse en una evaluación del tiempo y esfuerzo disponibles para realizar el muestreo, junto a un balance económico entre el costo de los tratamientos y las pérdidas por daño que serían tolerables. El primer método requiere, en relación al segundo, para el mismo número de muestras, que la densidad sea menor para tomar la decisión de no tratar y menor para realizar el tratamiento. Esto permitiría un margen más amplio de seguridad, en cuanto a evitar el daño, pero aumentaría los costos por los tratamientos.

Distribución en la planta.

La Tabla 3 presenta el porcentaje de individuos, de cada estado, registrado en los distintos estratos de la planta, mostrando que son significativas las diferencias entre los mis-

mos. Los mayores porcentajes de posturas se registraron en los estratos medio e inferior. En cuanto a larvas y pupas, la parte intermedia de la planta es la que presentó mayores proporciones, salvo en 1990, año en que se registró un porcentaje alto de pupas en el estrato c. En cuanto a la distribución de los distintos estadios larvales (Figura 3) se observó una mayor proporción de larvas medianas y grandes en la parte inferior y media de la planta.

CONCLUSIONES

Las posturas de *D. saccharalis* fueron depositadas al azar. Respecto a las larvas, solo las pequeñas se dispusieron en forma agregada, ya que las de tamaño mediano y grande presentaron un patrón al azar, al igual que las pupas. Esta disminución de la agregación con la edad ha sido observada en otras especies (Shelton *et al* 1986, Brewer y Story 1987, Mitchell y Fuxa 1987, Zehnder y Linduska 1988, Overholt *et al* 1990) y por Rodríguez-del-Bosque (1990) en *D. saccharalis*.

Tabla 3. Porcentaje de individuos de cada estado de desarrollo de *Diatraea saccharalis* en los distintos estratos de la planta. H: posturas, L: larvas, P: pupas; a: estrato superior, b: estrato medio, c: estrato inferior.

Proportion of different *Diatraea saccharalis* development stages in three levels of the corn plant. H: masses of eggs, L: larvae, P: pupae; a: upper layer, b: middle layer, c: lower layer.

	Año											
	1986			1987			1988			1990		
	Estados											
	H	L	P	H	L	P	H	L	P	H	L	P
a	27,9	11,6	1,5	11,1	7,6	8,3	16,7	3,5	0,0	12,5	19,4	7,1
b	46,2	51,5	60,0	33,3	66,9	66,7	66,7	72,8	68,4	29,2	48,3	35,7
c	27,9	36,9	38,5	55,5	25,5	25,0	16,7	23,7	31,6	58,3	32,3	57,1
X ²	6,7	36,8	52,5	14,9	55,4	54,2	50,0	50,9	37,0	32,3	12,5	37,8

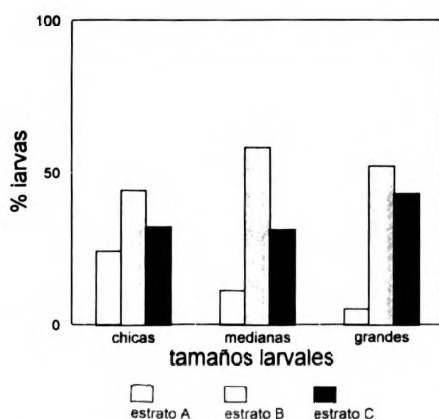


Figura 3. Proporción de larvas pequeñas, medianas y grandes de *Diatraea saccharalis* en los distintos estratos de la planta. Estrato A: superior, estrato B: medio, estrato C: inferior.

Small, medium and large *Diatraea saccharalis* larvae proportion in different layers of the plant. Estrato A: upper layer, estrato B: middle layer, estrato C: lower layer.

sobre maíz cultivado en México. La oviposición en masas es el factor determinante de la agregación de los primeros estadios larva-

les. La dispersión y la mortalidad son los posibles fenómenos responsables de una disposición al azar de los estadios larvales más avanzados y del estado de pupa (Waters 1959, Pieters y Sterling 1974, Nget al 1983, Mitchell y Fuxa 1987, Zehnder y Linduska 1988, Greco 1991).

La disposición diferencial, dentro del ciclo de vida, afecta la eficiencia del muestreo (Mitchell y Fuxa 1987). En este caso el número de muestras requerido, con un nivel de precisión dado fue, en general, mayor para las larvas pequeñas y medianas. Los resultados obtenidos coinciden con los indicados por Rodríguez-del-Bosque (1990), salvo en el caso de las larvas pequeñas, en el cual el número de muestras fue considerablemente mayor, debido probablemente a las bajas densidades registradas. Para aplicaciones prácticas, tales como implementación de medidas de control o determinación de daño, con nivel de precisión de 0,2 y considerando el compromiso entre precisión y costo (Mitchell y Fuxa 1987), 20 muestras (plantas) serían suficientes para el muestreo de larvas pequeñas, medianas, grandes, larvas en general y pu-

pas. Mientras que para muestrear huevos, serían requeridas 30 plantas. Si las densidades fueran menores de 0,5 individuos por planta, deberían ser muestreadas alrededor de 50. Para el registro de posturas, el número de muestras requerido fue pequeño, pero al ser grande la amplitud de la variación en el número de huevos por postura, es aconsejable el conteo de huevos, para estimar la densidad poblacional con mayor precisión.

El plan de muestreo secuencial, en función del umbral de daño utilizado, mostró que las densidades de huevos a las cuales se requiere tratamiento son más de 100 huevos en 10 plantas. La aplicación de este plan será de gran utilidad en programas de manejo integrado, no obstante, es de fundamental importancia la determinación de umbrales de daño precisos, para esta especie a nivel regional. Por otra parte, hay que tener en cuenta que

los umbrales de daño económico para una misma especie son valores fluctuantes, que dependen de características tales como la variedad sembrada, la sanidad de las plantas, la calidad nutricional de las mismas, etc.

El plan de muestreo secuencial desarrollado podrá ser fácilmente modificado en función de otros umbrales de daño económico, para su aplicación en sistemas de manejo integrado de esta plaga en áreas maiceras de nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing Agr HO Arriaga por facilitarme la infraestructura de la Cátedra a su cargo. A los Drs N Sánchez y G Liljestrom y al Ing Agr S Sarandón por la lectura crítica del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Bliss CI and ARG Owen (1958) Negative binomial distributions with a common k. *Biometrika* 45: 37-58
- Brewer LJ and RN Story (1978) Larval spatial patterns and sequential sampling plan for pickleworm, *Diaphania nitidalis* (Stoll) (Lepidoptera: Pyralidae), on summer squash. *Environ Entomol* 16: 539-544
- Davis FM and WP Williams (1983) Second generation southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae): Ear and stalk damage to susceptible and resistance maize. *J Econ Entomol* 76: 507-509
- Ekbom BD (1985) Spatial distribution of *Rhopalosiphum padi* in spring cereals in Sweden and its importance for sampling. *Environ Entomol* 14: 312-316
- Finch S, G Skinner and GH Freeman (1975) The distribution and analysis of cabbage root fly egg population. *Ann Appl Biol* 79: 1-18
- Greco NM (1991) Disposición espacial y número de generaciones de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz. *Neotropica* 37: 151-157
- Greco NM (1993) Ecología poblacional de *Diatraea saccharalis* (Fab) (Lepidoptera: Pyralidae) sobre cultivos de maíz. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Naturales, Fac de Cs Nat UNLP 184 pp
- Ingram WR (1983) Biological control of graminaceous stem borers and legume pod-borers. *Insect Sci Appl* 4: 205-209
- Iwao S (1975) A new method of sequential sampling to classify populations relative to a critical density. *Res Popul Ecol* 16: 281-288
- Machado Botelho PS (1985) Tabela de vida ecológica e simulacao da fase larval da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae). Tese, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Universidade de Sao Paulo, 240 pp
- Mitchell MK and JR Fuxa (1987) Distribution, abundance and sampling of armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in south-central Louisiana cornfields. *Environ Entomol* 16: 453-458
- Ng YS, JR Trout and S Ahmad (1983) Spatial distribution of the larval populations of the japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in turfgrass. *J Ecol Entomol* 76: 26-30

- Onsager JA (1976) The rationale of sequential sampling, with emphasis on its use in pest management. Agricultural Research Service, US Dept of Agric Technical Bulletin No 1526 19 pp.
- Overholt WA, AE Knuston, JW Smith Jr and FE Gilstrap (1990) Distribution and sampling of southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in preharvest corn. J Econ Entomol 83: 1370-1375
- Parker RD, JW Stewart, WP Morrison, CD Patrik and GB Cronholm (1986) Managing insect and mite pest of Texas corn. Texas Agricul Extension Serv Bull 1366 College Station 26 pp
- Pieters EP and WL Sterling (1974) Aggregation indices of cotton arthropods in Texas. Environ Entomol 3: 598-600
- Poston FL, P Pedigo and SM Welch (1983) Economic injury levels: reality and practicality. Bull Entomol Soc Am 29: 49-53
- Rodriguez-del-Bosque LA, JW Smith Jr and HW Browning (1990) Spatial dispersion patterns of *Diatraea lineolata*, *Diatraea saccharalis*, and *Eoreuma loftini* on corn. South Entomol 15: 291-299
- Shelton AM, JP Nyrop, A Seaman and RE Foster (1986) Distribution of european corn borer (Lepidoptera:Pyralidae) egg masses and larvae on sweet corn in New York. Environ Entomol 15: 501-506
- Southwood TRE (1978) Ecological methods with particular reference to the study of insect populations, 2nd. ed. Chapman and Hall, London 524 pp
- Thistlewood HMA (1989) Spatial dispersion and sampling of *Campylomma verbasci* (Heteroptera: Miridae) on apple. Environ Entomol 18: 398-402
- Xu RM (1985) Dynamics of within-leaf spatial distribution patterns of greenhouse whiteflies and the biological interpretations. J Appl Ecol 22: 63-72
- Waters WE (1959) A quantitative measure of aggregation in insects. J of Economic Entomol 52: 1180
- Wilson LT (1985) Estimating the abundance and impact of arthropod natural enemies in IPM systems. En Biological control in agricultural IPM systems. MA Hoy and DC Herzog eds Academic New York 302-332
- Withworth RJ, FL Poston, SM Welch and D Calvin (1984) Quantification of southwestern corn borer feeding and its impact on corn yield. Southwest Entomol 9:308-318
- Zehnder, GW and JJ Linduska (1988) Within-field distribution patterns and fixed-precision-level sampling plans for Colorado potato beetle (Coleoptera:Chrysomelidae) in tomatoes. J Econ Entomol 81: 692-696