

**Nota corta: Estimación de umbrales económicos
para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)
en el cultivo del maíz**

J. L. Fernández

Laboratorio de Control Biológico, Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Granma. Apartado Postal, 21, Bayamo 85100, Granma, Cuba
jlft@udg.co.cu

RESUMEN

Se propone una alternativa para estimar las afectaciones que ocasiona la plaga *Spodoptera frugiperda* al cultivo del maíz. El estudio de datos obtenidos durante cinco años en la provincia Granma (Cuba) demostró que, con la determinación del daño foliar utilizando una escala visual de cinco grados, fue posible desarrollar mediante análisis de regresión modelos para calcular niveles de daño económico y umbrales económicos que probablemente también sean adecuados a las particularidades de otras regiones.

Palabras claves: Insectos plagas, nivel de daño económico, Cuba.

En América Central se estiman en 20-35 % las pérdidas en el campo causadas por los insectos al cultivo del maíz (Andrews, 1989). Saunders *et al.* (1983) y Passoa (1984) citaron más de 220 especies de insectos atacando al cultivo en esta zona, pero pocas son lo suficientemente dañinas como para causar preocupación. Andrews (1989) listó 84 especies o complejos de especies como plagas reales o potenciales; y de ellas consideró sólo seis como importantes, y 52 como plagas ocasionales.

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) se considera la plaga más importante del maíz en toda Mesoamérica; existen centenares de investigaciones sobre esta especie, y cuantiosos datos sobre su biología, fisiología, ecología y control (químico, cultural, biológico, integrado). Andrews (1988) resumió la información disponible hasta ese momento en América Latina.

El Manejo Integrado de Plagas requiere el establecimiento del nivel de daño económico (NDE) y umbral económico (UE) (Stern *et al.*, 1959; Pedigo *et al.*, 1986; Pedigo,

Recibido: 22-3-02
Aceptado para su publicación: 27-6-02
Artículo evaluado por correo electrónico

1989; Jeffrey, 1995). El NDE es la densidad del insecto que ocasiona un daño al cultivo igual al costo de las medidas para su control, es decir, el número más bajo que causará pérdidas económicas; y define el punto de ruptura entre las pérdidas debidas al daño de la plaga y los costos del control. El UE es la densidad operacional de la plaga, el punto donde deben iniciarse las medidas de control para evitar que se alcance el NDE.

Se han propuesto decenas de UE para *S. frugiperda*, que oscilan entre 10 y 50 % de plantas infestadas, ya sea por puestas o larvas de la plaga (Andrews, 1988, 1989; King y Saunders, 1984; Fernández, 2001; entre otros).

Aunque se han derivado modelos de regresión para estimar las pérdidas del rendimiento con relación a la infestación (Harrison, 1984; Hruska y Gladstone, 1988; Jaramillo *et al.*, 1989; Fernández, 2001); y la determinación del grado de daño foliar ha mostrado ser el método más confiable (Jaramillo *et al.*, 1989; Fernández y Expósito, 2000); no se dispone de metodologías de amplia aceptación que establezcan una relación clara y estadísticamente significativa entre la incidencia de la plaga y el rendimiento final del cultivo.

El presente trabajo propone una alternativa a la estimación de UE para *S. frugiperda*, a partir de investigaciones desarrolladas entre 1995 y 1999 en la provincia Granma, región oriental de Cuba (Fernández, 1998a y b, 2001; Fernández y Expósito, 2000; Fernández *et al.*, 2001).

Los muestreos se comenzaron a partir de la primera semana después de la germinación y se extendieron con una frecuencia semanal hasta los 60 días después de la germinación (d.d.g.). Posterior a este período no se realizaron más muestreos, dada la inutilidad de los mismos por la notable disminución de las poblaciones larvales (Fernández, 1998b y 2001). En cada campo se tomaron cinco puntos al azar, y en cada uno de ellos se examinaron 10 plantas consecutivas, para un total de 50 plantas por tratamiento y fecha de muestreo.

En cada planta se revisaron el verticilo y la última hoja con el collar (lígula) del pecíolo visible, y se anotaron las características del daño foliar ocasionado por *S. frugiperda*, evaluado mediante una escala de 5 grados (Tabla 1). Esta escala visual demostró ser el método más rápido y confiable de determinar la magnitud del ataque de la plaga en Granma (Fernández y Expósito, 2000). De los 5 grados propuestos los dos últimos (4 y 5) son los de mayor daño, con severas afectaciones al verticilo de las plantas (Fernández, 2001).

Se consideraron tres formas de afectación (King y Saunders, 1984; Andrews, 1989): a) "daño en forma de ventana" ocasionado por larvas pequeñas consistente en pequeños raspados de menos de 5 mm de diámetro en la superficie inferior de las hojas tiernas, destruyendo el mesófilo y dejando intacta la epidermis superior, que se observa traslúcida; b) daño mayor de 5 y menor de 10 mm, ocasionando unas perforaciones características generalmente circulares, casi siempre en el interior de las hojas, raramente en sus bordes; y c) daño mayor de 10 mm, que generalmente se aprecia como lesiones irregulares, a veces mucho mayores de 10 mm, tanto en los bordes como en el interior de la hoja.

El daño foliar promedio del muestreo (DFP) se calculó mediante la fórmula:

$$DFP = \left[\sum_{i=1}^5 (f_i \times X_i) \right] / N$$

donde:

X_i : Valor de las observaciones (entre 1 y 5, de acuerdo a la escala de daños).

f_i : Frecuencia (número de observaciones) de cada valor.

N : Número total de observaciones realizadas (plantas examinadas). $N = \sum_{i=1}^5 f_i$

Tabla 1

Escala visual para estimar el daño ocasionado por *S. frugiperda* al cultivo del maíz (Fernández y Expósito, 2000)

Grado	Características del daño
1	Ningún daño visible, o solamente de 1-3 daños en forma de ventana.
2	Más de 3 daños en forma de ventana, y/o 1-3 daños menores de 10 mm.
3	Más de 3 daños menores de 10 mm, y/o 1-3 daños mayores de 10 mm.
4	De 3-6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo destruido más del 50 %.
5	Más de 6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo totalmente destruido.

Se desarrollaron análisis de regresión entre los porcentajes de plantas con elevado daño foliar y las afectaciones ocasionadas al rendimiento. Se evaluaron los porcentajes de plantas con grados de daños foliares de 4, 5, y 4-5; a las 2, 4 y 6 semanas después de la germinación. Las afectaciones al rendimiento se estimaron sobre la base de la densidad final de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$ (como porcentaje de la densidad inicial), y el porcentaje final de plantas con mazorcas (expresada como el total de plantas productivas $\cdot \text{ha}^{-1}$ al momento de la cosecha entre la densidad inicial de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$). Para estos cálculos se consideró sólo una mazorca por planta productiva, acorde con los datos de estudios previos en las variedades de maíz sembradas en la zona (Fernández, 1998b).

Los porcentajes de plantas infestadas por la plaga en cada fecha de muestreo oscilaron entre 0 y 100 %, de acuerdo a la época de siembra y desarrollo fenológico del cultivo (ver análisis detallados y exhaustivos en Fernández, 2001), lo que permitió contar con un amplio rango de valores para los análisis de regresión.

Los análisis estadísticos se ejecutaron con los paquetes Statistica para Windows (1993) y Curve Expert (1997). Los datos primarios de todos los muestreos se han analizado en extenso en otro lugar (Fernández, 2001).

El porcentaje de plantas con daño foliar 4-5 durante las primeras seis semanas después de la germinación explicó 46 % de la variabilidad en la densidad final de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$, resultado estadísticamente significativo ($F = 6,0361$; $r^2 = 0,4630$; $p = 0,0437$). Las funciones logarítmica y el modelo recíproco mostraron ajustes ligeramente mejores, aunque sus diferencias fueron pequeñas respecto al modelo lineal. Aproximadamente por cada 10 % de incremento en el porcentaje de plantas con daño foliar 4-5 durante las primeras seis semanas después de la germinación, la densidad final de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$ disminuyó en 1,5 % (Fig. 1). La ecuación de la regresión que describe el proceso es [1], donde Y_a es el porcentaje final de plantas (sobre la base de la densidad inicial), y X es el porcentaje de plantas con daños foliares de grado 4-5 (promedio de las primeras seis semanas después de la germinación).

$$Y_a = 99,5 - 0,13 X \quad [1]$$

Se ha establecido que ataques severos de esta plaga destruyen la yema apical en las plantas de maíz, que como consecuencia pueden detener su crecimiento e incluso morir (King y Saunders, 1984; Fernández *et al.*, 2001). Las observaciones de campo realizadas demostraron que sólo en plantas que presentaron grados de daño foliar 4 ó 5 fue posible encontrar afectaciones tan severas.

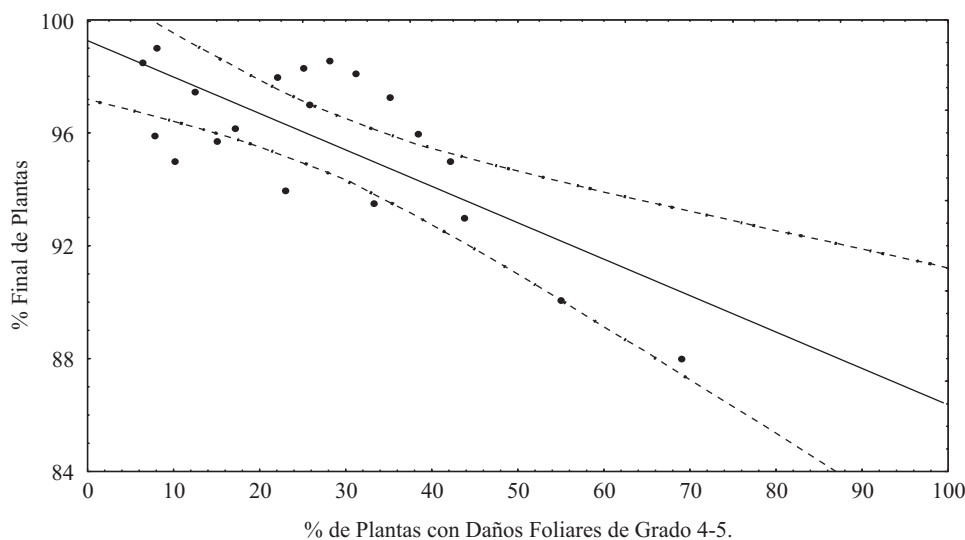


Fig. 1.—Relación entre el daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* al maíz (evaluado como el porcentaje de plantas con daños foliares de grados 4-5) y la afectación al rendimiento del cultivo (evaluado como el porcentaje final de plantas respecto a sus porcentajes iniciales).

Provincia Granma, 1995-1999. (N = 20; $r^2 = 0,4630$; $p = 0,0437$).

Las líneas discontinuas representan los intervalos de confianza al 95 %

La relación entre la infestación y el porcentaje final de plantas con mazorcas también mostró una correlación negativa (Fig. 2). El aumento de la infestación de la plaga disminuyó el total de mazorcas a cosechar, y explicó 58 % de la variabilidad de este factor ($F = 6,8817$; $r^2 = 0,5792$; $p = 0,0469$). La ecuación de la regresión que describe el proceso es [2], donde Y_b es el porcentaje final de plantas con mazorcas (sobre la base de la densidad inicial de plantas), y X es el porcentaje de plantas con daños foliares de grado 4-5 (promedio de las primeras seis semanas después de la germinación).

$$Y_b = 70,8 - 0,14 X \quad [2]$$

Es notable constatar que en Granma *S. frugiperda* es responsable casi totalmente de las afectaciones ocasionadas a la densidad final de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$; pero no al porcentaje de mazorcas, ya que en ausencia de la plaga se registran afectaciones de hasta 30 % en este parámetro. Esto demuestra la influencia que otros factores bióticos y abióticos ejercen sobre la producción de mazorcas por las plantas. Entre los primeros pueden citarse a *Peregrinus maidis* (Ashmead) (Homoptera: Delphacidae), debido al efecto de las virosis que transmite, y a *Diatraea lineolata* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) (Fernández, 2001). Entre los factores abióticos pueden considerarse la competencia entre las plantas de maíz por el agua, la luz, los nutrientes; así como factores genéticos, influencia de las malezas, y otros.

Los NDE no son fijos, ya que dependen de los precios del mercado, rendimientos, costos asociados al control y su eficacia (Pedigo *et al.*, 1986; Jeffrey, 1995; Peng y Brewer, 1995; Naranjo *et al.*, 1996). Al calcular el NDE para *S. frugiperda* en Granma se

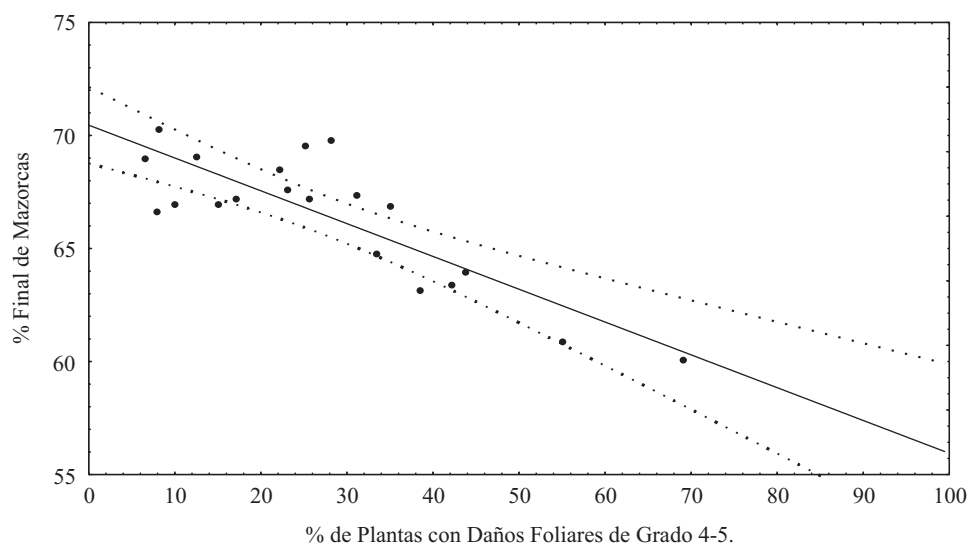


Fig. 2.—Relación entre el daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* al maíz (evaluado como el porcentaje de plantas con daños foliares de grados 4-5) y la afectación al rendimiento del cultivo (evaluado como el porcentaje final de mazorcas, respecto a sus porcentajes iniciales). Provincia Granma, 1995-1999. (N = 20; $r^2 = 0,5792$; $p = 0,0469$). Las líneas discontinuas representan los intervalos de confianza al 95 %

consideraron las particulares condiciones agroecológicas, económicas y sociales de la provincia; pero las fórmulas desarrolladas permiten establecer otros NDE de acuerdo a las oscilaciones en los costos del control, precios del mercado, concentración del biopreparado, eficiencia del control, densidad de plantación y demás variables cambiantes. Se estableció el NDE como el valor al cual la relación costo/beneficio es igual a 1, el punto inicial de daño económico (Pedigo, 1989; Jeffrey, 1995; Peng y Brewer, 1995):

$$\text{NDE} = \text{CC}/\text{PC} = 1 \quad [3]$$

— El NDE se expresó como el porcentaje de plantas con daño foliar de grado 4 y 5 durante los primeros 45 d.d.g.

— CC son los Costos Totales del Control

CC se definió como: $\text{CC} = (\text{CP} \times \text{CaP} + \text{CA}) \times \text{NA}$ donde:

CP es el Costo del producto a aplicar para el control de la plaga. En el caso de *Bacillus thuringiensis*, el biopreparado de mejores resultados en la provincia (Fernández *et al.*, 2001), el CP fue de 1 \$ (peso cubano) por litro.

CaP es la cantidad de producto a aplicar. Acorde a Fernández *et al.* (2001), la cantidad debe ajustarse a 5×10^{12} esporas $\cdot \text{ha}^{-1}$. Basado en las concentraciones habituales de las producciones en Granma, se asumió como promedio que $\text{CaP} = 25$ litros $\cdot \text{ha}^{-1}$.

CA es el costo de una aplicación: Según las normativas establecidas por MINAGRI (1990) se ajustó el CA a un valor de $2,57$ \$ $\cdot \text{ha}^{-1}$.

NA es el número de aplicaciones. De acuerdo con Fernández *et al.* (2001), $\text{NA} = 6$.

Con toda esta información se obtuvo un valor de CC de $165,42 \text{ \$} \cdot \text{ha}^{-1}$

– PC = Pérdidas ocasionadas por la plaga al cultivo.

Las PC se definieron como: $PC = (VM \times NMP \times EC)$, donde:

VM es el valor de una mazorca. Se tomó un valor promedio de $0,10 \text{ \$}$ (MINAGRI, 1992).

NMP es el número de mazorcas perdidas $\cdot \text{ha}^{-1}$ a un nivel de daño específico. Puede definirse como el total teóricamente posible de mazorcas a obtener (NTM) menos el total de mazorcas realmente obtenido (NRM): $NMP = NTM - NRM$.

Dado que en la provincia Granma, aproximadamente por cada planta productiva se corresponde una mazorca (Fernández, 1998 b), entonces: $NTM = DIP \times 1$, donde DIP es la densidad inicial de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$ y 1 es el total de mazorcas por planta.

$NRM = DFP \times 1$, donde DFP es la densidad final de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$ y 1 es el total de mazorcas por planta.

EC es la eficiencia del control. Acorde con los resultados reportados por Fernández *et al.* (2001), se asumió como valor promedio un 70 % de efectividad en campo.

Una vez que se sustituyen todos los datos en la ecuación [3], se obtiene:

$$NDE = 165,42/0,1 \times 0,7 \times NMP = 1$$

NMP queda entonces como: $NMP = 165,42/0,07 = 2363,1$ mazorcas $\cdot \text{ha}^{-1}$.

Dadas las densidades de siembra utilizadas en Granma (40-50 000 plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$; según Fernández, 1998b) este número representa entre 4,7 y 6 % del total teórico de mazorcas/ha a obtener; lo que significa que el NDE se alcanza con la pérdida del 4,7 al 6 % de plantas $\cdot \text{ha}^{-1}$ respecto a la densidad inicial de plantación. Al calcular mediante las ecuaciones [1] y [2] a qué nivel sucede esto, se obtienen entre 32 y 40 % de plantas con daños foliares de grado 4-5 ($X = 33,1 \%$) durante las primeras seis semanas después de la germinación.

La precisión de las estimaciones se evaluó para cada año, localidad y época de siembra mediante pruebas de X^2 (entre los valores esperados y observados). En todos los casos, exceptuando tres campos (que representaron menos del 5 % del total), el nivel de confiabilidad fue igual o superior al 95 % (Fernández y Expósito, 2000; Fernández, 2001).

Si se prefiriera expresar el NDE en los términos comúnmente empleados de porcentajes de plantas infestadas, los datos pueden convertirse a esta última variable; ya que la relación entre porcentaje de plantas infestadas por *S. frugiperda* y porcentaje de plantas con daños foliares de grado 4-5 fue estadísticamente significativa ($r^2 = 0,7947$; $p < 0,01$; ecuación: $y = 3,7 + 0,72 x$). Al calcular con esta ecuación a qué porcentaje de plantas infestadas corresponden 33 % de plantas con daños foliares de grado 4-5 (el NDE determinado), se obtiene un valor de 40 % (Fernández, 2001).

En Mesoamérica la mayoría de los autores recomienda iniciar el control de la plaga al registrarse valores de infestación inferiores al 40 %. Los datos de las investigaciones desarrolladas en Granma muestran que en muchas ocasiones los daños de la plaga son “espectaculares” pero de poca afectación a los rendimientos (Fernández, 2001). Las plantas son capaces de recuperarse de niveles relativamente elevados de daños foliares si no es muy afectado el verticilo, lo cual sólo ocurre cuando se alcanzan los grados de daño 4 ó 5 de la escala propuesta (Fernández y Expósito, 2000). Es muy probable que por estas razones la afectación de *S. frugiperda* se haya sobreestimado en la región, y los NDE sean de

masiado bajos; lo que se traduce en aplicaciones de medidas de control innecesarias y elevación de los costos con la consiguiente disminución de las ganancias potenciales.

La presente contribución proporciona un conjunto de herramientas, corroboradas experimentalmente en condiciones de campo, para calcular UE de *S. frugiperda* sobre la base de análisis en las variaciones de los niveles reales de afectación y los costos asociados al control. Estos resultados podrán probablemente aplicarse en el resto del país, y potencialmente en otras naciones de Mesoamérica, previa validación y/o adecuación de las ecuaciones necesarias de acuerdo a las particularidades de cada región.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece las valiosas correcciones realizadas por los revisores anónimos.

SUMMARY

Assessment of economic thresholds for *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize crop

An alternative to assess *Spodoptera frugiperda* damage in maize crops is proposed. The study of data gathered during five years at Granma province, Cuba, demonstrated that with the estimates of foliate damage using a visual scale of five degrees it was possible to develop models by means of regression analysis to calculate economic injury levels and economic thresholds which are probably appropriated to the particularities of other different regions.

Key words: Insect pests, economic injury level, Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS K. L., 1988. Latin american research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist 71, 630-653.
- ANDREWS K. L., 1989. Maíz y sorgo. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. K. L. Andrews y J. Rutilio, Eds. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, 623 pp.
- CURVE EXPERT: Versión 1.34, 1997. A comprehensive curve fitting system for Windows. Copyright (c) 1995-1997.
- FERNÁNDEZ J. L., 1998a. Datos ecológicos preliminares sobre las principales plagas del maíz en la Provincia Granma. I: *Spodoptera frugiperda*. Centro Agrícola 25, 26-29.
- FERNÁNDEZ J. L., 1998b. Estudio agroecológico del cultivo del maíz y sus potencialidades en la sustentabilidad de pequeñas fincas campesinas en la provincia de Granma, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España, 143 pp.
- FERNÁNDEZ J. L., 2001. Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de la provincia Granma, Cuba. Tesis Doctoral, Universidad Central de Las Villas Cuba, 198 pp.
- FERNÁNDEZ J. L., EXPÓSITO I. E., 2000. Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. Centro Agrícola 27, 32-38.
- FERNÁNDEZ J. L., JOA J., JIMÉNEZ C., DANGER L., ANDINO M., GONZÁLEZ N., 2001. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) con *Bacillus thuringiensis* Berliner (cepa LBT-24) en la provincia de Granma, Cuba I. Centro Agrícola 28, 5-11.

- HARRISON F. P., 1984. The development of an economic injury level for low populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in grain corn. *Florida Entomologist* 67, 335-339.
- HRUSKA A., GLADSTONE S., 1988. Effect of period and level of infestation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, on irrigated maize yield. *Florida Entomologist* 71, 249-254.
- JARAMILLO D. A., JARAMILLO O., BUSTELLO A. E., GÓMEZ, H., 1989. Efecto del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) sobre el rendimiento del maíz. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín* 42, 25-33.
- JEFFREY Y., 1995. Optimal pest management and economic threshold. *Agricultural Systems* 49, 113-133.
- KING A., SAUNDERS J., 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero. Londres, 182 pp.
- MINAGRI, 1990. Catálogo provincial de normas únicas para las actividades manuales y con tracción animal de labores comunes. Área de recursos humanos. Ministerio de la Agricultura, Delegación Territorial Granma, 106 pp.
- MINAGRI, 1992. Sistema de Precios. Ministerio de la Agricultura, Delegación Territorial Granma, 67 pp.
- NARANJO S. E., CHU C., HENNEBERRY T., 1996. Economic injury levels for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton: impact of crop price, control costs, and efficacy of control. *Crop Protection* 15, 779-788.
- PASSOA J., 1984. Lista de los insectos asociados con los granos básicos y otros cultivos selectos en Honduras. *CEIBA* 25, 1-98.
- PEDIGO L. P., 1989. *Entomology and Pest Management*. Macmillan, New York, 144 pp.
- PEDIGO L. P., HUTCHINS S. H., HIGLEY L.G., 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rentomol.* 31, 341-368.
- PENG C., BREWER G., 1995. Economic injury levels for the red sunflower seed weevil (Coleoptera: Curculionidae) infesting oilseed sunflower. *Canadian Entomologist* 127, 561-568.
- SAUNDERS J., KING A., VARGAS C., 1983. Plagas de cultivos en América Central; una lista de referencia. Serie Técnica. Boletín Técnico No. 9. CATIE, Costa Rica, 92 pp.
- STATISTICA FOR WINDOWS, 1993. Release 4.2. StatSoft, Inc.
- STERN V., SMITH R., VAN DEN BOSCH R., HAGEN K., 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29, 81-101.