

EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE DIFERENTES
NIVELES CRITICOS PARA EL CONTROL DE
Spodoptera frugiperda (Smith) EN
SORGO PARA GRANO

POR

LUIS ALBERTO CAÑAS CASTRO

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

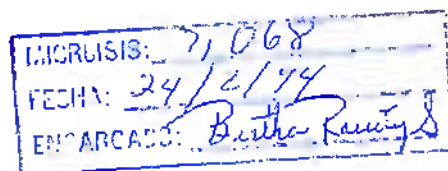
PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

BIBLIOTECA WILSON POPKOW
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 21
TEGUCIGALPA - HONDURAS

EL ZAMORANO, HONDURAS

NOVIEMBRE, 1993



EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE DIFERENTES
NIVELES CRITICOS PARA EL CONTROL DE
Spodoptera frugiperda (Smith) EN
SORGO PARA GRANO

Luis Alberto Cañas Castro

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.



Luis Alberto Cañas Castro

Noviembre, 1993

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios Todopoderoso y a la Virgen María.

Con mucho amor a mis padres, Luis Eugenio Cañas Orantes y Concepción Martha Margarita de Cañas por haberme apoyado siempre y por ser más que padres, amigos.

A mi queridísima abuela Carmen Guadalupe Chávez por haberme ayudado a emprender este camino.

A mis hermanas María Martha y Laura Margarita por todo su apoyo y cariño.

A mi novia Nuris Magalis Acosta por su amor, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A la compañía MONSANTO por haber financiado esta investigación.

Al Dr. Keith Andrews por haberme dado la oportunidad de entrar al cuarto año.

A mis asesores Rogelio Trabanino, Alfredo Rueda y Miguel Avedillo por su apoyo y ayuda más allá de sus obligaciones.

A la sección de producción del departamento de Agronomía por su ayuda desinteresada.

A Tomás Galindo y Wilmer Zepeda por su colaboración en la toma de datos de campo.

A todo el personal del Departamento de Protección Vegetal por la colaboración brindada.

A todos ustedes, muchas gracias.

INDICE GENERAL

	PAGINA
PORTADA.....	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
I. INTRODUCCION.....	1
A. Hipótesis.....	3
B. Objetivos.....	4
1. Objetivo general.....	4
2. Objetivos específicos.....	4
II. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	5
III. REVISION DE LITERATURA.....	6
A. Aspectos agronómicos del sorgo.....	6
1. Origen y diseminación.....	6
2. Crecimiento y desarrollo.....	8
3. Limitantes de la producción.....	8
B. Aspectos biológicos de cogollero.....	11
1. Ciclo de vida de <u>Spodoptera frugiperda</u>	12
2. Reducción del rendimiento.....	13
C. Muestreos.....	16
1. Patrones de dispersión.....	17
2. Unidad de muestreo.....	17
3. Tamaño de muestra.....	18
4. Localización de las muestras.....	21
5. Muestreo de cogollero.....	22
a. Muestreo según infestación.....	22
b. Muestreo según daño a la planta.....	23

D.	Nivel crítico como criterio para el control de gusano cogollero.....	24
1.	Determinación del nivel crítico.....	26
2.	Factores que afectan el nivel crítico.....	27
a.	Densidad de la plaga.....	27
b.	Actividades de manejo del cultivo.....	28
c.	Pérdidas económicas.....	28
d.	Control.....	28
E.	Niveles de acción como alternativa al uso de niveles críticos.....	29
F.	Controles.....	30
1.	Control biológico.....	31
2.	Control químico.....	32
III.	MATERIALES Y METODOS.....	34
A.	Ensayos: Planificación Establecimiento y Manejo.....	34
1.	Postrera y Verano 1991.....	34
a.	Nivel de infestación bajo - Postrera.....	34
b.	Nivel de infestación alto - Verano.....	39
2.	Verano y Postrera 1992.....	40
a.	Nivel de infestación medio - Verano.....	40
b.	Nivel de infestación bajo - Postrera.....	40
B.	Ensayo Combinado.....	47
C.	Análisis de la información.....	48
1.	Análisis estadístico.....	48
2.	Análisis económico.....	49
a.	Evaluación del ingreso, beneficio y relación beneficio/costo.....	49
b.	Análisis marginal comparativo.....	50
c.	Análisis de riesgo.....	52

IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	52
A.	Evaluación independiente de cada ensayo.....	54
1.	Postrera y Verano 1991.....	54
a.	Nivel de infestación bajo - Postrera.....	54
	(1). Infestación de <u>Spodoptera</u> <u>frugiperda</u>	54
	(2). Incidencia de parasitoides larvales.....	57
	(3). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas agronómicas.....	62
	(4). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas económicas.....	65
b.	Nivel de infestación alto - Verano.....	68
	(1). Infestación de <u>Spodoptera</u> <u>frugiperda</u>	68
	(2). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas agronómicas.....	75
	(3). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas económicas.....	77
2.	Verano y Postrera 1992.....	81
a.	Nivel de infestación medio - Verano.....	81
	(1). Infestación de <u>Spodoptera</u> <u>frugiperda</u>	81
	(2). Incidencia de parasitoides larvales.....	81
	(3). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas agronómicas.....	87
	(4). Efecto de la infestación de <u>S.</u> <u>frugiperda</u> sobre las respuestas económicas.....	90

b.	Nivel de infestación bajo - Postrera.....	92
(1).	Infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u>	92
(2).	Efecto del daño de <u>S. frugiperda</u> sobre las variables agronómicas.....	98
(3).	Respuesta económica.....	100
B.	Evaluación combinada de todos los ensayos.....	102
1.	Infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u>	102
2.	Incidencia de parasitoides larvales.....	105
3.	Efecto de la infestación sobre las respuestas agronómicas.....	108
4.	Efecto de la infestación sobre las respuestas económicas.....	113
5.	Análisis de relación.....	118
6.	Análisis del riesgo.....	121
7.	Análisis del muestreo.....	122
VI.	CONCLUSIONES.....	129
VII.	RECOMENDACIONES.....	131
VIII.	RESUMEN.....	133
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	139

LISTA DE CUADROS.

PAGINA

Cuadro 1.	Niveles críticos en sorgo grano según porcentaje de infestación en dos etapas del crecimiento vegetativo. El Zamorano, Honduras. 1993.....	35
Cuadro 2.	Niveles críticos en sorgo grano según niveles de daño expresado en grado de esqueletización. El Zamorano, Honduras. 1992.....	43
Cuadro 3.	Factores utilizados para análisis combinado.....	48
Cuadro 4.	Promedios de porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres períodos del crecimiento del sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	57
Cuadro 5.	Porcentaje de parasitismo larval en <u>Spodoptera frugiperda</u> en la localidad de Santa Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	59
Cuadro 6.	Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas de <u>Spodoptera frugiperda</u> recolectadas en Sta. Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	62
Cuadro 7.	Coefficiente de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> y rendimiento de sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras 1991.....	63
Cuadro 8.	Respuesta agronómica del cultivo de sorgo a diferentes niveles críticos contra <u>Spodoptera frugiperda</u> . Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	65

Cuadro 9.	Análisis de retorno, relación beneficio /costo y análisis marginal comparativo. para los resultados del nivel de infestación bajo - Postrera. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	67
Cuadro 10.	Promedios de porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres períodos del crecimiento de sorgo en Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	70
Cuadro 11.	Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas <u>Spodoptera frugiperda</u> recolectadas en Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	71
Cuadro 12.	Porcentaje de parasitismo larval en <u>Spodoptera frugiperda</u> en la localidad de Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	74
Cuadro 13.	Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	76
Cuadro 14.	Coefficientes de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> y rendimiento de sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	76
Cuadro 15.	Efecto de cinco niveles críticos para control de <u>Spodoptera frugiperda</u> sobre las variables agronómicas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	78

Cuadro 16.	Análisis de retorno, relación beneficio/costo y análisis marginal comparativo para los resultados del nivel de infestación alto - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	80
Cuadro 17.	Porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres períodos del crecimiento de sorgo en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	83
Cuadro 18.	Porcentaje de parasitismo larval provocado por enemigos naturales a <u>Spodoptera frugiperda</u> en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	85
Cuadro 19.	Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas de <u>Spodoptera frugiperda</u> recolectadas en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	86
Cuadro 20.	Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	87
Cuadro 21.	Coefficientes de correlación lineal existentes entre porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	88
Cuadro 22.	Efecto de cinco niveles críticos para control de <u>Spodoptera frugiperda</u> sobre las variables agronómicas de sorgo en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	89

Cuadro 23.	Análisis de retorno, relación beneficio/costo y análisis marginal comparativo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	91
Cuadro 24.	Separación de cinco tratamientos según nivel de daño total por ataque de <u>Spodoptera frugiperda</u> en terraza 4 de San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	93
Cuadro 25.	Porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres periodos del crecimiento del sorgo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	97
Cuadro 26.	Niveles de daño de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres periodos del crecimiento del sorgo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	97
Cuadro 27.	Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	98
Cuadro 28.	Coefficientes de correlación lineal existentes entre porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	99
Cuadro 29.	Coefficientes de correlación lineal existentes entre nivel de daño de <u>Spodoptera frugiperda</u> y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	99

Cuadro 30.	Efecto de cinco niveles de daño causado por <u>Spodoptera frugiperda</u> sobre las variables agronómicas en sorgo en Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.....	101
Cuadro 31.	Promedios de porcentajes de infestación de <u>Spodoptera frugiperda</u> en tres períodos del crecimiento de sorgo según niveles críticos, lugares, sistema de riego y época de siembra, todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	103
Cuadro 32.	Promedios de porcentaje de parasitismo en larvas de <u>Spodoptera frugiperda</u> según niveles críticos, lugares, variedades, sistema de riego y época de siembra. Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	106
Cuadro 33.	Porcentaje de parasitismo larval en <u>Spodoptera frugiperda</u> . Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	109
Cuadro 34.	Efecto de cinco niveles críticos para control de <u>Spodoptera frugiperda</u> , cuatro lugares, dos variedades, dos sistemas de riego y dos épocas de siembra sobre las respuestas agronómicas de sorgo. Escuela agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	111
Cuadro 35.	Respuesta económica del sorgo en cuatro localidades, dos variedades, dos sistemas de riego y dos épocas de siembra, todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	114

Cuadro 36.	Análisis de retorno, relación benefico/costo y análisis marginal comparativo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	117
Cuadro 37.	Relaciones lineales y cuadráticas entre infestación de cogollero y rendimiento del sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	119
Cuadro 38.	Relaciones lineales y cuadráticas entre infestación de cogollero y beneficio neto producido por el sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	120
cuadro 39.	Análisis de riesgo: Retornos mínimos para los peores casos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	121

LISTA DE FIGURAS.

PAGINA

- Figura 1. Clasificación visual de niveles de daño. Vista lateral, planta sin raíces. A = Grado 0, B = Grado 8, C= Grado 15, D = Grado 30, E = Grado 70. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 44
- Figura 2. Clasificación visual de niveles de daño. Acercamiento del cogollo. A = 0, B = Grado 8, C = Grado 15, D = Grado 30, E = Grado 70. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 45
- Figura 3. Efecto de dos niveles críticos sobre la densidad poblacional de Spodoptera frugiperda en Santa Inés. a) Nivel crítico 10-10% y testigo. b) Nivel crítico 15-30% y testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991..... 55
- Figura 4. Recolección de larvas de Spodoptera frugiperda, separadas según estadio larval. Santa Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El zamorano, Honduras. 1992..... 58
- Figura 5. Efecto de cuatro niveles críticos sobre la densidad poblacional de Spodoptera frugiperda en Colindres. a) 10-10%, b) 15-30%, c) 30-60%, d) 40-80%. Comparados con el testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 69
- Figura 6. Recolección de larvas de Spodoptera frugiperda, separadas según estadio larval. Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 72
- Figura 7. Efecto de cuatro niveles críticos sobre la densidad poblacional de Spodoptera frugiperda en Vegas 2 y 3. a) 10-10%, b) 15-30%, c) 30-60% d) 40-80%. Comparados con el testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 82

- Figura 8. Recolección de larvas de Spodoptera frugiperda, separadas según esdadío larval. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panameriacana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 84
- Figura 9. Porcentaje de infestación en cuatro grupos de parcelas separadas según nivel de daño, comparadas con máxima infestación alcanzada (D5). a) Grupo 1 (D1), b) Grupo 2 (D2), c) Grupo 3 (D3), d) Grupo 4 (D4). Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993..... 94
- Figura 10. Niveles de daño en cuatro grupos de parcelas, comparadas con máximo nivel de daño alcanzado. (D5). a) Grupo 1 (D1), b) Grupo 2 (D2), c) Grupo 3 (D3), d) Grupo 4 (D4). Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993..... 96
- Figura 11. Curva tasa retorno marginal. Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993..... 116
- Figura 12. Fluctuación del coeficiente de variación de acuerdo a cinco niveles de infestación. N1 = Nivel 1, N2 = Nivel 2, N3 = Nivel 3, N4 = Nivel 4, N5 = Nivel 5. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.. 123
- Figura 13. Fluctuación del coeficiente de variación de acuerdo a tres etapas del cultivo. 0-30 días después de siembra (dds), 30-45 dds y 45-60 dds. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 124
- Figura 14. Tamaño de muestra óptimo dependiendo del coeficiente de variación ($E = 20\%$; $p = 0.80$). Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 127
- Figura 15. Fluctuación del coeficiente de variación dependiendo del porcentaje de infestación. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992..... 128

LISTA DE ANEXOS.

PAGINA

Anexo 1.	Composición de dieta artificial para <u>Spodoptera frugiperda</u> . Cantidades necesarias para producir un litro de dieta. Centro de Control Biológico para Centroamérica. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras.....	135
Anexo 2.	Costos comunes ensayo nivel de infestación bajo - Postrera Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.....	136
Anexo 3.	Costos comunes ensayo nivel de infestación alto - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	137
Anexo 4.	Costos comunes ensayo nivel de infestación medio - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	138
Anexo 5.	Ejemplo de la hoja de evaluación del muestreo, 10 sitios y 10 plantas por sitio. Se presentan datos de infestación (Media), desviación estandar (s), coeficiente de variación (CV) y tamaño óptimo de muestra. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.....	139

ABSTRACT

Between 1991 and 1992 an investigation about action thresholds to control Fall Armyworm (FAW) was conducted at "Escuela Agrícola Panamericana". The objectives of this investigation were: 1- Prove the effectiveness of some action thresholds to control S. frugiperda (Smith)=FAW. 2- Evaluate the effect of chemicals over the larval parasitoids of FAW and 3- Evaluate our sampling techniques for FAW.

We considered two variable groups: 1- Agronomic variables (VA): yield, 1000 seeds weight, plant height, panicle width and panicle height. 2- Economic variables (VE): net profit, rate profit/cost, and total costs. This research was done in four sites using five action thresholds, two varieties of sorghum, two irrigation systems and two cropping seasons as the evaluation effects.

Comparison treatment and action threshold 40-80% obtained the grates FAW infestations (29% and 22%; $p < 0.25$). Las Vegas 2-3 and Colindres got the greatest infestations (30% and 26% for each of them; $p < 0.25$). The variety "Sudan" was the most infested (23%), compared with "Isiap-Dorado" (17%, $p < 0.25$). The irrigation system did not influenced the infestation percentage but the cropping season did. We had higher infestation percentages in the dry season than in the second cycle of the rainy season ("postrera").

Our VA were not affected by the action thresholds. The

essays planted in the dry season had higher yields than those planted in the "postrera" season. We got the best results with "Sudan" variety 85 qq/ha in comparison with 51 qq/ha obtained with "Isiap-Dorado" ($p < 0.25$).

The differences obtained in the VE are strongly similar with those obtained in the VA.

The marginal analysis shows that the 10-10% treatment should be preferred because we can get with it up to 166% of profit rate (this is without statistical backup). The same treatment is preferred if we take into consideration the risk factor for all sites. If we exclude Colindres the best treatment is 30-60%.

Differences in parasitism were due to the place, the irrigation system and the cropping season. We found greater parasitism in Santa Inés (53% $p < 0.25$), with irrigation (41%, $p < 0.25$), and in "postrera" (53%, $p < 0.25$). The most common parasitoid found was Chelonus insularis Cress., followed by the fungus Nomurea rileyi (Farlow).

The infestation-yield and infestation-profit relations were not significant, so we could not estimate a population-loss function.

Analyzing our sampling techniques we found that the variation coefficient began to stabilize after the fourth consecutive plant sampled; thus our optimum sampling size was 23 sites of four consecutive plants ($E=20\%$, $P=80\%$).

I-INTRODUCCION

El sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) se cultiva especialmente por su grano, el cual se emplea en la alimentación humana.

En Honduras, 36 especies de insectos se han encontrado en sorgo (Passoa, 1984). Sin embargo, son pocas las especies que son suficientemente dañinas para causar preocupación. Los ataques de sólo cinco plagas son considerados en general lo suficientemente frecuentes y severos para justificar que estas especies sean catalogadas en la categoría de plagas importantes. Estas son: Phyllophaga spp., Diatraea lineolata, Mocis latipes, Spodoptera frugiperda, Contarinia sorghicola. De estas el gusano cogollero S. frugiperda es la plaga clave (Andrews, 1988). El gusano cogollero Spodoptera frugiperda (Smith), es sin duda alguna la más notoria y discutida plaga del maíz y sorgo en Mesoamérica (Andrews 1980, 1988; citado en Andrews y Quezada, 1989).

Portillo et al. (1991) estudiando al complejo de plagas lepidópteras conocido en Honduras como "Langosta", descubrieron que las especies predominantes eran: S. frugiperda, Spodoptera latifacia, Metaponpneumata rogenhoferi y Mocis latipes. De estas cuatro, S. frugiperda fue la más común, presentando las poblaciones más altas en parcelas sin malezas.

En la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.), la

producción del sorgo para grano está basada en varios tipos de controles: cultural, biológico, fitogenético y químico ⁽¹⁾. Para la aplicación del control químico en la E.A.P., se toma en cuenta el Nivel Crítico, el cual se define como aquella densidad poblacional en la cual tiene sentido económico iniciar actividades para suprimir la población de plagas, ya que los costos de combate son iguales al valor del rendimiento rescatado (Andrews y Quezada, 1989). Lo cual nos indica que mientras la plaga no haya pasado ese nivel es antieconómico aplicar, ya que se gasta más de lo que se recupera en rendimiento adicional.

En la E.A.P., se utiliza el nivel crítico siguiente para el control de S. frugiperda: En la etapa 1 desde la germinación hasta 8 hojas = 5% de plantas cortadas o 15% de cogollos infestados. En la etapa 2 desde 8 Hojas hasta la floración = 30% de cogollos infestados. Esta recomendación fue diseñada para ser usada por agricultores que disponen de capital. En cambio, para los agricultores que no disponen de capital se ha recomendado el uso de un nivel del 40% de infestación en la etapa 1 (Andrews, 1984).

Por otro lado, Brauchle (1990), reportó que para las condiciones de la E.A.P., lo más económicamente rentable es el

¹ Rogelio Trabanino. 1991. Controles usados en la E.A.P. Jefe sección de Producción, Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. (Comunicación personal)

nivel crítico 100-100% (100% de plantas infestadas en etapa 1 y 100% de plantas infestados en etapa 2). Con esto quiere decir que lo mejor es no llevar a cabo el control químico contra el gusano cogollero en el maíz para grano.

Debido a los puntos anteriormente expuestos se desea validar un nivel crítico adecuado para la producción de sorgo para grano en la E.A.P.

A- Hipótesis

1- Hipótesis Principal: Los niveles críticos utilizados en la E.A.P., para el control de gusano cogollero (S. frugiperda) en sorgo grano (Sorghum bicolor), no son los más recomendables ni técnica ni económicamente.

Hipótesis alternativa: Los niveles críticos utilizados en la E.A.P. para controlar S. frugiperda en sorgo sí son adecuados.

2- Hipótesis Principal: La aplicación continua de plaguicidas al follaje tiene un efecto detrimental en el parasitismo de S. frugiperda.

Hipótesis alternativa: La aplicación de plaguicidas no tiene un efecto negativo en el parasitismo de S. frugiperda.

3- Hipótesis Principal: El muestreo utilizado en la E.A.P. para conocer las poblaciones de S. frugiperda no es adecuado.

Hipótesis alternativa: El muestreo usado en la E.A.P. para conocer las poblaciones de S. frugiperda sí es adecuado.

B- Objetivo General

Validar los niveles críticos en sorgo para grano en las condiciones de la E.A.P. Esto es, determinar un nivel crítico que maximice los beneficios y que dé un mínimo de inestabilidad al sistema agroecológico.

1- Objetivos Específicos

- 1- Determinar si en realidad es más económico no usar plaguicidas para el control de S. frugiperda.
- 2- Conocer la influencia que tienen los plaguicidas sobre los parasitoides larvales y pupales de S. frugiperda.
- 3- Analizar el sistema de muestreo para S. frugiperda en sorgo.

II- ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

El estudio a realizar puede verse limitado por varios factores, entre ellos:

1- Las infestaciones de S. frugiperda en el campo pueden ser bajas, por lo tanto, pueden no alcanzar los niveles críticos propuestos.

2- La mayoría de los muestreo propuestos en la literatura no han sido probados para establecer un nivel crítico, sino para tomar decisiones en base a un nivel crítico ya establecido.

3- Aunque las condiciones climáticas de todos los ensayos son similares, los resultados pueden verse afectados por el tipo de manejo dado a un terreno en particular.

4- Los resultados a obtenerse sólo son aplicables a las condiciones de la Escuela Agrícola Panamericana.

III- REVISION DE LITERATURA.

El sorgo (Sorghum bicolor [L.] Moench) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo, el maíz, el arroz, y la cebada (Martín, 1985; citado por Compton, 1990).

En Honduras, el sorgo ocupa el tercer lugar en producción (Secretaría de Planificación, 1987; citado por Portillo, 1991). Además, en áreas donde los rendimientos del maíz son bajos, cerca del 40% de la producción de sorgo es destinada para consumo humano (McCulloch y Futrell, 1983; citados por Trabanino et al., 1988). En el año 1988 se sembraron 46000 ha. llegándose a producir 42000 toneladas de sorgo. El rendimiento por hectárea fue de 20 qq. en promedio, siendo un promedio bajo debido a que un 89% de este cultivo se siembra en asocio y no en monocultivo (IICA y Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia, 1989).

A- Aspectos Agronómicos del Sorgo

La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales. Debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas y con lluvia errática (Purseglove, 1972; citado por Compton, 1990).

1-Origen y Diseminación

Los sorgos cultivados hoy en día, se originaron del silvestre Sorghum bicolor subsp. arundinaceum, y la mayor variación en el género Sorghum se encuentra en el cuadrante noroeste del Africa, abajo del Sahara, en la región de Etiopía-Sudán, donde el género ancestral, con un número básico de cinco cromosomas, probablemente se originó hace 5000 a 6000 años (Doggett, 1988; citado por Compton, 1990).

La llegada del cereal a varias partes del Hemisferio Occidental fue a través del comercio de esclavos. Al principio, los tipos guinea criollos, sensibles al fotoperíodo (maicillos criollos) fueron llevados a América Central provenientes de Africa, como alimento para esclavos, durante el siglo XVI (Quinby y Martin, 1954; Norman et al., 1984; citados por Compton, 1990).

Aunque el sorgo llegó a América Latina a través del comercio de esclavos y fue traído por navegantes de la ruta de comercio Europa-Africa-América Latina en el siglo XVI, el cultivo no cobró importancia sino hasta el siglo actual (Compton, 1990).

Con el descubrimiento de la androesterilidad citoplasmática por Stephens y Holland en 1952, fue posible el desarrollo de la semilla híbrida con un alto nivel de heterosis (Purseglove, 1972; citado por Compton, 1990). Poco

después, nuevos híbridos y líneas progenitoras fueron desarrolladas y se empezó la distribución de semilla híbrida en 1956, llegando a México y Argentina en 1957. Desde entonces, la producción de sorgo para grano ha sido muy importante en América Latina (Compton, 1990).

2- Crecimiento y Desarrollo

El período de desarrollo del sorgo comprende tres fases: La vegetativa, que se caracteriza por la germinación, desarrollo de la plántula, crecimiento de las hojas y el establecimiento de una porción significativa del sistema radical completo. La segunda fase empieza cuando en el meristema apical empieza a diferenciarse un meristema floral, continúa con el desarrollo de la inflorescencia y termina cuando tiene lugar la antesis; durante esta fase, hay una elongación rápida de los entrenudos del tallo y expansión de las hojas. La tercera fase, se caracteriza por el desarrollo y madurez del grano y la senescencia de las hojas. Estas fases de crecimiento van de 0 a 30, 30 a 60 y 60 a 90 días después de la siembra respectivamente (Compton, 1990).

3- Limitantes de la producción.

Temperatura. El sorgo es una planta C4 de días cortos,

con tasas altas de fotosíntesis. La mayoría de las variedades requieren temperaturas superiores a 21 °C para un buen crecimiento (Dogget, 1988; citado por Compton, 1990).

Agua. Las necesidades de agua en el sorgo son muy inferiores a las del maíz, globalmente se estima en los Estados Unidos de América (con variedades enanas) que el maíz exige, en comparación con el sorgo, 20% de agua adicional para producir un kilogramo de materia seca. Se ha medido el consumo total de agua de un cultivo de secano de sorgo en 550 a 800 milímetros. El período crítico para la alimentación hídrica del sorgo se sitúa hacia el término del amacollamiento hasta fines de la floración (IICA y Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia, 1989).

Luz. La falta de luz siempre reduce el crecimiento del cultivo en proporción directa a la reducción en la radiación, aunque el efecto sobre el rendimiento del grano parece ser poco (Compton, 1990).

Fotoperíodo. En las plantas ocurren dos formas intercambiables de un pigmento llamado fitocromo, una que absorbe luz roja (P_{660}) y otra la luz ultra-roja (P_{730}). La relación entre estas dos formas depende del régimen de iluminación en particular y de la composición del espectro de la luz recibida. Después de un período de día largo, la más alta proporción de luz roja en el espectro (600 a 680 nm) y la sensibilidad de pigmento absorbente de luz roja a la

conversión, ocasionan que la mayor parte del pigmento esté en la forma absorbente de luz ultra-roja (P_{730}). Esto ocasiona la inhibición de la reacción de floración en plantas de día corto y promueve la inducción en plantas de días largos. Plantas de días cortos como el sorgo requieren para florecer de períodos nocturnos suficientemente largos, como para permitir la conversión lenta del fitocromo, en la obscuridad, de nuevo a la forma absorbente luz roja (P_{660}) (Wareing y Phillips, 1981; citado por Compton, 1989).

Se piensa que un fotoperíodo de alrededor de 10 horas es óptimo para sorgo (Stoskopf, 1985; citado por Compton, 1989). Las variedades sensibles sembradas en América Central después de principios de septiembre, no se desarrollan lo suficiente vegetativamente antes de que sea recibido el estímulo para la floración durante los días cortos entre octubre y enero. La siembra de estas variedades fotosensibles durante el período de abril a agosto, las deja en un estado vegetativo hasta Octubre (Compton, 1989).

Suelos. El sorgo es cultivado en tipos de suelos bastante variados, pero generalmente más arcillosos que los reservados al mijo. Es muy sensible a los excesos de humedad por lo que los suelos deben tener un buen drenaje. En regiones secas, el sorgo se desarrolla adecuadamente en ciertos suelos arcillosos que tengan una buena capacidad de retención de humedad (IICA y Ministerio de Asuntos Extranjeros

de Francia, 1989). Además, prefiere un pH entre 5.5 y 7.5 (Gudiel, 1987).

Fertilidad del Suelo. Se ha encontrado que el llenado del grano de sorgo está asociado con grandes reducciones de N total y P de las hojas y los tallos, especialmente bajo condiciones de secano (Roy y Writh, 1974; citados por Compton, 1990).

Una deficiencia de N puede causar de 16 a 30% de aborto en las florecillas iniciadas; mientras que la deficiencia de fósforo puede retrasar el período de la emergencia a la antesis hasta por ocho días (Myers, 1978; citado por Compton, 1990). El sorgo es bastante susceptible a deficiencias de hierro, zinc y manganeso, especialmente en los suelos Vertisoles con altos niveles de carbonato de calcio (Clark, 1982; citado por Compton, 1990).

Enfermedades y Plagas. En todo el mundo, las pérdidas de grano de sorgo por plagas y enfermedades fueron estimadas en 46 millones de toneladas cada año, con una pérdida de 9.6% del rendimiento potencial debido a los insectos; 10.6% a enfermedades y 17.8% a malezas (Cramer, 1967; citado por Compton, 1990).

B- Aspectos Biológicos del gusano cogollero

En sorgo, el gusano cogollero (*S. frugiperda*) en el estado

de larva joven hace una especie de ventanita en las hojas, y la larva grande se alimenta vorazmente del cogollo de la planta dejando agujeros grandes e irregulares junto con abundante excremento (Andrews y Quezada, 1989). Esta misma especie también causa aun más daño como gusano cortador en las plántulas y como elotero durante la etapa de llenado del grano (Van Huis, 1981).

1- Ciclo de vida de S. frugiperda

Huevo (3-5 días) son puestos en grupos o masas de hasta 40-400 huevos en cualquier superficie de la hojas, éstos están cubiertos por unas escamas gris-rosadas que son secretadas por el abdomen de la hembra en oviposición (King y Saunders, 1984).

Larva (14-21 días) pasa por 5 a 6 estadíos, dependiendo de la temperatura y el tipo de alimentación, llegando a alcanzar de 35-40 mm de longitud cuando está madura. Los primeros estadíos son verdes con manchas y líneas negras dorsales; después se puede volver verde con líneas espiraculares y dorsales negras, café-beige o casi negra, con una "Y" invertida en la cabeza, pináculos negros y cuatro puntos negros en forma de trapecio sobre el último segmento abdominal. Los primeros dos estadíos se alimentan de la

superficie inferior de las hojas tiernas, causando un manchado característico, como de ventanas, en las hojas del maíz y el sorgo; en grandes densidades larvales, éstas pueden matar las plantas jóvenes por defoliación o destruir los puntos de crecimiento; más tarde migran hacia los cogollos, donde el canibalismo las reduce a una o dos por planta. Su daño causa una perforación característica y hace que las hojas que están en desarrollo se enrollen. Empupan en el suelo, raras veces entre las hojas del huésped (King y Saunders, 1984).

Pupa (9-13 días) café, de 18-20 mm de largo, en un capullo suelto o celda en el suelo (King y Saunders, 1984).

Adulto (7-8 días) con una envergadura de 32-38 mm; las alas delanteras de la hembra son uniformes, gris a café-gris; en el macho son beige con marcas oscuras y rayas pálidas en el centro del ala; las alas traseras son blancas. Una hembra adulta está en capacidad de poner hasta 1500 huevos durante su ciclo de vida (King y Saunders, 1984).

2- Reducción del rendimiento

La estimación de las pérdidas en cultivos provocadas por plagas insectiles, es el primer paso hacia la racionalización del combate de éstas. Una vez que son cuantificadas las

pérdidas en diversos cultivos debidas a los distintos insectos, se puede priorizar el trabajo investigativo según la importancia económica que tienen las diferentes plagas (Hruska y Rosset, 1987).

Spodoptera frugiperda es una de las plagas de mayor importancia económica en el sorgo, pero la mayoría de los estudios sobre esta plaga han sido realizados en el maíz, y no hay muchos datos sobre el daño en el sorgo (Andrews, 1980; citado por Nwanze, Kokubu y Teetes, 1987).

Huezo de Mira y Lainez (1983) citados por Nwanze, Kokubu y Teetes, (1987) evaluaron el efecto del cogollero en el rendimiento del sorgo en El Salvador y encontraron que el daño larval resultaba en pérdidas de grano hasta del 60% cuando la larva atacaba plantas jóvenes. Al atacar plantas viejas, las pérdidas variaban desde 37 hasta 41%.

Sparks (1979) citado por Castro (1990), determinó que las plantas jóvenes de sorgo y maíz sufren mayor daño por larvas pequeñas, mientras que plantas más grandes sufren más daño por larvas grandes. Además, estimó que un 93% del consumo total del gusano cogollero es realizado por larvas del 5° estadio larval.

Trabanino et al. (1988) encontraron que las infestaciones de cogollero fueron mayores en bajas densidades de plantas de sorgo; aunque el número total de gusanos por unidad de área fue mayor cuando las densidades eran altas. El daño causado

a las plantas fue menor en parcelas con altas densidades, debido en parte a la mayor dispersión de la plaga en un número mucho mayor de plantas. Esto indica que las poblaciones de gusano cogollero no dependen completamente de la densidad de plantas. Sin embargo, altas poblaciones de esta plaga en generaciones subsecuentes pueden ocasionar daños severos al cultivo.

Muchos trabajos que han evaluado insecticidas para el control del gusano cogollero, reportan incrementos significativos en el rendimiento, que fluctúa entre varias toneladas por hectárea en parcelas tratadas, comparadas con parcelas no tratadas. En la mayoría de los casos, los incrementos en rendimiento están bien correlacionados con el daño producido por S. frugiperda, y su control es justificado por dichos incrementos (Hruska y Rosset, 1987).

El número de aplicaciones que realizan los productores a esta plaga depende mucho de la zona de producción, las épocas de siembras y la efectividad de las aplicaciones (Hruska y Gladstone, 1987).

En áreas en México, donde el gusano cogollero hacía más daño, los rendimientos eran incrementados con una aplicación de insecticida. Cuando se hicieron tres aplicaciones, incrementos en rendimiento de 2-2.5 t/ha fueron normales.

En Perú y Nicaragua, se establecieron niveles de daño económico en sorgo por medio de la aplicación de insecticidas,

variando la densidad poblacional del cogollero. Ambos estudios concluyeron que el 10-12% de daño justificaba la aplicación de un insecticida (Contreras et al., 1977, citados por Andrews y Quezada, 1989).

C- Muestreos

Rara vez puede conocerse con exactitud la densidad, variedad o tamaño total de las poblaciones de organismos en la naturaleza. Para estimar estos parámetros se recurre al muestreo. El valor de los datos de muestreo para estimar los verdaderos parámetros poblacionales dependerá de lo apropiado de los métodos y diseño de muestreo (Barfield, 1989).

Siendo que las decisiones para control de una plaga se deben basar en datos de muestreo, se necesita saber en qué medida esos datos son buenos y qué tan bien reflejan la verdadera situación en el campo. Para ser capaz de determinarlo, se necesita tener una comprensión del significado y los métodos computacionales de variables estadísticas, tales como el promedio de muestra, desviación estándar, varianza, y la proporción del error estándar y la media (Barfield, 1989).

1- Patrones de dispersión.

El conocimiento de los patrones espaciales de distribución de las poblaciones de plagas puede tener un impacto decisivo en la estrategia del muestreo. Tanto el número de muestras a tomar, como los puntos del campo en donde se efectuarán, estarán determinados por el patrón de dispersión de las plagas que se están muestreando (Barfield, 1989).

El investigador puede adquirir una percepción de cómo están dispersas las poblaciones de la plaga al hacer un análisis de las relaciones entre la media y la varianza de la muestra. Se toma una muestra y se computan la media y la varianza. Si la proporción de media a varianza es aproximadamente 1, se considera que la población tiene una dispersión al azar; si es mayor que 1, es uniforme, y si es menor que 1, agregada (Barfield, 1989).

2- Unidad de muestreo.

Esta se define como la unidad donde las medidas son tomadas. Donde una parcela es una población, la unidad de muestreo necesariamente debe ser menor que la parcela. La unidad de muestreo apropiada difiere con respecto al cultivo, a los caracteres a ser medidos, y a las prácticas culturales.

Para este propósito, hay cierta información que merece especial interés: 1- Estimados de densidad de población por unidad de área, 2- Estimados del porcentaje de infestación o parasitismo, 3- Estimación del daño por unidad de área, y conteos de población absoluta (Pimentel, 1991). Así, al desarrollar una técnica de muestreo, la unidad a usar debe estar acorde con los requerimientos específicos de cada experimento. Deben de tomarse en cuenta tres aspectos: facilidad de identificación, facilidad de medida, y alta precisión a bajo costo (Gómez y Gómez, 1976).

3- Tamaño de muestra.

Básicamente, quien toma una decisión deberá tener un conjunto explícito de objetivos en mente cuando muestrea, y solamente entonces podrá llegar a un estimado legítimo del número de muestras que deberán ser tomadas (Barfield, 1989).

El tamaño óptimo de muestra no es un valor absoluto sino relativo, porque depende de las condiciones que se establezcan para su optimización. Esas condiciones previas son:

1- Precisión deseada: Se establece prefijando el límite máximo de error permisible entre el estimador muestral ($\bar{x}$) y el verdadero valor poblacional (μ).

2- Grado de confianza: Exigido para que se mantenga la precisión deseada (o para que no sobrepase el límite de

error prefijado). Se establece en forma de probabilidad utilizándose el nivel de significación en la distribución "t" de Student, según la cual se distribuye el estimador muestral $\bar{x}$ alrededor del parámetro poblacional μ .

3- Variabilidad: De la variable aleatoria muestral $\bar{x}$ estimada por su varianza (Avedillo, 1992).

Si por ejemplo, el técnico decide a priori que desea tomar un número suficiente de muestras para asegurarse que la proporción del error estándar y media de la muestra (una medida de la precisión del muestreo) no exceda el 5% (0.05), entonces la ecuación siguiente podría ser usada para indicar cuantas muestras tendría que tomar para conseguir ese objetivo:

$$(1) \quad N = \left[\frac{t * s}{E * \bar{x}} \right]^2$$

donde:

N= el número de muestras requerida para un nivel específico de precisión.

s= la desviación estándar de las muestras preliminares.

$\bar{x}$ = la media de las muestras preliminares.

t= es el valor en tabla t (Student) correspondiente al nivel de significancia de α .

E= el error estándar predeterminado.

Otras ecuaciones útiles para ese fin se pueden

en Southwood (1978). Sin embargo, en el muestreo de campo hay que diferenciar entre el muestreo para determinar el nivel crítico óptimo y el muestreo de decisión. El primero se usa para investigar el nivel crítico óptimo con respaldo agroeconómico, conociendo los niveles reales de infestación (Ecuación 1 pág. 19). El segundo se usa para decidir si se debe aplicar o no (tomando en cuenta el nivel crítico óptimo, ver ecuación [2] pág. 20). Se debe aclarar que estas ecuaciones son complementarias y no contrapuestas. Cuando ya está establecido (por investigación agroeconómica) un nivel crítico óptimo; se hace útil para tomar decisiones la fórmula propuesta por O'neil et al. (1978), citados por Barfield (1989):

$$(2) \quad N = \frac{t^2 * s^2}{r^2 * x^2}$$

donde:

N = número estimado de muestras necesarias.

t = es el valor en tabla t (Student) correspondiente al nivel de significancia de α .

s² = varianza de la muestra.

x = media de la muestra.

r = error relativo.

donde:

$$r = \frac{|x - NC|}{NC} \quad NC = \text{Nivel crítico.}$$

Esta ecuación aunque no resuelve todas las ambigüedades asociadas con las decisiones de aplicación, puede ayudar a los agricultores a la hora de estimar los niveles de infestación de gusano cogollero (O'Neil et al., 1989). Para utilizar esta ecuación es necesario tener bien definido el nivel crítico a utilizar, pues el resultado de esta sólo nos indicará si estamos o no por arriba o por debajo de ese nivel crítico establecido.

4- Localización de las muestras.

La manera como uno se conduce en el campo y se para a tomar una muestra puede tener un tremendo impacto en la estimación de estadísticas como la densidad media de una plaga. Existen varias formas de muestreo, de las cuales tres son de gran importancia: 1- al azar simple, 2- azar estratificado, y 3- sistemático.

5- Muestreo de Cogollero.

En la actualidad, la forma de muestrear cogollero depende del criterio utilizado; algunos investigadores

prefieren utilizar la infestación de cogollero, mientras otros utilizan el daño causado a la planta. Aún no se ha llegado a un consenso sobre cuál de los dos métodos es el mejor.

a- Muestreo según infestación.

Se considera que una planta está infestada por cogollero cuando se encuentra una o varias larvas en ella.

En estudios conducidos entre 1983 y 1984, O'Neil et al. (1989) recomendaron, como parte de un programa de muestreo para cogollero, un tamaño de muestra óptimo $N=3$, teniendo como unidad de muestreo 10 plantas consecutivas. Ellos indicaron que aunque este tamaño de muestra no resuelve todas las ambigüedades asociadas con las decisiones de manejo, si provee a los agricultores una herramienta adecuada para aproximar los niveles de infestación del gusano cogollero. A la vez denotaron que un programa secuencial de muestreo podría resolver algunas ambigüedades; sin embargo, al utilizar este sistema los tamaños de muestra serían, en la mayoría de los casos, inmanejables.

Castro, Pitre y Meckenstock (1989), al evaluar las poblaciones de cogollero y sus enemigos naturales en sorgo y maíz en el sur de Honduras, muestrearon en forma destructiva (arrancando toda la planta) 400 plantas semanalmente, tomando 25 plantas de cada sexta hilera y separando cada una 10 m.

b- Muestreo según el daño a la planta.

Chamberlin y All (1991) en estudios sobre la respuesta del sorgo al ataque de cogollero, utilizaron plantas dañadas como criterio para iniciar actividades de control. Ellos muestrearon 10 plantas consecutivas de cada parcela, además, para estimar el daño, usaron una escala visual que iba de 0 a 7. Aquellas plantas que tenían 0-5, 6-10, 11-20, y > 20% de esqueletización en el área foliar, pero sin excremento en el cogollo, se les asignaron valores 0-3 respectivamente para cada grupo. Plantas con < 20% de esqueletización pero con poco excremento en el cogollo, 20-40% esqueletización y moderado excremento en el cogollo, > 40% de esqueletización y gran cantidad de excremento en el cogollo, y plantas con sólo las nervaduras centrales, se les asignaron valores de 4-7, respectivamente para cada grupo. Con este método de muestreo ellos pudieron encontrar una relación negativa entre el nivel de daño y el rendimiento.

Edwards et al. (1986), recomiendan muestrear 20 plantas consecutivas en cinco diferentes sitios y anotar cuales de ellas tienen daño causado por cogollero. De esta forma se puede reportar un número de plantas dañadas por cogollero.

Evans y Stansly (1990) en Ecuador, trabajando con maíz, usaron una combinación de daño en la planta e

infestación. En la primera semana, luego de la emergencia del cultivo, se tomaba como planta infestada aquella que tenía larva visible o más de 10 ventanas en las dos últimas hojas (recién emergidas); de la segunda semana hasta la sexta semana, luego de emergido el cultivo, se tomaba como planta infestada aquella que tenía larva de 1 cm de longitud o más, o que tenía excremento fresco y hoyos en las hojas recién emergidas. Con esta forma de muestreo se lograron encontrar niveles de infestación económicos por semana; a la vez se pudo concluir que infestaciones tempranas deben ser controladas a más bajos niveles que infestaciones tardías para lograr obtener resultados económicos similares.

D- Nivel crítico como criterio para el control del gusano Cogollero.

Hay una gran confusión en la literatura entomológica entre el nivel de daño económico (NDE) y el nivel crítico (NC). La tendencia ha sido la de usar estos términos como si fueran intercambiables, aunque en realidad son conceptos distintos (Hruska y Rosset, 1987).

El NDE es la densidad poblacional de la plaga en la cual el costo del combate coincide con el beneficio económico esperado del mismo. La acción del control "salva" una parte del rendimiento, el cual se habría perdido si no se hubiese

implementado el control. Dicho "rendimiento salvado" tiene un valor monetario que iguala al costo de implementación del control, si esto se hace cuando la densidad poblacional de la plaga alcanza el NDE (Hruska y Rosset, 1987).

El nivel crítico es generalmente definido como la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el NDE en el futuro. Esto supone que hay un retraso entre la estimación de la densidad (el "monitoreo") y el control de la plaga. Entonces el NC se encuentra a una densidad menor de la plaga que el NDE, para que el método de control actúe (Hruska y Rosset, 1987). Cabe aclarar que siempre que se toman decisiones de control con base en un nivel crítico, se están tomando en cuenta ambos criterios: el nivel de daño económico y el nivel crítico.

Stern et al. (1959) citado por Onstad (1987), también concluyó que el nivel crítico debía de existir, ya que el muestreo y la decisión de qué hacer, ocurren cierto tiempo antes de la implementación del control.

El nivel crítico es definido en un sentido más práctico, es aquella densidad poblacional en la cual tiene sentido económico iniciar actividades para suprimir la población de plagas, ya que los costos de combate son iguales al valor del rendimiento rescatado. Debajo de este nivel, es antieconómico aplicar ya que se gasta más de lo que se recupera en

rendimiento adicional (Andrews y Quezada, 1989).

Al establecer la relación que existe entre la densidad poblacional de una plaga y el valor de la cosecha, es fácil estimar el nivel crítico sabiendo los costos asociados con el combate de la plaga (Andrews y Quezada, 1989).

Según Bentley y Andrews (1990) el nivel crítico es muy simple de obtener e implementar. Pero para Hruska y Rosset (1987), el nivel crítico es sumamente difícil de estimar, porque depende de la futura dinámica poblacional de la plaga. Normalmente se requieren años de investigación para poder predecir el comportamiento de una población.

1- Determinación del nivel crítico:

La determinación del nivel crítico o nivel de acción sobre una plaga, puede realizarse de tres maneras: 1- Por una propuesta de un mejor nivel de control de la plaga después de haber experimentado con el cultivo. 2- Adaptando un nivel usado en otro lugar. 3- Calculando, a partir de principios básicos, el beneficio económico esperado del control de un nivel de ataque. Cualquiera que sea la fuente, un nivel crítico debe ser probado en el campo por varios años haciendo control de una plaga a un nivel; luego, este nivel debe subirse o bajarse para buscar la mejor relación costo-beneficio. Usualmente, un método que logre un incremento en

rendimiento a un costo bajo y que ocasione un daño mínimo al ambiente es el que se adopta (Walker, 1982; citado por Brauchle, 1990).

Se ha sugerido para calcular los niveles críticos la integración de costos, mercado, datos de rendimiento agronómicos y económicos con información biológica y de daño de la plaga suministrada por entomólogos. Sin embargo, el desarrollo de los niveles críticos debe envolver más que esto (Walker, 1982; citado por Brauchle, 1990).

2- Factores que afectan el nivel crítico.

Hay cuatro parámetros importantes que deben incluirse a la hora de fijar un nivel crítico, estos son: 1- Densidad de la plaga, 2- Actividades de manejo del cultivo, 3- Pérdidas económicas y 4- Controles (Onstad, 1987).

a- Densidad de la plaga. El nivel crítico es una población actual que representa un población futura, el control de estos individuos evitará pérdidas económicas.

b- Actividades de manejo del cultivo. Muchas veces eventos que no están directamente ligados con el manejo de plagas obligan a tener flexibilidad en las decisiones de control, por ej: la etapa de desarrollo de las plantas,

variedad del cultivo, etc.

c- Pérdidas económicas. Una función densidad/daño relaciona la densidad de una plaga con la pérdida económica que esta produce a un determinado cultivo. Esta función puede consistir de varias partes, como el rendimiento y el precio del producto vendido.

d- Control. Una táctica de control consiste de material, equipo, y método usado para remover, repeler, o matar una población. Dicha táctica puede involucrar métodos culturales, químicos o biológicos. La mortalidad debida al control, es una función del clima y otros factores ambientales, susceptibilidad de la plaga, la táctica de control en sí, y niveles de aplicación (Onstad, 1987).

Se podría pensar en otros criterios potenciales para determinar un nivel crítico. Su estimación podría depender, por ejemplo, de los factores subjetivos que incorpora el agricultor en su proceso de toma de decisiones, como de los recursos monetarios disponibles, el nivel de riesgo que él está dispuesto a aceptar, o el hecho de querer maximizar sus ganancias, etc. Estos factores también son difíciles de cuantificar y tampoco están realmente al alcance de nosotros (Hruska y Rosset, 1987; citado por Brauchle, 1990).

E- Nivel de acción como alternativa al uso de Niveles Críticos.

El nivel de acción se basa en la evaluación de las pérdidas de rendimiento en las diferentes etapas de crecimiento de un cultivo. Para cuantificar las pérdidas de rendimiento en cada etapa de crecimiento, se omite la protección del insecticida sucesivamente durante una etapa y se ofrece en las demás. El costo de los insecticidas usados para determinar las pérdidas de rendimiento no es importante en los tratamientos. Los insecticidas disponibles más efectivos deben ser aplicados a dosis y frecuencias adecuadas para asegurar en lo posible una situación libre de insectos.

El enfoque substractivo permite una mayor interpretación que la sola aplicación de insecticida durante cada etapa, porque la pérdida de rendimiento ocurre durante más de un intervalo de crecimiento. Para este tipo de estudio se recomienda un área de parcela mayor a 100m².

Las poblaciones de insectos se revisan durante todas las etapas mediante procedimientos reconocidos de muestreo. El esfuerzo realizado en esta revisión depende de la disponibilidad de personal, pero hay que tomar algunas medidas cuantitativas para identificar las plagas claves que son responsables de cualquier pérdida de rendimiento que pueda ocurrir, y también escoger los insecticidas apropiados que

deban probarse como práctica recomendada.

Los resultados de la evaluación de la pérdida de rendimiento arrojan información sobre el momento preciso de la aplicación del insecticida.

Estas pruebas deben repetirse por varios años para determinar la variabilidad de las poblaciones. Las aplicaciones de insecticidas profilácticos se justificarán para aquellas etapas de crecimiento que registren pérdidas consistentes de rendimiento; de otra forma, sólo se justifican aplicaciones correctivas. El método de pérdida de rendimiento ofrece una norma objetiva para evaluar, en términos económicos (ganancia marginal), cualquier recomendación de control de insectos, incluyendo el uso de aplicaciones correctivas basadas en los umbrales económicos (Zandstra et al., 1986).

F- Controles

Muchos tipos de controles pueden ser utilizados para el combate de una plaga. El agricultor normalmente no conoce los diferentes métodos para controlar una plaga como el gusano cogollero, por ello decide utilizar el único control que conoce o el que mayor beneficios a corto plazo le produce.

1- Control Biológico

Se ha elaborado una larga lista de enemigos naturales del gusano cogollero (Andrews, 1988). Hasta la fecha muy poco se puede decir con certeza, o acaso nada, sobre cuáles de estos factores bióticos son factores reguladores claves. Los organismos que parecen causar la mortalidad más alta son: Hexamermis sp., Chelonus insularis, Rogas laphygmae, tachínidos, ichneumónidos y otros bracónidos. Epizootias ocasionadas por virus y hongos son frecuentes en altos niveles poblacionales. Depredadores importantes son Polybia spp., Doru taeniata, Solenopsis spp. y otros (Andrews y Quezada, 1989). Los ataques de cogollero tienden a ser más serios en áreas y períodos secos (Andrews y Quezada, 1989), y van Huis (1981) demostró que las fuertes lluvias tropicales, de hecho ahogan larvas de los primeros instares en el cogollo.

En la estación experimental de Samán Mocho, de la Facultad de Agronomía de la UCV-Venezuela, se llevó a cabo un ensayo con maíz, durante 1980, para hacer un estudio comparativo del efecto que sobre las poblaciones de parásitos de S. frugiperda podrían tener los productos Dipel (Bacillus thuringiensis var. kurstaki) y Diazinon. Los resultados de dicho trabajo eran de esperarse. Hubo un alto porcentaje de parasitismo en las parcelas donde se utilizó el insecticida biológico Dipel. El Diazinon por su parte, redujo considerablemente las tasas de parasitismo de S. frugiperda. La diferencia se debe a que el Diazinon es un organofosforado

de amplio espectro y ataca además de S. frugiperda a otros ordenes y especies de insectos. El insecticida biológico es específico para ciertas larvas del orden Lepidoptera como es el caso de los noctuidos (Fernandez y Clavijo, 1984; citado por Brauchle, 1990).

Wheeler, Ashley y Andrews (1989), estudiando el parasitismo por enemigos naturales del gusano cogollero en Honduras, encontraron que el 42% de las larvas de cogollero eran controladas por un complejo de enemigos naturales. El parasitoide braconido Chelonus insularis fue el más común, llegando a representar el 36.8% del total de enemigos naturales. Este parasitoide causó hasta un 15.5% de mortalidad a las larvas de cogollero. Otros enemigos naturales importantes fueron el nemátodo Hexameris sp. , el tachínido Lespesia sp. y el hongo imperfecto Nomuraea rileyi.

2- Control químico

Cuando los controles biológico, natural y cultural resultan ser insuficientes, el único recurso con que cuenta el agricultor es el control químico el cual se aplica de muchas formas. Los insecticidas sistémicos aplicados al suelo antes de la siembra o con la semilla, son ayudas efectivas para garantizar el establecimiento de un buen cultivo. Sin embargo, también pueden ser demasiado costosos para que puedan

ser usados por el pequeño agricultor. Además, parecen perder efectividad después de 18-30 días y pueden ocurrir rebrotes especialmente severos después de este período, debido quizás a la destrucción de enemigos naturales como Hexamermis sp. (Van Huis, 1981; citado por Andrews y Quezada, 1989).

Las aplicaciones foliares de metomil, chlorpirifos y otros insecticidas son muy comunes, pero muy costosas y no selectivas. La aplicación de insecticidas granulados a los cogollos puede ser tediosa, pero es selectiva y rentable. "Saleros" u otros aplicadores pueden ser necesarios para evitar el contacto dermal con los insecticidas (Reyes et al., 1983). En pruebas de insecticidas, los investigadores muy raramente han determinado el efecto de tales productos sobre los enemigos naturales del cogollero (Andrews y Quezada, 1989).

Monzón y Maldonado (1982) citados por Brauchle (1990), realizaron un experimento en Guatemala con el fin de evaluar el daño del gusano cogollero de acuerdo al método de labranza, y el requerimiento de insecticidas a base de un nivel crítico de 70%. Ellos concluyeron que el maíz tiene una adecuada recuperación al daño provocado por el cogollero, el que también, aparentemente es controlado de forma natural. Ya que el sorgo es un cultivo similar al maíz, se cree que puede tener una tendencia similar.

IV- MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en un período de dos años, en cuatro lotes situados dentro de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.). La E.A.P., está ubicada a 36 km al este de Tegucigalpa, a una altura aproximada de 800 msnm. La temperatura media anual es de 23°C y cuenta con una precipitación anual de 1100 mm. De los cuatro experimentos, dos fueron llevados a cabo en postrera (Agosto a Noviembre), y dos en verano (Diciembre a Febrero).

A- Ensayos independientes: Planificación, Establecimiento y Manejo.

1- Postrera y Verano 1991.

a- Nivel de infestación bajo - Postrera.

Este ensayo se realizó en el lote conocido como Santa Inés. Este terreno está rodeado por carbonales (Mimosa tenuiflora); y tiene tres años de ser cultivado en forma intensiva. Debido a que no hay infraestructura para riego se siembra en invierno o postrera. Se prefiere sembrar el Sorghum bicolor por su resistencia a la sequía.

El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar con un factor y cuatro repeticiones.

El factor utilizado consistió de cinco niveles

críticos (Cuadro 1), los cuales representan los tratamientos utilizados. Estos tratamientos fueron los porcentajes de infestación tolerados; al llegar al límite se usaba el control químico como táctica de supresión de la población. Con esto se pretendía mantener la densidad poblacional abajo del nivel crítico.

Cuadro 1. Niveles críticos en sorgo para grano según porcentaje de infestación en dos etapas del crecimiento vegetativo. El Zamorano, Honduras, 1993.

Etapa No. de nivel	Desde germinación	Desde 8 hojas
	hasta 8 hojas	hasta floración
1	Menos de 10%	Menos de 10%
2	15%	30%
3	30%	60%
4	40%	80%
5	Testigo	Testigo

En este ensayo se utilizaron 20 parcelas de 900 m² cada una. Este tamaño fue necesario para tener suficientes plantas para el muestreo. Cada unidad experimental tenía 30 m de ancho por 30 m de largo.

Se usó la variedad "Sudán" que es un sorgo utilizado para la producción de grano en la E.A.P.

El terreno se preparó haciendo un pase de arado y dos pases de rastra. El cultivo se sembró a 0.90 m entre

surcos y a 0.08 m entre plantas, esto dió una densidad aproximada de 140,000 plantas/ha. Se fertilizó con 4 qq/ha de fórmula (18-46-0) a la siembra. A los 30 días se hizo una fertilización suplementaria de urea (46-0-0) a razón de 2 qq/ha. Dicha práctica se realizó de la misma manera como se efectúa en el Departamento de Agronomía de la E.A.P.⁽²⁾.

Para el control de malezas hojas anchas se utilizó Atrazina 4L (Atrazina) en una dosis de 4.2 lb de i.a./ha. Mientras que para controlar malezas gramíneas se usó una cultivadora al momento de la fertilización suplementaria.

Para monitorear S. frugiperda se muestreó desde la germinación hasta ocho hojas tres veces por semana; y desde ocho hojas hasta la floración dos veces por semana. Después de la floración no se hicieron muestreos ya que el gusano cogollero no ataca más al sorgo. Se usó el método de observación visual para reconocer una planta atacada; cualquier planta donde se encontraba una o más larvas de cogollero se reportaba como infestada. Se utilizó el muestreo sistemático, el cual consiste en caminar sobre una ruta preestablecida y sobre ella tomar las muestras que se haya estimado convenientes (Barfield, 1989). Este procedimiento se utilizó para cada unidad experimental. Estos muestreos se

2- David Moreira. 1992. Producción del sorgo. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. (Comunicación personal).

anotaron en hojas de registro.

Se utilizó el control químico como táctica de supresión. Cada vez que una unidad experimental alcanzaba el nivel crítico correspondiente se aplicaba uno de los siguientes productos químicos: Methomyl (Lannate 90 PS), que es un carbamato y tres productos organofosforados: Chlorpyrifos (Lorsban 4 EC), Prophenophos (Curacron 400 EC) y Phoxim (Volaton 1.5 G); en dosis de 0.95, 1.05, 0.6 y 0.53 lb de i.a./ha respectivamente. La rotación de productos de diferentes familias es recomendada para evitar el problema de resistencia (Insect Control Manual, 1992). Los productos Lorsban, Lannate y Curacron fueron aplicados con bomba de mochila en la etapa que va desde la germinación hasta las ocho hojas. En la etapa que va desde ocho hojas hasta la floración se aplicó Volaton a mano utilizando guantes para evitar el contacto con la piel.

Para conocer el parasitismo larval se hicieron dos recolecciones de larvas en cada unidad experimental, cada recolección fue de 30 larvas de diferentes estadíos (Nieto & Llanderal, 1982). La primera recolección se realizó entre los 35-40 dds; mientras que la segunda recolección se realizó entre los 45-50 dds. Luego, las larvas se criaron en el laboratorio con dieta artificial (Anexo 1) por un período de cuatro semanas; las larvas se revisaron diariamente en busca de parasitoides. Al encontrarse alguno, se identificaba según

clave presentada por Cave (1990) y contabilizaba. Estos datos se analizaron para determinar el porcentaje de parasitismo larval natural que había en el campo y cómo las aplicaciones de químicos influían sobre éste.

La cosecha se realizó cuando el grano de sorgo tenía un porcentaje de humedad aproximado entre 20-23%. De cada unidad experimental se sacaron cinco submuestras de 9 m². Luego, el grano se secó al sol hasta que llegó a un 14% de humedad. Al estar seco se aporreó y se sopló. Al final se unieron las cinco submuestras de cada parcela y se pesaron; se estandarizó dicho peso en base a muestras de humedad. La fórmula utilizada para estandarización de peso en base a humedad fue la siguiente:

$$Pf = Pi * \frac{(100-Hi)}{(100-14)}$$

donde:

Pf= peso final estandarizado al 14%.

Pi= peso inicial del grano.

Hi= humedad inicial del grano en porcentaje.

Para el análisis económico se llevó registro de los costos, tanto fijos como variables, en que se incurrió en el experimento.

Con estos datos se procedió a hacer el análisis económico y estadístico correspondiente.

b- Nivel de infestación alto - Verano.

Este ensayo se realizó en el lote conocido como Terraza 4 de Colindres. Este lote tiene aproximadamente 35 años de cultivarse en forma intensiva. Está rodeado por cultivos de maíz y de hortalizas, y limita con la carretera asfaltada Tegucigalpa-Danlí.

En Honduras, esta época se conoce como verano pues no llueve, y los cultivos sembrados en estas fechas dependen exclusivamente del riego.

Al igual que el primer ensayo, el diseño utilizado fue de Bloques completos al azar con cuatro repeticiones, utilizándose también los mismos tratamientos (Cuadro 1.). El fin de esto fue repetir el ensayo en tiempo y espacio con una variedad de sorgo diferente.

La variedad utilizada fue Isiap-Dorado que es un sorgo insensible al fotoperíodo. El tamaño de la unidad experimental se mantuvo en 900 m² al igual que en el experimento de niveles bajos de infestación - postrera.

Las labores agronómicas, el control de malezas, el muestreo, el control de cogollero y el monitoreo de parasitoides fueron similares al ensayo de niveles bajos de infestación - postrera.

En este experimento se involucraron más variables agronómicas de análisis, estas fueron: altura de planta, tamaño de panícula (largo y ancho), peso de 1000

granos, y rendimiento del grano al 14% de humedad.

La cosecha también fue similar al ensayo de Santa Inés, excepto por las variables adicionales mencionadas anteriormente.

2- Verano y Postrera 1992.

a- Nivel de infestación medio - Verano.

El lote en donde se realizó esta evaluación es conocido como Vega 2-3 de Monterredondo.

El manejo de este ensayo fue similar al del experimento de infestación alta - verano, excepto por la variedad usada, la cual fue "Sudán". Para tomar los datos agronómicos y económicos se siguió el mismo procedimiento del ensayo anterior.

b- Nivel de infestación bajo - Postrera.

En este estudio se decidió modificar los objetivos, debido a los resultados de los tres ensayos anteriores. Se concluyó que los resultados obtenidos podían haber sido afectados por dos tipos de errores:

Variable mal identificada. Posiblemente el tomar un porcentaje de infestación no era la forma más adecuada de estimar la densidad poblacional de S. frugiperda.

Medición de variables. La unidad de

observación, el tamaño de muestra para encontrar el porcentaje de infestación, y el tamaño de muestra para estimación del rendimiento, no fueron optimizados, por lo tanto las variaciones encontradas podían ser irreales.

Las hipótesis fijadas para este último ensayo fueron:

a- Hipótesis principal: El criterio del porcentaje de infestación para muestreo de gusano cogollero es el más adecuado.

Hipótesis alternativa: El criterio del porcentaje de infestación para muestreo de gusano cogollero no es adecuado.

b- Hipótesis principal: El tamaño y unidad de muestreo utilizados son los adecuados.

Hipótesis alternativa: El tamaño y unidad de muestreo utilizados no son los adecuados.

De acuerdo a las anteriores hipótesis se plantearon los objetivos siguientes:

Objetivo general: establecer una relación de daño entre el gusano cogollero y la planta de sorgo.

Objetivos específicos:

a- Determinar si el tipo y tamaño de muestra es el apropiado para conocer la densidad de gusano cogollero en un momento dado.

b- Establecer si es posible usar el daño de la planta como criterio para iniciar actividades de control.

Este último ensayo se realizó en la Terraza 4 de San Nicolás. Esta terraza estaba rodeada por terrenos en barbecho.

La variedad utilizada fue "Isiap-Dorado". El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La forma de clasificar las plantas según su daño se presentan en el Cuadro 2. Este cuadro a la vez describe las diferentes categorías de daño. Además, se creó una escala visual para complementar la información escrita (Figura 1 y 2).

Para determinar el daño total presente en una unidad experimental, se sumaban los grados de esqueletización de la muestra y finalmente se convertían a unidades de daño (1 unidad de daño = 100 grados de esqueletización). Los niveles críticos usados fueron: 1 = 4 unidades de daño, 2 = 7.5 unidades de daño, 3 = 15 unidades de daño, 4 = 35 unidades de daño. Para sobrepasar el nivel crítico uno, las 100 plantas muestreadas debían sumar 400 grados de esqueletización para llegar a 4 unidades de daño ($400/100$).

El tamaño de cada unidad experimental fue de 1500 m² dejando 72 m² para calles.

Cuadro 2. Niveles críticos en sorgo para grano según niveles de daño expresado en grados de esqueletización. El Zamorano, Honduras. 1992.

Grado de esqueletización	Daño a tolerar	Descripción
8	6-10% de plantas con esqueletización sin excremento.	Pocas ventanas. No hay excremento.
15	10-20% de plantas con esqueletización sin excremento.	Ventajas en casi toda la planta. No hay excremento.
30	20-40% de plantas con esqueletización con moderado excremento.	Hoyos pequeños en la hoja. Moderado excremento.
70	Más de 40% de plantas con esqueletización con bastante excremento.	Hoyos grandes en la hoja. Mucho excremento.
0	Testigo	Testigo

Las prácticas agronómicas fueron similares al ensayo de Santa Inés. Para el control de malezas de hoja ancha se utilizó Atrazina (Gesaprim 80 WP) en dosis de 3.2 lb de i.a./ha; mientras que para el control de gramíneas se utilizó Alachlor (Lazo 4 EC) en dosis de 2.1 lb de i.a./ha. Ambos productos fueron aplicados juntos en preemergencia. Para evitar el daño del Alachlor a la planta del sorgo, se trató la semilla con el protectante Flurazole (Screen 25%) en una dosis de 0.12 lb de i.a por cada 50 lb de semilla.

Para monitorear el nivel de daño se usó el muestreo al azar tres veces por semana; se tomaron 10 sitios

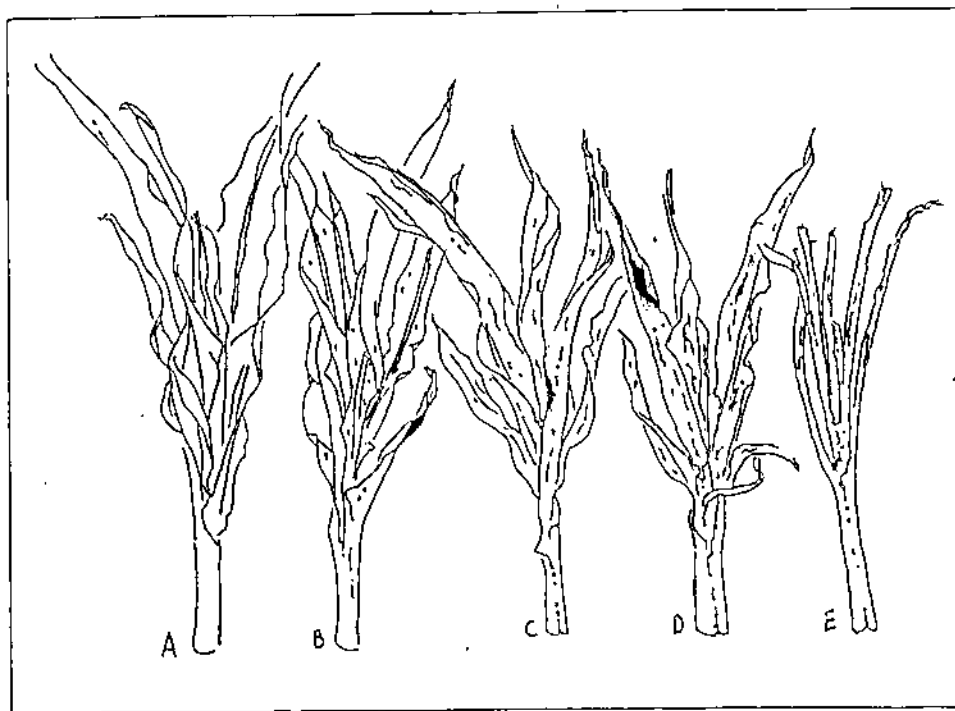


Figura 1. Clasificación visual de niveles de daño. Vista lateral, planta sin raíces. A = Grado 0, B = Grado 8, C = Grado 15, D = Grado 30, E = Grado 70. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992

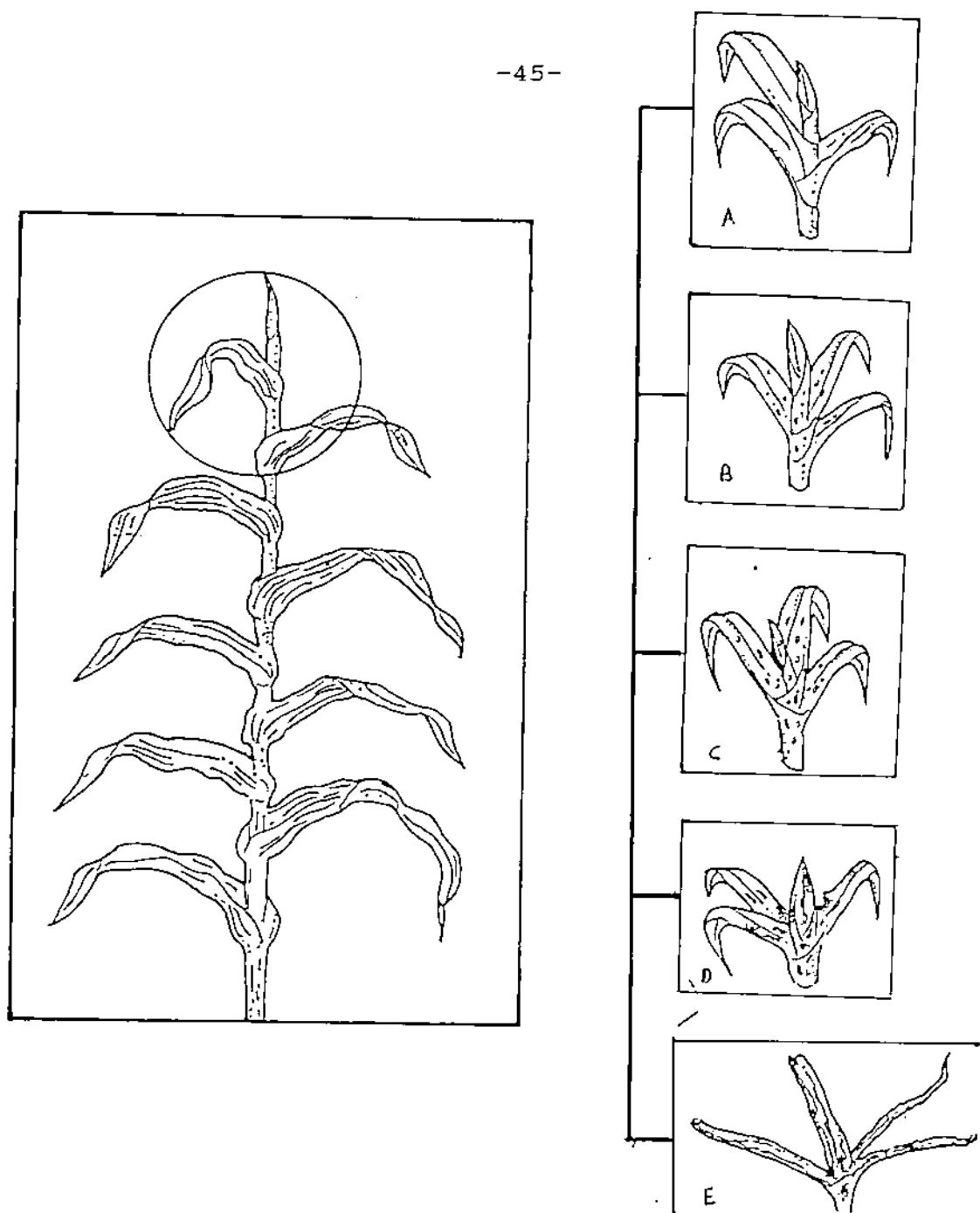


Figura 2. Clasificación visual de niveles de daño. Acercamiento del cogollo. A = Grado 0, B = Grado 8, C = Grado 15, D = Grado 30, E = Grado 70. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992

y 10 plantas por sitio de cada unidad experimental. Simultáneamente y siguiendo el mismo método, se realizó un muestreo por porcentaje de infestación.

El tamaño de muestra óptimo se obtuvo en base a la siguiente fórmula (Barfield, 1989):

$$N = \frac{t^2 * s^2}{E^2 * x^2}$$

donde: N = tamaño de muestra óptimo.

t = estadística de Student. Utilizamos 0.8

s² = varianza de la muestra.

E = error esperado máximo tolerable (en tanto por uno). Para nuestro caso fue 0.2

x = media de la muestra.

Luego, este tamaño se comparó con los resultados obtenidos por la fórmula propuesta por O'Neil (1989), citado por Barfield (1989):

$$N = \frac{t^2 * s^2}{r^2 * x^2}$$

donde: N = tamaño de muestra óptimo.

t = estadística de Student.

s² = varianza de la muestra.

r = error relativo.

x = media de la muestra.

Ahora bien, el error relativo se define como:

$$r = \frac{x - Nc}{Nc}$$

donde:

r = error relativo.

$\bar{x}$ = media de la muestra.

N_c = nivel crítico.

$||$ = valor absoluto.

Se realizó la cosecha cuando el grano tenía un porcentaje de humedad aproximado de 20%. De cada unidad experimental se tomaron 10 submuestras de 4.5 m². También aquí se utilizó el criterio de tamaño de muestra óptimo en donde se usó la fórmula recomendada por Barfield (1989). Luego de cosechado el sorgo se aporreó y sopló. Por último, cada una de las submuestras fue pesada y estandarizada al 14% de humedad.

B- Ensayo Combinado.

Se unió la información de los cuatro ensayos para ver las tendencias generales encontradas. En el Cuadro 3 se presentan los factores usados.

Los tratamientos son los mismos presentados para cada ensayo independiente.

Cuadro 3. Factores utilizados para análisis combinado.

Factor No.	Lugar	Variedad	Riego	Epoca
1	Santa Inés	Sudán	Sin	Postrera
2	Colindres	Isap- Dorado	Sin	Verano
3	Vega 2-3	Sudán	Con	Verano
4	San Nicolás	Isiap- Dorado	Con	Postrera

C- Análisis de la información.

Para lograr los objetivos planteados se decidió dividir la información obtenida en análisis estadístico y análisis económico.

1- Análisis estadístico. Primero, para analizar la relación entre la densidad de la plaga y el rendimiento se realizó la prueba de correlación lineal y regresión, esta prueba involucraba el porcentaje de infestación y el rendimiento de cada parcela. Luego, se procedió a hacer un análisis de varianza. Para hacer los cálculos se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1987). Las variables analizadas para los ensayos (excepto el primero en donde sólo se comparó rendimiento y número de panojas) fueron: tamaño de planta, ancho y largo de panoja, peso de mil granos, y

rendimiento del grano al 14% de humedad. La probabilidad de F se tomó hasta en un 25% como significativa. Si se detectaban diferencias estadísticas se procedía a realizar la prueba Tukey de separación de medias. De igual forma se analizó la combinación de los ensayos.

2- Análisis económico. El análisis económico se hizo con base en toda la información que se recolectó de los ensayos de campo y constó de tres partes: Análisis de Retorno, Análisis Marginal Comparativo y Análisis de riesgo.

a- Análisis del ingreso, beneficio y relación beneficio/costo. Para este análisis se utilizaron los costos de producción de los tratamientos estudiados y se determinó el beneficio neto y la tasa beneficio/costo para cada tratamiento. Las fórmulas utilizadas se presentan a continuación:

Beneficio neto = Beneficio Bruto - Costo total.

Relación Beneficio/Costo = Beneficio Neto / Costo total.

Bishop y Toussaint (1988) estipulan que el costo total de un producto está compuesto por el costo fijo y por el costo variable. El costo fijo es aquel que no varía con los cambios

en la producción; en nuestro caso son los costos en que incurriremos aún cuando no hagamos ninguna aplicación en base a un nivel crítico. En cambio, el costo variable es aquel que, como su nombre lo indica, varía al añadir insumos, en nuestro caso este insumo es el número de aplicaciones que realicemos.

b- **Análisis marginal comparativo.** Este análisis se hizo para cada ensayo siguiendo la metodología del CIMMYT (1988). Con este análisis se trata de saber si el ingreso adicional por el cambio de una alternativa a otra compensa los costos adicionales por encima de una tasa de retorno mínima, es decir, si el uso de niveles críticos aumenta efectivamente los beneficios netos o la protección frente al riesgo, como para justificar su empleo (Avedillo, sin fecha). Este análisis tuvo las siguientes fases: análisis de dominancia, cálculo de las medidas económicas, y evaluación de estas medidas. Antes de comenzar el análisis se determinó el beneficio bruto de campo, el cual se encuentra al multiplicar el peso del grano ajustado al 14% de humedad por su precio.

En el análisis de dominancia se toman los costos variables y los beneficios netos de cada tratamiento, estos se ordenan ascendentemente por sus costos variables y se descartan como dominados económicamente aquellos tratamientos que tuvieron igual o menor beneficio que la alternativa

inmediatamente anterior (CIMMYT, 1988). Eliminados los tratamientos dominados, los tratamientos económicamente dominantes definen una curva de beneficios sobre la que se hace el análisis marginal comparativo. Luego se tomaron los tratamientos dominantes y se ordenaron de mayor a menor costo; con estos datos se procedió a calcular la tasa de retorno marginal (TRM%), el incremento porcentual en beneficio neto, y el incremento porcentual en costos diferenciales de acuerdo a las siguientes fórmulas propuestas por el CIMMYT (1988):

$$\text{Tasa de Retorno Marginal (TRM)} = \frac{\text{Aumento en Beneficio Neto}}{\text{Aumento en costo diferencial}} * 100$$

$$\text{Incremento porcentual en Beneficio Neto} = \frac{\text{Aumento en Beneficio Neto}}{\text{Beneficio neto anterior}} * 100$$

$$\text{Incremento porcentual en Costos Diferenciales} = \frac{\text{Aumento en costos diferenciales}}{\text{Costo diferencial anterior}} * 100$$

La tasa de retorno marginal (TRM%) es la relación que existe entre el cambio en beneficios netos y el cambio en costos diferenciales al pasar de una alternativa a otra; es el beneficio neto marginal dividido por el costo marginal, expresado en porcentaje (CIMMYT, 1988). Sin embargo, no se podría tomar una decisión respecto al tratamiento que se considerara como económicamente recomendable a menos que se conociera la tasa de retorno que sería aceptable para los productores. La tasa de retorno marginal utilizada para hacer

comparaciones fue del 50%, que es la mínima aceptable por el productor. Esto significaría que un productor aceptaría utilizar una determinada práctica si por cada L 1.00 invertido, él recuperara ese L 1.00 y obtuviera L 0.50 más de utilidad.

Ramírez (1992) indica, en cambio, que es más conveniente usar funciones para expresar las relaciones entre rendimiento y costo total de control con la densidad poblacional de la plaga. Esto permite caracterizar y evaluar dichas relaciones más allá de las combinaciones específicas de rendimiento, costo, y densidad poblacional que están disponibles en los datos de campo.

c- Análisis de riesgo.

Avedillo (s.f.), señala que la mejor recomendación bajo criterios económicos no suele ser la mejor bajo condiciones de riesgo y que un análisis de riesgo trata de determinar cuál alternativa es la menos afectada y cuál es la más riesgosa bajo situaciones adversas.

El análisis de riesgo se efectuó por el método de retornos mínimos. Para este análisis se tomó el 25% de los peores rendimientos, y se seleccionó la alternativa dominante que presentó el mayor beneficio para la protección frente al riesgo. Este resultado se comparó con el obtenido por el análisis marginal en la situación promedio. Dicha comparación

se hizo para razonar si se mantenía la alternativa seleccionada con los resultados promedio obtenidos por el análisis marginal, y para ver si ameritaba modificar esa decisión en situaciones en que el riesgo fuera crítico (Avedillo, s.f.).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Evaluación independiente de cada ensayo.

Se decidió evaluar todos los ensayos por separado y luego agruparlos para realizar una evaluación conjunta.

1. Postrera y Verano 1991.

Al hablar de postrera nos referimos a la segunda época de siembra en Honduras, ésta comprende normalmente los meses de agosto, septiembre y octubre, y coincide con el final de la época lluviosa. Verano es aquella época donde no llueve y en ella se recurre a la irrigación para suplir las necesidades de agua de los cultivos.

a. Nivel de infestación bajo - Postrera.

En este lugar los niveles de infestación no fueron tan altos como se esperaban.

(1). Infestación de S. frugiperda. En general, la infestación de S. frugiperda fue baja en Santa Inés ya que ningún tratamiento sobrepasó el 30% (Figura 3). Por ello, los tratamientos 30-60% y 40-80% fueron eliminados y tomados como parte del testigo. Esta baja infestación se debe probablemente al efecto de dos factores principales: 1- el

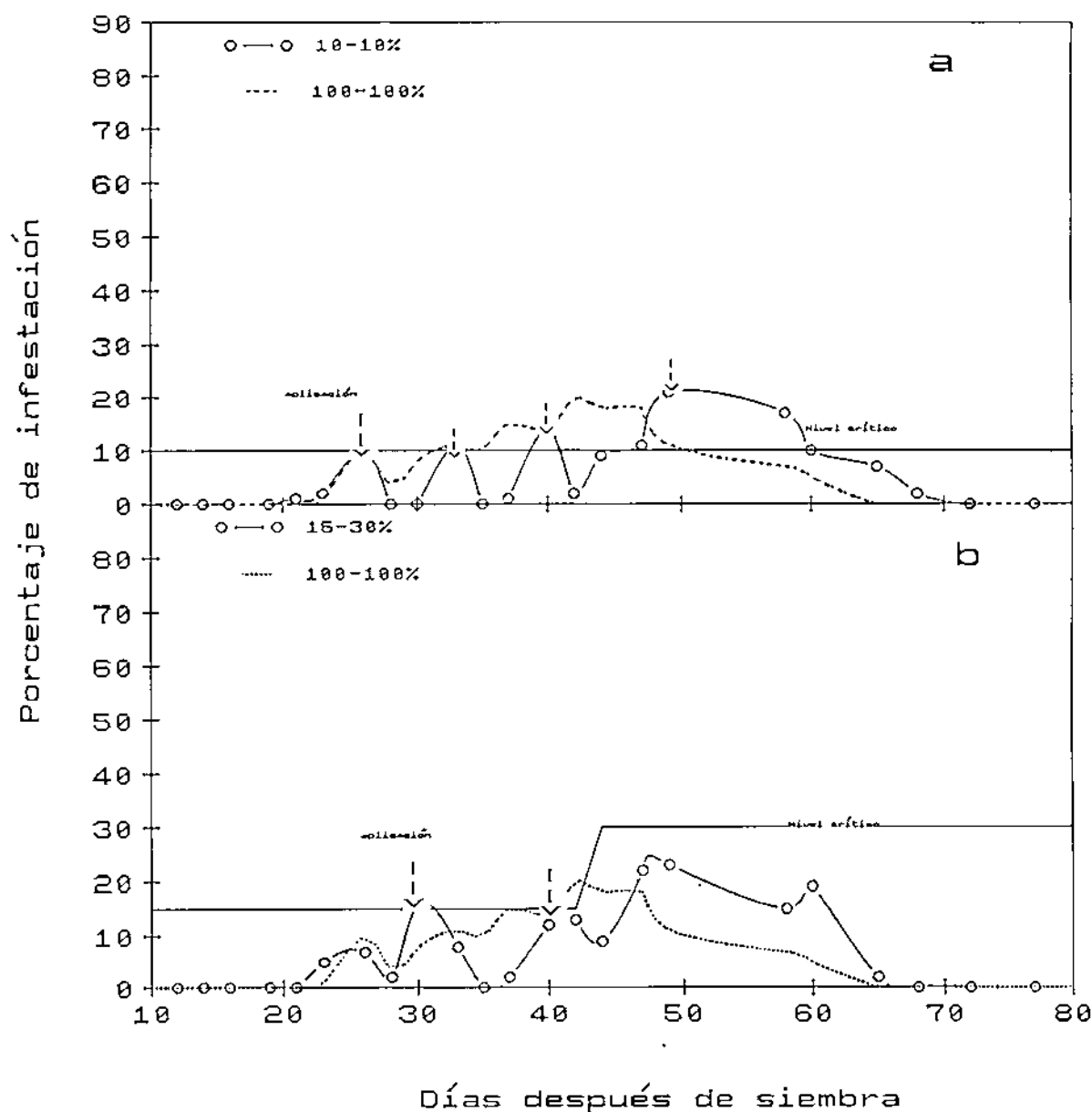


Figura 3. Efecto de dos niveles críticos sobre la densidad poblacional de *Spodoptera frugiperda* en Santa Inés. a) Nivel crítico 10-10% y testigo. b) Nivel crítico 15-30% y testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

terreno en que se realizó el ensayo tenía pocos años de ser cultivado en forma intensiva y 2- dicho terreno está rodeado de carbonales (Mimosa tenuiflora), los cuales retrasarían la llegada de la plaga y/o servirían de refugio a los enemigos naturales. Entre los 0 y los 30 días después de la siembra (dds) el testigo presentó la mayor densidad poblacional promedio 4.8% ($p < 0.25$) comparado con 2.6% que presentaron los tratamientos 10-10% y 15-20% respectivamente (Cuadro 4).

Entre los 30 y 45 dds, el testigo (tomando en cuenta los tratamientos 30-60% y 40-80%) presentó 14.4% de infestación, siendo diferente estadísticamente de los otros dos tratamientos 10-10% y 15-30% que tuvieron 10.4% y 8.6% de infestación respectivamente. En el último período de muestreo los tres tratamientos fueron similares (Cuadro 4). Estos resultados confirman lo reportado por Starks y Burton (1979), quienes encontraron que la mayor infestación de S. frugiperda se daba entre los 30 y 36 días. Además, Portillo et al. (1991) encontraron que las poblaciones del gusano cogollero empiezan a aumentar desde los 20 dds hasta llegar a los 40 dds, donde comienzan a declinar debido a que el cultivo está próximo a floración.

Cuadro 4. Promedios de porcentajes de infestación de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento de sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	0-30	30-45	45-60
	-----% de infestación-----		
P(F)	0.25	0.04	0.68
10-10%	2.6 a*	10.4 a	9.8 a
15-30%	2.6 a	8.6 a	9.1 a
Testigo	4.8 b	14.4 b	10.1 a

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(2). Incidencia de parasitoides larvales. Las larvas recolectadas presentaron una distribución normal de estadíos, tendiendo a la normalidad con asimetría negativa (Figura 4), encontrándose menor cantidad de larvas en los estadíos 1 y 2, y mayor número en el estadío 6. Esto se debió a que no se seleccionó el tipo de larva a criar. En la primera recolección se encontró que el parasitoide más común fue Chelonus insularis (Hymenoptera: Braconidae) mientras Eiphosoma vitticole (Hymenoptera: Ichneumonidae) fue el segundo más común, causando 18.2% y 10.1% de parasitismo respectivamente (Cuadro 5).

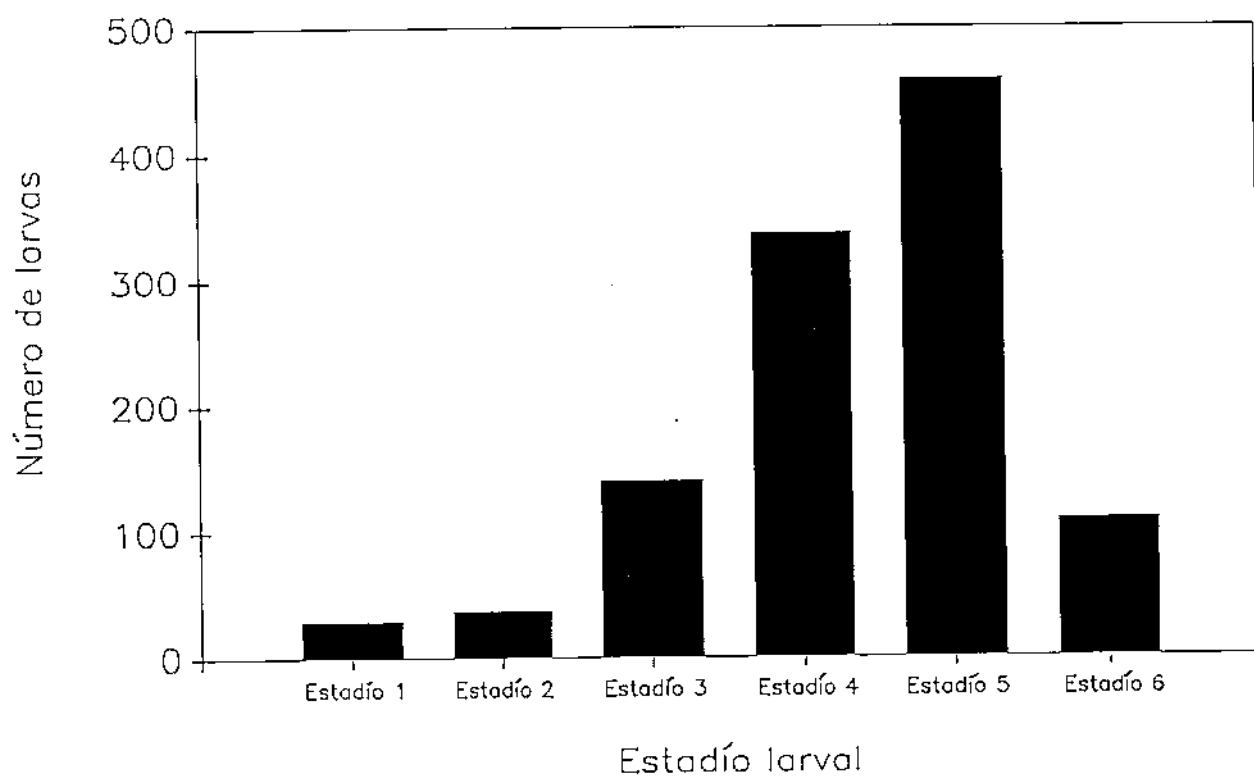


Figura 4. Recolección de larvas de *Spodoptera frugiperda*, separadas según estadio larval. Santa Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Cuadro 5. Porcentaje de parasitismo larval en Spodoptera frugiperda en la localidad de Santa Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Enemigo Natural	Recolecciones		
	Primera	Segunda	Total
-----% de parasitismo-----			
Insectos			
<u>Archytas marmoratus</u> (Townsend)	1.1	4.6	2.9
<u>Lespesia archippivora</u> (Riley)	2.0	2.6	2.3
<u>Chelonus insularis</u> Cresson	18.2	9.0	13.5
<u>Rogas laphygmae</u> Viereck	2.02	2.1	2.1
<u>Eiphosoma vitticolle</u> Cresson	10.1	0.5	5.2
<u>Ophion flavidus</u> Brullè	0.2	2.1	1.2
<u>Pristomerus spinator</u> (F.)	1.5	0.5	0.9
Hongos			
<u>Nomuraea rileyi</u> (Farlow)	4.8	16.0	10.5
Virus			
No identificado	4.4	1.9	3.3
Nematodos			
<u>Hexameris</u> sp.	0.7	1.1	0.9
Otras causas	12.7	13.2	12.9
TOTAL			55.7

En la segunda recolección, el enemigo natural que causó mayor mortalidad fue el hongo imperfecto Nomuraea rileyi (Monilial: Moniliaceae) que causó 16.0% de parasitismo (Cuadro 5), mientras que el segundo agente de mortalidad fue C. insularis que causó 9.0% de parasitismo. Al evaluar el parasitismo larval a lo largo del ensayo se encontró que un 55.7% del total de larvas fueron parasitadas, siendo el parasitoide más común C. insularis (13.5%), seguido por N. rileyi (10.5%). Los demás enemigos naturales causaron en conjunto 31.7% de parasitismo, encontrándose Tachínidos, Ichneumonidos, Bracónidos, Virus y el nemátodo Hexamermis, aunque ninguno de estos alcanzó más del 5% de parasitismo (Cuadro 5). Similares resultados fueron encontrados por Wheeler et al. (1989); ellos monitorearon los parasitoides y patógenos larvales de S. frugiperda en maíz en el departamento de Olancho en Honduras y encontraron que C. insularis era el más abundante, llegando a causar un 15.5% de mortalidad en la totalidad del estudio. Los tres siguientes enemigos naturales en abundancia fueron Hexamermis sp., Lespesia sp. y N. rileyi. En total el porcentaje de mortalidad ocasionado por enemigos naturales fue de 42.0%.

Como podemos observar, aunque los mismos enemigos naturales atacan las poblaciones de gusano cogollero, la abundancia de cada uno de estos depende de las condiciones de cada zona. Acerca de C. insularis se puede inferir que es

quizás el enemigo natural más importante del gusano cogollero durante la época de postrara. Esto se debe probablemente a que este parasitoide tiene gran capacidad de adaptación y búsqueda (Wheeler et al, 1989).

Analizando el efecto del uso de los plaguicidas sobre los enemigos naturales larvales de cogollero, se encontró que no hubo diferencia significativa ($p > 0.25$) cuando se realizaba una sola aplicación de plaguicidas (60.3% de parasitismo), comparado con el testigo que no recibió aplicaciones (59.56% de parasitismo; Cuadro 6). Esta aplicación se realizó con Lorsban, un organofosforado de contacto, ingestión e inhalación. Este producto tiene una residualidad en el follaje de 48 horas lo que permite una rápida repoblación. El hecho de que se aplicó una sola vez y que era de baja residualidad, posiblemente evitó la eliminación de muchos enemigos naturales. Además, no se creó un ambiente inhóspito para la repoblación por parte de éstos. Esto demostraría una compatibilidad entre el control químico racional y el control biológico. Sin embargo, cuando se realizaron cuatro aplicaciones, el nivel de parasitismo en este tratamiento bajó a 38.8% siendo diferente al testigo ($p < 0.25$). El haber utilizado cuatro productos (Lorsban, Lannate, Curacron y Volaton) de dos diferentes familias (organofosforados y carbamatos) pudo haber creado un ambiente inhóspito para los enemigos naturales, además de que hubo

mayor probabilidad de causar mortalidad entre estos. Aquí se confirma que los químicos tienen un efecto devastador sobre los enemigos naturales. Es posible también que la diferencia haya sido más grande entre una parcela aplicada y otra no aplicada; pero los resultados podrían estar encubiertos por la migración de los enemigos naturales de una parcela no aplicada a otra aplicada. Andrews y Quezada (1989) mencionan el uso de lotes sin aplicar como una forma de manejo de los enemigos naturales ya que allí encuentran refugio.

Cuadro 6. Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas de Spodoptera frugiperda recolectadas en Sta. Inés. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Tratamiento	Porcentaje de parasitismo
P(F)	0.19
10-10%	38.8 a*
15-30%	60.4 b
100-100% Testigo	59.6 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(3). Efecto de la infestación de S. frugiperda sobre las respuestas agronómicas. Se encontró una pequeña relación significativa entre el porcentaje de infestación y el rendimiento en las tres etapas en que se dividieron los datos de muestreo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Coeficientes de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de Spodoptera frugiperda y rendimiento de sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

dds	Promedio infestación	Promedio rendimiento	r	p
	---%---	--qq/ha--		
0-30	3.9	63.7	-0.7	0.01
30-45	12.4	63.7	-0.3	0.30
45-60	9.8	63.7	-0.5	0.20

p = probabilidad

Aunque de 0 a 30 dds sí hay una relación inversa ($r = 0.70$; $p < 0.01$) que indica que a mayor cantidad de plaga menor rendimiento; en los otros dos períodos (30-45 y 45-60) la r es muy baja (0.3 y 0.5 $p = 0.30$ y 0.21). Esto indica que en los dos últimos períodos no hay efecto de la densidad poblacional de S. frugiperda sobre el rendimiento (Cuadro 7). Esto es opuesto a lo señalado por Hruska (1989), en estudios que realizó en el maíz donde encontró relación inversa entre el porcentaje de infestación de cogollero y el rendimiento, hasta con un $r = 0.67$. Estas diferencias pueden deberse a que el gusano cogollero prefiere atacar maíz y no sorgo (Castro et al., 1989). Sin embargo, Alvarez (1977); citado por Andrews (1988), reportó que en muchas ocasiones se daban disminuciones en el rendimiento en ausencia de cogollero o cuando sus densidades poblacionales bajaban. Brauchle

(1990), tampoco encontró relación entre la densidad poblacional de cogollero y el rendimiento de maíz, lo cual lo atribuyó a que este insecto no es plaga de importancia económica. Es muy posible también que el sorgo pueda recuperarse bien cuando el ataque de cogollero no sea tan fuerte, esto es cuando las poblaciones no superen el 40% de infestación durante las dos primeras etapas del cultivo (germinación hasta ocho hojas).

No hubo diferencia estadística en el rendimiento entre los tres tratamientos, debido probablemente a que los niveles reales de la plaga no son los proyectados como tratamientos y que la forma de medir la densidad de la plaga no sea lo suficientemente rigurosa para impactar en el rendimiento.

El número de panojas/ha fue diferente, siendo el tratamiento testigo el que mayor número de panojas/ha tuvo (99333 $p < 0.25$) (Cuadro 8). Es posible que la planta de sorgo haya macollado como una reacción a la defoliación causada por cogollero, pero esta posibilidad no ha sido estudiada.

Cuadro 8. Respuesta agronómica del cultivo de sorgo a diferentes niveles críticos contra Spodoptera frugiperda. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Tratamiento	Rendimiento	Panojas/ha
	---qq/ha---	
P(F)	0.54	0.06
10-10%	72.7 a	92111 a*
15-30%	71.2 a	95611 a
100-100% Testigo	58.8 a	99333 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($P < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(4). Efecto de la infestación de S. frugiperda sobre las respuestas económicas. Los costos comunes para todos los tratamientos se presentan en el Cuadro 9. En el Anexo 2 se presenta en detalle los costos comunes. Los costos diferenciales tuvieron diferencia estadística ($p < 0.25$), siendo el tratamiento 10-10% el que más costos diferenciales tuvo (171.09 Lps/ha) pues se realizaron en este cuatro aplicaciones. El tratamiento 15-30% tuvo de costos diferenciales 49.35 Lps/ha debidos a una aplicación realizada; mientras que el testigo tuvo 0.00 Lps/ha pues no se realizó ninguna aplicación. En los beneficios netos, no hubo diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos ($p > 0.25$), esto se debe a que tampoco hubo diferencias en los

rendimientos (Cuadro 9).

No se encontró diferencia significativa en la relación beneficio/costo (Cuadro 9). Según el análisis de dominancia el tratamiento 10-10% resulta dominado, ya que al aumentar sus costos variables no aumentan sus beneficios netos, en comparación con el tratamiento 15-30%. La tasa de retorno marginal para este tratamiento es de 1024% (Cuadro 9), lo que indica que al pasar del tratamiento testigo al 15-30% por cada lempira invertido, se obtiene ese lempira y 10 más de ganancia. Según este análisis resultaría adecuado el utilizar 15-30% como el nivel crítico óptimo; pero hay que recalcar que estos resultados parten de los rendimientos obtenidos, cuyas diferencias no fueron significativas ($P > 0.25$).

Cuadro 9. Análisis de retorno, relación beneficio/costo y análisis marginal comparativo para los resultados del nivel bajo - Postrera. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Trata- miento	Costos Comunes (1)	Costos Diferen.	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	Relación Beneficio /Costo	Análisis de Dominancia	T.R.M. (2)
	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	--%--	--%--	
P(F)				0.59	0.66		
10-10%	977.7 a ⁽³⁾	171.0 a	3105.4 a	1956.5 a	170.8 a	Dominado	
15-30%	977.7 a	49.3 b	3064.1 a	2036.9 a	199.0 a		
							1024
100- 100%	977.7 a	0.0 c	2509.0 a	1531.5 a	156.6 a		
Testigo							

(1) Detallados en el Anexo 2

(2) Tasa de Retorno Marginal

(3) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($P < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias

b- Nivel de infestación alto - Verano.

(1). Infestación de S. frugiperda. La infestación en este lote fue alta, todos los niveles críticos fueron sobrepasados por lo que se recurrió al control químico para bajar dichas poblaciones (Figura 5). En los tres períodos de muestreo el tratamiento testigo presentó una mayor infestación de cogollero ($p < 0.25$), con un máximo entre los 45-60 dds (Cuadro 10).

Starks y Burton (1979) determinaron que el período comprendido entre los 30-36 dds era donde más daño causaba el cogollero al maíz, pero destacaron que altas infestaciones después de esos días también influían en el rendimiento. Solamente en el período 30-45 días hubo diferencia significativa entre los otros tratamientos, siendo los tratamientos 10-10% y 15-30% los que menor infestación tuvieron con 18.6% y 15.3% respectivamente ($p < 0.25$). Los tratamientos 30-60% y 40-80% siguieron a los dos anteriores en grado de infestación con 28.1% y 27.0% respectivamente ($p < 0.25$) (Cuadro 10). El no encontrar diferencias en el grado de infestación entre los tratamientos puede deberse a que después de cada aplicación el ataque de cogollero era más fuerte, tanto, que muchas veces la infestación llegaba rápidamente a niveles similares a los del testigo, superándolo en algunas ocasiones (Figura 5).

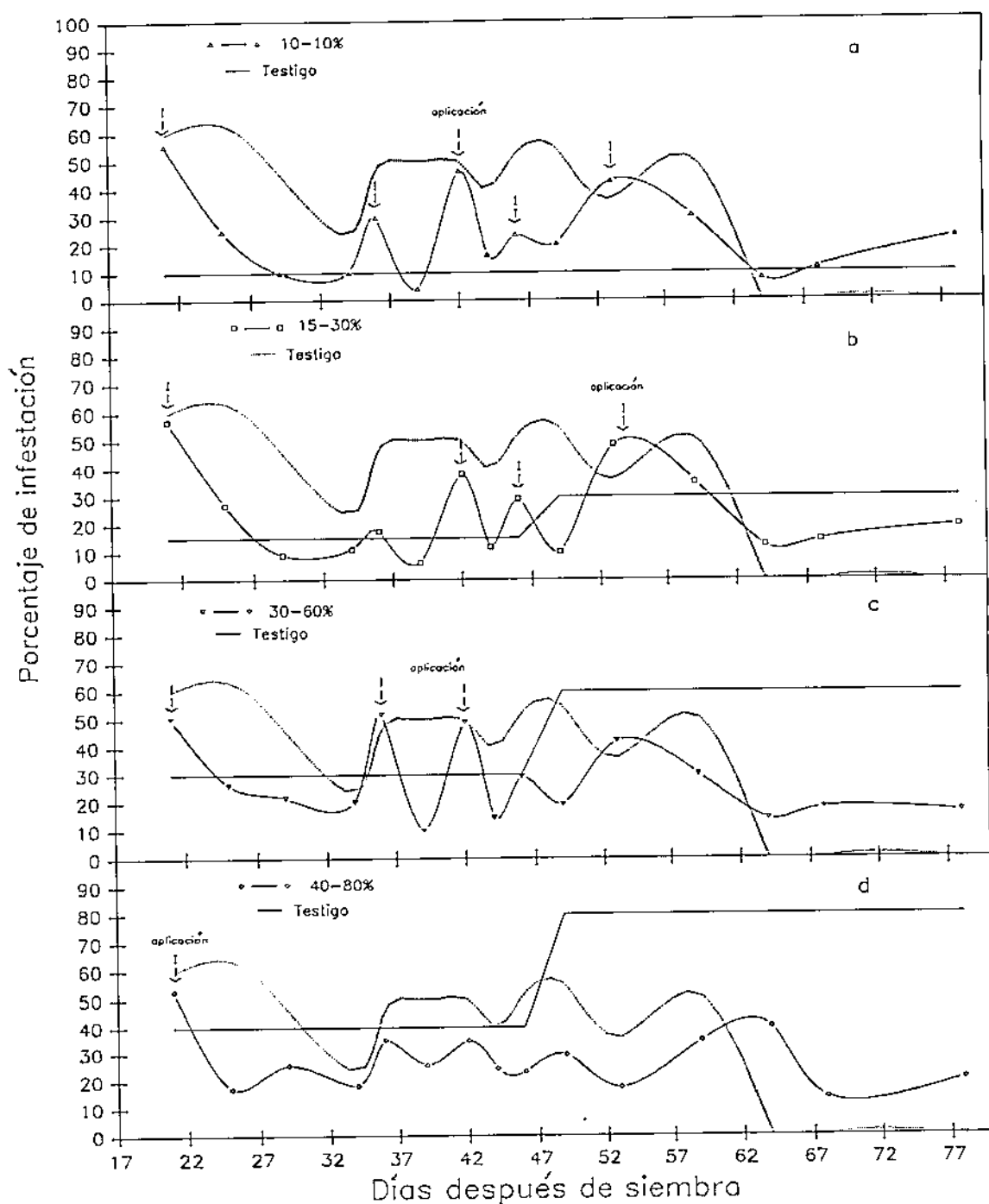


Figura 5. Efecto de cuatro niveles críticos sobre la densidad poblacional de *Spodoptera frugiperda* en Colindres. a) 10-10%, b) 15-30%, c) 30-60%, d) 40-80%. Comparados con el testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Cuadro 10. Promedios de porcentajes de infestación de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento de Sorgo en Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	0-30	30-45	45-60
	-----% de infestación-----		
P(F)	0.01	0.001	0.0004
10-10%	28.2 a ⁽¹⁾	18.6 a	22.2 a
15-30%	28.9 a	15.3 a	23.7 a
30-60%	26.9 a	28.1 b	23.6 a
40-80%	26.9 a	27.0 b	29.2 a
100-100%	37.7 b	41.9 c	46.3 b
Testigo			

(1) Tratamientos con letras iguales no son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

Sin embargo, este fenómeno no se debió a la mortalidad causada por los químicos a los parasitoides larvales, ya que los tratamientos no influyeron en el porcentaje de parasitismo larval ($p > 0.25$; Cuadro 11). En este ensayo se recolectaron más larvas de sexto estadio (Figura 6). Esto podría implicar que gran parte de estas larvas ya habían escapado al parasitismo.

Cuadro 11. Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas de Spodoptera frugiperda recolectadas en Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Porcentaje de parasitismo
P(F)	0.57
10-10%	36.3 a ⁽¹⁾
15-30%	26.9 a
30-60%	32.6 a
40-80%	34.7 a
100-100% Testigo	37.2 a

(1) Tratamientos con letras distintas son diferentes ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

Los datos anteriores nos hacen suponer que la influencia de los plaguicidas tiene un mayor impacto sobre los depredadores, ya que éstos no tienen la movilidad de los parasitoides; aunque esta posibilidad aún no ha sido estudiada. En este ensayo pudo haber sido importante la migración entre parcelas ya que aun aquellas con cinco

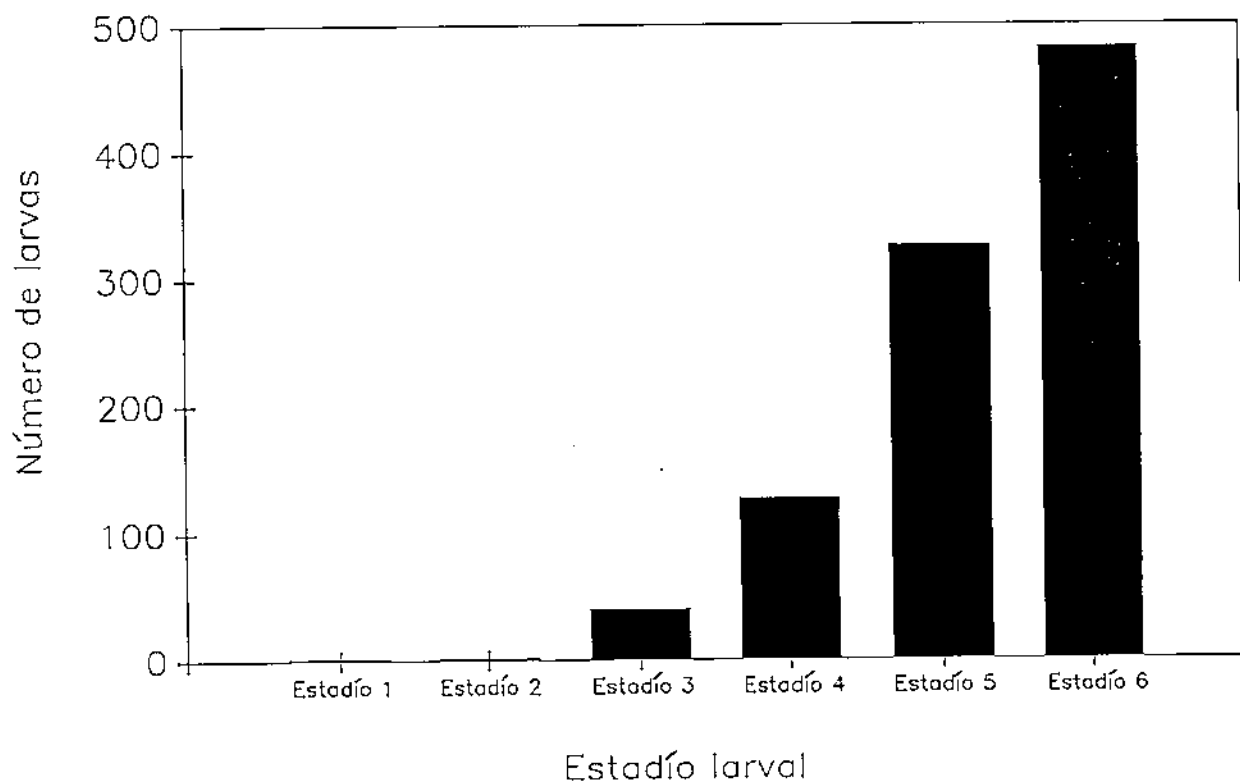


Figura 6. Recolección de larvas de *Spodoptera frugiperda*, separadas según estadio larval. Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

aplicaciones tuvieron hasta 36.3% de parasitismo larval. Esto sugiere la posibilidad de utilizar islas dentro del cultivo donde no se realicen aplicaciones para que sirvan de refugio a los enemigos naturales. Esta posibilidad ha sido recomendada por Andrews y Quezada (1989) como un método de manipulación de enemigos naturales. En general, en este ensayo 30.1% de las larvas recolectadas estaban parasitadas. Los parasitoides más importantes fueron P. spinator (Hymenoptera: Ichneumonidae) y L. archyppivora (Diptera: Tachinidae) los cuales parasitaron cada uno 6.1% de las larvas recolectadas. C. insularis, A. marmoratus (Diptera: Tachinidae), y O. flavidus (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitaron 3.3%, 2.7% y 2.1% de las larvas recolectadas respectivamente (Cuadro 12). El bajo parasitismo causado por C. insularis se puede atribuir a su estacionalidad, ya que éste se presenta más desde enero a septiembre (Cave, 1990); las primeras etapas del cultivo se dieron en el mes de diciembre, uno de los meses en que este parasitoide no se encuentra muy abundante.

Cuadro 12. Porcentaje de parasitismo larval en Spodoptera frugiperda en la localidad de Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Enemigo Natural	Primera recolección	Segunda recolección	Total
-----% de parasitismo-----			
Insectos			
<u>Archytas marmoratus</u>	5.2	0.6	2.66
<u>Lespesia archippivora</u>	13.1	0.4	6.13
<u>Chelonus insularis</u>	6.1	0.9	3.27
<u>Eiphosoma vitticolle</u>	1.4	0.2	0.72
<u>Ophion flavidus</u>	4.5	0.2	2.15
<u>Pristomerus spinator</u>	13.1	0.4	6.13
Hongos			
<u>Nomuraea rileyi</u>	4.5	0.0	2.04
Virus			
No identificado	3.4	0.0	1.53
Otros	12.2	0.00	5.47
TOTAL			30.1

(2). Efecto de la infestación de S. frugiperda sobre las respuestas agronómicas. El número de plantas por tratamiento al inicio del ensayo fue estadísticamente diferente al número de plantas finales (Cuadro 13); encontrándose la mayor diferencia en el tratamiento testigo cuya densidad se redujo de 24444 plantas/ha a 1611 plantas/ha ($p < 0.001$). Esto puede atribuirse al daño provocado por el cogollero y a la falta de agua, ya que por escasez de ésta no se contó con el riego adecuado. Al ser comparado el número de plantas entre tratamientos, al inicio del ensayo no hay una diferencia realmente clara, mientras que al final sí se nota que el tratamiento con menos plantas fue el testigo (Cuadro 13). Se supone entonces que esta disminución drástica en la cantidad de plantas se debe al ataque de cogollero ya que el testigo siempre presentó las infestaciones más altas (Cuadro 10).

Al relacionar la infestación con el rendimiento no se encontró una relación negativa en los tres períodos ($p > 0.25$), lo que indicaría que el cogollero no tiene efecto sobre el rendimiento del sorgo (Cuadro 14). En cambio, muchos investigadores que han evaluado el efecto de los plaguicidas para control de cogollero han reportado aumentos de varias toneladas métricas por hectárea en parcelas aplicadas, comparadas con aquellas no aplicadas (Andrews, 1988).

Cuadro 13. Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Colindres. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Inicial	Final	Probabilidad
-----plantas/ha-----			
P(F)		0.0012	
10-10%	52777 a*	28999 a	0.01
15-30%	43333 a	29000 a	0.06
30-60%	41111 a b	26111 a	0.07
40-80%	39486 a b	20777 a	0.02
100-100%	24444 b	1611 b	0.0001
Testigo			

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

Cuadro 14. Coeficientes de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de Spodoptera frugiperda y rendimiento de sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. EL Zamorano, Honduras. 1992.

dds	Promedio infestación	Promedio rendimiento	r	P
	---%---	--qq/ha--		
0-30	29.79	16.32	0.09	0.69
30-45	26.19	16.32	0.09	0.71
45-60	29.00	16.32	-0.03	0.88

P = probabilidad

Sin embargo, también hay algunos reportes en donde ocurrieron grandes aumentos en el rendimiento sin que las poblaciones de cogollero disminuyeran (Andrews, 1988).

Ahora bien, si se analiza el rendimiento por tratamiento se ve que el testigo fue el que menor rendimiento tuvo, mientras que los otros tratamientos fueron similares (Cuadro 15). En las demás variables agronómicas el testigo siempre es el menor (Cuadro 15). Chamberlin y All (1991) ya habían encontrado una relación entre el daño del cogollero y la altura de la planta. Ellos observaron que un mayor daño del cogollero causaba un retraso en el crecimiento de las plantas de sorgo. El encontrar siempre una tendencia del testigo a presentar menor respuesta agronómica hace suponer que el ataque de cogollero sí afecta el desarrollo de la planta de sorgo.

(3). Efecto de la infestación sobre las respuestas económicas. En el Anexo 3 se presentan los costos comunes para este ensayo. Los costos diferenciales de cada tratamiento fueron diferentes; pero no pudieron ser analizados estadísticamente ya que presentaban un coeficiente de variación de 0 % porque a las repeticiones dentro de cada tratamiento se les aplicó igual cantidad de veces, lo que resultó en iguales costos diferenciales. Entre réplicas (dentro de tratamientos) el tratamiento testigo fue el que

Cuadro 15. Efecto de cinco niveles críticos para control de Spodoptera frugiperda sobre las variables agronómicas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Altura de planta	Largo de panoja	Diámetro de panoja
	---qq/ha---	---gr---	---cm---	---cm---	---cm---
P(F)	0.0001	0.16	0.19	0.17	0.02
10-10%	26.4 a *	37.2 a	108.3 a	23.4 a	7.6 a
15-30%	20.1 b	37.2 a	103.8 a	21.8 a	6.8 b
30-60%	19.4 b	32.6 a	105.3 a	22.7 a	6.7 b
40-80%	14.6 b	37.9 b	100.9 b	21.7 a	7.1 b
100-100%	1.1 c	15.9 b	70.0 b	16.9 a	5.0 b
Testigo					

(1) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

menos beneficios brutos presentó, esto como una clara consecuencia de la diferencia que este tratamiento presentó en el rendimiento (Cuadro 16). Los beneficios netos de todos los tratamientos son negativos, lo que indica que los rendimientos fueron tan bajos que no lograron cubrir los costos. Al realizar el análisis de dominancia, el tratamiento 15-30% resulta dominado, porque que al aumentar sus costos diferenciales, no aumentan sus ganancias en comparación con el tratamiento anterior de 10-10%. En el análisis marginal siempre se escoge aquel tratamiento que supera la tasa mínima aceptable, que en este caso se tomó como 50%³. Según este criterio, el tratamiento más aceptable sería el de 10-10% que es con el que se tiene la menor pérdida. Como el ensayo se llevó a cabo dentro de parcelas de producción comercial, es posible que variaciones en fertilidad del suelo, riego, y diferencias en topografía hayan influido más sobre el rendimiento del sorgo que el ataque del cogollero.

3- Rogelio Trabanino. 1991. Mínima tasa de retorno aceptable para la producción en la Escuela Agrícola Panamericana (Comunicación personal).

Cuadro 16. Análisis de retorno, relación benefico/costo y análisis marginal comparativo para los resultados del nivel alto - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Trata- miento	Costos Comunes (1)	Costos Diferen.	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	Relación Beneficio /Costo	Análisis de dominancia	T.R.M. (2)
	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	--%--		--%--
P(F)			0.001	0.001	0.64		
10-10%	933.9 a ⁽³⁾	289.1	1074.5 a	-148.5 a	-12.1 a		
15-30%	933.9 a	229.0	802.2 a	-360.7 a	-31.0 a	Dominado	234
30-60%	933.9 a	160.4	773.2 a	-321.1 a	-29.3 a		179
40-80%	933.9 a	46.1	569.0 a	-411.0 ab	-41.9 a		1138
100- 100%	933.9 a	0.0	44.0 b	-889.9 b	- 95.3 a		
Testigo							

(1) Detallados en el Anexo 3

(2) Tasa de Retorno Marginal

(3) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias

2. Estudio 1992.

a. Nivel de infestación medio - Verano.

(1). Infestación de S. frugiperda. En este ensayo todos los niveles críticos fueron alcanzados y se usó el control químico para bajar las poblaciones de cogollero. Los tratamientos 10-10%, 15-30%, 30-60% y 40-80%, necesitaron en promedio 6, 4, 3 y 2 aplicaciones respectivamente, mientras que el testigo no se aplicó (Figura 7). Al igual que en los ensayos anteriores, el testigo fue el que mayor infestación tuvo en los tres períodos de muestreo, alcanzando su máximo nivel de 57.1% entre los 45-60 dds ($p < 0.25$; Cuadro 17). Entre los 0-30 dds hay diferencia entre los otros tratamientos.

(2). Incidencia de parasitoides larvales. Las larvas recolectadas para esta evaluación pertenecían a los estadios 3°, 4°, 5° y 6°, encontrándose la mayoría en el 5° estadio (Figura 8). El máximo parasitismo larval fue de 20.2%, siendo el parasitoide más abundante C. insularis el cual parasitó 3.4% de las larvas recolectadas. Los parasitoides O. flavidus, N. rileyi, A. marmoratus y L. archippivoras fueron los enemigos naturales que más mortalidad causaron al gusano cogollero después de C. insularis llegando a provocar 3.4%, 2.5%, 2.2% y 2.2% de mortalidad respectivamente (Cuadro 18). También se encontraron otros enemigos naturales como: R. laphygmae, E. vitticollis, P. spinator, un virus no identificado y el nemátodo Hexamermis sp.

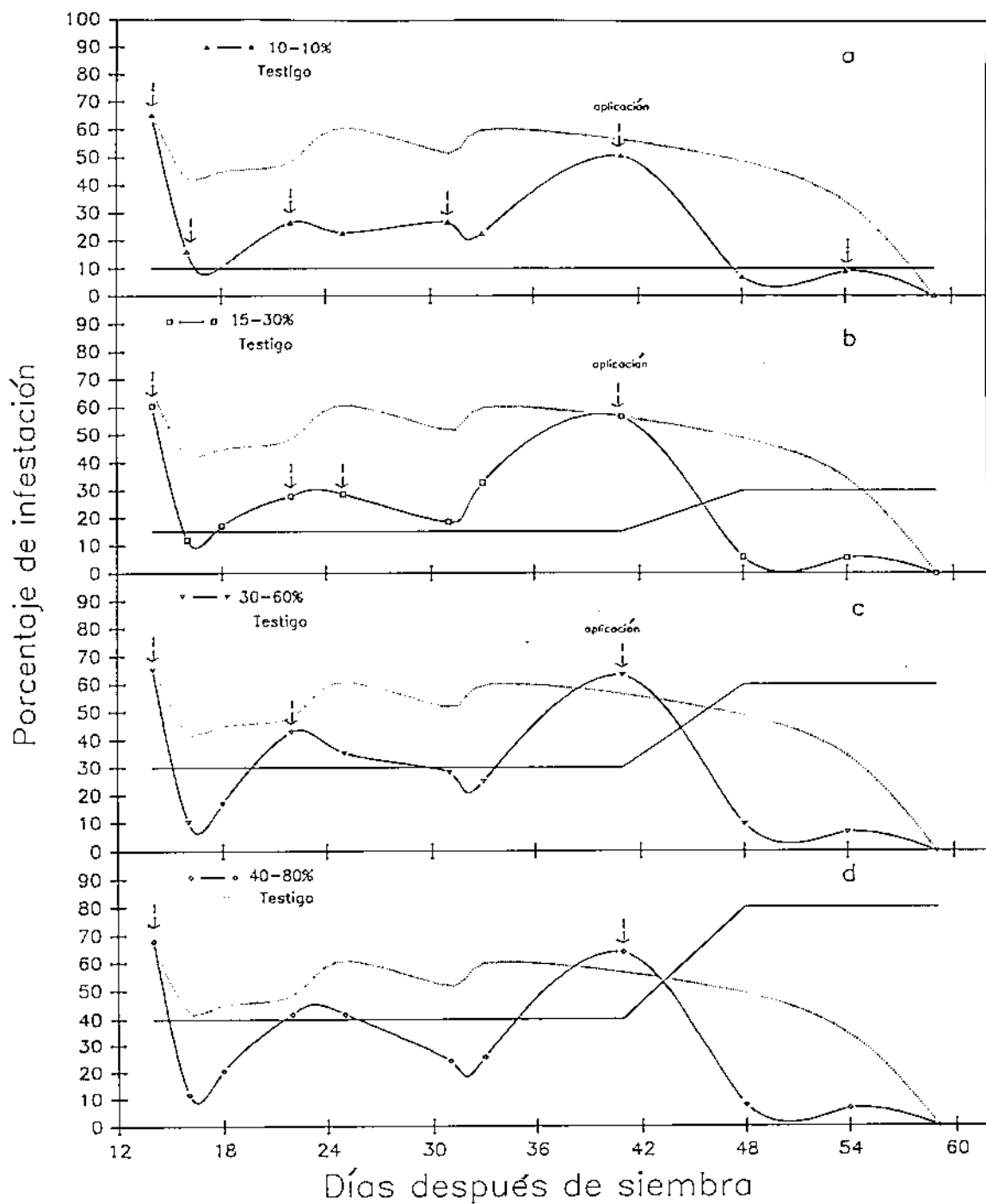


Figura 7. Efecto de cuatro niveles críticos sobre la densidad poblacional de *Spodoptera frugiperda* en Vegas 2 y 3. a) 10-10%, b) 15-30%, c) 30-60%, d) 40-80%. Comparados con el testigo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Los diferentes tratamientos no afectaron el nivel de parasitismo larval ($p > 0.25$; Cuadro 19). En este caso es muy posible que los lugares donde no se aplicó sirvieran como refugio para los enemigos naturales.

Cuadro 17. Porcentajes de infestación de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento de sorgo en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Días después de siembra		
	0-30	30-45	45-60
	-----% de infestación-----		
P(F)	0.0001	0.0008	0.0001
10-10%	28.5 a *	30.7 a	15.3 a
15-30%	27.9 ab	34.3 a	14.7 a
30-60%	31.8 b	37.3 a	17.7 a
40-80%	33.5 c	37.7 a	17.2 a
Testigo	40.3 d	57.1 b	39.1 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($P < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

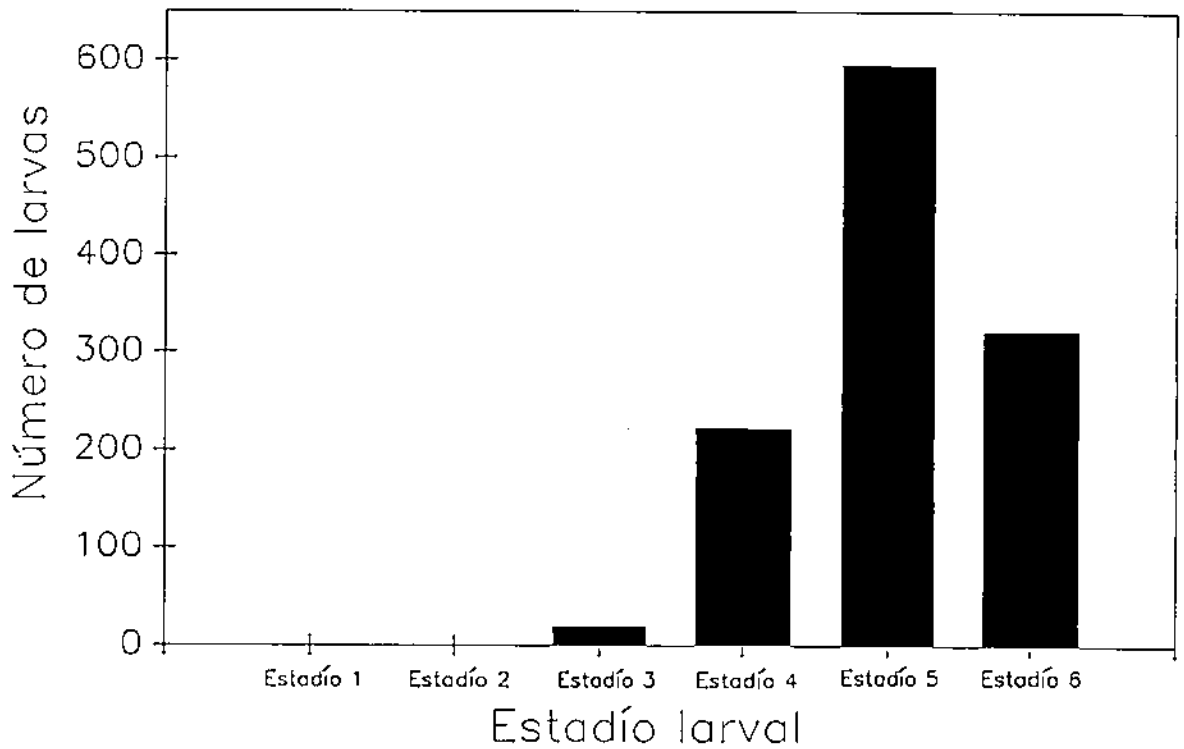


Figura 8. Recolección de larvas de *Spodoptera frugiperda*, separadas según estadío larval. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Cuadro 18. Porcentaje de parasitismo larval provocado por enemigos naturales a Spodoptera frugiperda en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Enemigo Natural	Primera recolección	Segunda recolección	Total
-----% de parasitismo-----			
Insectos			
<u>Archytas marmoratus</u>	2.4	2.0	2.2
<u>Lespesia archippivora</u>	1.9	2.5	2.2
<u>Chelonus insularis</u>	3.8	3.4	3.6
<u>Rogas laphygmae</u>	0.0	0.3	0.2
<u>Eiphosoma vitticolle</u>	0.9	0.0	0.4
<u>Ophion flavidus</u>	1.6	5.2	3.4
<u>Pristomerus spinator</u>	0.3	0.2	0.3
Hongos			
<u>Nomuraea rileyi</u>	4.5	0.5	2.5
Virus			
No identificado	0.0	0.0	0.0
Nematodos			
<u>Hexameris sp.</u>	0.5	0.5	0.5
Otras causas	6.1	3.9	4.9
TOTAL			20.2

Cuadro 19. Porcentaje de parasitismo por tratamiento en larvas de Spodoptera frugiperda recolectadas en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Porcentaje de parasitismo
P(F)	0.95
10-10%	21.0 a *
15-30%	18.2 a
30-60%	24.6 a
40-80%	15.0 a
100-100% Testigo	23.3 a

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(3). Efecto de la infestación de S. frugiperda sobre las respuestas agronómicas. El número de plantas por hectárea no fue afectado por los tratamientos, aunque al final del ensayo se observó una reducción en el número de plantas por hectárea en los tratamientos 30-60% y 100-100% (testigo) (Cuadro 20). Esto podría indicar que el cogollero es el responsable por la disminución en el número de plantas, ya que este ensayo sí tuvo todas las condiciones óptimas; lo único que varió en cada tratamiento fue el nivel de infestación y la cantidad de aplicaciones.

Cuadro 20. Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Inicial		Final		Probabilidad
	-----plantas/ha-----				
10-10%	111111	a(1)	109277	a	n.s.(2)
15-30%	113722	a	98611	ab	n.s.
30-60%	121999	a	95166	ab	0.06
40-80%	108833	a	98388	ab	n.s.
100-100%	108611	a	86611	b	0.04
Testigo					

(1) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según prueba Tukey de separación de medias.

(2) n.s. = No significativo según prueba t de Student ($p > 0.10$).

No se encontró una relación negativa entre el porcentaje de infestación y el rendimiento (Cuadro 21).

Como las relaciones muestrales resultan inversas, puede pensarse en algún efecto negativo del cogollero en el rendimiento del sorgo; pero como la relación es débil y no significativa estadísticamente, el daño del cogollero debe ser principalmente estético.

Cuadro 21. Coeficientes de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de Spodoptera frugiperda y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

dds	Promedio de infestación	Promedio de rendimiento	r	P
	---%---	--qq/ha--		
0-30	32.4	95.8	-0.12	0.61
30-45	39.4	95.8	-0.01	0.94
45-60	20.8	95.8	-0.03	0.99
P = probabilidad				

Ninguna de las variables agronómicas fue afectada por los tratamientos ($p > 0.25$; Cuadro 22), pero siempre el testigo tiende a tener valores menores. Este es otro indicio de que el cogollero causa nada más un daño estético a la planta de sorgo. Brauchle (1990) trabajando en maíz, descubrió que no era recomendable utilizar el control químico contra el gusano cogollero porque no era rentable.

Cuadro 22. Efecto de cinco niveles críticos para control de Spodoptera frugiperda sobre las respuestas agronómicas de sorgo en Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Altura de planta	Largo de panoja	Diámetro de panoja
	---gq/ha---	---gr---	----cm----	----cm----	----cm----
P(F)	0.37	0.15	0.27	0.01	0.16
10-10%	102.3 a *	59.6 a	145.2 a	27.8 a	5.7 a
15-30%	90.5 a	58.6 a	143.7 a	26.4 b	6.2 a
30-60%	97.5 a	59.7 a	136.2 a	26.2 a	6.4 a
40-80%	101.0 a	59.6 a	140.7 a	26.8 b	5.8 a
100-100%	87.5 a	59.7 a	134.0 a	24.8 b	5.5 a
Testigo					

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(4). Efecto de la infestación de S. frugiperda sobre las respuestas económicas. Los costos comunes de este ensayo se resumen en el Anexo 4. Los tratamientos 30-60% y 40-80% tuvieron costos diferenciales similares mientras que los tratamientos 10-10%, 15-30% y el testigo, fueron diferentes a los demás ($p < 0.25$; Cuadro 23). Los tratamientos no influyeron de ninguna forma sobre el beneficio bruto ni sobre el beneficio neto. La T.R.M. indica que el tratamiento 40-80% es el único recomendable frente al testigo (Cuadro 23). Esto implica que al aumentar los costos variables debidos al factor de fitoprotección hay un incremento en beneficio neto, comparado con el tratamiento anterior (en base a costos variables). Esta T.R.M. de 385% indica que por cada lempira invertido en fitoprotección recibimos ese lempira y Lps. 3.85 adicionales. En este caso, 40-80% sería el tratamiento a recomendar según el análisis económico; pero sin respaldo estadístico porque las diferencias en beneficios netos no son significativas.

Cuadro 23. Análisis de retorno, relación beneficio/costo y análisis marginal comparativo. Vegas 2 y 3. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Costos Comunes ⁽¹⁾	Costos Diferen.	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	Relación Beneficio /Costo	Análisis de Dominancia	T.R.M. ⁽²⁾
	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	Lps/ha	--%--		--%--
P(F)		0.01	0.51	0.42	0.34		
10-10%	1009.5 a ⁽³⁾	305.2 a	4396.8 a	3082.1 a	234.2 a	Dominado	
15-30%	1009.5 a	197.4 b	3891.1 a	2684.2 a	224.1 a	Dominado	
30-60%	1009.5 a	146.9 bc	4194.2 a	3037.90 a	262.8 a	Dominado	
40-80%	1009.5 a	119.8 c	4344.3 a	3215.1 a	284.6 a		
							385
100-100%	1009.5 a	0.0 d	3762.5 a	2753.1 a	272.7 a		
Testigo							

(1) Detallados en el Anexo 4

(2) Tasa de Retorno Marginal

(3) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias

b. Nivel de infestación bajo - Postrera.

(1). Infestación y daño de S. frugiperda.

Ninguno de los niveles de daño establecidos como niveles críticos fueron alcanzados, por lo que no se realizó ninguna aplicación contra el gusano cogollero en el ensayo (Ver página 45). Se siguió muestreando a lo largo del período de susceptibilidad al cogollero para tratar de encontrar una relación entre daño y rendimiento. Al final del ensayo se separaron las unidades experimentales en cinco grupos, según el nivel de daño presente (Cuadro 24). Para obtener los niveles de daño en cada fecha de muestreo, se sumaron los grados de esqueletización encontrados en las 100 plantas muestreadas (Figuras 1 y 2). Cada 100 grados de esqueletización (Cuadro 2) correspondían a una unidad de daño.

Estos grupos fueron analizados utilizando un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos (daño 1 hasta daño 5) y cuatro repeticiones. La infestación de cogollero nunca superó el 25% en ninguno de los grupos de parcelas (Figura 9). Se observó que hubo dos incrementos poblacionales en casi todos los niveles, uno entre los 23 dds y otro a los 40 dds. El primer pico corresponde a la primera generación desarrollada en el cultivo, luego hay una baja en la población debido a que las larvas se convirtieron en pupas y luego en adultos. Estos adultos, al ovipositar y producir otra generación, son los que originan el segundo pico de

Cuadro 24. Separación de cinco tratamientos según nivel de daño total por ataque de Spodoptera frugiperda en la Terraza 4 de San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Tratamiento	Denominación	Rango de daño
		Unidades de daño
Nivel de daño 1	D1	menos 0.56
Nivel de daño 2	D2	0.56 - 0.79
Nivel de daño 3	D3	0.80 - 1.05
Nivel de daño 4	D4	1.06 - 1.25
Nivel de daño 5	D5	1.26 a más

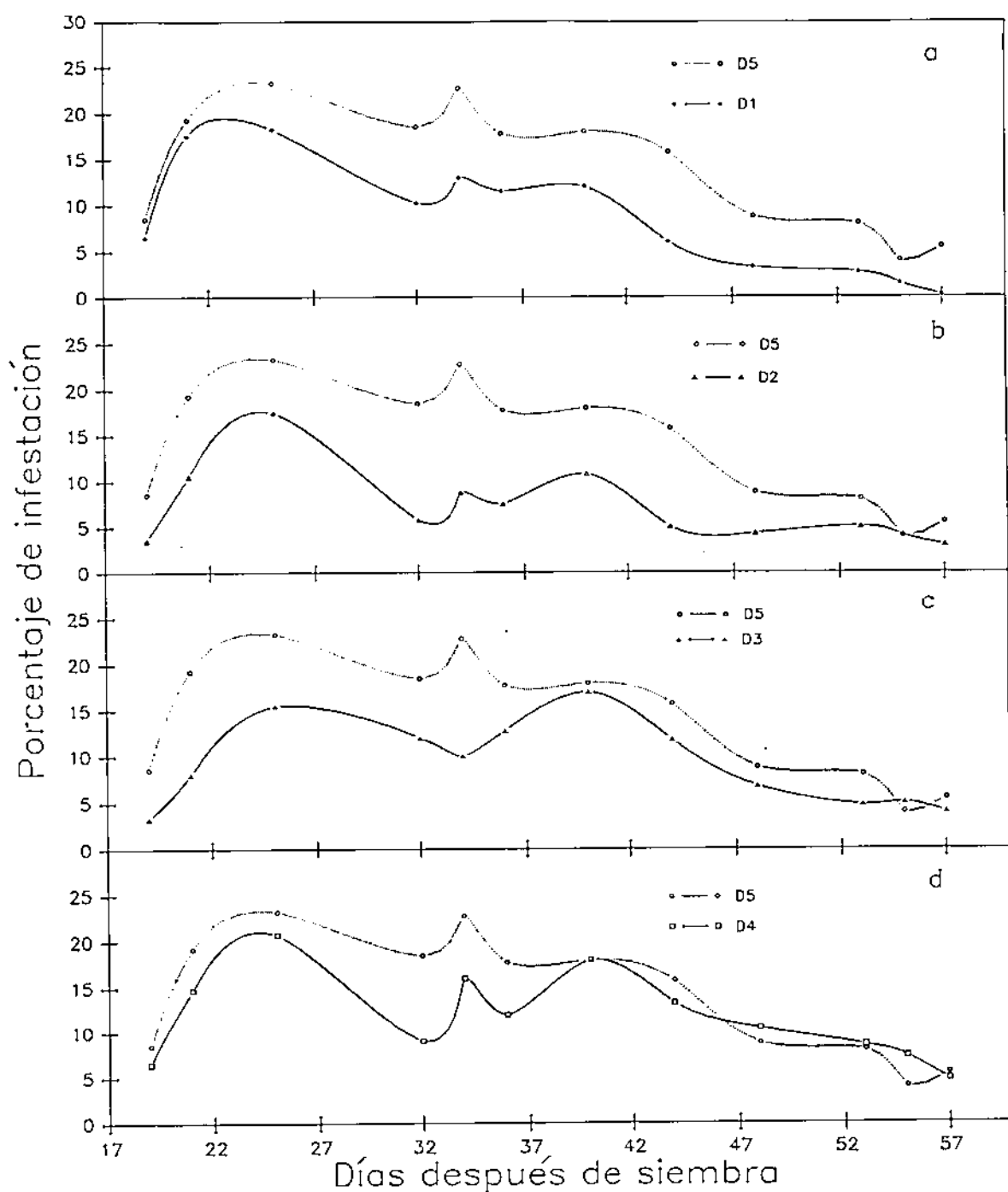


Figura 9. Porcentaje de infestación en cuatro grupos de parcelas separadas según nivel de daño, comparadas con máxima infestación alcanzada (D5). a) Grupo 1 (D1), b) grupo 2 (D2), c) grupo 3 (D3), d) grupo 4 (D4). Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. , 1993.

población (Figura 9).

No se alcanzó ningún nivel crítico por lo que no se hizo ninguna aplicación (Figura 10). El máximo nivel de daño alcanzado fue de 3.5 unidades de daño, no llegando ni siquiera al nivel crítico más bajo que era de 4.0 unidades de daño⁽⁴⁾. Hubo diferencia significativa entre los tratamientos D1 y D2 versus D3, D4 y D5 presentando estos últimos las mayores infestaciones en el primer y en el último período de muestreo. El tratamiento D5 fue el que mayores infestaciones tuvo en los tres períodos (Cuadro 25).

Analizando el nivel de daño en la etapa de 0-30 dds se diferencian dos grupos, el primero que comprende el grupo D5 que es el que sufrió mayor daño ($p < 0.25$), y el segundo que comprende D1, D2, D3 y D4 que son lo que tuvieron menor daño (Cuadro 26). De 30-45 dds D4 y D5 son los tratamientos que recibieron más daño ($p < 0.25$; Cuadro 26). Finalmente en el período 45-60 dds se diferenciaron tres grupos de acuerdo al daño recibido, de menor a mayor: D1-D2, D3-D4 y D5 (Cuadro 26). Estos resultados se deben a la forma en que se agruparon las unidades experimentales, ya que para formar los tratamientos se unieron de acuerdo al daño que presentaban.

4- Unidad de daño = Grado de esqueletización acumulado encontrado en muestreo. 100 grados de esqueletización = 1 unidad de daño (Ver Materiales y Métodos pag. 42)

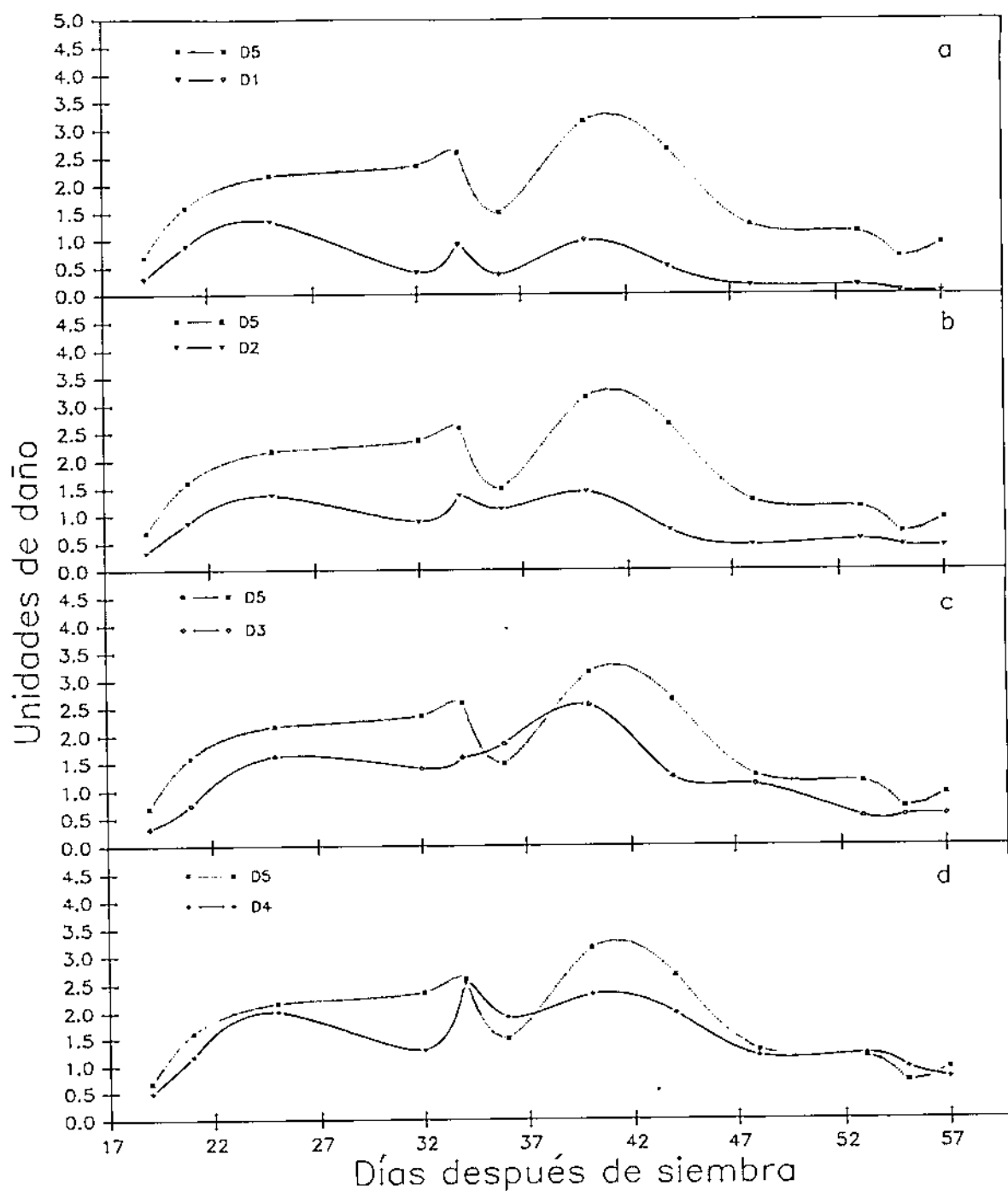


Figura 10.

Niveles de daño en cuatro grupos de parcelas, comparadas con máximo nivel de daño alcanzado (D5). a) Grupo 1 (D1), b) grupo 2 (D2), c) grupo 3 (D3), d) grupo 4 (D4). Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Cuadro 25. Porcentajes de infestación de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento del sorgo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	0-30	30-45	45-60
	-----% de infestación-----		
P(F)	0.09	0.23	0.01
D1	8.0 a *	11.8 ab	4.4 a
D2	5.8 a	8.4 a	5.2 a
D3	5.8 a	13.0 ab	8.4 ab
D4	8.1 ab	14.2 ab	10.9 b
D5	10.6 b	19.2 b	10.6 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

Cuadro 26. Niveles de daño de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento del sorgo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	0-30	30-45	45-60
	-----unidades de daño-----		
P(F)	0.02	0.004	0.0001
D1	0.45 a *	0.66 a	0.32 a
D2	0.52 a	1.22 ab	0.65 a
D3	0.61 a	1.91 bc	1.08 b
D4	0.76 ab	2.09 c	1.45 bc
D5	1.00 b	2.29 c	1.70 c

(1) Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

(2). Efecto del daño sobre las variables agronómicas. No se conoce la razón por la cual el número de plantas fue diferente para cada tratamiento al final del ensayo. Se notó una disminución en el número de plantas por hectárea (Cuadro 27) aunque se desconoce la razón ya que la infestación de cogollero no fue alta y no se le puede atribuir aun con el daño que ocasionó esta baja en la densidad poblacional.

Cuadro 27. Número de plantas por tratamiento al inicio y al final del ensayo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Tratamiento	Inicial	Final
	-----plantas/ha-----	
D1	67637 a *	54277 a
D2	70900 a	53804 a
D3	80000 a	66197 ab
D4	75000 a	66821 b
D5	78500 a	58850 b

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

El muestreo de rendimiento se optimizó, se tomaron 10 sitios de 4.5 m² cada uno, obteniendo una confiabilidad del 85% con un error esperado máximo de 10%.

No se encontró relación entre porcentaje de infestación y rendimiento en ninguno de los períodos de muestreo (Cuadro 28). El mismo caso se presentó al relacionar el nivel de daño con el rendimiento.

Cuadro 28. Coeficientes de correlación lineal existentes entre porcentaje de infestación de Spodoptera frugiperda y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

dds	Promedio infestación	Promedio rendimiento	r	P
	---%---	--qq/ha--		
0-30	7.66	85.93	0.24	0.31
30-45	13.33	85.93	0.16	0.50
45-60	7.90	85.93	-0.48	0.03

P = probabilidad

Cuadro 29. Coeficientes de correlación lineal existentes entre nivel de daño de Spodoptera frugiperda y rendimiento de sorgo en tres épocas de muestreo. Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

dds	Promedio daño	Promedio rendimiento	r	P
	---%---	--qq/ha--		
0-30	0.67	85.93	0.24	0.68
30-45	1.63	85.93	0.16	0.13
45-60	1.04	85.93	-0.48	0.65
Total	0.91	85.93	0.10	0.64

P = probabilidad

Ninguna de las correlaciones lineales indicaron algún efecto del nivel de daño sobre el rendimiento (Cuadro 29). Esto podría confirmar la suposición que el cogollero causa principalmente daño estético a la planta de sorgo, y las diferencias en el daño efectivo (con impacto en rendimiento) no pueden detectarse en condiciones de campo, por ser menores que las debidas a la variación residual (no controlable).

No se encontró ningún efecto del nivel de daño sobre las variables agronómicas: rendimiento, peso de 1000 granos, altura de planta, largo y ancho de la panoja (Cuadro 30). Se observó que el tratamiento que recibió más daño fue el que mejores rendimientos en promedio tuvo; pero esto no se puede atribuir a un efecto positivo del cogollero sobre la planta de sorgo, sino al azar. En este caso, el daño provocado por el cogollero a la planta de sorgo no causó ningún efecto sobre ésta. Las bajas poblaciones de cogollero pueden deberse a que, en la época en que se sembró este cultivo, no habían alrededor cultivos de sorgo o maíz, las fuentes primarias de infestación.

(3). Respuesta económica. Debido a que ningún nivel crítico fue alcanzado, no se realizaron aplicaciones, ésto provocó que no hubieran costos diferenciales por lo que no se pudo realizar un análisis económico.

Cuadro 30. Efecto de cinco niveles de daño causado por Spodoptera frugiperda sobre las variables agronómicas en sorgo en Terraza 4 San Nicolás. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.

Tratamiento	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Altura de planta	Largo de panoja	Diámetro de panoja
	---qq/ha---	---gr---	----cm----	----cm----	----cm----
P(F)	0.43	0.51	0.32	0.75	0.41
D1	87.3 a *	97.3 a	107.7 a	22.6 a	7.1 a
D2	82.2 a	98.3 a	105.7 a	21.7 a	6.1 a
D3	87.4 a	96.7 a	103.2 a	22.5 a	7.2 a
D4	83.8 a	98.1 a	111.5 a	22.8 a	6.4 a
D5	89.0 a	96.9 a	109.5 a	22.2 a	6.5 a

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p > 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

B- Evaluación combinada de todos los ensayos.

En el conjunto de los ensayos se puede evaluar como influyeron en los diferentes respuestas cada una de las variables controladas en el campo: niveles críticos, lugares, variedades, riego y épocas de siembra. Los correspondientes ANDEVAS se procesaron para datos no ortogonales usando el paquete SAS.

1- Infestación de Spodoptera frugiperda.

El tratamiento testigo y el tratamiento 40-80% siempre presentaron los mayores porcentajes de infestación en todas las etapas. En cambio no hay diferencia entre los tratamientos 10-10%, 15-30% y 30-60% (Cuadro 31). Esto coincide con lo encontrado por Evans y Stansly (1990) quienes observaron que los lugares aplicados presentaron menores infestaciones que los no aplicados. Esto se debió a que las infestaciones reales no fueron altas, lo que evitó encontrar diferencias entre el testigo y el tratamiento más alto.

En Colindres y en Vegas 2-3 se presentaron consistentemente las mayores infestaciones en comparación con Sta. Inés y San Nicolás (Cuadro 31). Se cree que la vegetación aledaña a estos últimos terrenos pudo haber influenciado estos resultados ya que pudo retrasar la llegada

Cuadro 31. Promedios de porcentajes de infestación de Spodoptera frugiperda en tres períodos del crecimiento del sorgo según niveles críticos, lugares, variedades, sistema de riego y época de siembra. Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Fuente de variación	Días después de siembra			
	0-30	30-45	45-60	Total
Nivel crítico	----- % de infestación-----			
P(F)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
10-10%	16.8 a *	17.9 a	12.9 a	15.8 a
15-30%	16.3 a	16.7 a	13.2 a	17.7 a
30-60%	17.3 a	23.2 b	14.9 ab	17.8 a
40-80%	22.9 b	26.3 b	19.1 b	22.5 b
Testigo	29.5 c	39.4 c	32.0 c	29.6 c
Lugar				
P(F)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Sta.Inés	3.4 a	11.1 a	9.7 a	10.5 a
San Nicolás	7.7 b	13.3 a	7.9 a	8.5 a
Colindres	29.7 c	26.2 b	29.0 c	26.8 b
Vega 2-3	32.4 d	39.4 c	20.8 b	30.7 c

Continuación
Cuadro 31.

Fuente de variación	Días después de siembra			
	0-30	30-45	45-60	Total
Variedad	----- % de infestación-----			
Sudán	21.5 b *	28.8 b	16.6 a	23.2 b
Isiap-Dorado	18.7 a	19.8 a	18.4 b	17.7 a
Riego				
Sin	19.8 a *	20.5 a	21.8 b	20.7 a
Con	20.0 a	26.4 b	14.4 a	19.7 a
Epoca				
Postrera	6.0 a *	12.5 a	8.6 a	9.2 a
Verano	31.1 b	32.8 b	24.9 b	28.8 b

* Tratamientos con letras distintas son diferentes estadísticamente ($P < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

de la plaga y/o servir como refugio a enemigos naturales. período de barbecho. Estos lugares que son sembrados durante todo el año son más susceptibles a ataques fuertes de cogollero ya que esta plaga ataca una gran variedad de cultivos (King y Saunders, 1984). Las variedad "Sudán" presentó mayores infestaciones de cogollero que la variedad Isiap-Dorado (Cuadro 31), esto indica que el cogollero tiene cierta preferencia a esta variedad.

El uso o no de riego utilizado no influyó en la infestación de cogollero (Cuadro 31); en cambio, al evaluar la época de siembra encontramos que en verano presenta las mayores infestaciones (Cuadro 31). La mayor presencia de cogollero en verano se debe a la escasez de alimento debida a la falta de agua. Además, Van Huis (1981) reportó que las fuertes lluvias, aun presentes en postrera, pueden reducir la población de cogollero.

2- Incidencia de parasitoides larvales.

No se encontró un efecto claro de los tratamientos sobre los parasitoides (Cuadro 32). Hay dos razones responsables de esto: 1- las parcelas no aplicadas pudieron servir como islas de refugio para los enemigos naturales (Andrews y Quezada, 1989), 2- hubo pocas aplicaciones de químicos, por lo que los enemigos naturales pudieron repoblar rápido las parcelas aplicadas.

Cuadro 32. Promedios de porcentajes de parasitismo en larvas de Spodoptera frugiperda según niveles críticos, lugares, variedades, sistema de riego y época de siembra. Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Fuente de variación		Porcentaje de parasitismo
Nivel crítico		
	P(F)	0.59
	10-10%	32.0 ab *
	15-30%	35.1 ab
	30-60%	38.9 a
	40-80%	24.9 a
	Testigo	28.9 ab
Lugar		
	P(F)	0.0001
	Sta. Inés	52.9 c *
	San Nicolás	-----
	Colindres	33.5 b
	Vega 2-3	19.9 a
Variedad		
	Sudán	32.3 a *
	Isiap-Dorado	33.5 a
Riego		
	Sin	40.8 b *
	Con	19.9 a
Epoca		
	Postrera	52.9 b *
	Verano	26.7 a

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($P < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

Santa Inés fue el terreno que más parasitismo presentó, en comparación con Colindres y la Vega 2-3 (Cuadro 32). Muchos factores pudieron influir en este resultado, uno de ellos pudo ser que es un terreno rodeado de vegetación (Mimosa tenuiflora en su mayoría) la que serviría de refugio a los enemigos naturales. Otro aspecto importante es que muchos agricultores siembran maíz alrededor de este terreno, dichos agricultores no utilizan un sistema intensivo de cultivo y por lo tanto el uso de agroquímicos es mínimo, lo cual favorece a los enemigos naturales. Además, Sta. Inés es un terreno con 3 o 4 años de ser trabajado en forma intensiva; esto implica un menor impacto de las prácticas de cultivo sobre los parasitoides, comparado con Colindres y Vega 2-3, los cuales se han cultivado intensivamente por más de 30 años.

El tipo de variedad utilizado no influyó en el parasitismo (Cuadro 32). En cambio, el sistema de riego sí influyó, encontrándose mayor parasitismo sin riego que con riego (Cuadro 32). El sistema de riego utilizado fue por aspersión en bandas, más o menos cada semana, esto puede reducir el período de actividad de los enemigos naturales.

La época en donde se encontró mayor parasitismo fue en postrera (Cuadro 32). En esta época aún hay lluvias y por ello se pueden encontrar más habitats disponibles donde buscar refugio y alimentación. En cambio, en verano la cantidad de alimento y lugares de refugio se restringe, lo que puede

ocasionar disminución en la población de enemigos naturales.

El parasitoide huevo-larval Chelonus insularis fue el que provocó la mayor mortalidad de cogollero (Cuadro 33), lo cual es diferente a lo encontrado por Castro, Pitre y Meckenstock (1989) quienes al recolectar larvas de cogollero en la zona sur de Honduras, encontraron que el parasitoide más importante era el nematodo Hexamermis sp. El segundo parasitoide en importancia fue el hongo Nomurea rileyi seguido por Lespesia archippivoras. Castro, Pitre y Meckenstock (1989) reportaron a Chelonus insularis como el segundo agente de mortalidad. Se encontraron en total nueve especies de parasitoides, seis insectos, un hongo, un virus no identificado y un nemátodo. En general, se encontró que 35.4% de las larvas estaban parasitadas (Cuadro 33).

3- Efecto de la infestación sobre las respuestas agronómicas.

Los diferentes niveles críticos no causaron efectos significativos sobre las variables económicas (Cuadro 34). Esto se debe a que no se presentaron infestaciones altas del cogollero que pudieran afectar el rendimiento. Sin embargo, el tratamiento testigo tiende siempre a ser el de menor rendimiento y el de menores indicadores de desarrollo de las plantas.

Cuadro 33. Porcentaje de parasitismo larval en Spodoptera frugiperda, todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Enemigo Natural	Recolecciones	
	Promedio	Máximo
-----% de parasitismo-----		
Insectos		
<u>Archytas marmoratus</u> (Townsend)	2.6	2.9
<u>Lespesia archippivora</u> (Riley)	3.4	6.1
<u>Chelonus insularis</u> Cresson	6.9	13.5
<u>Rogas laphygmae</u> Viereck	0.8	2.1
<u>Eiphosoma vitticolle</u> Cresson	2.1	5.2
<u>Ophion flavidus</u> Brullè	2.3	4.5
<u>Pristomerus spinator</u> (F.)	2.3	6.1
Hongos		
<u>Nomuraea rileyi</u> (Farlow)	5.1	10.5
Virus		
No identificado	1.5	3.2
Nematodos		
<u>Hexameris</u> sp.	0.5	1.1
Otras causas	7.9	13.2
TOTAL	35.4	

Los terrenos en donde se encontraron mejores rendimientos fueron Vega 2-3 y San Nicolás, que tuvieron 95.8 y 85.9 qq/ha respectivamente (Cuadro 34). Se cree que el agua fue el factor determinante en estos resultados. Los terrenos con mayores rendimientos tuvieron riego, mientras que los otros dos no.

Aunque la variedad "Sudán" había presentado mayores infestaciones, fue la que mejor produjo (Cuadro 34). Se cree que esta variedad es más resistente al daño del cogollero o se recupera mejor que la variedad Isiap-Dorado. La variedad "Sudán" presentó plantas más altas y con panoja más larga que la Isiap-Dorado, aunque esta última tuvo granos con mayor peso y panojas con mayor diámetro (Cuadro 34). Es posible que panojas más largas presenten mayor cantidad de grano y por ende mayor producción, en comparación con panojas pequeñas pero con grano más pesado.

Tanto el rendimiento, el peso de 1000 granos, la altura de la planta y el largo de la panoja, fueron mayores cuando se usó riego (Cuadro 34). Solamente el diámetro de la panoja no fue afectado por el uso del riego. El uso adecuado del agua es un factor importante para que la planta pueda desarrollar todo su potencial genético; además, una planta vigorosa puede recuperarse mejor del daño de plagas que una débil.

En la época de postrera es cuando mayores rendimientos se obtuvieron (Cuadro 34). Esto se debe principalmente a que hay

Cuadro 34. Efecto de cinco niveles críticos para control de Spodoptera frugiperda, cuatro lugares, dos variedades, dos sistemas de riego y dos épocas de siembra sobre las respuestas agronómicas del sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Fuente de Variación	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Altura de planta	Largo de panoja	Diámetro de panoja
	---qq/ha---	---gr---	-----cm----	-----cm----	-----cm----
Nivel crítico					
P(F)	0.48	0.58	0.07	0.63	0.36
10-10%	72.2 a *	64.7 a	120.4 a	24.6 a	6.8 a
15-30%	65.9 ab	64.7 a	117.8 a	24.2 ab	6.4 a
30-60%	65.8 ab	63.0 ab	114.9 ab	23.8 ab	6.8 a
40-80%	66.5 ab	65.2 a	117.7 a	23.8 ab	6.5 a
Testigo	59.2 b	57.5 b	104.5 b	21.3 b	5.7 a
Lugares					
P(F)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.22
Sta. Inés	67.6 b	-----	-----	-----	-----
San Nicolás	85.9 c	97.46 a	107.5 b	22.9 b	6.7 a
Colindres	16.3 a	32.18 c	97.7 c	21.3 b	6.7 a
Vega 2-3	95.8 d	59.47 b	140.0 a	26.4 a	6.0 a

Continuación
Cuadro 34.

Fuente de Variación	Rendimiento		Peso de 1000 granos		Altura de planta		Largo de panoja		Diámetro de panoja		
	---qq/ha---		---gr---		----cm----		----cm----		----cm----		
Variedades											
Sudán	85.2	b *	59.5	a	140.0	b	26.4	b	5.9	a	
Isiap-Dorado	51.1	a	64.8	b	102.6	a	22.1	a	6.7	b	
Riego											
Sin	35.5	a	32.1	a	97.7	a	21.3	a	6.7	a	
Con	90.8	b	78.5	b	123.8	b	24.6	b	6.3	a	
Epoca											
Postrera	79.1	b	97.5	b	107.5	a	22.9	a	6.7	a	
Verano	56.0	a	45.8	a	118.8	b	23.9	a	6.3	a	

(1) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

mayores infestaciones de cogollero durante el verano que en postrera. En verano, la cantidad de alimento disponible para esta plaga está limitada a aquellos lugares con riego, por lo que la presión de la plaga por unidad de área aumenta provocando mayor daño a los cultivos.

4- Respuestas económicas.

Los lugares que presentaron mayores costos totales fueron Colindres y Vega 2-3 (Cuadro 35). Este resultado se atribuye a la cantidad de aplicaciones necesarias para bajar las poblaciones de cogollero. Tanto Sta. Inés como San Nicolás presentaron bajas infestaciones de la plaga por lo que no se realizaron muchas aplicaciones (Figuras 3 y 9). San Nicolás y Vega 2-3 presentaron los mayores beneficios netos y también las mayores relaciones beneficio/costo. Esto se cree que es debido al uso del riego, ya que ambos terrenos fueron regados (Cuadro 3). La infestación de cogollero no tuvo gran influencia sobre los resultados económicos ya que la Vega 2-3 tuvo altas infestaciones (Figura 7) pero fue igual de lucrativa que San Nicolás (Cuadro 35).

La variedad con la cual se obtuvieron mejores resultados fue "Sudán" (Cuadro 35) la cual aunque presentó mayores infestaciones produjo mejor (Cuadros 31). Esto puede deberse a que Sudán es una variedad con cierto grado de resistencia al cogollero.

Cuadro 35. Respuesta económica del sorgo en cuatro localidades, dos variedades, dos sistemas de riego y dos épocas de siembra; todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Fuente de variación		Costo Total	Beneficio Neto	Relación Beneficio /Costo
		---Lps/ha---	---Lps/ha---	----%----
Lugar				
	P(F)	0.0001	0.0001	0.0001
	Sta.Inés	1051.21 b *	1841.7 b	175.51 b
	Sn.Nicolás	961.43 a	2733.7 c	284.34 c
	Colindres	1138.90 c	-437.2 a	-40.69 a
	Vega 2-3	1163.31 c	2954.5 c	255.67 c
Variedad				
	Sudán	1121.27 b	2537.20 b	225.61 b
	Isiap-Dorado	1050.16 a	1148.30 a	121.83 a
Riego				
	Sin	1106.02 b	417.40 a	40.39 a
	Con	1062.37 a	2844.10 b	270.01 b
Epoca				
	Postrera	995.10 a	2399.20 b	243.53 b
	Verano	1151.10 b	1258.60 a	107.49 a

* Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias.

El riego fue un factor importante ya que su uso aumentó considerablemente el beneficio neto (Cuadro 35). Esto también nos indica que el sorgo puede recuperarse del daño de cogollero si tiene todas las condiciones necesarias para su óptimo desarrollo.

La época de postrera presentó mayores beneficios netos y una mejor relación beneficio/costo (Cuadro 35). Se cree entonces que si se utiliza el riego como un complemento de la lluvia se obtienen mejores resultados en postrera, ya que también hay mayor presencia de enemigos naturales de cogollero. El riego ayuda a la planta a recuperarse del daño y los enemigos naturales reducen las poblaciones de cogollero.

En el análisis marginal comparativo, se observa que aunque todos los tratamientos son diferentes en cuanto al costo total (debido al número de aplicaciones), no presentan diferencias en el Beneficio Neto (Cuadro 36). Sin embargo, es posible observar una tendencia en donde el nivel crítico más bajo presenta mejores resultados. Esta tendencia puede observarse en la Figura 11, donde vemos que el tratamiento 10-10% es el mejor según la tasa de retorno marginal, pero carece de respaldo estadístico.

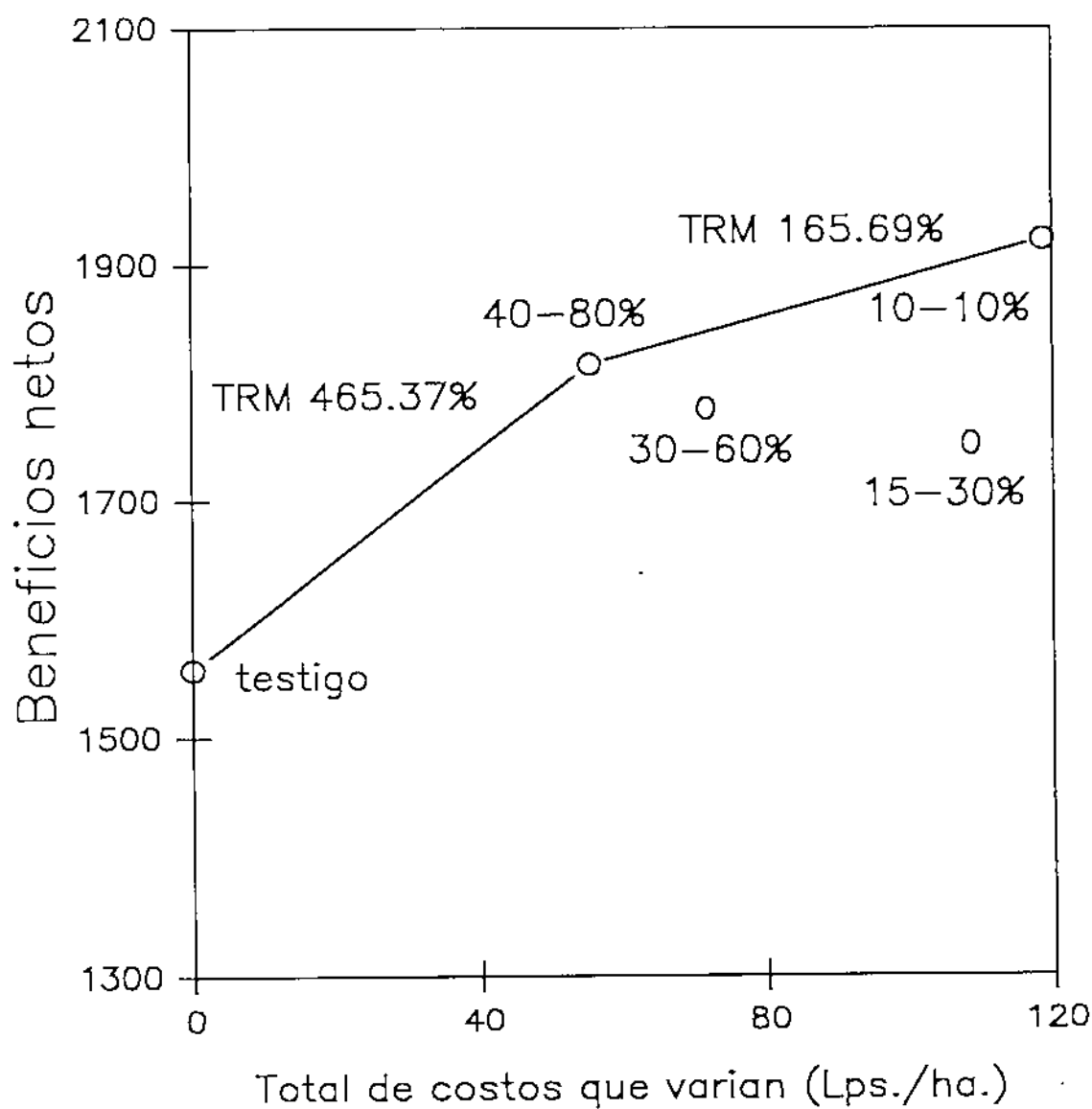


Figura 11. Relación Beneficio-Costo: Todos los ensayos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1993.
TRM= Tasa de Retorno Marginal.

Cuadro 36. Análisis de retorno, y análisis marginal comparativo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto	Análisis de Dominancia	T.R.M. ⁽¹⁾
	Lps/ha	Lps/ha	-----%-----	-----%-----
10-10%	118.74 d ⁽²⁾	1920.60 a		105.1
15-30%	116.30 c	1733.10 a	Dominado	
30-60%	74.18 b	1761.20 a	Dominado	
40-80%	55.31 b	1815.50 a		257.4
100-100%	0.00 a	1558.10 a		

(1) Tasa de Retorno Marginal

(2) Tratamientos con letra distinta son diferentes estadísticamente ($p < 0.25$) según la prueba Tukey de separación de medias

5- Análisis de relación.

Ninguna de las relaciones entre la infestación de cogollero y el rendimiento del sorgo fue representativa ya que recogieron menos del 7% de la variación total del rendimiento explicable por cambios en el nivel de infestación (Cuadro 37). Igualmente, en el caso de las relaciones entre el beneficio neto y la infestación ninguna relación resultó representativa, ya que menos del 9% de la variación total del beneficio neto es explicable por cambios en el nivel de infestación (Cuadro 38).

Estos resultados de las relaciones no permitieron establecer funciones que respaldaran una evaluación económica más rigurosa. Las débiles relaciones pueden deberse o bien a que el cogollero es una plaga con daño principalmente estético, o bien que se necesita refinar mucha más el método de muestreo en el campo.

Cuadro 37. Relaciones lineales y cuadráticas entre infestación de cogollero y rendimiento del sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Epoca. (DDS)	Tipo de regresión	Ecuación	r	P
0-30	Lineal	$68.94 - 0.13X$	-0.07	0.52
	Cuadrática	$63.35 + 0.86X - 0.02X^2$	-0.16	0.42
30-45	Lineal	$69.35 - 0.12X^2$	-0.08	0.50
	Cuadrática	$69.79 - 0.17X + 0.00X^2$	+0.08	0.80
45-60	Lineal	$71.43 - 0.29X$	-0.15	0.20
	Cuadrática	$80.99 - 1.37X + 0.02X^2$	+0.25	0.11
0-60	Lineal	$75.41 - 0.45X$	-0.23	0.05
	Cuadrática	$76.98 - 0.65X + 0.01X^2$	+0.23	0.14

Cuadro 38. Relaciones lineales y cuadráticas entre infestación de cogollero y beneficio neto producido por el sorgo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Epoca. (DDS)	Tipo de regresión	Ecuación	r	P
0-30	Lineal	$1955.90 - 9.54X$	-0.12	0.31
	Cuadrática	$1787.14 + 20.67X - 0.76X^2$	-0.15	0.42
30-45	Lineal	$1935.52 - 7.15X$	-0.10	0.42
	Cuadrática	$2054.76 - 18.33X + 0.19X^2$	+0.11	0.67
45-60	Lineal	$1998.04 - 13.17X$	-0.15	0.21
	Cuadrática	$2529.92 - 73.22X + 1.17X^2$	+0.29	0.05
0-60	Lineal	$2227.72 - 22.99X$	-0.26	0.02
	Cuadrática	$2434.14 - 49.05X + 0.59X^2$	+0.27	0.07

6- Análisis del riesgo.

Tomando los beneficios netos de todas las parcelas de los ensayos y comparando el promedio del 25% de los peores casos para cada tratamiento, se encontró que los tratamientos 10-10% y 15-30% eran los que ofrecían menor pérdida. En cambio, con los otros tres tratamientos se llegaban a perder aproximadamente Lps. 600 (Cuadro 39).

Cuadro 39. Análisis de riesgo: Retornos mínimos para el 25% de los peores casos. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Tratamientos	Beneficios netos 25% de los peores casos en los tres ensayos	Beneficios netos 25% de los peores casos sin incluir Nivel alto - Verano 1991
	-----Lps/ha-----	
10-10%	-288.82 *	1429.72
15-30%	-452.28	1121.85
30-60%	-658.13	2498.91 *
40-80%	-561.07	1980.27
100-100% Testigo	-595.34	925.93

* Tratamiento que menos riesgo presenta.

Estos bajos beneficios netos fueron son muy influenciados por el ensayo de nivel de infestación alto - Verano, 1991, en donde el riego fue otra limitante en el desarrollo de las plantas de sorgo. Para saber entonces qué pasaría en un lugar donde se le dieron al sorgo todas las

prácticas agronómicas , se quitó el ensayo de nivel de infestación alto - Verano 1992 y se realizó nuevamente el análisis de riesgo (Cuadro 39). Los resultados muestran que los tratamientos 30-60% y 40-80% son los que mejor evitan el riesgo, ya que aun en los peores casos ganan 2498.91 y 1980.27 Lps/ha respectivamente.

7- Análisis del muestreo.

Bajo la hipótesis de que el método de muestreo puede ser una de las causas de no haber podido encontrar suficiente correlación entre infestación y rendimientos, se hace conveniente analizar el tipo de muestreo que estamos utilizando. Los aspectos involucrados sobresalientes son: coeficiente de variación, tamaño de muestra óptimo, y la relación entre la infestación y el coeficiente de variación.

Al analizar cómo fluctuaba el coeficiente de variación de acuerdo al nivel de infestación se aprecia que con cuatro plantas muestreadas el coeficiente de variación se estabiliza (Figura 12); sería ineficiente muestrear en cada unidad de muestreo (estación) diez plantas, como se venía usando. Al comparar la fluctuación del coeficiente de variación en las diferentes etapas de la planta se observaba la misma tendencia, luego de cuatro plantas se estabiliza suficientemente (Figura 13).

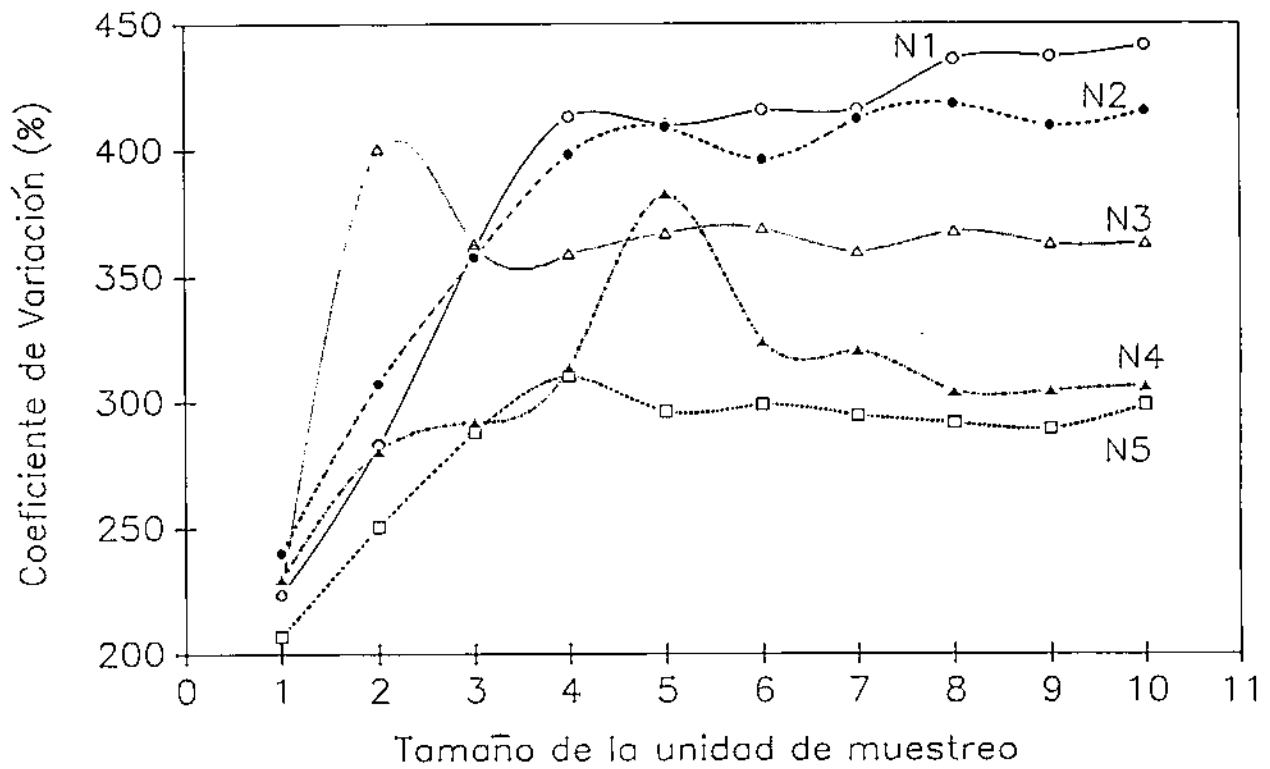


Figura 12.

Fluctuación del coeficiente de variación de acuerdo a cinco niveles de infestación. N1 = Nivel 1, N2 = Nivel 2, N3 = Nivel 3, N4 = Nivel 4, N5 = Nivel 5. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

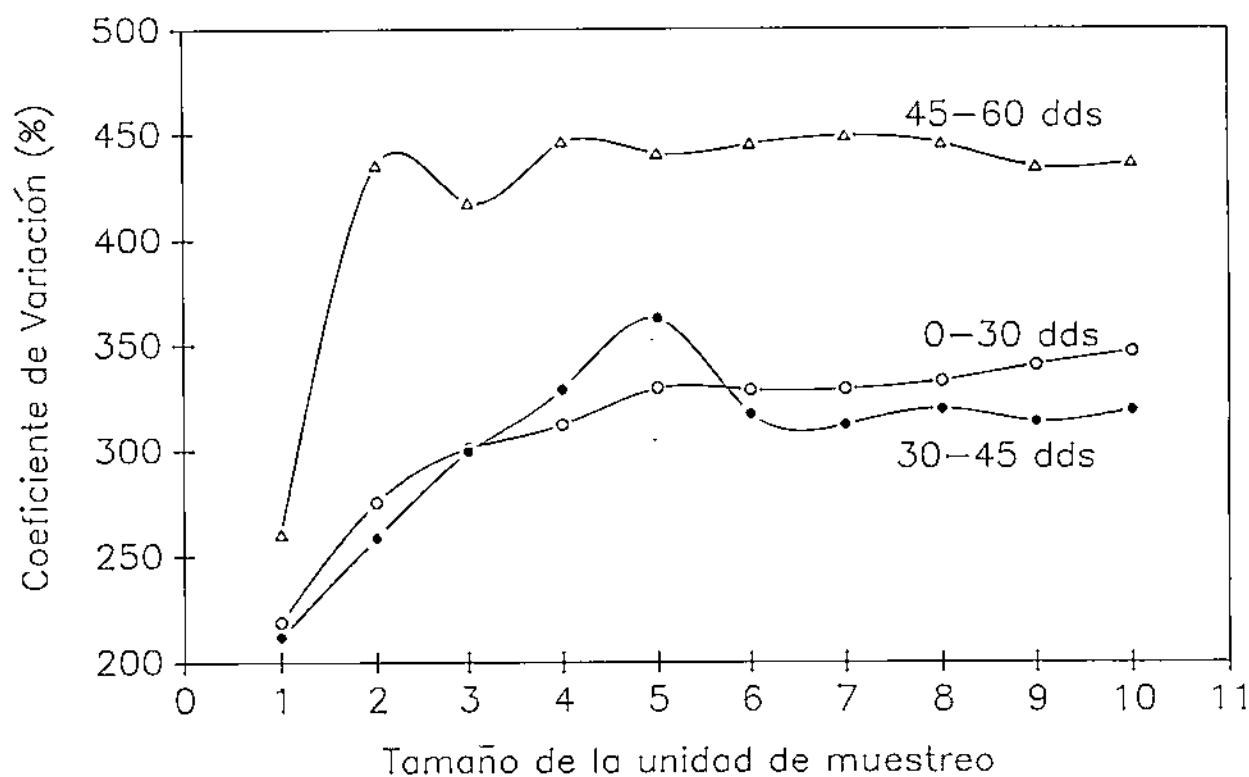


Figura 13.

Fluctuación del coeficiente de variación de acuerdo a tres etapas del cultivo. 0-30 días después de siembra (dds), 30-45 dds y 45-60 dds. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

El tamaño de muestra óptimo para un error mínimo = 20% y un grado de confiabilidad = 0.80 fue de 90 plantas (Figura 14), teniendo coeficientes de variación entre 150% y 200%. Esto sugiere que para llegar a un muestreo confiable deberíamos tomar 92 plantas divididas en 23 sitios de cuatro plantas. Los muestreos utilizados para todos los análisis anteriores eran de 100 plantas, divididas en diez sitios de diez plantas (ver Anexo 5), si se deseara mantener ese nivel de esfuerzo menorando la eficiencia (precisión) las 100 plantas debieran dividirse en 25 sitios de cuatro plantas. En cambio, O'Neil et al. (1989) propusieron utilizar tres sitios de diez plantas cada uno para tener una idea de la infestación de cogollero; pero señalan la posibilidad de encontrarse ambigüedades al momento de la toma de decisiones para implementar un control.

Finalmente, al comparar la fluctuación del coeficiente de variación con respecto al porcentaje de infestación observamos que de 0 a 20% de infestación el coeficiente de variación supera el 200%, con lo que el tamaño de muestra óptimo correspondiente a poblaciones bajas sería mayor al propuesto anteriormente (Figura 15). Sin embargo, hemos observado que poblaciones abajo de 20% no llegan a provocar un daño económico importante. Cuando la infestación es mayor a 20% el coeficiente de variación es menor a 200% y tiende a estabilizarse hacia 150%. Con esto confirmamos que

sí sería suficiente muestrear 100 plantas para conocer realmente la población que se encuentra en el campo y así tomar decisiones de control, en poblaciones suficientemente altas (arriba de 20% de infestación) que puedan ameritar control.

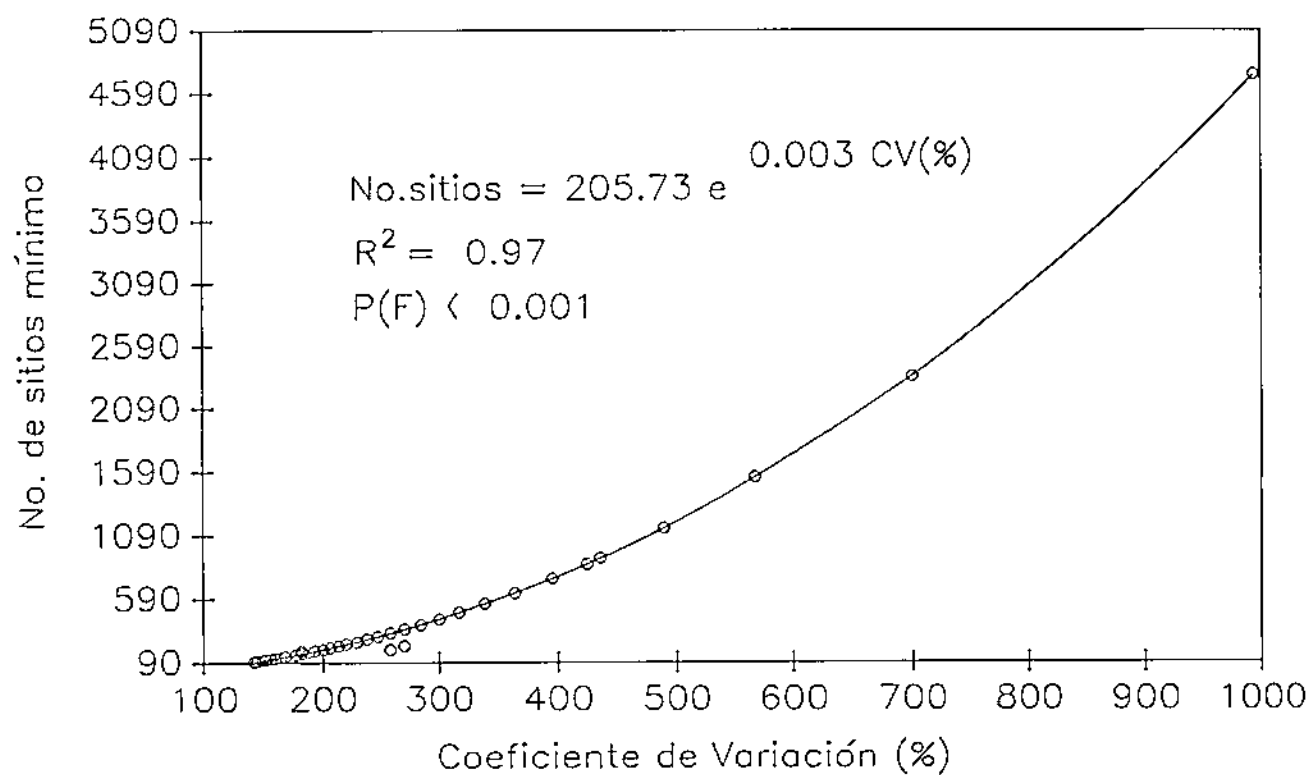


Figura 14. Tamaño de muestra óptimo dependiendo del coeficiente de variación ($E = 20\%$; $p = 0.80$). Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

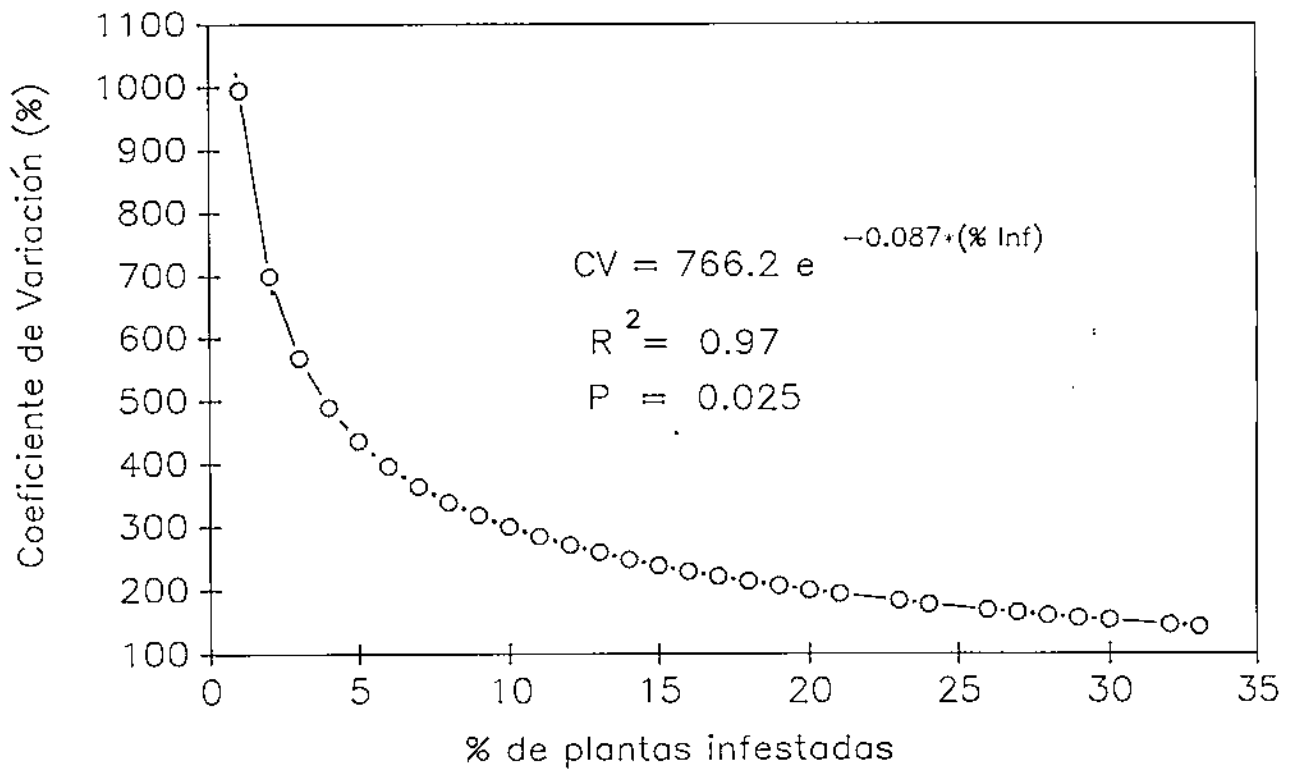


Figura 15. Fluctuación del coeficiente de variación dependido del porcentaje de infestación. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

VI. CONCLUSIONES

En general, aquellos lugares en donde se usan biocidas presentan menores infestaciones que aquellos donde no se usa el control químico.

Colindres y Vega 2-3 son los terrenos que presentan las mayores infestaciones debido a su laboreo continuo a través del año. El tipo de variedad y la época de siembra influyen sobre la infestación de cogollero.

Los diferentes niveles de infestación no influyen sobre el rendimiento debido a que la planta de sorgo puede recuperarse del daño provocado por cogollero.

El riego, el tipo de variedad y la época en que se sembró fueron factores importantes en las diferencias en rendimiento. Es posible lograr mejores resultados con la variedad Sudán, con riego y en la época de postrera.

Las tres especies de parasitoides más importantes en este estudio fueron: Chelonus insularis, Nomuraea riley y Lespesia archippivoras. En total se encontraron nueve especies de parasitoides que causaron 35% de mortalidad en cogollero. Aquellos lugares que se trabajan en forma menos intensiva y que están rodeados de bastante vegetación presentan mayores porcentajes de parasitismo, por ej: Sta. Inés. El riego y la época de siembra influyen sobre el nivel de parasitismo. El usar riego (aspersión) puede disminuir la actividad de los parasitoides ya que éstos no pueden volar, mientras que en

postrera se encuentra mayor cantidad de enemigos naturales debido a la disponibilidad de medios que necesitan para sobrevivir. Al igual que con el rendimiento, los mejores resultados económicos se obtienen al usar la variedad "Sudán", el riego y sembrar en postrera. Aunque no hay un efecto definido estadísticamente de los niveles críticos sobre las variables económicas se observó una tendencia del nivel crítico 10-10% a dar los mejores resultados.

El tratamiento 30-60% es el que protege mejor contra el riesgo, obteniendo los mayores beneficios netos en los peores casos.

No fue posible determinar un nivel crítico óptimo bajo la metodología de función de respuesta en producción, ya que no se encontró una correlación significativa entre infestación y rendimiento. Probablemente el sistema de muestreo usado no está suficientemente refinado. A medida que el porcentaje de infestación aumenta, el coeficiente de variación disminuye y por consiguiente el tamaño de muestra óptimo también disminuye. Después de 20% de infestación se pueden utilizar 92 plantas en 23 sitios de 4 plantas cada uno para obtener datos de muestreo confiables. Abajo de 20% de infestación, el tamaño de muestra óptimo se convierte en algo impráctico, pero abajo de ese porcentaje el daño de cogollero no es importante para merecer control.

VII. RECOMENDACIONES

De las conclusiones anteriores se desprenden las siguientes recomendaciones:

Agronómicas:

- 1- Para la producción de sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, sólo resulta económico el uso del control químico contra S. frugiperda cuando la infestación es mayor a 30%, en el período que va desde los 20 a los 40 días después de la siembra. Esta recomendación está pretende evitar el riesgo.
- 2- La interacción entre el mantenimiento del cultivo y su recuperación del ataque del gusano cogollero es tan alta, que garantizando buenas condiciones para el desarrollo de este, el sorgo puede recuperarse completamente.
- 3- Para obtener los mejores resultados, tanto agronómicos como económicos, se debe usar la variedad "Sudán", con riego, y en la época de postrera.
- 4- Debieran realizarse pruebas en grandes extensiones para validar los resultados de este estudio.

Ecológica:

- 1- Las aplicaciones de plaguicidas de amplio espectro deben minimizarse para evitar su impacto negativo sobre los parasitoides larvales.

Con respecto al muestreo:

- 1- No deben utilizarse niveles críticos menores a 20% de infestación. En caso de necesitarse tales niveles con sentido económico, se debiera encontrar un método de muestreo adecuado para monitorear estos bajos niveles de infestación.
- 2- Se recomienda muestrear 25 sitios y 4 plantas por sitio en campos uniformes no mayores de 10 hectáreas para monitoreo de S. frugiperda en sorgo, cuando la infestación sea mayor de 20%.
- 3- Conviene afinar más el método de muestreo para lograr correlaciones suficientemente altas entre infestación con rendimiento y beneficio.

VIII. RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la EAP durante el período de 1991 a 1992 y los objetivos fueron: 1- Validar diferentes niveles críticos para el control de S. frugiperda, 2- Probar el efecto de las aplicaciones de insecticidas sobre los parasitoides larvales y 3- Evaluar el sistema de muestreo para S. frugiperda.

Se consideraron dos tipos de variables: 1- Variables agronómicas (VA): rendimiento, peso de 1000 granos, altura de planta, diámetro de la panoja y longitud de la panoja. 2- Variables económicas (VE): beneficio neto, relación beneficio/costo y costos totales. El estudio se realizó en cuatro localidades usando como factores de estudio cinco niveles críticos, dos variedades, dos sistemas de riego y dos épocas de siembra.

El testigo y el nivel crítico 40-80% presentaron mayores infestaciones en promedio (29 y 22%; $P < 0.25$). Las Vegas 2-3 y Colindres fueron las localidades con mayores infestaciones (30 y 26 %; $P < 0.25$); mientras que la variedad Sudán fue más atacada (23%) que la variedad Isiap-Dorado (17% , $p < 0.25$). El tipo de riego no influyó en la infestación, pero sí las épocas de siembra dando en verano mayor infestación que en postrera.

Los niveles críticos no afectaron las VA. Los lugares sembrados en verano con riego, presentaron mejores rendimientos que aquellos sin riego. La variedad Sudán dió la

mejor producción de 85 qq/ha en comparación con 51 qq/ha alcanzados por la variedad Isiap-Dorado ($P < 0.25$).

Las diferencias en las VE son similares a las halladas en las VA.

El análisis económico-marginal muestra que es preferible utilizar el tratamiento 10-10% ya que da una tasa de retorno de 166% (sin respaldo estadístico). En el análisis de riesgo, el mismo tratamiento fue el preferido cuando se consideraron todos los lugares. Excluyendo Colindres el tratamiento preferible es 30-60%.

En parasitismo se encontraron diferencias debidas al lugar, al riego y a la época. Se encontró mayor parasitismo en Santa Inés (53%, $p < 0.25$), sin riego (41%, $p < 0.25$) y en postrera (53%, $p < 0.25$). El parasitoide más común fue Chelonus insularis Cress. que parasitó 14% de las larvas, seguido por el hongo Nomuraea rileyi (Farlow), que parasitó 11% de las larvas.

Las relaciones infestación-rendimiento e infestación-utilidad no tuvieron en general representatividad para poder estimar una función de daño.

En el muestreo el coeficiente de variación se comienza a estabilizar a partir de la cuarta planta. El tamaño de muestra óptimo ($E=20\%$, $P=80\%$) mínimo a utilizar para monitoreo de Spodoptera frugiperda debe ser de 23 sitios de 4 plantas cada uno.

Anexo 1. Composición de dieta artificial para Spodoptera frugiperda. Cantidades necesarias para producir un litro de dieta. Centro de Control Biológico para Centroamérica. El Zamorano, Honduras.

INGREDIENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Agua	mililitros	1000.00
Agar	gramos	69.00
Frijol pinto	gramos	62.50
Germen de trigo	gramos	50.00
Proteína de soya	gramos	25.00
Caseína	gramos	18.75
Levadura	gramos	31.25
Acido ascórbico	gramos	3.00
Acido sórbico	gramos	1.50
Vitamina	gramos	5.00
Tetraciclina	gramos	62.5
Formalina 40%	mililitros	3.00
Metilparabenceno	gramos	2.50

Anexo 2. Costos comunes ensayo niveles de infestación bajo - Postrera. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Operación	Frecuencia	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1- Maquinaria				----Lps.----	--Lps.--
Arada	1	hora	2.22	26.95	59.89
Rastreada	2	hora	1.67	42.40	141.33
Siembra	1	hora	0.62	30.00	18.52
Asperjado	1	hora	1.25	26.95	33.69
Fertilizado	2	hora	0.62	30.00	37.04
2- Insumos					
18-46-0		qq.	3.75	68.00	255.00
Urea		qq.	4.15	49.00	203.35
Semilla		lb.	16.75	1.80	30.15
Atrazina 4L		lt.	4.00	14.12	56.49
3-Mano de obra					
Días trabajados		jornal	7.55	12.32	93.02
Horas (25%)		hora	15.15	1.93	29.24
Horas (100%)		hora	6.50	3.08	20.02
TOTAL					977.73

Anexo 3. Costos comunes ensayo nivel de infestación alto - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1991.

Operación	Frecuencia	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1- Maquinaria				---Lps.---	---Lps.---
Arada	1	hora	2.38	26.95	64.14
Rastreada	2	hora	2.08	42.40	176.38
Siembra	1	hora	0.48	30.00	14.40
Asperjado	1	hora	1.52	26.95	40.96
Fertilizado	2	hora	0.18	30.00	10.80
2- Insumos					
18-46-0		qq.	3.75	68.00	255.00
Urea		qq.	4.15	49.00	203.35
Semilla		lb.	16.75	1.80	30.15
Atrazina 4L		lt.	4.00	14.12	56.49
3-Mano de obra					
Días trabajados		jornal	7.55	12.32	93.02
Horas (25%)		hora	15.15	1.93	29.24
Horas (100%)		hora	6.50	3.08	20.02
TOTAL					993.95

Anexo 4. Costos comunes ensayo nivel de infestación medio - Verano. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Operación	Frecuencia	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
				---Lps.---	--Lps.--
1- Maquinaria					
Arada	1	hora	2.38	26.95	59.89
Rastreada	2	hora	2.08	42.40	141.33
Siembra	1	hora	0.48	30.00	18.52
Asperjado	1	hora	1.52	26.95	33.69
Fertilizado	2	hora	0.18	30.00	37.04
2- Insumos					
18-46-0		qq.	4.00	68.00	272.00
Urea		qq.	4.00	49.00	196.00
Semilla		lb.	20.00	1.80	36.00
Atrazina 4L		lt.	4.00	14.12	56.49
3-Mano de obra					
Días trabajados		jornal	7.55	12.32	93.02
Horas (25%)		hora	15.15	1.93	29.24
Horas (100%)		hora	6.50	3.08	20.02
TOTAL					1009.455

Anexo 5. Ejemplo de la hoja de evaluación del muestreo, 10 sitios y 10 plantas por sitio. Medidas estadísticas acumulativas de infestación (Media), desviación estandar (s), coeficiente de variación (CV) y tamaño óptimo de muestra. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 1992.

Porcentaje de infestacion

P=203 09/11/92

TAMANO DE MUESTRA

PLANTA #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SITIOS										
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
7	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MEDIA	0.50	0.40	0.33	0.30	0.30	0.28	0.30	0.30	0.30	0.29
S	0.50	0.49	0.47	0.46	0.46	0.45	0.46	0.46	0.46	0.45
CV	100.00	122.47	141.42	152.75	152.75	159.04	152.75	152.75	152.75	156.47

TAMANO OPTIMO DE MUESTRA

GRADO DE CONFIANZA	ERROR ESPERADO			
	10%	20%	30%	40%
95%	1252.695	313.1739	139.1884	78.29347
90%	822.5935	205.6483	91.39927	51.41209
85%	606.5544	151.6386	67.39494	37.90965
80%	468.2790	117.0697	52.03100	29.26743
75%	369.1960	92.29902	41.02178	23.07475
70%	295.1651	73.79127	32.79612	18.44781
65%	237.5378	59.38446	26.39309	14.84611
60%	189.5944	47.39862	21.06605	11.84965
55%	152.4103	38.10257	16.93447	9.525644
50%	120.9959	30.24899	13.44399	7.562249
45%	94.41555	23.60388	10.49061	5.900972
40%	72.18716	18.04679	8.020796	4.511698
35%	54.08241	13.52060	6.009157	3.380150
30%	38.78166	9.695417	4.309074	2.423854
25%	26.50038	6.625095	2.944486	1.656273
20%	16.6779	4.169475	1.8531	1.042368

IX- BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, K.L. 1984. El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales en la Escuela Agrícola Panamericana. MIPH-EAP-7, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 87 p.
- ANDREWS, K.L. 1988. Latin american research on Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:Noctuidae). Florida Entomologist U.S.A. 71:630-653.
- ANDREWS, K.L.; QUEZADA, R. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 623 p.
- AVEDILLO, M. s.f. Análisis de riesgo. Apuntes para el curso de Economía Agrícola. Departamento de Economía Agrícola y Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras.
- AVEDILLO, M. 1992. Muestreo estadístico. (Apuntes mimeografiados). Departamento de Economía Agrícola y Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 7 p.
- BARFIELD, C.S. 1989. El muestreo en el Manejo Integrado de Plagas. EN Andrews, K.L & Quezada, R. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 623 p.
- BENTLEY, J.W.; ANDREWS, K.L. 1990. Pest, peasants and publications: anthropological and entomological views of an integrated pest management programs for samll-scale honduran farmers. Human organization. U.S.A. 50(2):113-123.
- BISHOP, C.E.; TOUSSAINT, W.D. 1988. Introducción al análisis de economía agrícola. Décima reimpresión. (Trad. del inglés por Miguel Angel Cuadra Palafox). LIMUSA, S.A. México, D.F. 262 p.

- BRAUCHLE, R. 1990. Evaluación Tecnicoeconómica de diferentes niveles de acción para control del Gusano Cogollero (Spodoptera frugiperda) en maíz (Zea mays). Tesis Ing. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 80 p.
- CASTRO, M.; PITRE, H.; MECKENSTOCK, D.H. 1989. Populations of fall armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E.Smith), larvae and associated natural enemies in sorghum and maize cropping systems in southern Honduras. Trop. Agric. Trinidad, Trinidad y Tobago. 66(3):259-264.
- CASTRO, M. 1990. Density and aspects of the biology of some pest and beneficial insects on sorghum and maize: influence of intercropped systems with and without pigeonpea or cowpea in central and southern Honduras. Thesis Ph.D. Mississippi State University. Mississippi, U.S.A. 107 p.
- CAVE, R.D. 1990. Parasiotides larvales y Pupales de Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Centro América con una clave para las especies encontradas en Honduras. CEIBA, en Prensa.
- CHAMBERLIN, J.R.; ALL, J.N. 1991. Grain Sorghum Response to Fall Armyworm and Corn Earworm Infestation. J. Econ. Entomol. Kansas, U.S.A. 84(2): 619-624.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F., México. 79 p.
- COMPTON, P. 1990. Agronomía del Sorgo. Instituto Internacional para el mejoramiento en cultivos para los trópicos semi-áridos (ICRISAT). Hyderabad, India. 301 p.
- EDWARDS, C.R.; CHANEY, W.E.; BERGMAN, M.K.; JORDAN, T.N.; MEYER, R.W.; SCOTT, D.N.; FERRIS, J.M.; CORRIGAN, R.M.; MENGEL, D.B.; STEINHART, G.C.; SUTTON, P.L. 1986. Fields crops IPM scout manual. Purdue University. Indiana, U.S.A. pp 35-36.

- EVANS, D.C; STANSLY, P.A. 1990. Weekly Economic Injury Levels for Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Infestation of Corn in Lowland Ecuador. J. Econ. Entomol. Kansas, U.S.A. 83(6): 2452-2454.
- GOMEZ, A.K.; GOMEZ, A.A. 1976. Statistical procedures for agricultural research. 2nd. ed. International Rice Research Institute (IRRI). Manila, Phillipines. 680 p.
- GUDIEL, V.M. 1987. Manual agrícola Superb. 6a. ed. Productos Superb. Guatemala, Guatemala. 393 p.
- HRUSKA, A.J.; GLADSTONE. S.M. 1987. El costo del control del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda en el maíz, en Nicaragua. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 4 p.
- HRUSKA, A.J.; ROSSET, P.M. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. EN: Memorias del curso/taller sobre estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Pwyecto MIP/CATIE/CR. San José, Costa Rica. pp. 30-44.
- IICA; MINISTERIO DE ASUNTOS EXTRANJEROS DE FRANCIA. 1989. Compendio de agronomía tropical. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 694 p.
- INSECT CONTROL Manual. Everything for Planning 1992's Control Programs. 1992. Ed. por R.T. Meister. Meister Publishing Company. Ohio, U.S.A. 447 p.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anualeswlimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero. Londres, Inglaterra. 182 p.
- NIETO, R.; LLANDERAL, C. 1982. Biología e identificación de estadios larvarios de Spodotpera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Folia. Entomol. Mex. 54:11.

- NWUANZE, K.F.; KOKUBU, H.; TEETES, G.L. 1987. Insect pests of sorghum and their control. EN: 11th International congress of plant protection. [Proceedings]. International Union of Biological Sciences. Manila, Philippines. 363 p.
- O'NEIL, R.; ANDREWS, K.; BARFIELD, C.; SOBRADO, C. 1989. A sampling program for fall armyworm in maize. J. Econ. Entomol. Kansas, U.S.A. 82:134-138.
- ONSTAD, D.W. 1987. Calculation of Economic-injury Levels and Economic Thresholds for Pest Management. J. Econ. Entomol. Kansas, U.S.A. 80:297-303.
- PASSOA, J. 1984. Lista de los insectos asociados con los granos básicos y otros cultivos selectos en Honduras. Tegucigalpa, Honduras. CEIBA 25: 1-98.
- PIMENTEL, D. 1991. CRC Handbook of pest management in agriculture. 2 ed. CRC Press, Inc. Boston, U.S.A. v.2, 757 p.
- PORTILLO, H.E. 1991. Insect pest ecology population dynamics and partial crop life tables and loss assessments in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. Thesis M.Sc. Mississippi State University. Mississippi, U.S.A. 114 p.
- PORTILLO, H.E.; PITRE, H.N.; MECKENSTOCK, D.H.; ANDREWS, K.L. 1991. Langosta: a Lepidopterous pest complex on sorghum and maize in Honduras. Florida Entomologist. 74:(2) 287-296.
- RAMIREZ, O. 1992. Metodologías para la determinación de umbrales de acción: errores del pasado y perspectivas para el futuro. EN: Memoria del IV congreso internacional de manejo integrado de plagas 20-24 de abril 1992. CEIBA. 33:(1) parte B 331-342.

- REYES, R.; ANDREWS, K.; CHENG, P.C.; GARCIA, F.A. 1983. Un aplicador manual de insecticidas granulados; su eficacia para el control de Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) y Diatraea sp. con phoxim en el sorgo, (Sorghum bicolor) en El Salvador, C.A. Turrialba, 33:375-379.
- SOTHWOOD, T.R.E. 1978. Ecological Methods with Particular References to the Study of Insect Populations. Methuen, Londres. 391 p.
- STARKS, K.J.; BURTON, R.L. 1979. Damage to grain Sorghum by Fall Armyworm and Corn Earworm. J. Econ. Entomol. 72: 576-578.
- TRABANINO, R.; PITRE, H.N.; MECKENSTOCK, D.H.; ANDREWS, K.L. 1988. Influence of Plant Population on Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) Infestation and Damage to Sorghum. Tegucigalpa, Honduras. CEIBA 29(1): 31-40.
- VAN HUIS, A. 1981. Integrated pest management in the samll farmers' maize crop in Nicaragua. Land bouwhogeschool. Wageningen 81-6, Países Bajos. 221 p.
- WHEELER, G.S.; ASHLEY, T.R.; ANDREWS, K.L. 1989. Larval parasitoids and pathogens of the fall armyworm in Honduran maize. Entomophaga 34(3): 331-340.
- ZANDSTRA, H.G.; PRICE, E.C.; LITSINGER, T.A.; MORRIS, R.A. 1986. Metodología de Investigación en Sistemas de Cultivo en Finca. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Bogotá, Colombia. pp 122-125.