

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

PROGRAMA CENTROAMERICANO DE MAESTRÍA EN ENTOMOLOGÍA

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE *Spodoptera frugiperda* EN UNA PARCELA
DE ARROZ DE PANAMÁ ESTE

RUBÉN SERRACÍN UBILLÚS

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2002

TH

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO DE *Spodoptera frugiperda* EN UNA PARCELA DE ARROZ DE PANAMÁ ESTE

9 AGO 2002

TESIS

SOMETIDA PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIZACIÓN EN ENTOMOLOGÍA AGRÍCOLA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Aut. del Rector

Permiso para su publicación y reproducción total o parcial debe ser obtenido en la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado.

APROBADO

[Handwritten signature]

Asesor

[Handwritten signature]

Jurado

[Handwritten signature]

Jurado

4780

AGRADECIMIENTO

A Dios y a La Vida, por ofrecerme esta oportunidad y permitirme superarla

Al Dr Cheslavo Korytkowski, por ser un educador a tiempo completo y por sus atinadas orientaciones para la realización de esta investigación

A los Profesores del Programa de Entomología, en especial a los miembros del jurado Dr Héctor Barríos y Msc Diego Navas, por sus valiosos aportes a este trabajo A Enrique Medianero (Msc) y Plutarco Ramos (Msc) por su ayuda con los análisis estadísticos

Al Dr Erick Candanedo por facilitar el financiamiento de esta tesis Igualmente al Ing Carlos Campo y al Lic Román Valencia por sus oportunas gestiones

Al personal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, por permitirme realizar la fase de campo en sus instalaciones, especialmente a los Ing Agr Jaime Gaona, Luis C Salazar, Ana Rodríguez y Gabriel Hidalgo

Al Dr Paul Marsh y Woodley del Systematic Entomology Laboratory del Agriculture Research Service, US Department of Agriculture, por las identificaciones de las especies parasitoides

Al Profesor Rubén D Serracín M , por sus correcciones a las expresiones idiomáticas del documento original

A todos mis familiares y allegados por sus muestras de apoyo y voces de aliento durante estos dos años de arduo bregar

DEDICATORIA

En honor a un compromiso íntimo. convertirnos en mejores seres humanos y por que el espíritu de superación perdure en nuestra familia, como vía honrosa para salir de la oscuridad y la pobreza en que nos sumerge la ignorancia, dedico este humilde esfuerzo

A mis abuelas: Señora Luzmelia Rosero, Q E P D y Señora Esperanza Miranda vda de Serracin, pilares de nuestro árbol familiar, fuentes de inspiración, amor y ejemplo de sacrificio ilimitado

A mis padres, por su respaldo, horas de dedicación y desvelo, por proporcionarme fortaleza y seguridad siempre que lo necesité

A mis hermanos y sobrinos, por que nunca les falte responsabilidad, perseverancia y valentía para enfrentar los retos del devenir diario

A mi esposa, por todo su apoyo, comprensión y tolerancia, virtudes muy apreciadas para la consecución de esta meta

A mis hijos, Rubén Darío y Rubén Andrés, para quienes, a pesar de mis defectos, aspiro a convertirme en un ejemplo, con mis mejores deseos de éxitos en la vida, por comprenderme y apoyarme. Mi cariño eterno y con la seguridad de que siempre encontrarán en mí a su mejor amigo

ÍNDICE GENERAL

Resumen	1
Capítulo I Introducción	2
Capítulo II Revisión de Literatura	
1. Origen y descripción botánica del arroz	4
2 Fenología del cultivo arroz y susceptibilidad	4
2.1 Fase vegetativa	5
2.2 Fase reproductiva	6
2.3 Fase de maduración	8
3. Estados de desarrollo y los componentes del rendimiento	8
4 Efectos del daño por defoliación de <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
5 Importancia del cultivo	9
6 <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)	11
6.1 Nombres comunes.	11
6.2 Distribución geográfica	11
6.3 Hospederos	11
6.4 Fenología y descripción del insecto	12
6.4.1 Huevo	12
6.4.2 Larva	12
6.4.3 Pupa	13
6.4.4 Adulto	13
6.5 Dispersión.	13
6.6 Daño	14
6.7 Comportamiento reproductivo	14

7. "Status" taxonómico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	15
7 1. Incompatibilidad reproductiva	16
7 2. Adaptación al hospedero	16
8 Importancia económica	17
8.1 Abundancia estacional y niveles de población	18
8 2 Umbrales de acción	19
9. Métodos de control	19
9 1 Control abiótico	19
9.2. Control cultural	20
9 3 Consideraciones sobre el control químico	20
9 4 Control natural por parasitoides	21
10 Feromona.	23
Capítulo III. Materiales y Métodos	24
1. Estimación de la dinámica de población	24
2. Estimación del ciclo de vida del insecto	26
3 Estimación del control natural por parasitoides en larvas	27
4 Estimación de las poblaciones de malezas y plantas de arroz	27
5 Fluctuación de las poblaciones de adultos y larvas en dos cultivos	28
6 Estimación de daño a la planta	28
7 Análisis de la información	32
Capítulo IV Resultados y Discusión	33
1 Caracterización del hábitat	33
1 1 Malezas de contorno	34
1 2. Malezas invasoras	35

2 Aspectos del cultivo	36
2 1 De las etapas fenológicas	37
3. Aspectos importantes del insecto	38
3 1. Comportamiento de <i>S. frugiperda</i> hacia sus hospederos	39
3 2 Del ciclo fenológico en tres hospederos	43
4 Estimación del ciclo biológico e identificación de la especie	44
5. Estimación de la dinámica de población	46
5 1. "Monitoreo" de adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	46
5 2. "Monitoreo" de otros estados biológicos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	51
6 Factores de mortalidad	55
6 1 Parasitoidismo según población larval o fase fenológica del cultivo	59
6 2 Parasitoidismo según hospedero	61
6 3. Observaciones relacionadas con el parasitoidismo en el cultivo.	62
6 4 Observaciones sobre factores de mortalidad en otro cultivo	64
7. Estimación de daño a la planta	66
7 1 Estimación del índice foliar	66
7 2. Observaciones en los testigos sin jaula	66
7 3 Efectos de la defoliación en plantas de 15 días después de germinación	67
7.4 Efectos de la defoliación en plantas de 30 días después de germinación.	67
7.5 Comparación de los componentes del rendimiento	
a dos edades del cultivo.	68
7 5 1 Número de hijos productivos	68
7 5 2 Número de granos llenos por panícula	68

7 5 3	Peso medio de los granos	.69
7.6	Proyección de resultados de la prueba de defoliación	
	a condiciones de campo	70
Capítulo V	Conclusiones.	72
Capítulo VI	Recomendaciones.	75
Capítulo VII	Bibliografía	76

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro I	Registro de temperatura y precipitación pluvial durante el año 2001	34
Cuadro II	Malezas de contorno y su densidad de población estimada, en los meses de junio y julio de 2001	35
Cuadro III	Malezas invasoras en la parcela de estudio, durante los meses de junio y julio de 2001	36
Cuadro IV	Densidad estimada de malezas durante el período vegetativo del cultivo	37
Cuadro V	Duración parcial del ciclo biológico de <i>S. frugiperda</i> en tres hospederos	43
Cuadro VI	Estimación del ciclo biológico de <i>S. frugiperda</i> en laboratorio	45
Cuadro VII	Adultos de <i>S. frugiperda</i> capturados en trampa según fecha de muestreo y adultos obtenidos en laboratorio relacionados a esas fechas de muestreo, durante el ciclo del cultivo	48
Cuadro VIII	Fecha estimada de colonización del cultivo por adultos de <i>S. frugiperda</i> , determinada a partir de larvas	49
Cuadro IX	Larvas capturadas de <i>S. frugiperda</i> según fecha de muestreo	55
Cuadro X	Factores de mortalidad observados en larvas	56
Cuadro XI	Niveles de parasitoidismo según hospedero	61
Cuadro XII	Componentes del rendimiento observados en plantas testigos que completaron su desarrollo fuera de las jaulas	67
Cuadro XIII	Componentes del rendimiento en plantas de 15 días después de germinación, defoliadas por <i>S. frugiperda</i>	67
Cuadro XIV	Componentes del rendimiento en plantas de 30 días después de germinación, defoliadas por <i>S. frugiperda</i>	68
Cuadro XV	Peso de 500 granos por tratamiento	70
Cuadro XVI	Rendimiento estimado a población de campo	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Trampa con feromona para captura de <i>S. frugiperda</i> y estaciones de muestreo	25
Figura 2 Porcentajes de defoliación y testigos, a dos edades del cultivo	29
Figura 3 Plantas testigos sin defoliación que crecieron fuera de las jaulas	30
Figura 4 Infestación artificial con larvas para defoliación	31
Figura 5 Malezas hospederas de larvas de <i>S. frugiperda</i>	40
Figura 6 Adultos capturados en campo y obtenidos en laboratorio, relacionados a fecha de captura	47
Figura 7 Fecha estimada de colonización del cultivo, determinada a partir de larvas colectadas en campo	50
Figura 8 Relación de adultos colonizadores, adultos obtenidos en laboratorio y capturados en campo, según fecha	51
Figura 9 Población larval de <i>S. frugiperda</i> durante el ciclo fenológico del cultivo	52
Figura 10 Tasas de incremento de población de dos grupos larvales	54
Figura 11 Larva de <i>S. frugiperda</i> afectada por un hongo	56
Figura 12 Especies parasitoides criadas de larvas de <i>S. frugiperda</i>	58
Figura 13 Larva de <i>Euplectrus</i> sp parasitando una larva de <i>S. frugiperda</i>	61
Figura 14 Larva de <i>Mocis latipes</i> parasitada por <i>Euplectrus</i> sp	63
Figura 15 Larva de <i>Panoquina</i> sp parasitada por <i>Euplectrus</i> sp	64
Figura 16 Especies de <i>Telenomus</i>	65

RESUMEN

Para el análisis de las características de las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, se instalaron trampas adhesivas con feromona en una parcela de arroz. Se capturaron ocho adultos durante el ciclo fenológico del cultivo y se estimó que la colonización del campo por adultos del insecto se dio desde mediados de agosto, en una etapa que corresponde al estado de plántula. Se detectaron dos grupos de población larval. El primero presentó una tasa de incremento de población promedio de 0.55, y se desarrolló durante la fase vegetativa del cultivo, y un segundo grupo, con una tasa promedio de 0.70, detectado en la etapa reproductiva de las plantas de arroz. Estas poblaciones presentaron un parasitoidismo promedio de 42.25%, que varió de 34.5%, para el primer grupo larval, a 68.75% para el segundo. Se infiere que la alta tasa de parasitoidismo durante la etapa reproductiva del cultivo obedece al establecimiento de *Euplectrus* sp, ectoparasitoide de larvas de Noctuidae y a que las larvas parasitadas se encontraban en plantas de arroz y no en otros hospederos que ofrecen mejor protección a estos estados inmaduros. Se identificaron once especies de parasitoides, criados de larvas de *S. frugiperda* y de larvas de *Mocis latipes* y *Panoquina* sp colectadas en el área de estudio.

El área foliar del cultivar Panamá -1048, utilizada para el ensayo de defoliación, se determinó en 5.20 cm² y 26.45 cm², para los 15 y 30 días después de la germinación. Los efectos fisiológicos de la defoliación por *S. frugiperda* en plantas de arroz afectaron el número de hijos productivos. No se observó ningún efecto, por la defoliación, en el número de granos llenos por panícula ni en el peso de éstos. Se estimó que el alto porcentaje de granos vanos (20-70%), fue determinado por los vientos cálidos y secos de la estación seca.

ABSTRACT

Pheromone traps were placed in a rice field in order to analyse the population characteristics of *Spodoptera frugiperda*. During the plant cycle, eight adults were caught, it suggests that the colonization period of the plants by the adults of the insect occurred middle of August, during the vegetative phase. Two groups of larvae were determined, one group with a population increase rate of 0.55 during the vegetative phase and a second group with a rate of 0.70 detected at the reproductive phase of plants. These populations were affected by parasitoids in an average of 42.25%, so during the vegetative phase this level reach 34.5% for the first group of larvae and 68.75% for the second group. It suggests that the highest rate of parasitoidism is produced in reproductive phase of the rice plants by *Euplectrus* sp, ectoparasitoid of Noctuidae larvae, the larvae were parasited in rice plants, instead at others plants probably due to offer more protection to the *S. frugiperda* larvae. Eleven species of parasitoids were bred from *S. frugiperda*, *Mocis latipes* and *Panoquina* sp larvae.

The leaf area of the cultivar P-1048 was determined at 5.20 cm² and 26.45 cm² for 15 and 30 days after germination of the plants, respectively. We determined that rice defoliation by *S. frugiperda* reduced plant and panicle density, but percent filled kernels and kernels weight were not affected. The high level of unfilled kernels (20-70%) was determined by the hot wind during the summer.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El arroz es el cereal de mayor importancia económica en el país, participa del producto interno bruto agropecuario con una inversión económica que excede los B/ 50 millones, constituye, además, el principal grano básico de la dieta panameña. Sólo durante el año agrícola 1998-1999 se sembraron 60,812 has. De éstas, el 87.75% correspondió a la modalidad secano favorecida. Para el mismo período, la región de Panamá Este participó de esta actividad con 7,537has.

En esta región, como en el resto del país, el sistema de producción se ha caracterizado por ser altamente dependiente de los insumos químicos para el control de los trastornos fitosanitarios. Uno de los insectos más comunes en este agroecosistema, objeto de control por medio de aplicaciones calendarizadas de insecticidas, es *Spodoptera frugiperda*, (J.E. Smith). Estas aplicaciones representan una erogación adicional que aumenta el costo de producción de este rubro, cuyos márgenes de rentabilidad son muy estrechos; lo cual sitúa al productor nacional en una condición desventajosa frente a otros países con sistemas más eficientes.

Los controles fitosanitarios se realizan sin conocer las características de población del insecto, por otro lado, existen contradicciones referentes a los índices de población capaces de causar daño económico al cultivo, y se conoce muy poco o nada del control que, sobre este insecto, ejercen sus enemigos naturales.

El presente trabajo pretende convertirse en una herramienta útil para técnicos y productores relacionados con este cultivo. Por ello brinda información valiosa sobre las variables de población del insecto en relación con la fenología del cultivo, período de colonización, época crítica de infestación, efectos fisiológicos de la defoliación,

control natural de la plaga por sus enemigos naturales y otros aspectos de importancia para un adecuado manejo integrado del cultivo

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

1. Origen y descripción botánica del arroz

Se conocen dos especies de arroz cultivadas, una de origen asiático, *Oryza sativa* L y otra de origen africano *Oryza glaberrima* (Steud) La expansión del cultivo se debe a la primera especie, puesto que la segunda especie se encuentra sólo en el Oeste de África (Aguilera 1991)

Algunos autores sitúan el origen de *Oryza sativa* L al sur de la India, donde se dan las condiciones favorables para el cultivo y existe una gran cantidad de especies silvestres Igualmente, se admite que el arroz se propagó desde el Sudeste asiático, la India hasta China, en una época intermedia, pero superior a los 3000 años antes de Cristo Después de la China, fue introducido a Corea y de allí o desde China introducido a Japón (Aguilera, sup cit)

El arroz es una planta fanerógama, tipo espermatofita, sub-tipo angiosperma Pertenece a la Clase Monocotiledónea, Orden Glumífera, Familia: Gramínea, Sub-familia Panicoidea, Tribu Oryzae, Género *Oryza* (Aguilera, sup cit)

En la especie *Oryza sativa* L se consideran tres grupos o tipos de arroz indica, japónica y javánica, cada una con características y aspectos de producción diferentes. De éstas, indica y japónica tienen la mayor importancia, la primera se cultiva en áreas cercanas al Ecuador y la última, en zonas subtropicales (Franke, 1981)

2. Fenología del cultivo arroz y susceptibilidad

El ciclo biológico de la planta de arroz se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente de la planta embrionaria (planta de arroz no nacida) La planta embrionaria germina en una plántula, que crece hasta constituir una planta madura En los trópicos las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período

general que va de 110, para variedades tempranas a 210 días, para variedades tardías (Tascón 1985)

Las condiciones tropicales bajo las que se siembra el arroz favorece la proliferación de las plagas, acentuándose todavía más en las regiones donde se cultiva durante todo el año (Aguilera, 1991) y/o en aquellos lugares donde se ha sembrado por muchos años sobre un mismo campo, (Navas, 1966)

Se pueden definir dos épocas críticas del cultivo en relación con las plagas la época que comprende desde la germinación hasta el macollamiento inicial y la época de reproducción-maduración, (Aguilera, 1983)

La gran mayoría de los autores coinciden en que el ciclo completo del arroz puede dividirse en tres fases principales fase vegetativa, fase reproductiva y fase de maduración. Éstas, a su vez, se subdividen en etapas o períodos distintos, fácilmente identificables, que marcan cambios fisiológicos y morfológicos de gran importancia en la vida de la planta (Tascón, op cit)

2.1 Fase vegetativa

Comprende desde la germinación de la semilla a la iniciación de la panícula y pueden identificarse las etapas de nacencia y “macollamiento”

Etapas de nacencia

Comprende el período entre la siembra y la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo. A una temperatura media de 26°C la emergencia ocurre dos o tres días después de la siembra. La primera hoja carece de lámina y viene a ser visible sobre la superficie del suelo. En condiciones de siembra con semilla seca en suelo seco la germinación se dilata en función de la humedad y de la profundidad de siembra, pudiendo demorar entre cinco y diez días (Tascón, op cit)

Al principio, la plántula depende totalmente del endospermo. Entre el séptimo y octavo día, la plántula empieza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y a absorber los nutrientes (Tascón, op cit).

Etapa de “macollamiento”

Comienza con el establecimiento del sistema radicular. Los vástagos aumentan en número hasta que esté completa la fase terciaria o el máximo ahijamiento (Aguilera, op. cit.)

Según Tascón (1985), el “macollamiento” es el estado más largo y tarda de 45 a 50 días para variedades tempranas y variedades tardías, respectivamente. Los hijos primarios emergen secuencialmente del primero, segundo, tercero y nudos siguientes del tallo principal. Los hijos secundarios emergen después del desarrollo de cada hijo primario en su primer, segundo y tercer nudo. Hijos terciarios emergen del primer nudo de los hijos secundarios. Algunas plantas pueden presentar hasta 30 hijos.

Navas (1966), señala que en Panamá una de las principales plagas insectiles en arroz durante esta fase es *Spodoptera frugiperda*. Aguilera (1991), aclara que, a pesar de que *S. frugiperda* puede actuar como “trozador”, es también la especie que tiene más enemigos naturales.

2.2 Fase reproductiva

La fase reproductiva puede iniciarse antes de alcanzar el número máximo de renuevos, es decir, en el momento de mayor actividad de producción de renuevos o después de él. En esta fase los insectos barrenadores y chupadores son los de mayor importancia, sin embargo sus niveles de población, generalmente, no ocasionan daño económico (Aguilera, op cit).

Iniciación de la panícula

Esta fase se caracteriza por la diferenciación del meristema en el punto de crecimiento que inicia el primordio de la panícula y marca el final de la fase vegetativa y el comienzo de la fase reproductiva. El comienzo de formación de la panoja se produce de 70 a 75 días antes de la fecha de maduración de cualquier variedad (Tascón, op. cit.)

“Embuchamiento”

En esta etapa del primordio se diferencian las espiguillas, las cuales forman con el raquis la inflorescencia, que crece dentro de la vaina de la hoja bandera, causando un abultamiento llamado comúnmente “embuchamiento”. Esta etapa es muy crítica, debido a que durante la diferenciación de las espiguillas el número total de granos por panículas es determinado. En este momento, condiciones ambientales desfavorables afectan el rendimiento al reducir el número de espiguillas fértiles (Aguilera, op. cit.)

Floración

La salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera, marca el comienzo de la etapa de floración y es seguido inmediatamente por la antesis de las flores en el tercio superior de la panícula. Esto es notado por la salida de las anteras de apariencia blanquecina. Las flores en el medio y en el tercio inferior abren en los días sucesivos. En este estado la planta ha alcanzado su máxima altura, posee tres a cinco hojas que permanecen en cada tallo, siendo mayor el número en el tallo principal (Tascón, op. cit.)

Los vientos cálidos y secos afectan seriamente la fecundación de los estigmas, reduciendo considerablemente los rendimientos. Debido a la diferencia en el tiempo de formación y crecimiento de las macollas, el “embuchamiento”, la antesis y la

fertilización del ovario no ocurren uniformemente. Adicionalmente, se presentan diferencias pequeñas entre plantas, debido a cierto grado de heterosis en variedades de polinización más abierta (Tascón, op cit)

2.3 Fase de maduración

Comprende de la floración a la madurez total. También se la denomina como llenado del grano y maduración. El grano pasa por la etapa lechosa, pastosa, completándose con la maduración a los 30 días después de la floración. La planta entera está fisiológicamente madura, cuando el 90% de los granos han madurado y muestran un color amarillo pajizo (Tascón, op cit)

3. Estados de desarrollo y los componentes del rendimiento

El rendimiento en grano de las plantas de arroz está condicionado por tres factores: el número de panículas por unidad de superficie, el número de granos llenos por panícula y el peso medio de los granos llenos individuales (Tascón, op cit.)

El número de panículas por unidad de superficie o por planta es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollas. El número de granos por panícula es controlado durante la fase reproductiva. Nutrientes y la actividad fotosintética desde la floración hasta la maduración tienen gran influencia. Una esterilidad de las espiguillas entre 8 y 15% es considerada normal (Tascón, op. cit)

El peso medio por grano es determinado durante la fase de maduración y está directamente relacionado con la disponibilidad de nitrógeno (Tascón, op. cit)

4. Efectos del daño por defoliación de *Spodoptera frugiperda*

Poco se conoce sobre la relación que pudiera existir entre los niveles de población y su impacto en los rendimientos. Los pocos estudios disponibles están basados en simulación artificial del daño que, por defoliación, causa el insecto (Pantoja, 1986)

Datos aportados por Rice (1982), confirman una disminución mayor en los rendimientos del arroz cuando las plantas fueron defoliadas por *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) en comparación con similares grados de defoliación artificial

En un ensayo realizado en campo, se comprobó que cuando aumentaba el número de larvas por metro cuadrado, la defoliación también se incrementaba y disminuía el número de panículas por superficie. Todos los niveles de infestación de la plaga resultaron en una reducción de los rendimientos (Pantoja, *sup. cit.*)

Sin embargo, señala el mismo autor que sólo los niveles poblacionales que causaron un porcentaje de defoliación de 33.5, 82.5, 90.8 y 93.3, (35.1, 52.6, 70.2 y 87.7 larvas/metro cuadrado, respectivamente) presentaron rendimientos significativamente menores cuando se los comparó con el testigo

La disminución en los rendimientos está directamente relacionada con un incremento en la defoliación y con la reducción en la densidad de panículas. Pantoja, (*sup. cit.*) determina al pesar 500 granos de cada tratamiento, que la actividad defoliadora de las larvas de *Spodoptera frugiperda* aparentemente no tiene ningún efecto en el peso o llenado de los granos

5. Importancia del cultivo

El arroz, *Oryza sativa* L. es el cereal más importante de los trópicos y subtropicales y en términos generales, una de las plantas cultivadas con mayor

intensidad Representa el principal medio de alimentación del 60% de la humanidad (Anónimo, 1994) Menos del 5% de la cosecha mundial es comercializada internacionalmente (Payer, 1997)

En la región de Latinoamérica y el Caribe cerca de un millón de agricultores dependen del arroz y es su principal fuente de energía, empleo e ingresos. De ese total 0 8 millones son pequeños agricultores, que manualmente siembran menos de 3 ha, producen solamente el 6% del total de esta zona En tanto que 0 2 millones de agricultores producen el 94% de arroz de la región, en fincas más grandes (15 a 50 has), mecanizadas y principalmente irrigadas (CATIE, 1997)

Al igual que en el resto de Latinoamérica, el arroz reviste una importancia estratégica para la economía de nuestro país De 1990 a1999 la superficie de siembra osciló de 50,000 a 75,000 has Para el año agrícola 1998-1999 se registró un total de 60,812 has sembradas por 1,377 productores En cuanto a los rendimientos, éstos fluctuaron para el mismo periodo de 86 5, en 1991 a 97 4 qq/has, para 1998 (Cartilla agrop 2,000)

Del producto interno bruto agropecuario(PIBA), cifrado en B/ 476 millones, el rubro arroz participa con cerca de B/ 50 millones siendo entre los cereales el que mayor aporta a este indicador económico La inversión en costo de producción para el rubro se sitúa por el orden de los B/ 835/ha, y se estima que el valor de la producción para el año 1999 excedió los B/.56 millones a precios de 1982 (Cartilla agrop 2,000)

6. *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidoptera : Noctuidae)

6.1. **Nombres comunes:** gusano cogollero, fall armyworm, lagarta da folha

6.2. **Distribución geográfica:**

Spodoptera frugiperda es una especie nativa de las regiones tropicales y en los Estados Unidos de América sobrevive al invierno en los estados de Texas y Florida (Capinera, 2000)

En América Latina, la especie está reportada en México, toda Centroamérica y Panamá, extendiéndose su distribución al Caribe y al Norte de Argentina y Chile, McGuire y Crandall (1967, En: Andrews, 1980).

6.3. **Hospederos**

Se le atribuye un amplio rango de plantas hospederas, más de 80, se nota una marcada preferencia hacia las gramíneas, entre las que se destacan maíz, sorgo y arroz (Capinera, sup cit) Pashley (1988) reporta, igualmente, 80 especies de plantas en 23 Familias con una fuerte preferencia hacia las gramíneas (*Poaceae*), entre ellas *Digitaria sanguinalis*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*

Bruner *et al.* (1975), presentan una lista de 17 cultivos de importancia económica que son atacados en Cuba, que incluyen maní, papaya, arroz, caña de azúcar y *Eucalyptus* spp.

Entre las malezas que le sirven de hospedero se reportan *Digitaria* spp, *Cynodon* spp, *Echinochloa* spp, *Sorghum halapense*, *Ipomoea* spp, *Amaranthus* spp, *Cyperus* spp (Capinera, sup cit). Es común encontrar larvas en malezas como

Eleusine indica, van Huis (1981, En Andrews 1988) y *Cyperus rotundus* es citada por Álvarez y Sánchez (1983), como un excelente hospedero

Preto (1970, En Andrews, 1980), señala que en Panamá, *Spodoptera frugiperda* ataca arroz, soya, coles, frijoles, papas, tomate, tabaco, calabacines y espinaca

6.4. Fenología y descripción del insecto

Brito y Vásquez (1991) reportan que *S. frugiperda* puede completar su ciclo en 36 días, mientras que Pérez (2000) determina un rango de 26 a 39 días

6.4.1. Huevo

Puede durar entre dos a tres días. Son colocados en masa, en grupos de hasta 300, sobre cualquier superficie de la hoja, son redondos, de superficie lustrosa aunque están recubiertos por escamas gris-rosadas del abdomen de la hembra en oviposición (Pérez *et al.*, 2000)

La producción total de huevos por hembra, en promedio, ronda los 1500 con un máximo de 2000 (Capinera, *op cit*)

Castro *et al* (1987, En Andrews 1988) señalan que las hembras que ovipositaron sobre maíz colocaron más huevos. A igual conclusión llegaron van Huis (1981, En: Andrews, 1988) y (Álvarez y Sánchez, *op. cit*)

6.4.2. Larva

Pasa por seis estadios, dependiendo de la temperatura y el tipo de alimento. Los primeros estadios son verdes con manchas y líneas negras dorsales, después se vuelve verde con líneas espiraculares y dorsales negras, con una "Y" invertida en la cabeza, pináculos dorsales negras y cuatro puntos negros en cuadro sobre el último segmento abdominal (King y Saunders, 1984).

Loya (1978, En Andrews 1988) señala que el período larval toma como mínimo 20 y como máximo 30 días Armenta (1971 citado por Sifuentes, En Andrews, 1988) reporta que las larvas se desarrollan más rápido en sorgo que en otros cultivos

A 25°C, la duración del período larval oscila entre 14-21 días y la de los estadios larvales 1-6 ha sido estimada por Pitre y Hogg (1983) en 3.3, 1.7, 1.5, 1.5, 2.0, y 3.7 días, respectivamente, mientras que el ancho de las cápsulas cefálicas fue determinado por Brito y Vásquez (2000) para los mismos estadios de la siguiente manera: 0.35, 0.45, 0.75, 1.3; 2.0, y 2.6mm

6.4.3. Pupa

Son de color marrón, su duración puede variar de 9-13 días, de 18-20mm de largo, (King y Saunders, op cit), “empupan” en el suelo a una profundidad entre una y dos pulgadas, dependiendo de la textura del suelo, humedad y temperatura (Sparks, 1979)

6.4.4. Adulto

El adulto es una polilla con una envergadura de 32-38mm, las alas delanteras de la hembra son de un color uniformemente gris a marrón-gris. En el macho son marrón algo más claras que en las hembras con marcas, oscuras y rayas pálidas en el centro del ala; las alas traseras son blancas (King y Saunders, op cit).

6.5. Dispersión

Spodoptera frugiperda es descrito por Capinera (2000), como un buen volador, que puede dispersarse por largas distancias cada año durante los meses de verano, en los Estados Unidos de América.

Rab y Kennedy (1979, En López-Edwards,1999) consideran que el movimiento de los noctuidos es de gran interés, debido a que causan severos daños a

cultivos sobre grandes extensiones de tierra Johnson (1987), logra documentar un movimiento de largo alcance de polillas de *Spodoptera frugiperda* en un mapa del clima, cuando se trasladaban de Mississippi a Canadá

Adultos de este insecto han sido detectados en el Golfo de México a 250 Km de tierra firme, indicando la posibilidad de una migración entre los trópicos y los Estados Unidos de América, (Johnson, 1987)

6.6. Daño

Cuando los primeros estadios se alimentan de la superficie inferior de las hojas tiernas causan un manchado característico en forma de “ventanas”. En grandes densidades pueden matar las plantas jóvenes por defoliación o al destruir los puntos de crecimiento. Las larvas grandes pueden también actuar como gusanos cortadores, se esconden en el suelo durante el día y destruyen las plantas mediante túneles en las partes inferiores del tallo (King y Saunders, 1984)

Navas (1976), reporta poblaciones extremadamente altas de *S. frugiperda* capaces de eliminar las plantas de arroz a nivel del suelo, aunque éstas logran recuperarse

6.7. Comportamiento reproductivo

El adulto es nocturno en sus hábitos de alimentarse, apareamiento y oviposición. Después de alimentarse las hembras vírgenes inician el llamado, se posan cerca de los terminales de su hospedero, extienden el ovipositor y emiten la feromona sexual. Los machos vuelan en ángulo oblicuo al viento y se ha observado que responden al llamado de la hembra a una distancia de 30-40 pies. Los adultos se alimentan durante la primera noche de sus vidas (Sparks, 1979)

Generalmente, dos o más machos responden al llamado de la hembra. Dado que las hembras se aparean una sola vez por noche, los machos rechazados se les ha visto volar hasta en grupo de hasta 50. Las hembras vírgenes se aparean temprano en la noche, las hembras ya apareadas, más tarde, y las que se han apareado múltiples veces, después. La actividad de apareamiento tiene su pico hacia la media noche (Sparks, op cit)

7. "Status" taxonómico de *Spodoptera frugiperda*

Recientemente *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) ha sido subdividida en dos biotipos o "sibling"especies, en base a la diferenciación genética asociada a los hospederos de las larvas (Pashley et al, 1985, Pashley, 1986). Un biotipo se alimenta primariamente de maíz (*Zea mays* L.), algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* Pers). El otro biotipo se alimenta de arroz (*Oryza sativa* L.), hierba Bermuda (*Cynodon dactylon* [Pers.]

Estos biotipos difieren en el loci de alozyme y en la restricción del ADN mitocondrial, así como en su desarrollo en varios tipos de plantas y en su resistencia a insecticidas (Pashley, 1988).

Diferencias en el desarrollo han sido reportadas entre los biotipos. Las tasas de desarrollo y peso de las larvas difieren consistentemente. El biotipo del arroz está en apariencia, fisiológicamente mejor adaptada al arroz y a la "hierba bermuda" que al maíz. El biotipo del arroz es, probablemente la más especializada de las dos (Pashley, 1988). Mientras que el biotipo del maíz aparenta ser más generalista en función de su mayor aceptación hacia los hospederos (Whitford, 1988).

7.1. Incompatibilidad reproductiva

Los datos, en el estudio de Pashley (1988), sobre cruce de biotipos indican una gran preferencia de los machos hacia hembras de su propio biotipo bajo condiciones naturales. Esto es también comprobado por Whitford (1988), cuando indica que el cruce entre híbridos resultó en un menor número de apareamientos y una disminución en el número de masas de huevo por hembra. Igualmente, observó que el biotipo del maíz se desarrolló igualmente en el maíz, la hierba bermuda y en el sorgo, mientras que el biotipo del arroz se desarrolló mejor en la “hierba bermuda”.

López-Edwards *et al.* (1999), reportan que entre las poblaciones de Aguas Calientes, Nuevo León y Yucatán existió compatibilidad reproductiva y que no se obtuvo descendencia cuando estas poblaciones se aparearon con aquellas de Colina y Sinaloa.

En cuanto a las preferencias de oviposición, Whitford *et al.* (1988), señalan que ambos biotipos ovipositaron mayor porcentaje de huevos en el maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), y en la hierba bermuda (*Cynodon dactylon* [L.] Pers.) que en la hierba (*Eremochloa ophiuroides* [Munro] Hack). El biotipo del maíz ovipositó preferentemente en maíz y el sorgo, mientras que el biotipo del arroz prefirió la “hierba bermuda” y en algunas ocasiones en sorgo. Esto es explicado por Pitre *et al.* (1983, En Whitford, 1988) cuando indican que en el momento en que el hospedero primario se torna menos atractivo, las polillas de *S. frugiperda* ovipositarán en un hospedero alternativo.

7.2. Adaptación al hospedero

En un ensayo donde se comparó el consumo y la utilización del alimento que ingirieron los dos biotipos, se comprobó que el biotipo del arroz tuvo un pobre desarrollo cuando se alimentó de maíz, debido en parte, a la baja tasa de consumo.

Adicionalmente, el biotipo del arroz mostró una eficiencia menor que el biotipo del maíz en convertir el alimento ingerido en biomasa, cuando se alimentó de maíz. También se observó que el biotipo del maíz presentó una mayor actividad en las funciones de las enzimas mixtas oxidasas en comparación con el biotipo del arroz cuando se alimentaron con maíz (Veenstra *et al* , 1995).

En conclusión, pareciera que la actividad de las enzimas mixtas oxidasas indican que la desintoxicación enzimática por este grupo de enzimas, juega un papel importante en la adaptación de las larvas a su hospedero (Veenstra *sup. cit.*)

8. Importancia económica del insecto

Las pérdidas atribuidas a este insecto y los costos de su control en los cultivos del sureste de los Estados Unidos América, fueron evaluados para el año de 1977 en aproximadamente \$300 millones (Gross y Pair, 1986), y para 1975 y 1976 en \$61.2 y \$31.9 millones, respectivamente, Hunt (1978, En Sparks, 1979)

Spodoptera frugiperda es considerada una plaga potencialmente importante del arroz, *Oryza sativa* L., su impacto en este cultivo fue reportado, desde 1845, en los Estados Unidos de América donde ocasionó serios daños en los campos de Carolina del Norte, Lunginbill (1928, En Sparks, 1979)

En 1973, se registró una explosión de poblaciones generalizada que requirió múltiples aplicaciones de insecticidas para el control de las larvas en más del 60% de la superficie de arroz sembrada en Texas (Bowling, 1978)

En Panamá, se le considera una de las más importantes plagas insectiles en arroz (Navas, 1966); es también de importancia económica en Colombia (Gallego, 1967) y Brasil (Machado, 1978) Chandler *et al.* (1977) señalan a *Spodoptera frugiperda* como el principal insecto que afecta la producción de arroz en Puerto Rico

8.1. Abundancia estacional y niveles de población

En la estación experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, en campos sembrados en el período comprendido entre la primera semana de junio y la última de julio de 1971, los datos de población que se lograron del 10 de agosto al 16 de noviembre, se consideran que fueron excepcionalmente bajos, ya que las poblaciones oscilaron de 0 a 60 individuos por batida (Navas, 1971).

En 1974, en un ensayo de campo las infestaciones de *S. frugiperda* que fluctuaron entre 200 y 300 larvas por metro cuadrado causaron daño visible al follaje, sin embargo no afectaron los rendimientos (Navas, 1974)

Teóricamente, en Panamá las poblaciones de *S. frugiperda* se encuentran durante todo el año, lo cual se le atribuye a su alto grado de polifagia y a la abundancia de hospederos alternos. Sin embargo, en un estudio de poblaciones de dos años consecutivos, 1974 y 1975, donde se hicieron recuentos en malezas hospederas del insecto en los márgenes del cultivo, no se observó ningún indicio que asegure que las infestaciones se originaron en los márgenes (DeGracia, 1976)

En el citado trabajo, realizado en el campo experimental de la Facultad de Agronomía en Tocumen, las infestaciones de mayor grado se dieron durante los meses de mayo y junio y al inicio de la estación lluviosa. Las poblaciones más altas para 1974, se obtuvieron del 13 de junio al 16 de julio, y la más alta fue la del 20 de junio 106 larvas en 100 batidas. En el año de 1975, la incidencia de larvas fue menor que el año anterior y el período de mayor población estuvo comprendido entre el 3 de julio y el 24 del mismo mes, cuando se obtuvieron 43 larvas en 100 batidas de red (DeGracia, 1976)

8.2 Umbrales de acción

A pesar de que en ocasiones se necesitan múltiples aplicaciones de insecticidas para controlar las infestaciones de *S. frugiperda* en arroz, el nivel de daño para este insecto no ha sido aún determinado

A nivel nacional, es ampliamente manejado el umbral de acción propuesto por la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, que recomienda control químico con una población de 40 o más larvas de mediano desarrollo por metro cuadrado en plantas de arroz de 25cm de altura o menos o 0 2 larva / batida sencilla en plantas de 30cm de altura o más (Benavides, 1998)

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá sugiere un umbral de acción para la medida de control cuando más del 50% de las hojas estén afectadas (Carranza, 1996)

9. Métodos de control

9.1. Control abiótico

Van Huis, (1981, En Andrews, 1988) reporta que fuertes precipitaciones pluviales unos días después de haber infestado artificialmente algunos cultivos con larvas del primer estadio, resulta en una reducción de 20 a 30% de la intensidad del daño. Sin embargo, advierte que los efectos de la lluvia solo afecta los estadios más jóvenes.

Agricultores centroamericanos señalan que las infestaciones más altas se dan en cultivos que no son irrigados y cuando se prolonga la ausencia de fuertes lluvias por varios días (Andrews, 1980)

9.2. Control cultural

Existen toda una serie de estudios que demuestran que *S. frugiperda* afecta con menos severidad los campos donde se siembran policultivos. En otros cultivos se ha ensayado la siembra intercalada de girasol o frijol, y se ha observado que éste tiene un efecto olfatorio desorientador sobre adultos de *S. frugiperda* (Adrews, 1988)

Algunos productores han reportado que sus cultivos experimentan altas poblaciones de larvas del cogollero cuando se eliminan las malezas, debido, quizás a que las larvas se mueven de las malezas que se deshidratan al cultivo (Andrews, *sup. cit.*)

Lye (1988), reporta antibiosis en cuatro líneas de arroz introducidas con el propósito de evaluar este efecto y su tolerancia a la defoliación. Todos los estados biológicos de *Spodoptera frugiperda* que se alimentaron con hojas de plantas de la etapa de 5-hojas presentaron un peso significativamente menor que aquellas larvas que se alimentaron con follaje de la etapa de 3-hojas.

9.3. Consideraciones sobre el control químico

En 1993, se utilizaron mundialmente pesticidas en arroz por un valor de \$3 300 millones. Productores de arroz en Japón, Corea del Sur y China usaron cerca del 70% de estos pesticidas (Payer, 1997)

Científicamente, es cuestionable el empleo de una rutina de insecticidas como método de control de insectos comedores de follaje en el arroz durante los primeros 30-40 días después de la siembra, ya que las cosechas normalmente no se afectan con la defoliación. Ensayos en Filipinas, donde se comparan los rendimientos de campos

no tratados con insecticidas, con campos hasta con cinco o más tratamientos, respaldan esta conclusión (Payer, *sup.cit*)

En Panamá, Carranza (1996), señala en su propuesta de manejo integrado del cultivo de arroz que, no hubo necesidad de efectuar aplicaciones de insecticidas contra insectos defoliadores durante los estados iniciales del cultivo. Esta medida redundó en un ahorro por el orden de B/. 19 60/ha

9.4. Control natural por parasitoides

Numerosas especies de parasitoides ejercen control sobre *Spodoptera frugiperda*. Según Andrews (1980), once especies de parasitoides en Centroamérica fueron criadas de huevos y larvas del cogollero. Estas especies pertenecen a los géneros *Apanteles*, *Chelonus*, *Rogas*, *Euplectrus*, *Pachyscapha*, *Pristomerus*, *Archytas*, *Lespesia* y *Trichogramma*. En el mismo trabajo no aparece ninguna especie reportada para Panamá

Euplectrus hircinus reportada a través de una comunicación personal por F Bennett y citada por Andrews (1988), aparece registrada para nuestro país, parasitando *Spodoptera frugiperda*.

Ashley (1986), señala que, en el continente americano, la Familia *Braconidae* presenta mayor impacto en las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, con *Chelonus insularis* que ejerce el nivel más alto de parasitoidismo en Centroamérica y América del Norte, así como las especies del género *Rogas*, las de menor impacto. El mismo autor resalta que *Euplectrus plathypenae* fue el único *Eulophidae* que encontró atacando al cogollero

Salazar y Cabrera (1983), citados por Carrillo-Sánchez (1993), reportan un parasitoidismo natural de 86.7% ocasionado por *Chelonus insularis* Cabrera y García

(1984, En Carrillo-Sánchez, 1993) observaron tres parasitoides que atacan larvas, éstos fueron *Chelonus insularis*, *Pristomerus spinator* y *Campoletis spp*, con un parasitoidismo medio ocasionado por las tres especies de 79.6%. Para los autores, la importancia de estas cifras radica en que con un parasitoidismo de 80%, no hay necesidad de aplicar insecticidas

Pantoja (1985), reporta un parasitoidismo en arroz de 29% por *Lespesia spp.*, 3.6%, por *Archytas mormoratus*, y 67% por *Chelonus spp.*, al tiempo que advierte que a pesar de los diversos reportes de parasitoides, en la mayoría de los casos no se indica el cultivo u hospedero de dónde se colectó *S. frugiperda* y que son escasos los datos sobre parasitoides criados de larvas de cogollero atacando arroz

En observaciones realizadas por Vargas y Sánchez (1983), en dos variedades de arroz en Colombia, se determinó que *Euplectrus plathypenae* fue responsable del 40 al 50% de la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda*; *Meteorus laphygmae*, de 5.5 al 11%, *Chelonus texanus*, de 0.82 a 1.78%, y *Lespesia spp* y *Winthemia spp* de 1.23 a 2.18%. *Euplectrus plathypenae* resultó más eficiente en la variedad con menor macollamiento, debido a la mayor exposición de la plaga al parasitoide.

En estudio de población de *Spodoptera frugiperda* realizado por De Gracia (1976), en parcelas de arroz de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Tocumen, reporta un parasitoidismo de 32.6% para el año de 1975, al tiempo que le atribuye a este control natural la baja incidencia de larvas que se dio en ese año. Los parasitoides fueron identificados a nivel de Orden como tres especies de Diptera y cuatro especies de Hymenoptera. Para uno de estos describió que “el adulto parásito pone sus huevos en el tegumento de la larva, éstos eclosionan y se la comen”

De Diego (1991), reporta en su estudio, realizado en parcelas de arroz en el corregimiento de Juan Hombrón, provincia de Coclé, un parasitoidismo superior al

50% en el 75% de las larvas de *Spodoptera frugiperda*, siendo 86% el más alto y 54% el parasitoidismo global. Los parasitoides que emergieron de las larvas colectadas fueron identificados como pertenecientes al género *Apanteles* de la Familia *Braconidae*.

10. Feromona

Las hembras de *Spodoptera frugiperda* producen una feromona sexual que atrae a los machos al cortejo y apareamiento, de ahí que Snow y Copeland (1969, En Mitchell, 1979) señalan que hembras pudieran ser utilizadas como cebos para atraer y capturar machos, si no fuera por la poca disponibilidad y lo costoso del proceso de criarlas en comparación con el costo de la feromona sintética.

Dos compuestos, han sido identificados como la feromona de *Spodoptera frugiperda*. (Z)-9- tetradecen-1-ol-acetate (Sekul y Sparks 1967) y (Z)-9-dodecen-1-ol-acetate (Sekul y Sparks 1976) Mitchell y Doolittle (1976, En Mitchell, 1979) demostraron que la primera de éstas no es efectiva en condiciones de campo, sin embargo, es considerado un estimulante sexual para ensayos de laboratorio, así mismo, aseguran que la segunda es altamente atractiva para los machos en campo.

La trampa adhesiva Pherocon 1C resultó la más efectiva cuando se le comparó con otros seis tipos de trampas. Su eficiencia es afectada por factores como el número de insectos capturados y la acumulación de escamas, polvo y otros detritos. Los tipos de dispensores que se han utilizado para evaporar la feromona incluyen tapas de botella, plástico y plástico laminado, Tingle y Mitchell (1975, En Mitchell 1979)

Estudios han comprobado que las trampas adhesivas tipo "twin trap" colocadas a 1m sobre el suelo resultaron efectivas y convenientes y que su captura no fue afectada por la altura del cultivo, Mitchell (1979)

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza e Investigación Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, localizado en el corregimiento de Tocumen, 9° 03' latitud norte y 79° 22' latitud oeste, con una temperatura anual promedio y precipitación pluvial para el año 2001 de 26 °C y 1604mm, respectivamente. El levantamiento de la información se llevó a cabo en el período comprendido de junio del 2001 a mayo del 2002, en una parcela de producción de arroz para semilla certificada, variedad Panamá 1048, con una superficie 2.5 ha, donde no se aplicaron insecticidas.

1. Estimación de la dinámica de población

En la parcela de 2.5ha se delimitó un área de 625 metros cuadrados, donde se colocó una trampa tipo "twin trap", con feromona para la captura de adultos de *Spodoptera frugiperda*, con la finalidad de determinar la época de colonización y las fluctuaciones de las poblaciones del insecto en la parcela de estudio (Fig. 1). El dispensador de la feromona fue repuesto cada 25 días, así como también la trampa en sí, aunque en ocasiones, por las constantes y fuertes precipitaciones se reemplazaron en un lapso menor. La trampa se colocó a una altura de 0.20 m sobre los terminales de las plantas. Los adultos capturados en las trampas se trasladaron al laboratorio para su debida identificación.

En la parcela se demarcaron 100 estaciones, a una distancia equidistante de 2.5 m; se seleccionaron en cada estación cuatro plantas ubicadas en los puntos cardinales con relación a la estaca que señalaba la estación, donde se realizaban los muestreos de estados inmaduros del insecto.(Fig. 1)



Fig. 1. Trampa con feromona para captura de *S. frugiperda* y estaciones de muestreo

Los recuentos de adultos capturados en la trampa y de larvas en los diferentes estadios en la unidad experimental, se realizaron dos veces por semana, los días martes y viernes, durante el ciclo fenológico del cultivo; los dos meses antes del establecimiento, y el período de cinco meses después de la madurez fisiológica, los muestreos fueron espaciados a una sola vez por semana. Las estaciones se clasificaron en números pares e impares, de forma que en cada fecha de muestreo se inspeccionaron 50 estaciones y en cada una de ellas, las cuatro plantas. Los muestreos de los estados inmaduros se realizaron también en las malezas, para establecer

posibles preferencias de los estados inmaduros hacia éstas. Los datos se registraron en formatos diseñados para tal fin.

Las larvas colectadas en el campo fueron colocadas en viales individuales para evitar el canibalismo; se les rotuló con un código que indicaba el número de muestreo y la estación donde se encontraron, para ser trasladadas al laboratorio.

2. Estimación del ciclo de vida del insecto

La cría de las larvas en el laboratorio se realizó a una temperatura de 24.8 °C. En los formatos de laboratorio se registraron los cambios de estadios y de estados biológicos, con la finalidad de conocer la duración de cada uno de ellos. Las larvas se alimentaron diariamente con rodajas de mazorca de maíz nuevo extraídas con un sacabocados. Los restos de alimentos y féculas de las larvas fueron removidos cada día, para evitar la proliferación de hongos. Con el mismo propósito, se esterilizaron los viales cada 5 días de uso en una cámara térmica a una temperatura de 100°C por 10 minutos.

Las pupas fueron trasladadas a una jaula de tela metálica hasta que emergiera el adulto. Los adultos se alimentaron con una solución azucarada, preparada con miel diluida en agua, al 20%. En fechas seleccionadas al azar, se hicieron conteos de adultos machos y hembras para establecer la relación de sexos.

En la jaula se colocaron plántulas de maíz y arroz, para permitir la oviposición. Las masas de huevos se retiraron diariamente y colocaron en platos petri, donde se mantenían desde la eclosión de las larvas hasta el estadio larval II, cuando eran individualizadas en viales de 5cm de alto por 2.8cm de diámetro.

Para la identificación del insecto se separó el abdomen del cuerpo, luego el aedeagus, se introdujo en KOH al 10%, durante 48 horas, para posteriormente, realizar los montajes y las observaciones del caso, según la clave de Todd

3. Estimación del control natural por parasitoides en larvas

Del material colectado en campo, se separaron los estados inmaduros con síntomas de parasitoidismo y se continuó con su alimentación. Los parasitoides que emergieron fueron separados y registrados con el código de la larva hospedera. Posteriormente, se preservaron en cajas entomológicas, para su debida identificación.

4. Estimación de las poblaciones de malezas y plantas de arroz

En las estaciones señaladas de la parcela de estudio, se realizaron los muestreos, para determinar, tanto la densidad del cultivo durante el período vegetativo, como la densidad de las malezas que se detectaron en esa fase. El estimado de las poblaciones de plantas de arroz y malezas durante esta época, se hizo con la técnica de muestreo conocida como " el vecino más cercano", que consiste en determinar la distancia a la que se encuentran las tres plantas más próximas de la maleza detectada, para luego, por medio de la fórmula matemática, $(\pi \times r^2)$ establecer el área que ocupa una planta, y así determinar el estimado de las poblaciones de malezas y plantas de arroz por hectárea. Esta misma técnica se aplicó en los muestreos, para determinar la densidad de malezas en el período de barbecho de la parcela.

Las malezas fueron identificadas en campo por el Ing Agr. Msc Luis C Salazar, malezólogo especialista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá

5. Fluctuación de las poblaciones de adultos y larvas en dos cultivos

En una parcela de maíz de la variedad Tocumen 80-A, se colocó una trampa con feromona, para comparar las fluctuaciones de las poblaciones de los adultos con la obtenida en la parcela de arroz del estudio. De igual forma, se realizó conteo de las larvas en 20 estaciones seleccionadas al azar, para determinar incidencia.

Las larvas detectadas fueron colectadas y trasladadas al laboratorio, para ser incorporadas a la cría. Éstas sirvieron al propósito de comparar la incidencia de parasitoidismo y la diversidad de especies parasitoides con aquéllos que se encontraron en la parcela de arroz.

6. Estimación de daño a la planta

Para tratar de establecer los efectos fisiológicos en las plantas de arroz ocasionados por el proceso de defoliación de las larvas de *Spodoptera frugiperda*, se sembraron el 25 de octubre de 2001 semillas de la variedad Panamá 1048 en potes plásticos de 27cm de alto por 27cm de diámetro, con una capacidad para contener aproximadamente 4.5lbs de tierra. El suelo utilizado provino de las parcelas del CEIAT. El abono completo de fórmula (12-24-12), en dosis de 15g/planta, fue incorporado al suelo dos días antes de la siembra. Se realizó una sola aplicación, al voleo, de fertilizante nitrogenado al 46%, en dosis de 28 g/planta, a los 30 días después de germinadas las plantas.

Durante la época seca las plantas recibieron riego por aspersión con agua potable de acueducto residencial.

El ensayo se realizó a dos edades, consideradas dentro del periodo de susceptibilidad del cultivo al insecto: 15 y 30 días después de germinación. Para cada

edad se contemplaron tres porcentajes de defoliación: 25%; 50%; 100%, y el testigo sin defoliación (Fig. 2). Cada tratamiento contó de tres réplicas. Adicionalmente se estableció un testigo sin defoliación que se colocó fuera de las jaulas entomológicas para tratar de determinar la influencia de éstas en el desarrollo de las plantas de arroz (Fig. 3).



Fig. 2. Porcentajes de defoliación y testigos, a dos edades del cultivo.

Para estimar el índice foliar se cortaron a nivel de la espícula 50 hojas de plantas de arroz de las edades mencionadas, se fijaron con cinta adhesiva transparente a una hoja de papel y se fotocopiaron. Las hojas de las plantas de arroz fotocopiadas se midieron longitudinalmente, desde la espícula hasta el ápice, y se determinó el área foliar con la ayuda de una hoja milimetrada transparente. Se sumaron los centímetros lineales, y los milímetros de área foliar fueron convertidos a centímetros cuadrados. De esta manera, se estableció una relación entre longitud del limbo de la hoja y la superficie foliar.

Para defoliar las plantas de arroz, se utilizaron larvas que se encontraban entre el tercer y cuarto estadio, provenientes de la cría de laboratorio.



Fig. 3. Plantas testigos sin defoliación que crecieron fuera de las jaulas.

Se infestaron artificialmente, con la ayuda de pinceles, cada planta con una larva, para que se alimentara del follaje (Fig 4). Cuando la larva no comía o dejaba de hacerlo era reemplazada por otra hasta lograr el porcentaje de defoliación deseado. Luego, los potes con las plantas defoliadas fueron colocados bajo jaulas construidas de acero liso de $\frac{1}{4}$ " de espesor, 1.27m de alto, 0.51m de ancho, tanto en la base como en la parte de mayor altura, forrada por todos sus lados con tul blanco. En estas jaulas, las plantas completaron su desarrollo hasta el momento de la cosecha manual.



Fig. 4. Infestación artificial con larvas entre tercer y cuarto estadio, para la defoliación de plantas de arroz.

7. Análisis de la información

La información recabada en la parcela de estudio se registró en los formatos correspondientes y fue transferida a una base de datos creada en Excel® (1998), para su posterior análisis en el programa Statistica® 6.0 (1998), con el que se practicaron análisis de varianza, pruebas de post-comparación de medias y otras según el caso. En ese sentido se realizaron análisis estadísticos, para la prueba de defoliación, a los promedios de las variables altura de planta, número de hijos, número de hijos productivos, granos llenos y vanos, número de granos por panoja y peso de grano.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización del hábitat

La parcela de estudio forma parte de los cultivos que, con fines de producción e investigación, se siembran en la finca experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. En los campos adyacentes se cultiva maíz (*Zea mays*) para la producción de semilla certificada. El programa de manejo agronómico de este rubro incluye una rotación con leguminosas, para mejorar los niveles de nitrógeno en el suelo

La siembra de maíz es escalonada, a partir de inicios del mes de julio, permaneciendo en campo hasta diciembre, de manera que coincide con las siembras de arroz que se dan en ese período.

El programa de mejoramiento ganadero explota aproximadamente 4has de *Sorghum vulgare* para ensilaje. La siembra de este pasto de corte se realiza a inicios de diciembre

La temperatura máxima y mínima para el año 2001 estuvieron por el orden de 30.3°C y 23.1°C, respectivamente, con un promedio de 26.7°C. Las precipitaciones registradas para el mismo período fueron de 1604mm, y se presentó una notable disminución en agosto, mes de la siembra (Cuadro I).

Cuadro I. Registro de temperatura y precipitación pluvial durante el año 2001

Mes	Temperatura máxima promedio (°C)	Temperatura mínima promedio (°C)	Temperatura media promedio (°C)	Precipitación (mm)
Enero	30.6	21.6	26.1	65
Febrero	31.3	22.0	26.7	0
Marzo	31.4	22.0	26.7	10.8
Abril	31.8	23.0	27.7	17.5
Mayo	30.9	23.6	27.2	291.8
Junio	30.8	23.8	27.3	167.9
Julio	30.2	23.4	26.8	149.2
Agosto	30.6	24.0	27.3	60.7
Septiembre	29.3	23.2	26.2	282.8
Octubre	28.0	24.0	26.0	168.1
Noviembre	29.1	23.7	26.4	164.4
Diciembre	29.5	23.3	26.4	227
	30.3	23.1	26.7	1604

1.1. Malezas de contorno

Parte esencial del agroecosistema lo conforman una gran diversidad de malezas que se encuentran en los bordes de las parcelas, así como aquéllas que invaden los campos de arroz. Se estimaron las poblaciones de cinco especies de malezas gramíneas en los contornos, además de otras tantas que fueron agrupadas como malezas de hoja ancha, (Cuadro II)

La teoría de que las infestaciones de *Spodoptera frugiperda* se inician de los márgenes de las parcelas, está ampliamente difundida

Al menos *Cynodon dactylon*, *Echinochloa* sp, *Chloris* sp, son plantas reportadas como hospederas por Pashley (1988). Sin embargo, a pesar de encontrarse en poblaciones importantes, no pudo detectarse ningún estado biológico de *S. frugiperda*, durante junio y julio, meses previos a la siembra. Estos resultados

coinciden con los de De Gracia (1976), en los mismos campos, ya que no existen evidencias que permitan sugerir que las infestaciones de *Spodoptera frugiperda* a las parcelas de arroz se originan en las malezas de contorno. A la vez, que refuerza la hipótesis de que *S. frugiperda* siendo un buen volador (Capinera, 2000), puede migrar de distancias superiores a los 250 km (Johnson, 1987) para infestar cultivos que le sean atractivos.

Cuadro II. Malezas de contorno y su densidad de población estimada, en los meses de junio y julio de 2001.

ESPECIE	DENSIDAD ESTIMADA (miles de plantas/ ha)
Jujuca	43 48
<i>Cynodon dactylon</i>	85 47
<i>Echinochloa colonum</i>	7 63
<i>Paspalum</i> sp.	9 17
<i>Chloris</i> sp.	14 4
Malezas de hojas anchas	181 81

1.2. Malezas invasoras

Del primero de junio al 30 de julio, los estimados de población de las malezas en el campo destinado a la siembra del cultivo, muestran una alta prevalencia de malas hierbas hospederas del insecto, (Cuadro III). Entre éstas destacan *Cyperus rotundus*, *Digitaria* sp, *Echinochloa colonum*, *Cynodon dactylon* y aún *Oryza sativa*, producto de los granos caídos en campo durante la cosecha del año anterior, que rompieron su latencia en ese periodo, germinando y alcanzando una altura de hasta 12cm. De igual forma en los muestreos realizados a estas plantas no se detectaron estados biológicos de *S. frugiperda*.

Para el 5 de julio, a no más de 50m en línea recta, contiguo al campo de estudio, la parcela de maíz se encontraba en fase vegetativa y presentaba una

incidencia de *S. frugiperda*, superior al 80%. Estas observaciones permiten inferir que pudiera existir una marcada preferencia hacia este cultivo, tal y como es señalado por Pashley (1986, 1988), aspecto que será tratado posteriormente

Cuadro III. Malezas invasoras en la parcela de estudio, durante los meses de junio y julio de 2001.

ESPECIE	DENSIDAD ESTIMADA (miles de planta / ha)
<i>Cyperus rotundus</i>	72 71
<i>Murdania nudiflora</i>	19 55
Malezas de hojas anchas	150 25
<i>Digitaria</i> sp.	37 22
<i>Oryza sativa</i>	43 8
<i>Echinochloa colonum</i>	28 76
<i>Ischaemum rugosum</i>	12 27
<i>Cynodon dactylon</i>	24 25

2. Aspectos del cultivo

El cultivar de arroz que se siembra, en la estación experimental, para producción de semilla certificada, en una extensión cercana a las 17has, es la variedad Panamá -1048, material liberado en 1987, producto de un trabajo cooperativo entre la Universidad de Panamá, CIAT e IDIAP. Esta variedad de 120 días a madurez fisiológica, es descrita como estable por Gaona¹ (com pers.), de poca tendencia a disgregar. Es un material de buena habilidad para el "macollamiento", 87-91 días a floración, 117-120 días a madurez fisiológica, buena respuesta a la fertilización nitrogenada (Anónimo, 1988)

¹ Gaona, J (Fitomejorador del Programa de Arroz de la Facultad de Ciencias Agrop, U de Panamá)

2.1. De las etapas fenológicas

Fase vegetativa

El campo donde se realizó el levantamiento de la información se sembró el 6 de agosto del 2001, de esa fecha al 24 de agosto (18 días después de la siembra) se registraron sólo 20.4 mm de precipitación pluvial, con 11 días sin lluvia y cuatro días durante los cuales cayó menos de 1 mm. Esto ocasionó que una escasa germinación se diera recién el 12 de ese mes, lo que coincide con lo descrito por Tascón (1985), cuando señala que la germinación se dilata en función de la humedad y que puede demorar entre cinco y diez días.

La población de arroz estimada para el 24 de agosto, 18 días después de la siembra, (d.d.s) muestra una densidad baja, expresada en 263,065 plantas/ha. Para el 4 de septiembre (29 d.d.s) la población del cultivo se había incrementado a 497,358 plantas/ha, como consecuencia de una mejor distribución de las precipitaciones, pero es considerada aún como una población baja.

En efecto, tal y como lo señalan diversos autores, (Aguilera 1991 y Tascón 1985), la fase de "macollamiento" es la más larga de todas las etapas fenológicas del cultivo, se prolonga por espacio de aproximadamente 45 días. En observaciones individuales, se registraron hasta 29 macollas por planta, lo cual se aproxima a las 30, que señala Tascón (1985).

Fase reproductiva

Para el 9 de noviembre, el 10% de las plantas se encontraba en floración, esto es, 95 días contados a partir de la siembra. Se aprecia un retraso en esta fase del orden de los cuatro días, explicables por la demora en la germinación y por el desarrollo

desigual durante el desarrollo vegetativo. Sin embargo, al 6 de diciembre, el 100% de las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, 27 días después de la floración. Tascón (1985), señala que la maduración de cualquier variedad se da a los 30 días después de la floración. Esto confirma lo señalado por Gaona (com. pers.), en el sentido que la variedad se comporta de manera estable, ya que a pesar de las condiciones climáticas adversas, logró completar su ciclo fenológico en 120 días.

3. Aspectos importantes del insecto

Desde que Pashley (1985, 1986) determinó por medios electroforéticos que *Spodoptera frugiperda* está compuesta de dos biotipos, necesario para la correcta interpretación de los resultados de cualquier trabajo, ya sea de laboratorio o campo, tener indicios del biotipo con el que se está trabajando. Es así como Lynch *et al* (1983, En Whitford 1988), encuentran que Tifton 292, una variedad de *Cynodon dactylon*, es 100% resistente a *S. frugiperda*. Posteriormente, se confirma que este autor había utilizado en sus ensayos una colonia del biotipo del maíz. Es más, esta misma variedad resultó altamente susceptible cuando fue examinada con individuos del biotipo arroz.

Los estudios de población de este insecto que se han realizado en nuestro país, no hacen ninguna mención sobre el aspecto de los biotipos, por lo que en ausencia de métodos que permitan determinar el biotipo que predominó en esta investigación, se presentan algunos resultados que pudieran estar relacionados con este tema.

3.1. Comportamiento de *S. frugiperda* hacia sus hospederos

De las 71 larvas colectadas en la parcela de estudio, 35 (49.3%) se encontraron sobre *Oryza sativa*, 32 (45.1%) en *Sorghum vulgare* y 4 (5.6%) en *Rottboellia conchinchinensis* (manisuris) (Fig. 5). De este total, 55 fueron colectadas del 24 de agosto (18 días después de la siembra) al 2 de octubre (57 días después de la siembra), período que corresponde a la fase vegetativa del cultivo y a doce días de la fase reproductiva. Durante esta etapa, 19 larvas se colectaron en arroz, 32 de sorgo y 4 en manisuris. Del 16 de octubre (71 días después de la siembra) al 6 de noviembre (88 días después de la siembra), período que corresponde a la fase reproductiva del cultivo, fueron colectadas 16 larvas. Estos datos parecen indicar que, independientemente del hospedero, hubo una concentración en la captura de larvas (77.5% del total) en un lapso de 38 días, del 24 de agosto al 2 de octubre, cuando las plantas hospederas se encontraban en desarrollo vegetativo. En consecuencia, esto puede interpretarse, tal y como es señalado por Aguilera (1983) y Capinera (2000), que la fase vegetativa de estas plantas constituye la más atractiva a los estadios larvales de *S. frugiperda*.

Los conteos de plantas de arroz y malezas durante la fase vegetativa, sitúan a *Sorghum vulgare*, en una densidad estimada de 750 plantas/ha (Cuadro IV), mientras que el cultivo presentaba una densidad de 497,358 plantas/ha (al 4 de septiembre). Esto significa que por cada planta de sorgo en el campo existían, en ese momento, 663 plantas de arroz. A pesar de esta desproporción, en cuanto a la densidad estimada de estas plantas, se nota una marcada presencia de larvas sobre *Sorghum vulgare* durante la fase vegetativa de ambos hospederos.

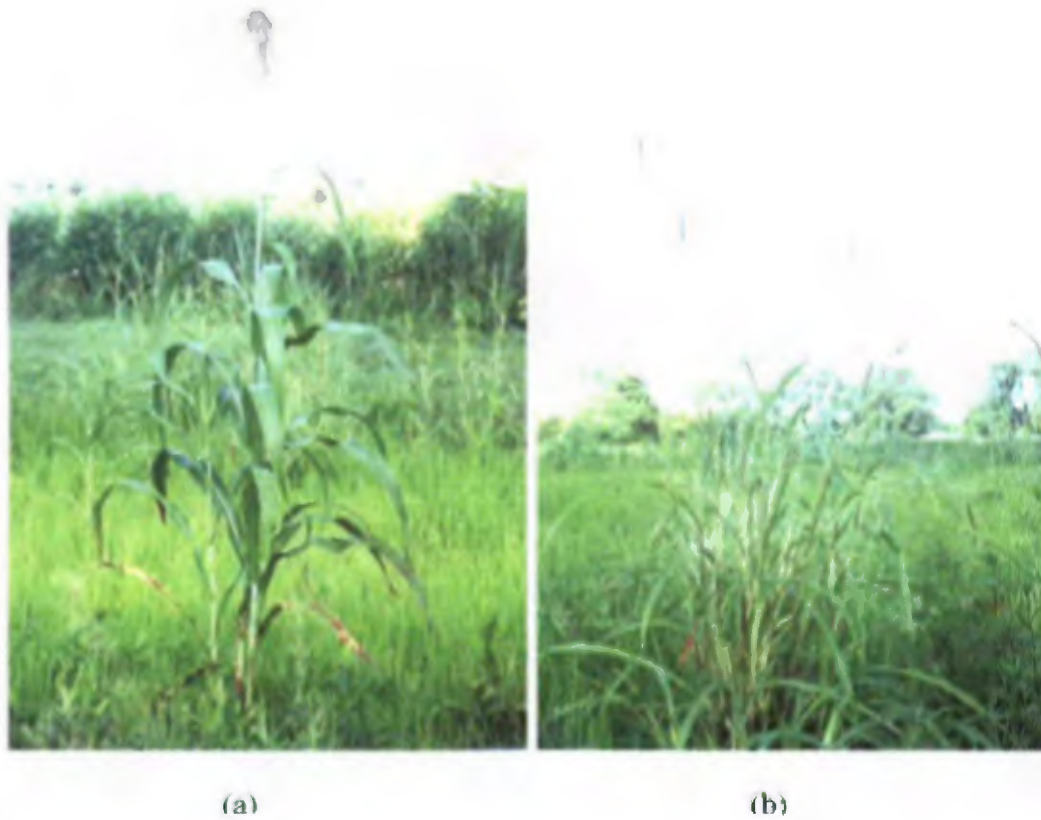


Fig. 5. *Sorghum vulgare* (a) y *Rottboellia cochinchinensis* (b), malezas invasoras, hospederas de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Estas observaciones permiten sugerir que *Sorghum vulgare* resultó más atractivo que el arroz a las larvas de *S. frugiperda*, cuando ambos hospederos se encontraban en desarrollo vegetativo, lo cual coincide con lo planteado por Veenstra *et al.*, (1995)

Cuadro IV. Densidad estimada de malezas durante el período vegetativo del cultivo.

ESPECIE	DENSIDAD ESTIMADA (miles de plantas/ ha)
<i>Cyperus rotundus</i>	84.9
<i>Cynodon dactylon</i>	241.2
<i>Echinochloa colonum</i>	5.04
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	3.64
<i>Ischaemum rugosum</i>	16.6
Malezas de hojas anchas	22.3
<i>Digitaria sanguinalis</i>	5.24
<i>Sorghum vulgare</i>	0.75

Cyperus rotundus, *Digitaria sanguinalis*, *Cynodon dactylon* y *Echinochloa spp* son malezas reportadas como hospederos de *S. frugiperda* (Alvárez y Sánchez, 1983), (Pashley, 1988), (Capinera, 2000) En los muestreos realizados para estimar las poblaciones de estas malas hierbas, no se detectó ninguna larva que se alimentara de estas plantas, a pesar de encontrarse en poblaciones significativas *Cynodon dactylon* uno de los hospederos preferidos por el biotipo del arroz (Pashley, 1986, 1988) no presentó incidencia detectable de *S. frugiperda*.

Es conocido que la selección del hospedero es determinada por los adultos del insecto (Bernays, 1989) y pudiera inferirse que la distribución de las larvas entre los distintos hospederos, obedece al comportamiento de dispersión de estos estados inmaduros después del segundo estadio larval como un mecanismo para evitar el canibalismo (Chapman *et al.*, 1999). Lecturas realizadas en trampas con atrayente

sexual, colocadas en la parcela de maíz, del 16 de octubre al 20 de noviembre (36 días de muestreo), reportan una captura de adultos por el orden de 32 individuos; mientras que en las trampas en la parcela de estudio no se registró la captura de ningún individuo

La parcela de maíz para esa época se encontraba en su fase vegetativa mientras que las plantas de arroz en el campo experimental pasaban por la fase reproductiva. Del 24 de agosto al 2 de octubre, se colectó el 54.2% de las larvas sobre arroz, 100% de las larvas sobre sorgo, 100% de las larvas sobre *Rottboellia cochinchinensis*, sólo se registró en las trampas con feromona una captura de seis adultos, aún cuando el arroz estaba en su fase vegetativa

En el laboratorio, en jaulas acondicionadas para la emergencia de adultos de *S. frugiperda*, se recuperaron 14 masas de huevos, para un total de 1363 huevos y un promedio de 97.3 huevos por masa. Los grupos de huevos oscilaron de 12-275, coincidiendo con Pérez *et al.* (2000). Sólo una de las 14 masas, fue colectada sobre arroz, aún cuando en las jaulas había igual número de plántulas de maíz y arroz. La masa de huevo sobre arroz presentó el menor número de huevos (12) y presentó una mortalidad del 100% en el primer estadio larval. Estos resultados parecen concordar con los de Whitford *et al.* (1988) cuando señalan que los biotipos de *S. frugiperda* muestran una marcada preferencia en su oviposición hacia sus hospederos primarios y con van Huis (1981, En: Andrews, 1988) y Álvarez y Sánchez (1983) al observar que las hembras colocan más huevos en maíz que en otros cultivos.

En observaciones relacionadas, 84 larvas de primer estadio que se alimentaban sobre hojas de arroz, en la etapa de tres hojas, murieron antes de alcanzar el siguiente

estadio Antibiosis se ha reportado con algunas líneas de arroz, Lye (1988). Ensayos adicionales son necesarios para determinar este efecto en larvas de *S. frugiperda* alimentadas con este cultivar de arroz

3.2. Del ciclo fenológico en tres hospederos.

Con las larvas provenientes de la parcela de estudio se continuó con la cría en laboratorio a una temperatura promedio de 24 8°C, se observó diferencias en el desarrollo. Las larvas que se colectaron sobre sorgo mostraron un desarrollo más rápido, superando a aquellas que procedían de *Rotboellia cochinchinensis* y arroz por tres y seis días, respectivamente (Cuadro V)

Cuadro V. Duración parcial del ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* en tres hospederos

Estadio biológico	Arroz (días)	Sorgo (días)	<i>Rotboellia cochinchinensis</i> (días)
L- 2°-3°	6	5.2	7
L- 4°-5°	5.25	4	5.3
L- 6°	5.25	3.6	4
Pupa	12.5	10.3	10.6
Adulto	(n=4)	(n=16)	(n=3)
Total	29	23.1	26.9

Estos resultados concuerdan con los de Armenta (1971, citado por Sifuentes, 1977, En Andrews, 1988) en el sentido de que las larvas de *S. frugiperda* se desarrollan más rápido en sorgo que en otros cultivos, incluyendo maíz.

Los estudios de Pashley (1988) y Whitford *et al* (1988) demuestran que las larvas de *S. frugiperda* del biotipo maíz que se alimentan de *Cynodon dactylon* se desarrollan sin diferencias significativas cuando se les compara con aquéllas alimentadas con su hospedero primario. En los ensayos citados y en otros relacionados, se ha utilizado siempre *Cynodon dactylon* para alimentar a las larvas. Se hace necesario la realización de diseños experimentales donde se utilice arroz, más cuando es conocido que las variedades de *Cynodon dactylon* de estas investigaciones, presentan un contenido más alto en proteína que el de maíz (Pashley *et al.*, 1995), probablemente dando por resultado que no existan diferencias en el desarrollo de las larvas del biotipo del maíz cuando se alimentan de esta gramínea. Análisis bromatológicos que demuestren el contenido proteico de esta variedad de arroz pudieran aclarar por qué las larvas que se alimentan de este hospedero toman más días para su desarrollo.

4. Estimación del ciclo biológico e identificación de la especie

Masas de huevos, colocadas por adultos obtenidos en laboratorio, provenientes de larvas colectadas en los campos de maíz, fueron retiradas de las plántulas en la jaula entomológica, para que, a una temperatura promedio de 24.8°C, completaran su desarrollo hasta el estado adulto. Se estimó que, en promedio, los individuos de *S. frugiperda* criados en laboratorio, bajo las condiciones descritas,

completaron el ciclo fenológico en 38.25 días, con rangos que oscilaron de 32-45 días (Cuadro VI)

Cuadro VI. Estimación del ciclo biológico de *S. frugiperda* en laboratorio.

Estado/Estadio biológico	Rango (días)	Promedio (días)
Huevo (n=515)	1-2	1.5
L-1 (n=464)	1-2	1.5
L-2 (n=126)	8-10	9.5
L-3 (n=116)	4-5	4.25
L-4 (n=102)	2-4	3.0
L-5 (n=72)	3-4	3.25
L-6 (n=59)	4-6	4.75
Pupa (n=40)	9-12	10.5
Adulto (n=31)	-----	-----
Total	32-45	38.25

El promedio de días estimados para completar el ciclo biológico se aproxima a los 36 determinados por Brito y Vásquez (1991), y se sitúa por debajo del máximo (39 días) señalado por Pérez (2000)

Seis fueron los estadios larvales observados, coincidiendo con King y Saunders (1984). La duración promedio del período larval se estimó en 26.25 días, lo que concuerda con los rangos de 20 a 30 días, establecidos por Loya (1978, En Andrews, 1988)

Las pupas tomaron en promedio 10.5 días para su desarrollo, con rangos que oscilaron de 9-13 días. Estas estimaciones están de acuerdo con las de King y Saunders (1984)

La relación de sexos estuvo por el orden de 1.3 machos.1 hembra, lo que deja entrever que las trampas con feromona son una herramienta que puede estimar con

cierta precisión el comportamiento de las poblaciones de *S. frugiperda* a partir de los “monitoreos” de adultos

Las observaciones realizadas a las genitalias de los adultos, tanto los criados en laboratorio como los capturados en campo, permite determinar que la especie con la que se trabajó en esta investigación, es *Spodoptera frugiperda*.

5. Estimación de la dinámica de población

5.1. “Monitoreo” de adultos de *Spodoptera frugiperda*

El “monitoreo” de adultos de *Spodoptera frugiperda* con las trampas adhesivas y la ferómona, se inició el 25 de septiembre del 2001 (50 d d.s), se mantuvo durante la etapa reproductiva y se prolongó hasta después de la madurez fisiológica del cultivo (6 de diciembre) Las trampas permanecieron en campo aún después de esta etapa, con el propósito de evaluar el comportamiento de los adultos terminado el ciclo fenológico de las plantas de arroz

Durante el período en que el cultivo se mantuvo en campo se logró la captura de ocho adultos El 28 de septiembre y el 2 de octubre se registró la captura de dos y cuatro adultos, respectivamente (75%) Dos adultos (25%), fueron capturados el 12 de octubre En los muestreos siguientes a esta última fecha hasta la madurez fisiológica del cultivo no se registró la captura de adultos de *Spodoptera frugiperda* Para el 19 de marzo y 2 de abril del 2002, se capturó un individuo en cada fecha, en una época en que el campo se encontraba en barbecho

Larvas provenientes de la parcela de estudio sirvieron para corroborar la fluctuación de la población de adultos, cuando se criaron hasta alcanzar el estado

adulto, relacionando su emergencia en laboratorio con las fechas de capturas en campo.

De esta forma, se pudo determinar que, siete adultos que emergieron en el laboratorio el 26 y uno el 28 de septiembre, coinciden con los dos adultos capturados en trampa el 28 de septiembre. Similar situación se dio con cuatro adultos que emergieron en el laboratorio entre el 30 de septiembre y el dos de octubre, concordando con los cuatro adultos capturados en trampa en esa fecha. Lo anterior permite inferir que, tanto los adultos obtenidos en laboratorio y aquéllos capturados en trampa, pertenecen a una misma generación (Fig. 6) y (Cuadro VII).

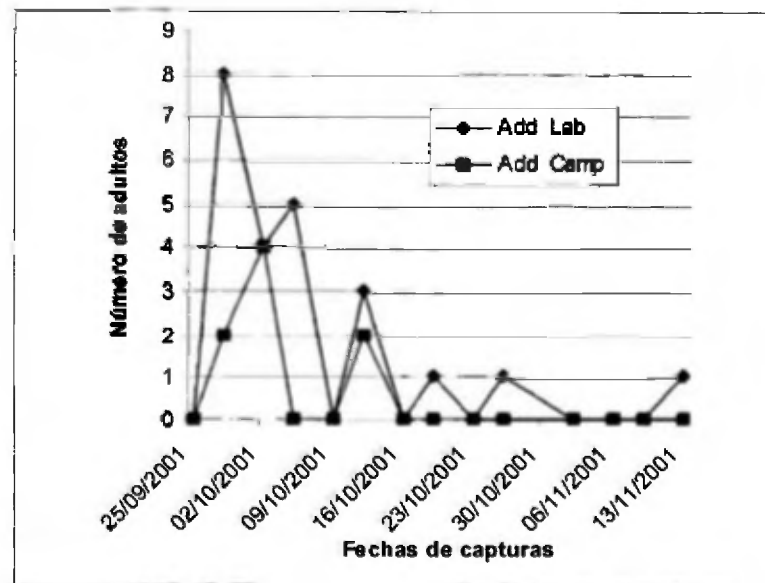


Fig. 6. Adultos capturados en campo y obtenidos en laboratorio, relacionados a fecha de captura.

Cuadro VII. Adultos de *Spodoptera frugiperda* capturados en trampas según fecha de muestreo y adultos obtenidos en laboratorio relacionados a esas fechas de muestreo, durante el ciclo fenológico del cultivo.

Fecha de muestreo	Edad del cultivo (días)	Adulto en laboratorio	Adulto en campo	Total
28/9/2001	53	8	2	10
2/10/2001	57	4	4	8
5/10/2001	60	5	0	5
9/10/2001	64	0	0	0
12/10/2001	67	3	2	5
16/10/2001	71	0	0	0
19/10/2001	74	1	0	1
23/10/2001	78	0	0	0
26/10/2001	81	1	0	1
2/11/2001	88	0	0	0
6/11/2001	92	0	0	0
9/11/2001	95	0	0	0
13/11/2001	99	1	0	1
Total		23	8	31

Debido a que las trampas fueron instaladas después de la siembra de la parcela de estudio, se trató de determinar el proceso de colonización del cultivo, por el insecto, en base a las estimaciones del ciclo biológico de las larvas colectadas y criadas en laboratorio hasta la emergencia de los adultos. Así, se sugiere que los adultos colonizadores se encontraban en la parcela desde mediados de agosto. Esto corresponde al estado de plántula, aún a pesar de la desigual germinación del cultivo (Cuadro VIII)

Cuadro VIII. Fecha estimada de colonización del cultivo por adultos de *Spodoptera frugiperda* determinada a partir de larvas colectadas en la parcela de estudio.

Fecha de colecta de larva	Fecha de emergencia de adulto en laboratorio	Fecha estimada de colonización	Total de adultos
24/8/2001	-----	12/8/2001	0
28/8/2001	-----	16/8/2001	0
30/8/2001	-----	20/8/2001	0
04/9/2001	26/9/2001	23/8/2001	3
04/9/2001	04/10/2001	23/8/2001	1
07/9/2001	26/9/2001	19/8/2001	2
07/9/2001	28/9/2001	21/8/2001	1
07/9/2001	02/10/2001	23/8/2001	1
07/9/2001	30/9/2001	25/8/2001	1
07/9/2001	05/10/2001	27/8/2001	1
11/9/2001	26/9/2001	22/8/2001	1
11/9/2001	01/10/2001	23/8/2001	2
11/9/2001	03/10/2001	30/8/2001	1
14/9/2001	26/9/2001	19/8/2001	1
14/9/2001	03/10/2001	26/8/2001	1
18/9/2001	05/10/2001	28/8/2001	1
18/9/2001	10/10/2001	03/9/2001	1
21/9/2001	10/10/2001	01/9/2001	1
21/9/2001	10/10/2001	04/9/2001	1
28/9/2001	18/10/2001	10/9/2001	1
2/10/2001	25/10/2001	14/9/2001	1
23/10/2001	13/11/2001	04/10/2001	1

En consecuencia, se presume que el período de colonización se extiende desde mediados de agosto hasta aproximadamente el 14 de septiembre, y que corresponde a la fase vegetativa del cultivo (Fig 7). Esto representa cerca de 30 días en que el cultivo es colonizado por los adultos de *S. frugiperda*, lo que sugiere que éstos llegan al campo paulatinamente. Parece demostrar también, que los colonizadores pudieran estar presentes en la parcela desde una edad muy temprana de las plantas de arroz.

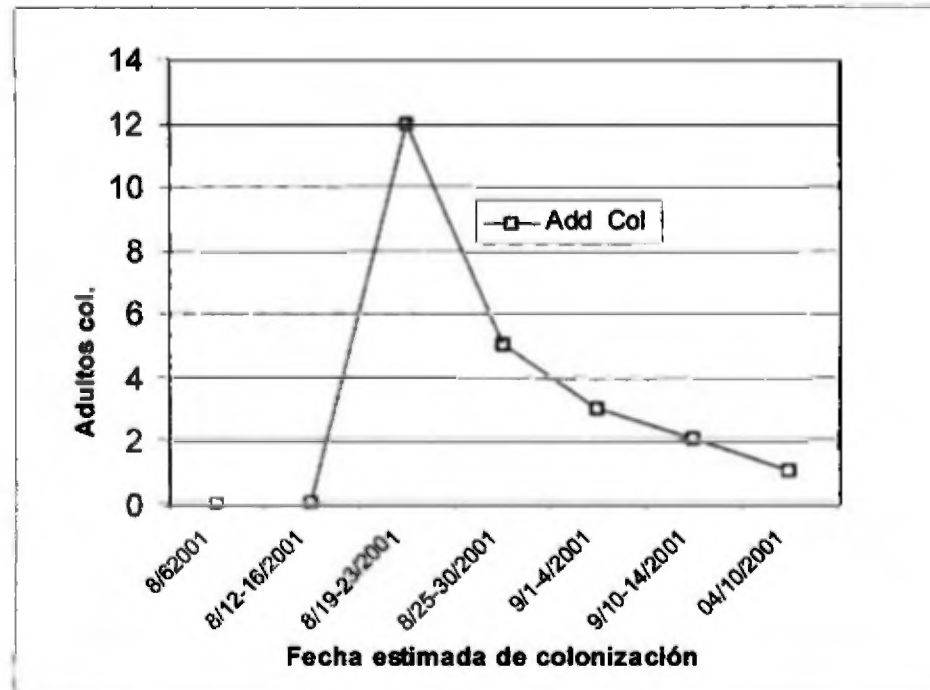


Fig. 7. Fecha estimada de colonización del cultivo, determinada a partir de larvas colectadas en el campo

Los estimados de población de adultos parecen indicar que, tanto los individuos capturados en trampas como los obtenidos en laboratorio, pertenecen a una generación descendiente de los colonizadores y que, por consiguiente, es probable que hayan completo su ciclo biológico en la parcela. En tanto que un adulto que emergió en el laboratorio el 13 de noviembre, aparentemente representa la generación de adultos migrantes (Fig.8).

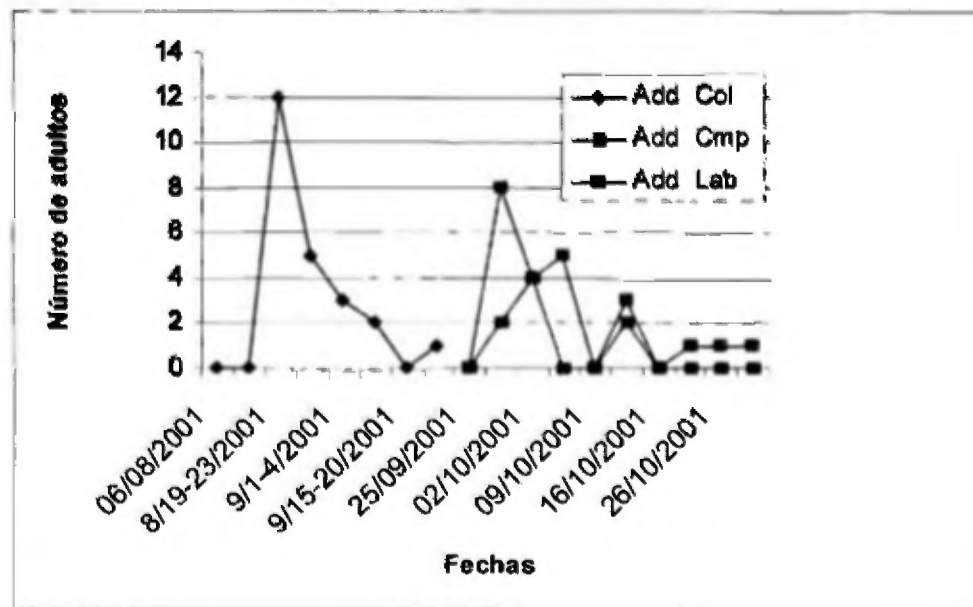


Fig. 8. Relación de adultos colonizadores, adultos obtenidos en laboratorio y capturados en campo, según fecha.

5.2. “Monitoreo” de otros estados biológicos de *Spodoptera frugiperda*

Durante el ciclo fenológico del cultivo no se detectaron masas de huevos de *S. frugiperda*, y los estados inmaduros que se colectaron pertenecían a larvas de los estadios II-III y IV-V. Las estimaciones del ciclo biológico permitieron situar las edades de estos individuos en, aproximadamente, 17 y 26 días de edad, respectivamente.

Debido a la escasa y desigual germinación producto de la sequía, la población de arroz resultó extremadamente baja y existía la posibilidad de que el campo fuera abandonado, por lo que el “monitoreo” de estados inmaduros de *Spodoptera frugiperda*, se inició el 24 de agosto, 18 días después de la siembra.

Según lo descrito anteriormente, desde el inicio del muestreo hasta el 6 de diciembre (madurez fisiológica), se capturaron y trasladaron al laboratorio 71 larvas; 35 sobre arroz y otras en malezas invasoras del campo experimental: 32 en sorgo y 4 en *Rottboellia cochinchinensis* (manisuris).

Estas larvas representan dos grupos de población, el primero que pertenece a la generación descendiente de los colonizadores y el segundo que, probablemente, procede de la generación de adultos establecidos en la parcela (Fig. 9).

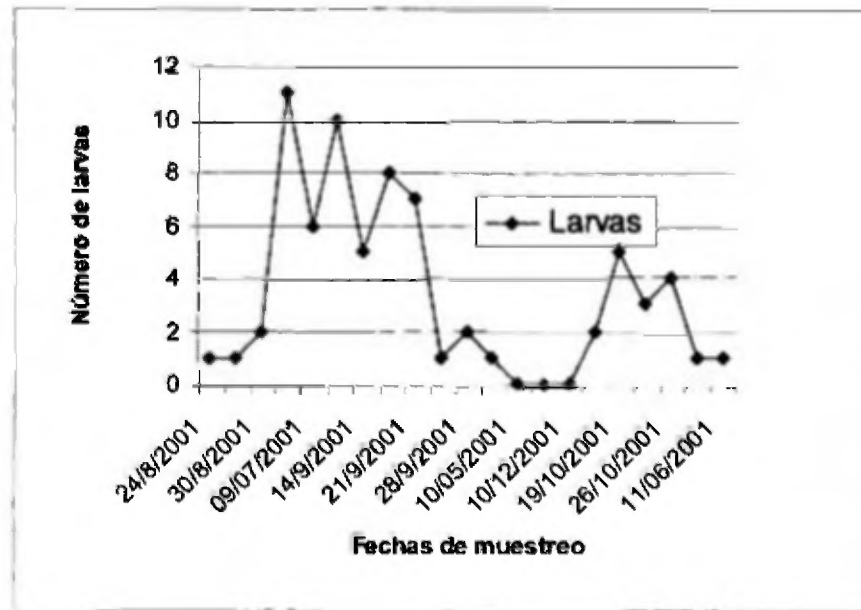


Fig. 9. Población larval de *S. frugiperda* durante el ciclo fenológico del cultivo.

Durante un período de 40 días (del 24 de agosto al 2 de octubre), que corresponden en su mayoría a la fase vegetativa, se colectó el primer grupo de población de larvas (55 larvas), lo cual representa el 77.5% del total de larvas detectadas en la parcela de estudio, mientras que en un lapso de 22 días (16 de octubre al 6 de noviembre), se capturó el segundo (16 larvas), para un 22.5% del total.

La tasa de incremento de población permite medir la rapidez de desarrollo de una población. Estas dos poblaciones larvales presentan tasas de incremento de población diferentes (Cuadro IX) y (Fig. 10), lo que significa que el primer grupo de larvas, con una tasa de incremento promedio de 0.55, completó su desarrollo en un período más prolongado que el segundo. De las larvas pertenecientes a la primera población (55), 26 se encontraban entre los estadios II-III, y 29, entre IV-V. Esta distribución de edades es consona con el largo período de colonización del cultivo por lo que esta población se desarrolló en un período de 40 días, ya indicado.

Por otro lado, la segunda población larval, con una tasa de incremento de población promedio de 0.70, completó su desarrollo en 22 días, se trataba de un grupo más reducido (16), que, en su totalidad, pertenecían a los estadios IV-V, lo cual parece indicar que proceden de un número de adultos concentrados en un corto lapso de tiempo, resultando en una distribución de edad más homogénea cuando se le compara con la primera población larval.

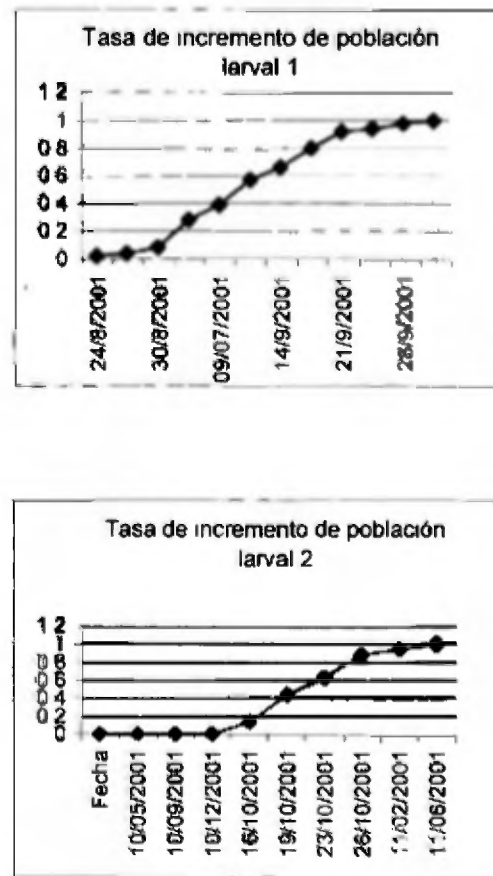


Fig. 10. Tasas de incremento de población de dos grupos larvales.

Estas poblaciones difieren considerablemente en el porcentaje de éxito, en la tasa y en los factores de mortalidad, lo que parece sugerir que *S. frugiperda* es un buen colonizador y que la fase en que el cultivo es colonizado por el adulto es esencial para la supervivencia de las larvas y, por ende, de la especie.

Cuadro IX. Larvas capturadas de *Spodoptera frugiperda* según fecha de muestreo

Fecha de muestreo	Número de larvas	Tasa de incremento poblacional
24/8/2001	1	0 02
28/8/2001	1	0 04
30/8/2001	2	0 08
4/9/2001	11	0 28
7/9/2001	6	0 39
11/9/2001	10	0 57
14/9/2001	5	0 66
18/9/2001	8	0 80
21/9/2001	7	0 92
25/9/2001	1	0 94
28/9/2001	2	0 98
2/10/2001	1	1
		X= 0 55
5/10/2001	0	0
9/10/2001	0	0
12/10/2001	0	0
16/10/2001	2	0 13
19/10/2001	5	0 44
23/10/2001	3	0 63
26/10/2001	4	0 88
2/11/2001	1	0 94
6/11/2001	1	1
		X= 0 70
Total	71	

6. Factores de mortalidad

En larvas colectadas en la parcela de estudio, y trasladadas al laboratorio se observaron diversos factores de mortalidad. Dos larvas (2 82%) se vieron afectadas por un hongo, posiblemente *Nomuraea rileyi* (Farlow) (Fig 11) De Gracia (1976) había reportado este entomopatógeno, el cual atacaba larvas de *S. frugiperda* en los campos donde se realizó este estudio e identificado en ese año por Ferrer.



Fig. 11. Larva de *Spodoptera frugiperda* afectada por un hongo, posiblemente *Nomuaea rileyi* (Farlow)

El control natural por parasitoides causó 42.25% de la mortalidad total en larvas (Cuadro X). Este nivel de parasitoidismo resultó superior al 32.6% reportado por De Gracia (1976), e inferior al 54% registrado por De Diego(1991) en parcelas de arroz en la provincia de Coclé.

Cuadro X. Factores de mortalidad observados en larvas trasladadas al laboratorio.

Larvas observadas	Factores de mortalidad	Larvas muertas	Éxito	%
71	Parasitoidismo	30	41	42.25
	Hongo entomopatógeno	2	39	2.82
	Fallas en emergencia	3	36	4.22
	Método de cría	4	32	5.63
	No determinado	9	23	12.68
	Total	48	---	67.6
			23	32.4

Los parasitoides identificados fueron *Euplectrus* spp (Eulophidae) con un control de 33.3% de las larvas, *Eiphosoma* spp (Ichneumonidae) con un promedio de 26.7%, *Lespesia archippivora* (Tachinidae) y *Eucelatoria armigera* (Tachinidae) causaron una mortalidad de 6.7%, *Archytas incertus* (Tachinidae) con 6.7% y las especies de Braconidae, entre las que destacaron *Meteorus* sp y *Microbracon* sp., ejercieron un control de 26.7% (Fig. 12)

La literatura especializada registra muy pocos reportes de especies parasitoides de *S. frugiperda* para Panamá. Esta investigación constituye un aporte importante, si se considera que los reportes de parasitoidismo de *S. frugiperda*, a nivel mundial en arroz son todavía más escasos, de acuerdo con Pantoja (1985)

No obstante, los niveles de parasitoidismo y, por consiguiente, de supervivencia variaron significativamente según el grupo de población de larvas o la fase fenológica del cultivo y de acuerdo con el hospedero



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 12. Especies parasitoides criadas de larvas de *S. frugiperda*, colectadas en la parcela de estudio: *Euplectrus* sp (a); *Meteorus* sp (b); *Archytas incertus* (c); *Lespesia archippivora* (d).

6.1. Parasitoidismo según población larval o fase fenológica del cultivo

El primer grupo de población (55 larvas), colectado en gran parte durante la fase vegetativa del cultivo (24 de agosto al 2 de octubre), presentó un parasitoidismo promedio de 34.5%, 22 de ellas completaron el ciclo biológico, lo que resulta en un éxito del 40%. En contraposición, la segunda población larval (16 larvas) que se concentró en la etapa reproductiva del arroz (16 de octubre al 6 de noviembre), estuvo sometida a un parasitoidismo de 68.75% y tan solo un individuo logró llegar al estado adulto (6.25% de éxito).

Durante la fase vegetativa, la primera población larval (55 larvas) se dispersó tanto en plantas de arroz (19 larvas) como en malezas invasoras: sorgo (32 larvas) y manisuris (4 larvas). El parasitoidismo de las larvas en estos hospederos varió de 47% para arroz, 28% para sorgo y 25% en manisuris. Más importante todavía, solo 15.8% de las larvas colectadas sobre arroz alcanzaron el estado adulto, mientras que el 50% de las larvas obtenidas en sorgo y 75% de las larvas en manisuris completaron su ciclo de vida.

Estos datos indican que la preferencia hacia sorgo pudiera estar determinada por la probabilidad que tienen las larvas de *S. frugiperda* de llegar al estado adulto. Además, las larvas que se alimentan de *Sorghum vulgare* completan el ciclo biológico en menos días y, por lo tanto, reducen el tiempo de exposición a sus enemigos naturales.

Estas observaciones concuerdan con las de Scriber, 1983, Price *et al.* 1986, Bernays y Graham, 1988 (En Pashley, 1995) cuando señalan que la selección del hospedero por un fitófago obedece en gran medida a la presión que sobre él ejercen sus enemigos naturales.

El segundo grupo de población larval, que se desarrolló durante la fase reproductiva de la plantación (16 larvas), todas colectadas sobre arroz, fueron afectadas en un 68.75% por parasitoidismo. Estas larvas procedían de una generación de adultos que completó su desarrollo en la parcela y que, posiblemente, se vio obligada a ovipositar en plantas de arroz, porque las plantas de sorgo, que se encontraban en floración, resultaron poco atractivas en ese momento. Esto concuerda con lo consignado por Pitre *et al.* (1983, En Whitford, 1988) cuando explica que en el momento en que el hospedero primario se torna menos atractivo, las polillas de *S. frugiperda* ovipositaran en un hospedero alterno. Es necesario resaltar que las plantas de arroz por unidad de superficie, superaban a las de sorgo en una proporción de 663 a 1 (en proyección sobre el área ocupada por planta), lo cual constituye un sustrato abundante para la oviposición de hembras grávidas.

El nivel de parasitoidismo registrado en esta fase fenológica del cultivo parece indicar que las larvas cuando se encontraban en arroz estuvieron más expuestas al control por parasitoides, a pesar de la buena habilidad para el "macollamiento" de la variedad. Igualmente, esta fase corresponde al establecimiento de *Euplectrus* sp, que ataca larvas de mediano desarrollo (L-IV/V), causante del 82% de la mortalidad de larvas en esta etapa de las plantas (Fig. 13)



Fig. 13. Larvas de *Euplectrus* sp parasitando una larva de estadio III-IV, de *S. frugiperda*.

6.2. Parasitoidismo según hospedero

Resumiendo, las diferencias en el nivel de parasitoidismo de larvas en relación con las plantas hospederas, se pudo apreciar que las larvas que se encontraron sobre arroz, fueron sometidas a un control de 57.1% por parasitoides; en tanto que aquellas colectadas en sorgo y manisuris fueron afectadas en 28.1% y 25%, respectivamente (Cuadro XI).

Cuadro XI. Niveles de parasitoidismo según hospedero

Hospedero	Larvas observadas	Mortalidad (%)		Éxito (%)
		Parasitoidismo	Otra	
Arroz	35	57.14	31.43	11.43
Sorgo	32	28.13	21.87	50.0
Manisuris	4	25.0	0.0	75.0

En estudios realizados por espacio de dos años por Pashley *et al.* (1995), se determinó que la mortalidad de larvas fue más alta en un ambiente de gramíneas (53%), en el que se desarrolla el biotipo del arroz, que en el hábitat del biotipo del maíz (36%). Nuestros datos se aproximan a los niveles reportados por esta autora, quien supone que el nivel del parasitoidismo en estos hospederos está definido por la arquitectura de la planta. Pareciera que el cogollo del maíz y sorgo representa un refugio más seguro para las larvas de *S. frugiperda*. Por el contrario, larvas en arroz están más expuestas y su ciclo biológico se prolonga, en promedio, 6 días más que cuando se alimentan de sorgo.

El escaso éxito (11.43%) de las larvas colectadas en arroz, parece reforzar la tesis de que este hospedero no ofreció las mejores condiciones para el desarrollo de la especie.

Euplectrus sp. ocasionó 50% del parasitoidismo de larvas que se alimentaban de arroz, lo que coincide con los niveles de 40-50% reportados por Vargas y Sánchez (1983). Este entomófago sólo se encontró en larvas asociadas al cultivo y que pertenecían a los estadios IV-V.

6.3. Observaciones relacionadas con el parasitoidismo en el cultivo

Durante los muestreos se trasladaron al laboratorio larvas de *Mocis latipes* y *Panoquina* sp., detectadas en la parcela de estudio, en las que se observaron niveles de parasitoidismo. Para la primera especie la incidencia fue de 20%, el complejo de especies entomófagas correspondió a *Eiphosoma* sp., *Euplectrus* sp., *Chetogena* sp. (*Tachinidae*), y especies de la Familia *Braconidae* (Fig. 14).



Fig. 14. Larva de *Mocis latipes* parasitada por *Euplectrus* sp.

Panoquina sp presentó un control de 23% por *Euplectrus* sp y *Microbracon* sp (Fig. 15).

El hecho que formas inmaduras de otras especies sean parasitadas por *Euplectrus* sp y otros enemigos naturales de *S. frugiperda*, puede suponer una ventaja, ya que en ausencia de larvas del hospedero primario, los parasitoides pueden encontrar hospederos alternos, siempre y cuando éstos no resulten más atractivos que aquél.

Paralelamente, se identificaron dos especies de *Telenomus* (Scelionidae) parasitando huevos que posiblemente sean de *Rupella albinella* y de Pentatomidae (Fig. 16).



Fig. 15. Larva de *Panoquina* sp parasitada por *Euplectrus* sp.

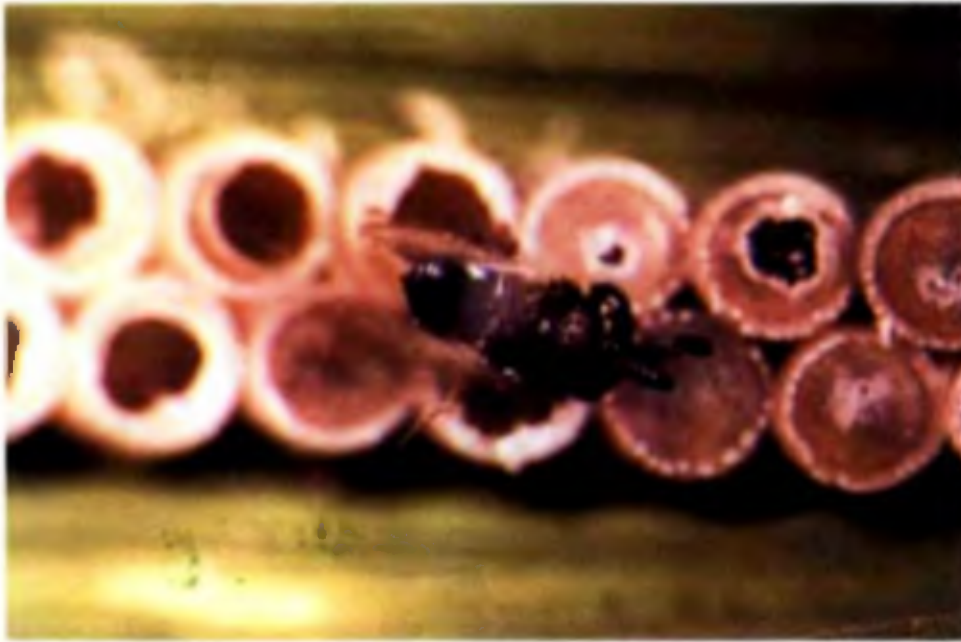
6.4. Observaciones sobre factores de mortalidad en otro cultivo

En larvas de *S. frugiperda* provenientes del campo de maíz e incorporadas a la cría de laboratorio se registró, una mortalidad por agentes bióticos de 31.6%.

Un hongo no identificado ocasionó la muerte al 5.3% de las larvas. Éstas presentaban un color más claro al normal, se observó el crecimiento de un micelio blanquecino, de apariencia lanosa, distribuido uniformemente por todo el cuerpo.

Archytas incertus (Tachinidae), parasitoide que emerge de pupa y *Lespesia archippivora*, se conjugaron para ejercer un control del 14%.

Meteorus sp. (Braconidae) causó una mortalidad por el orden del 12.3%.



(a)



(b)

Fig. 16. Especies de *Telenomus* (Scelionidae) que emergieron de huevos de Pentatomidae (a) y de huevos, de posiblemente, *Rupella alhinella* (b)

7. Estimación de daño a la planta

7.1. Estimación del índice foliar

El índice foliar de las plantas varió según las edades consideradas en el ensayo. De esta forma, las plantas a los 15 días después de la germinación presentaron una relación de 0.182cm² por centímetro lineal de hoja. Para las plantas con una edad de 30 días después de la germinación, el índice foliar fue estimado en 0.396cm². Igualmente, se estimó que las plantas longitudinalmente contaban con 28.6cm, lo que determina un área foliar de 5.20cm² para los 15 días y 66.8 cm para los 30 días después de la germinación, con una superficie estimada en 26.45 cm².

Estos datos reflejan que las plantas a los 30 días después de germinadas, presentan un índice foliar mayor a aquéllas a los 15 días, en una relación de 2.2:1. Esta proporción es consecuente con los centímetros lineales de hojas en estas edades, ya que igualmente es superior en plantas de 30 días, en relación de 2.3:1, producto del incremento de tejido foliar durante el desarrollo vegetativo del cultivo.

7.2. Observaciones en los testigos sin jaula

Las plantas testigos que no experimentaron defoliación y que crecieron al aire libre, presentaron el menor número de granos llenos y el menor número total de granos por panícula (Cuadro XII). Esto obliga a pensar en factores ambientales como los causantes de este efecto.

Tascón (1985), señala que vientos cálidos y secos durante la floración pueden afectar la fecundación de los estigmas, mermando seriamente los rendimientos. Las plantas de este ensayo comenzaron a presentar inflorescencia, aproximadamente, a partir del 20 de enero, cuando vientos de este tipo son frecuentes durante la época seca. En ese sentido, cabe señalar que todos los tratamientos superaron el 15% de

granos vanos, considerado por Tascón (1985) como normal, fluctuando este valor de 20 a 70%. De lo anterior se desprende que la jaula entomológica, constituyó una barrera de protección que permitió un mejor llenado de granos

Cuadro XII. Componentes del rendimiento observados en plantas testigos que completaron su desarrollo fuera de las jaulas.

Defoliación (%)	Altura (cm)	Hijos productivos	Granos llenos/panícula	Total granos/panícula	Peso
0	93.3	15.6	36.73	87.6	3.97

7.3. Efectos de la defoliación en plantas de 15 días después de germinación

Los resultados de la prueba de defoliación a esta edad, muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadro XIII). Estos datos parecen indicar que las plántulas de arroz pueden recuperarse de niveles severos de defoliación, sin que se afecte ningún componente de los rendimientos.

Cuadro XIII. Componentes del rendimiento en plantas de 15 días después de germinación, defoliadas a diferentes niveles por *S. frugiperda*

Defoliación (%)	Altura (cm)	Hijos productivos	Granos llenos/panícula	Total granos/panícula	Peso
0	107.1a	17.3a	121.6a	152.0a	14.2a
25	99.3a	14.3a	121.4a	181.0a	12.7a
50	107.0a	20.3a	114.6a	168.6a	14.0a
100	102.0a	12.6a	118.0a	179.5a	13.9a

Los promedios en una columna con la misma letra, no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$)

7.4. Efectos de la defoliación en plantas de 30 días después de germinación

El tratamiento con una defoliación del 100% presentó la menor altura de planta. Sin embargo, esta diferencia resultó significativa, sólo cuando se le comparó con plantas defoliadas a un 50% (Cuadro XIV). Esto parece coincidir con las observaciones de Capnera y Roltsch (1980, En Pantoja, 1986) cuando señalan que la

altura de planta está relacionada con una reducida tasa de rebrote luego de una defoliación drástica

Las variables responsables del rendimiento del grano no mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque se nota una disminución en el número de granos llenos por panícula y en el peso de éstos, aspecto que será analizado posteriormente

Cuadro XIV. Componentes del rendimiento en plantas de 30 días después de germinación, defoliadas a diferentes niveles por *S. frugiperda*

Defoliación (%)	Altura (cm)	Hijos productivos	Granos llenos/panícula	Total granos/panícula	Peso
0	97 0ab	13 6a	89 4 a	135 6a	9 63a
25	90 0ab	10 0a	74 0a	119 0a	7 75a
50	100 3a	11 3a	102 3 a	134 3a	11 68a
100	80 6b	10 6a	51 2 a	119 0a	3 9a

Los promedios en una columna con la misma letra, no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$)

7.5. Comparación de los componentes del rendimiento a dos edades del cultivo

7.5.1. Número de hijos productivos

El número de hijos productivos por planta de los diferentes tratamientos fluctuó de 20.3 a 10, con un promedio de 14 ± 5.24 . No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de hijos productivos, lo que parece sugerir que la variedad de arroz utilizada para este ensayo posee una buena habilidad para recuperarse de niveles importantes de defoliación.

7.5.2. Número de granos llenos por panícula

Para determinar el número de granos llenos y vanos por panícula, se tomó un submuestra al azar consistente en cinco panículas por planta

Las plantas que completaron su ciclo fenológico fuera de las jaulas (36.73 ± 16.3 granos/panícula), así como las de 30 días de edad que fueron sometidas al 100%

de defoliación (51.2 ± 3.21 granos/panícula), presentaron el menor número de granos llenos por panícula entre todos los tratamientos. De allí, que el análisis de post-comparación de promedios resulte en diferencias significativas cuando se comparan los tratamientos de 0%, 25%, 50% de defoliación a la edad de 15 días con el tratamiento de 100% de defoliación a los 30 días y los cuatro de esta misma edad (15 días) con los testigos que completaron su ciclo fuera de las jaulas entomológicas. Tal como se señaló, es probable que la jaula haya sido el factor determinante en este caso.

Las plantas defoliadas en un 100% a los 30 días y los testigos fuera de jaula, presentaron 58 y 70% de granos vanos respectivamente, por lo que el número de granos llenos por panícula se vio afectado. La dirección del viento y/o la posición de la planta en el diseño experimental pudo haber influido en el número de granos vanos en los diferentes tratamientos.

Estos resultados parecen insinuar que un nivel de defoliación del 100% a una edad de 30 días después de la germinación aunado a condiciones ambientales desfavorables pudiera reducir el número de granos llenos por panícula y, por ende, los rendimientos del cultivo.

7.5.3. Peso medio de los granos

Como resultado lógico del menor número de granos llenos por panícula, se aprecia un peso significativamente menor en los tratamientos con defoliación del 100% a los 30 días de edad (3.9 ± 0.99) (Cuadro XIV), y en las plantas que crecieron fuera de las jaulas (3.97 ± 2.02) (Cuadro XII). En consecuencia, se presentan diferencias entre estos tratamientos y aquéllos a una edad de 15 días.

La prueba de χ^2 cuadrado para bondades de ajuste, a la que fue sometida el peso de 500 granos por tratamiento, seleccionados al azar, indica que no existen diferencias

entre éstos (Cuadro XV), por lo que se asume que no se dio una respuesta compensatoria de las plantas, a pesar de que hubo un menor número de granos, éstos no presentaron mayor peso

Cuadro XV. Peso de 500 granos por tratamiento

Edad (d.d.g.) ¹	Defoliación (%)	Peso (gr)
15	0	10 99
	25	11 49
	50	11 30
	100	10 80
30	0	11 37
	25	11 10
	50	11 34
	100	10 46
Testigo sin jaula	0	10 77

7.6. Proyección de resultados de la prueba de defoliación a condiciones de campo

Los datos de este ensayo, trasladados a condiciones de campo pudieran resultar en una disminución de los rendimientos; se exceptúan los tratamientos con 50% de defoliación en ambas edades (Cuadro XVI) Éstos presentaron rendimientos, incluso, superiores a los testigos. Generalmente, las plantas producen más hojas de las que necesitan para sus funciones vitales, éstas se convierten, en algunas ocasiones, en una carga adicional, por lo que una disminución en el tejido foliar, puede redundar en mejores cosechas. De ser así, estos datos parecieran sugerir que aún a pesar de las condiciones climáticas adversas al cultivo, una defoliación de 50% pudiera no afectar los rendimientos

¹ d d g días después de germinación

Cuadro XVI. Rendimientos estimados para una población de 174,672 plantas/ha

Edad (d.d.g.)	Defoliación (%)	Peso/panícula (gr)	# hijos productivos	Rendimiento qq/ha
15	0	2 84	17 3	189
	25	2 54	14 3	140
	50	2 80	20 3	218
	100	2 78	12 6	134
30	0	1 92	13 6	100
	25	1 55	10 0	59 63
	50	2 34	11 3	102
	100	0 78	10 6	32 0
Testigo sin jaula	0	0 79	15 6	47 3

La disminución en los rendimientos, a la edad de 15 días, pareciera relacionada con un menor número de hijos productivos ya que el peso de granos llenos por panícula no varió significativamente. Esto coincide por lo descrito por Pantoja (1985), quien asocia la reducción en los rendimientos con una disminución en el número de panículas por unidad de superficie.

Los tratamientos a la edad de 30 días, salvo el de 50% de defoliación, resultaron en disminución drástica de los rendimientos. Se nota en éstos un menor peso por panícula que responde a una reducción en el número de granos llenos por panícula. En consecuencia, las plantas con un 100% de defoliación presentaron el menor peso por panícula, por lo que, en condiciones de cultivo, esto pudiera resultar en pérdidas económicas.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. De la cacterización del hábitat

- 1.1 No existen evidencias que confirmen que las infestaciones de *Spodoptera frugiperda* se originen de las malezas hospederas que se encuentran en los márgenes de las parcelas. En las malezas invasoras, *Rotboellia cochinchinensis* y *Sorghum vulgare* se detectaron larvas durante la fase vegetativa. *Sorghum vulgare* resultó más atractiva que la plantas de arroz para los estados de desarrollo de *S. frugiperda*.
- 1.2 La variedad Panamá –1048, se comportó como un material estable, ya que a pesar de las condiciones ambientales desfavorables, completó su ciclo fenológico en 120 días.

2. Del ciclo biológico del insecto

- 2.1 A una temperatura promedio de 24.8 °C, el ciclo fenológico del insecto se completó en 38.25 días. Sin embargo, la duración puede variar según el hospedero. Larvas que se alimenten de sorgo completan su ciclo seis días más rápido que aquéllas que se alimentan de arroz y manísuris.

3. Estimación de la dinámica de población

- 3.1 El período de colonización del cultivo por los adultos de *S. frugiperda* sucede desde el estado de plántula, y se extiende por un período cercano a los 30 días.
- 3.2 Durante el ciclo fenológico de las plantas de arroz se desarrollaron dos grupos de población larval, con una concentración (77.5% del total de larvas) en la

etapa vegetativa del cultivo, el segundo grupo se detectó durante la etapa reproductiva

4. De los factores de mortalidad

- 4.1 El control natural por parasitoides causó el 42.25% de la mortalidad total en larvas. Los parasitoides identificados fueron *Euplectrus* sp, *Eiphosoma* sp, *Lespesia archippivora*, *Eucelatoria armigera*, *Chetogena* sp, *Archytas incertus*, *Telenomus* spp, *Meteorus* sp y *Microbracon* sp. El nivel de parasitoidismo varió según la etapa fenológica del cultivo: 34.5% en la fase vegetativa y 68.75% en la etapa reproductiva, atribuible al establecimiento en esta fase de *Euplectrus* sp
- 4.2 La mortalidad por parasitoidismo en larvas que se alimentaban de arroz fue la más alta: 57.1%, lo que significa que este cultivo no presentó las mejores condiciones para el desarrollo de estos estados biológicos. En tanto que en sorgo y manisuris fluctuó de 28.13% a 25%, respectivamente, por lo que estas malezas constituyen un recurso importante en el que las larvas de *S. frugiperda* completan su ciclo para infestar otras plantas
- 4.3 Larvas de *Panoquina* sp y *Mocis latipes* representan hospederos alternos de los parasitoides, ya que también fueron afectadas por el orden de 23% y 20% respectivamente. Existen evidencias de *Telenomus* spp parasitando huevos de Pentatomidae y de posiblemente *Rupella albinella*

5. De la estimación de daño a la planta

- 5.1 La jaula entomológica, bajo la que crecieron las plantas, las protegió, en menor o mayor grado de los vientos cálidos de la estación seca, que provocaron un 20-70% de granos vanos

5.2 Los rendimientos se vieron afectados negativamente, por una reducción en el número de hijos productivos y en el peso por panícula, que a su vez estuvo determinado por el número de granos llenos por panícula. Sin embargo, este componente de los rendimientos fue definido por los vientos cálidos durante la época de floración, provocando esterilidad de las espiguillas y no por la actividad defoliadora de *S. frugiperda*. El peso individual de los granos no se vio afectado.

CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- 1 Continuar con el estudio de las poblaciones de *S. frugiperda* y de las especies parasitoides asociadas a este insecto, iniciado en esta investigación, por un período adicional de por lo menos tres años para recabar más información sobre el comportamiento de esta relación, para así sentar las bases de un programa de manejo del cultivo que incluya el control biológico
- 2 Realizar el ensayo de estimación de daño a la planta por defoliación de *S. frugiperda* en una época en la cual no sea afectada por las condiciones ambientales que prevalecieron en este trabajo. De esta forma se podrá relacionar directamente un eventual efecto de la defoliación en los rendimientos sin la interferencia de factores climáticos
- 3 Realizar ensayos de preferencia hacia hospederos, efectos de éstos en el desarrollo de las larvas, comparación de las tasas de alimento ingerido y convertido, con poblaciones de *S. frugiperda* colectadas en agroecosistemas de maíz y arroz, para que provean pistas concretas del biotipo con el que se trabaja en determinadas condiciones

CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, V. A 1983 El Arroz Ministerio de Desarrollo Agropecuario Subdirección de Extensión Agrícola 78pp.
- AGUILERA, V A 1991 Manual de recomendaciones para la producción de arroz Dirección de Agricultura. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. 81pp.
- ÁLVAREZ, J y SÁNCHEZ, G 1983 Variación en el número de instares de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) Rev Colomb Entomol 9 43-49.
- ANDREWS, K 1980 The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and Neighboring Areas The Florida Entomologist 63(4) 456-467pp
- ANDREWS, K 1988 Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera Noctuidae). Florida Entomologist 71(4) 630-653pp
- ANÓNIMO, 1988 Proyecto colaborativo de mejoramiento de arroz Informe de progreso 1986 y 1987. IDIAP, FCA- Universidad de Panamá, CIAT Mim. 2pp.
- ANÓNIMO, 1994 Urania- Pflanzenreich In vier Bd Leipzig Blütenpflanzen 502 pp
- ASHLEY, T 1986. Geographical distributions and parasitization levels for parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. Florida Entomologist 69(3). 516-524
- BENAVIDES, L 1998 Monitoreo fitosanitario del cultivo de arroz Ministerio de Desarrollo Agropecuario Panamá. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal Departamento de Vigilancia Fitosanitaria 14pp
- BERNAYS, E (1989) Insect-plant interactions, Volume V, 43pp
- BOWLING, C. 1967. Rearing two lepidopterous pests of rice in a common artificial diet Annals of the Entomological Society of America 60 1215-1216pp
- BRITO, J y VÁSQUEZ, L Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* en el Estado Monagas Escuela de Ing. Agronómica Jusepin Monagas XII Congreso Venezolano de Entomología. 10 pp.
- BRUNER, S , SCARAMUZA, L y OTERO, R 1975. Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. 2nda Edición. Academia de Ciencias de Cuba Instituto de Zoología. 401 pp.
- CAPINERA, J 2000 Bulletin Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) University of Florida Department of Entomology and Nematology 6 pp

- CARRANZA, L 1996 Sexta Jornada Agropecuaria, Región Oriental. Memoria. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá 74pp
- CARRILLO-SÁNCHEZ, J 1993 Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp. y *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. Folia Entomol Mex. 87 85-93pp
- CARTILLA AGROPECUARIA, 2,000 Ministerio de Desarrollo Agropecuario Dirección Sectorial de Planificación y Política Agropecuaria 116pp
- CASTRO, M, PITRE, H y MECKENSTOCK D 1987 Desarrollo del cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) en sorgo y maíz Resúmenes de la 33 Reunión Anual del PCCMCA Guatemala, Guatemala 1pp
- CATIE, 1997 Latin America, Caribbean Geography of Production- Riceweb http://www.cgiar.org/irri/riceweb/g_overlatin.htm.
- CHANDLER, J; ABRUÑA, F, SILVA, S, RODRÍGUEZ, A y RAMÍREZ, C 1977 Cultivo intensivo y perspectivas del arroz en Puerto Rico Universidad de Puerto Rico Estación experimental agrícola. Boletín 35
- CHAPMAN J, WILLIAMS, T, ESCRIBANO, A, CABALLERO, P. 1999 Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* Behavioral Ecology. 10(3): 298-303pp
- DE DIEGO, S 1991 Fauna entomológica benéfica y otras especies en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). Coclé, Panamá. Trabajo de Tesis 76pp
- DE GRACIA, E 1976 Parasitismo en poblaciones de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) en Tocumen, Panamá. Trabajo de Tesis 51pp
- FRANKE, G 1981 Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen Band II 398 pp
- GALLEGO, M 1967. Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre, en Colombia 65 32-66
- GROSS, H y PAIR, S. 1986 The fall armyworm status and expectations of biological control with parasitoids and predators Florida Entomologist 69(3) 502-515pp.
- JOHNSON, S. 1987 Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the Western Hemisphere. Insect. Sci Applic 8. 543-549pp
- KING, A. y SAUNDERS, J 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central 182 pp

- LÓPEZ-EDWARDS, M, HERNÁNDEZ-MENDOZA, J. et al 1999 Biological differences between five populations of fall armyworm (Lepidoptera Noctuidae) collected from corn in México Florida Entomologist 82(2) 254-262pp
- LYE, B, SMITH, M 1988 Evaluation of rice cultivars for antibiosis and tolerance resistance to fall armyworm (Lepidoptera Noctuidae) Florida Entomologist 71(3) 254-261pp
- MACHADO, S 1978 Alguns fatores limitantes da produtividade das lavouras de arroz Lavoura Arrozeira 307 52-54pp.
- MITCHELL, E 1979 Monitoring adult populations of the fall armyworm The Florida Entomologist 62(2) 91-97pp
- NAVAS, D 1966 Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios. XIII Reunión Anual, San José, Costa Rica 97pp.
- NAVAS, D 1971 Progreso de labores de investigaciones agropecuarias Facultad de Agronomía, Universidad de Panamá
- NAVAS, D 1976 Fall armyworm in rice Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control habitat magnamet 6 99-106pp
- PANTOJA, A, SMITH, C y ROBINSON, J 1986. Effects of the fall armyworm (Lepidoptera Noctuidae) on rice yields Journal of Economic Entomology 79(5):1324-1328pp
- PASHLEY, D, JONSON, S y SPARKS, A 1985 Genetic population structure of migratory moths. the fall armyworm (Lepidoptera Noctuidae) Annals of the Entomological Society of America 78(6).756-761pp
- PASHLEY, D. 1986 Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera Noctuidae) a sibling species complex? Annals of the Entomological Society of America 79(6) 898-903pp
- PASHLEY, D 1988 Current status of fall armyworm host strain Florida Entomologist 71(3) 227-233pp
- PASHLEY, D ; HARDY, T ; HAMMOND, A 1995 Host effects on developmental and reproductive traits in fall armyworm strains (Lepidoptera Noctuidae) Ecology and Population Biology 88 (6).748-755pp
- PAYER, M 1997. Reis Grundnahrungsmittel für zwei Milliarden. <http://machno.hbi-stuttgart.de/payer/weltw411.htm>
- PÉREZ, R y MURY, M 2000 Control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) Grupo Disagro- Publicaciones Café. 3 pp.

- PITRE, H. y HOGG, D 1983 Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn J Georgia Entomol Soc 18. 187-194pp.
- RICE, S., GRIGARICK, A., WAY, O 1982. Effect of leaf and panicle feeding by armyworm (Lepidoptera Noctuidae) larvae on rice grain yield Journal of Economic Entomology 75 593-595
- SPARKS, A 1979 A review of the biology of the fall armyworm The Florida Entomologist 62(2) 82-87pp
- TASCÓN, E y GARCÍA, E. 1985 Arroz Investigación y Producción. CIAT, PNUD 454pp
- VARGAS, M y SÁNCHEZ, G 1983 Control natural de algunas plagas de arroz en las variedades IR-22 y CICA-6 Revista Colombiana de Entomología Vol 9, # 1,2,3, y 4: 50-54pp.
- VEENSTRA, K ; PASHLEY, D. y OTEA, J 1995 Host-plant adaptation in fall armyworm host strains comparison of food consumption, utilization, and detoxication enzyme activities Annals of the Entomological Society of America 88(1) 80-90pp
- WHITFORD, F , QUISENBERRY, S , RILEY, T y LEE, J 1988. Oviposition preference, mating compatibility, and development of two fall armyworm strains Florida Entomologist 71(3) 234-243pp