Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2008) 9(2), 45-54

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Incidencia de los márgenes sobre el control biológico natural de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de arroz

Carlos Javier Vilaseca[1], Luis Guillermo Baptiste[2], Aristóbulo López-Ávila[3]

Incidence of the margins on the natural biological control of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in rice crops

ABSTRACT

Multiple researches have shown the environmental, economic and productive benefits that can be generated when including natural vegetation in the margins of the crops. This happens thanks to the presence of natural habitats, which are the ones that promote biotic factors such as natural enemies and abiotic ones as temperature, humidity o rain that can affect negatively the pests. The objective of this research was to evaluate and compare the effect of other natural systems present at the same landscape such as crop of oil palm and gallery forests over the natural biological control of *Spodoptera frugiperda* in growing areas of rice. For this purpose, an area of study was selected at the Colombian plain foothills (Villanueva, Casanare), a place that is characterized for having big extensions of rice, surrounded by oil palms plantations and gallery forests. The abundance of *S. frugiperda* in the stages of larva and imago was evaluated, as well as the parasitism of eggs and larvae and the diversity of natural enemies and other arthropods. It was found that plantations of oil palm, as the gallery forests promote the natural biological control of *S. frugiperda* by increasing the diversity of the natural enemies and reduction of the pest population in the borders of the crop. The importance of parasitoids as *Apanteles marginiventris* and predators of the order Odonata in the control of *S. frugiperda* was identified. It is highlighted the importance to associate perennial crops as oil palm with transitory crops as rice in the planning of agroecosystems on the region and promote the conservation of gallery forest, as long as they can become key factors in the natural biological control of pests. Nevertheless, aspects as the low quality of the habitat and frequently use of chemical pesticides affected the results.

Keywords: Agroecosystem, biologic diversity, natural enemies, oil palm, habitat.

Radicado: 1 de octubre de 2008
Aceptado: 9 de diciembre de 2008

RESUMEN

Múltiples estudios han mostrado los beneficios ambientales, económicos y productivos que se pueden generar al incluir vegetación natural en los márgenes de los cultivos. Esto se debe principalmente a que la presencia de hábitats naturales favorece factores bióticos y abióticos que pueden afectar negativamente las plagas. Con base en lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar el efecto de márgenes compuestos por plantaciones de palma de aceite y bosques de galería sobre el control biológico natural de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de arroz. Para esto, se seleccionó un área de estudio en el piedemonte llanero colombiano (Villanueva, Casanare), compuesta por grandes extensiones de cultivos de arroz rodeados por plantaciones de palma de aceite y bosques de galería. Se evaluó la abundancia de *S. frugiperda* en estados de larva y adulto, el parasitismo de huevos y larvas, y la diversidad de enemigos naturales y de otros artrópodos. Se observó aumento en la presencia de insectos benéficos y disminución de la población de la plaga en los estadios de larva y adulto en cercanías a los márgenes. Se identificó la importancia de parasitoides como *Apanteles marginiventris* y depredadores, en especial correspondientes al orden Odonata para el control natural de *S. frugiperda*. Se encontró que tanto las plantaciones de palma de aceite como los bosques de galería promueven el control biológico natural de *S. frugiperda*; sin embargo, aspectos como la baja calidad del hábitat y la aplicación constante de insumos químicos afectaron los resultados significativamente.

Palabras clave: agroecosistema, diversidad biológica, enemigos naturales, palma de aceite, hábitat.

INTRODUCCIÓN

La mayor limitante en la producción de cultivos de arroz en Colombia, como en muchas partes del mundo, son las plagas (Settle *et al*., 1996). Por esta razón, el arroz es el cultivo con mayor aplicación de insecticidas en el mundo (Woodburn, 1990). Entre las principales plagas se encuentra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), especie considerada de importancia económica por los graves daños que ocasiona a la planta (Pantoja *et al*., 1997, Meneses *et al*., 2001). Los daños que esta plaga genera en el arroz se deben a su acción defoliadora, aunque también actúa como trozador y puede atacar la panícula. El ataque al cultivo lo realiza únicamente en el estadio de larva (Pantoja *et al*., 1997).

El control del gusano cogollero en arroz está determinado principalmente por medidas de tipo químico y cultural, dejando a un lado métodos alternativos como el control biológico natural. Este tipo de control puede llegar a ser muy efectivo si se implementa correctamente; esto implica tomar medidas de conservación, planificación de agroecosistemas y diseño del paisaje de tal manera que se promueva el aumento en la diversidad de enemigos naturales (Haynes *et al.,* 1980). De los agentes potenciales en el control biológico, los depredadores y parasitoides son catalogados como los de mayor eficacia. Desafortunadamente, estos agentes son los que se han visto más afectados por la simplificación ambiental de los agroecosistemas (monocultivos) y la utilización de productos químicos para la protección de cultivos.

El interés por el control biológico natural y el conocimiento de la dinámica de población de las plagas y de sus enemigos naturales han generado múltiples investigaciones en los últimos años. Muchas de estas investigaciones han identificado la importancia de la vegetación adyacente a cultivos en el control natural de plagas. Por esto, los márgenes de los campos han tomado un papel muy importante en muchos paisajes agrícolas al ser hábitats potenciales de

[1] Ecólogo. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. javiervila4@hotmail.com
[2] Profesor asistente Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. M.Sc. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. guillermo.baptiste@javeriana.edu.co
[3] Investigador Ph.D. Principal, Laboratorio de Entomología. Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corpoica C.I. Tibaitatá, Mosquera. alopez@corpoica.org.co

© 2008 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

insectos benéficos (Marshall y Moonen, 2002). Los estudios se han enfocado primordialmente en el efecto de vegetación nativa, sin embargo los cultivos de tipo perenne también pueden influir de manera positiva. Las plantaciones de palma de aceite pueden contribuir a la creación de un ecosistema con características cercanas a las de un bosque secundario, por lo que es posible que promuevan el control natural de plagas tanto dentro de la plantación como en cultivos adyacentes (Rodríguez *et al*., 2006).

Las funciones que brindan los márgenes son diversas, sin embargo su función como hábitat ha sido esclarecida en los últimos años: Denys y Tscharntke (2002) realizaron una recopilación de investigaciones en torno al tema donde se han evidenciado los servicios ambientales que brindan los márgenes a los cultivos. Por ejemplo, se ha observado que la riqueza de especies en comunidades de artrópodos se beneficia al establecer franjas sin cultivar en los márgenes de cultivos. Adicionalmente, estudios han mostrado que depredadores polífagos presentan mayores densidades cerca de los márgenes (15-30 m), aumentando de esta manera el control de plagas en las hileras de cultivo cercanas a bordes (Altieri *et al.,* 1999). Estudios realizados en parches no cultivados adyacentes a cultivos determinaron que zonas en barbecho y amplias franjas no cultivadas pueden otorgar mayores ventajas en el control de plagas que márgenes delgados (Kruess y Tscharntke, 1994; Tscharntke y Kruess, 1999; Denys y Tscharntke, 2002). La importancia de los corredores naturales en algunos tipos de cultivos ha resultado determinante en lo que se refiere al control de plagas: Nichols *et al.,* (2001) evaluaron el efecto de vegetación riparia sobre la distribución y abundancia de las plagas *Erythroneura elegantula* Osborn (Homoptera: Cicadellidae), *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y predadores generalistas en viñedos. Tanto adultos como ninfas de los herbívoros fueron más abundantes en las hileras centrales de la parcela que en los bordes donde los predadores eran más abundantes y ejercían un impacto regulador.

Este tipo de estudios han ido demostrando que la eficacia de los márgenes para un posible control biológico depende de factores como el estado sucesional, edad de la vegetación, el grado de disturbio y el tamaño de las áreas (Thies y Tscharntke, 1999), ya que permiten a poblaciones de niveles tróficos altos mantenerse a través de los años.

Los márgenes de cultivos también pueden brindar beneficios como barreras de dispersión y movimiento de plagas, modificando el microclima a través de la intercepción de corrientes de aire, influenciando el flujo de nutrientes, materiales y agua y proporcionando hábitat a vida silvestre (Altieri *et al.,* 1999).

Existen múltiples estudios en América en torno al control biológico natural de *S. frugiperda*, sin embargo la gran mayoría de estos estudios se han realizado en agroecosistemas de maíz y enfocados principalmente al grupo de los parasitoides. A pesar que el control biológico natural, la diversidad de enemigos naturales y la presencia de algunos insectos benéficos puede variar según el cultivo en el que se haya realizado el estudio, esta información otorga datos clave sobre los enemigos naturales potenciales y el control natural que estos insectos benéficos y patógenos pueden ejercer sobre *S. frugiperda* en arroz.

Hymenoptera y Diptera son los órdenes que presentan el mayor número de especies parasitoides del gusano cogollero. Se han reconocido específicamente unas especies con alto parasitismo a *S. frugiperda*. Entre ellas se resalta *Lespesia* sp., *Archytas mormoratus* (Towsend), *Apanteles marginiventris* (Cresson), *Campoletis* sp. *Chelonus insularis, Ophion* sp., y *Meteorus laphygmae* Viereck (Riggin *et al.,* 1993, Molina-Ochoa *et al.,* 2004).

En el caso de los depredadores, la gran mayoría son polífagos generalistas por lo que el número de especies potenciales del gusano cogollero puede llegar a ser muy alto. Prácticamente todos los órdenes tienen depredadores, sin embargo los de mayor importancia son: Orthoptera, Dermaptera, Hemiptera (principalmente las familias Anthocoridae, Pentatomidae y Reduviidae), Coleoptera (principalmente Carabidae, Staphylinidae y Coccinelidae), Diptera (Syrphidae), Hymenoptera (Formicidae, Vespidae y Sphecidae) Odonata y en Arácnida el orden Araneae. Entre las especies más relevantes están el coccinélido *Coleomegilla maculata* (De Geer), el chinche de ojos anchos *Geocoris punctipes* (Say) (depredadores diurnos de huevos), las tijeretas *Labidura riparia* Pallas y *Doru lineare* (Eschscholtz), junto a *Coleomegilla maculata* (depredadores nocturnos), *Podisus maculiventris* Say, *Orius insidiosus* (Say), *Nabis ferus* L., *Vespula carolina* L., la tijereta *Doru taeniatum* (Dohrn), *Solenopsis geminata* (Fab.), y *Pogonomyrmex barbatus* Smith; y la chinche asesina *Apiomerus pictipes.* (Maes, 2003; Hoballah *et al.,* 2004).

Los beneficios que pueden generar estudios en torno al control natural son especialmente de tipo ambiental, social y económico. El control biológico natural tiene como estrategia fundamental la conservación de hábitats para generar servicios ambientales que beneficien los cultivos, por lo que de manera indirecta resulta un claro método de conservación de áreas naturales o áreas con alta calidad de hábitat para especies nativas. Adicionalmente, estos estudios proponen alternativas a la aplicación química en cultivos, buscando de esta manera la disminución de la contaminación en zonas rurales. También ofrecen alternativas que permitan a los productores reducir los costos de producción a mediano y largo plazo ya que, al incorporar una visión a mayor escala que tenga en cuenta los procesos que suceden en el paisaje, especialmente lo relacionado con los procesos ecológicos que ocurren y que pueden beneficiar al cultivo, se promueve la sostenibilidad y mayor estabilidad del agroecosistema (Bennett *et al.,* 2006).

La entrada en vigencia de tratados de libre comercio con varios países y en especial con Estados Unidos ubica a los sistemas productivos arroceros colombianos en una situación complicada y de desventaja por los altos costos de producción, por lo que son de gran importancia y pertinencia para Colombia estudios que generen alternativas de reducción de costos. Cabe resaltar que las principales fuerzas de cambio del paisaje en la actualidad son las socioeconómicas y políticas por los procesos actuales de globalización, economía del mercado y tratados multinacionales (Bürgi *et al.,* 2004), lo que significa que si el arroz en Colombia deja de ser competitivo, en los Llanos orientales podría incentivarse aún más el reemplazo de los sistemas productivos

arroceros por plantaciones de palma de aceite, lo cual generaría graves efectos en aspectos como la seguridad alimentaria y aumentaría el problema de monocultivos y homogenización del paisaje en esta región.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en evaluar y comparar la incidencia de los márgenes de cultivos de arroz compuestos por plantaciones de palma de aceite y bosques de galería sobre el control biológico natural de *S. frugiperda* en el piedemonte llanero colombiano (Villanueva, Casanare). Como lo muestra el objetivo, se seleccionó un cultivo de tipo perenne y un ecosistema natural. Cabe aclarar que se denomina bosque de galería a la vegetación riparia, es decir, aquella que crece en las orillas de un río de manera natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a un agroecosistema arrocero localizado en el departamento de Casanare (Colombia), específicamente sobre la parte baja del municipio de Villanueva. Presenta una altitud aproximada de 200 m sobre el nivel del mar, y una extensión actual de 3800 ha dedicadas al cultivo de arroz de riego. Está delimitada por sistemas productivos de palma de aceite, sabanas naturales con ganadería y algunos bosques de galería correspondientes a pequeños caños. Es una zona administrada por la entidad privada Soceagro S.A., que provee los servicios de riego para el cultivo de arroz y realiza el arriendo de tierras.

Para el desarrollo de la investigación en campo, se seleccionaron tres zonas de muestreo dentro del área de estudio así: cultivos de arroz adyacentes a plantaciones de palma de aceite (arroz-palma); cultivos de arroz adyacentes a bosques de galería (arroz-bosque); y un control correspondiente a cultivos de arroz ubicados en el centro del área de estudio, aproximadamente a 2000 m de los bordes. La selección de estas zonas se realizó con base en los siguientes criterios: estado fenológico de los cultivos (debían estar en etapas de desarrollo similares), similitud en las variedades de arroz utilizadas, y aplicación de productos para la protección de cultivos.

El trabajo de campo tuvo una duración de dos meses (noviembre y diciembre de 2006) durante la época del macollamiento del cultivo. Es importante aclarar que el estudio fue estático, por lo que todos los datos se tomaron simultáneamente.

En campo se recolectó información sobre la abundancia de adultos y larvas de *S. frugiperda,* parasitoides y depredadores de huevos y larvas de *S. frugiperda* y otros artrópodos identificados en las zonas de estudio. Para obtener esta información, fue indispensable la aplicación de diferentes métodos de muestreo todos planteados bajo un mismo diseño experimental.

El registro del índice de abundancia de adultos de *S. frugiperda* se determinó en un tiempo de cinco días por medio de trampas de feromonas sexuales, las cuales se diseñaron según las recomendaciones de investigadores del laboratorio de Entomología en el C.I. Tibaitatá de Corpoica. Se utilizaron feromonas marca Chemtica y se colocaron a 1,5 m de altura del suelo. Estudios como el de Malo y colaboradores (2004) han mostrado una gran efectividad de Chemtica en comparación con otros tipos de feromonas para la vigilancia de poblaciones de *S. frugiperda,* y recomiendan manejar una altura de 1,5 m. El conteo e identificación de los individuos se realizaron directamente en campo.

El muestreo de parasitoides de huevos consistió en la exposición de posturas de *S. frugiperda* en campo durante un periodo de tres días por medio de trampas de huevos. Estas trampas se elaboraron con base en la metodología utilizada en el laboratorio de Entomología en el C.I. Tibaitatá de Corpoica. El diseño de estas trampas permite únicamente la entrada de parasitoides, evitando de esta manera el ataque por depredadores de huevos.

Para la realización de este muestreo fue necesaria una fase de laboratorio preliminar. Esta consistió en el establecimiento de una cría de *S. frugiperda* siguiendo la metodología realizada por López-Ávila (1981) para la producción de posturas. Se tomaron 300 larvas a partir del pie de cría y se separaron en recipientes plásticos con el fin de evitar el canibalismo. Cada recipiente contenía 6 g de una dieta artificial a base de fríjol y maíz.

En el estado de pupa se registró el sexo de los individuos (López-Ávila, 1981), posteriormente cuando emergieron los adultos, se ubicaron parejas (macho y hembra) en frascos de plástico con tapa de velo. En esta etapa de la cría, se alimentó a los adultos con una solución de miel de abeja en agua al 10%. Para la obtención de huevos se ubicaron tiras de papel Kimberly en los recipientes sobre las que las hembras colocaron sus posturas. Estas posturas se recolectaron en las madrugadas o muy temprano en la mañana para exponerlas en campo el mismo día y lo más temprano posible. Antes de llevarlas a campo, se registró el número aproximado de huevos por postura.

Luego de exponer las posturas en campo, se recolectaron y ubicaron en recipientes plásticos y se llevaron al laboratorio para dejar en observación. Cabe resaltar que existen parasitoides de huevo que eclosionan en el estado de larva (huevo-larva) como *Chelonus texanus* (Hymenoptera: Braconidae), por lo cual fue necesario separar las larvas de *S. frugiperda* que lograron emerger y continuar su cría para observar si había o no presencia de parasitoides huevo-larva.

El muestreo de larvas de *S. frugiperda*, enemigos naturales y otros artrópodos se realizó por "jameo" con red entomológica, ya que es el método más apropiado para cultivos de ciclo corto como el arroz. La toma de datos se realizó en las horas de la madrugada, ya que es el momento del día donde se presenta una actividad de artrópodos (Sutherland ,1998).

Las larvas se recolectaron en campo y se ubicaron en recipientes de plástico con dieta artificial. Posteriormente, se llevaron al laboratorio para dejar en observación dos semanas hasta el estado de adulto asegurando de esta manera la emergencia de los parasitoides, ya que algunos como *Archytas incertus* (Diptera: Tachinidae) parasitan en estado de larva pero emergen cuando su huésped se encuentra en estado de pupa (Molinari y Avalos 2003). En el muestreo se tuvieron en cuenta larvas de todos los instares para evitar discriminar especies parasitoides.

Los enemigos naturales y demás artrópodos colectados se dispusieron en alcohol al 70% luego de su recolección para

su posterior identificación. El proceso de identificación de los individuos colectados se realizó en el laboratorio de Entomología en Corpoica C. I. Tibaitatá, con el apoyo de la Colección Taxonómica Nacional de Insectos "Luis María Murillo" y bibliografía adicional (Borror *et al.*, 1989).

Para la realización de los muestreos se determinaron varias distancias: 0, 200 y 400 m en cada zona de estudio partiendo de los márgenes hacia el interior de los cultivos de arroz (figuras 1a y 1c). Estas distancias se determinaron con base en el rango de acción de la feromona sexual (100 m) y en estudios donde se corrobora que la mayoría de enemigos naturales que provienen de los márgenes colonizan los cultivos hasta no más de 100 m (Gross y Pair, 1986; Boatman, 1994; Tscharntke *et al.*, 2002; Bianchi *et al.*, 2005; Fournier y Loreau, 1999; Thies y Tscharntke, 1999). En cada zona de muestreo, se realizaron cuatro repeticiones separadas 500 m una de otra (figura 1) para una adecuada representatividad del muestreo. Cabe resaltar que en el caso del control sólo se ubicaron cuatro repeticiones, ya que la comparación se realizó entre el control y las distancias de las zonas de estudio, por lo que este diseño fue el más adecuado para mantener un mismo esfuerzo de muestreo (figura 1b).

Para el análisis estadístico se utilizaron los programas SPSS y Excel (SPSS 2002). Se realizaron comparaciones entre las zonas de estudio y entre las distancias teniendo en cuenta la distribución de los datos y la homogeneidad de varianzas. Adicionalmente, se realizaron análisis de regresión para evaluar la existencia de una relación entre variables dependientes (abundancia, diversidad) y variables independientes (distancia). Por último, se realizaron análisis de correlación, lo cual permitió determinar si existe alguna relación entre variables independientes. Cabe resaltar que todos los análisis estadísticos se realizaron con un $\alpha = 0,05$.

El análisis de los artrópodos y específicamente de enemigos naturales encontrados requirió la aplicación de índices y métodos adicionales que mostraran de manera clara los resultados, para lo cual se aplicó el índice de diversidad Shannon-Wiever el cual tiene en cuenta tanto la riqueza de especies como la abundancia de cada una de ellas.

Cada población está influenciada por un número de interacciones. La regulación biológica de una plaga, por ejemplo, es dependiente significativamente de las interacciones que se presenten con los parasitoides y depredadores (Wilby y Thomas 2002), por lo que es adecuado un análisis detallado de los artrópodos presentes con base en los grupos funcionales y órdenes. Como grupos funcionales se definieron fitófagos, depredadores, parasitoides, detritívoros y nectarívoros teniendo en cuenta los hábitos específicos de las diferentes familias y especies. Duelli y Obrist (2003) resaltan la importancia de incluir en estudios a corto plazo la variable abundancia de enemigos naturales, debido a que las presas y hospederos pueden verse reducidos por el número de individuos más que por el número de especies. Por esto también se incluyó un análisis de la abundancia de enemigos naturales.

Previo a la fase de campo se recolectó información sobre las características de las zonas de muestreo en el área de estudio. Esto se realizó a partir de un formato entregado a trabajadores de las empresas Soceagro S.A. y Palmar de Oriente. Posteriormente se identificaron características generales del paisaje, para lo cual se realizó un mapa de coberturas a escala 1:50.000 con base en una imagen satelital ortorrectificada Landsat del 2000. Se realizó un registro en campo de las épocas en las que se aplicaron productos para la protección de cultivos para tener un conocimiento del posible sesgo en la información obtenida por el control químico. Se determinó el esfuerzo de muestreo necesario para obtener una diversidad representativa y un número de larvas de *S. frugiperda* adecuado para un análisis estadístico del parasitismo. También se determinó el tiempo necesario de exposición de las posturas en campo y la ubicación adecuada de las trampas de feromonas teniendo en cuenta aspectos como la dirección del viento. Por último, se realizó un entrenamiento previo en campo para la correcta identificación de *S. frugiperda* (larvas y adultos).

En la semana de muestreo se registró la precipitación, temperatura, inundación y altura de cultivos como variables que también pudieran influir en los resultados obtenidos. Por último, se evaluó el estado del bosque de galería por medio de un análisis estructural de la vegetación. Para esto, se realizaron tres transectos de 30 m cada uno y se registró: forma de vida (hierba, arbusto, palma, árbol, liana), altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura en su estrato para la elaboración del perfil.

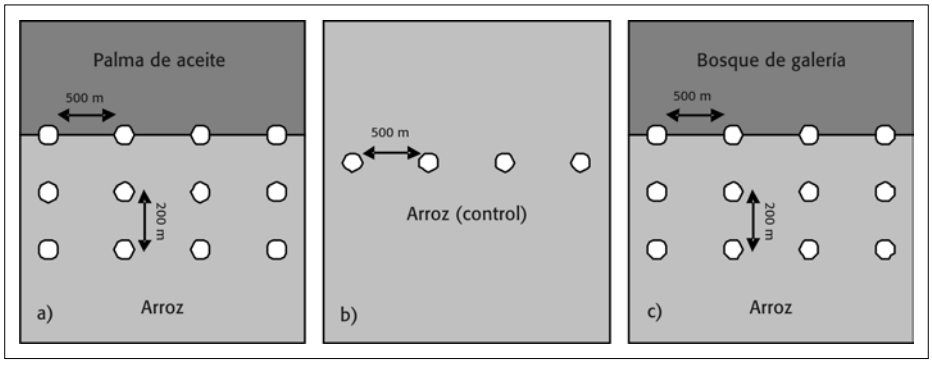

Figura 1. Diseño experimental del trabajo en campo. a) Ubicación trampas en cultivos adyacentes a plantaciones de palma de aceite. b) Control (arroz aislado). c) Ubicación trampas en cultivos adyacentes a bosque de galería

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control natural de adultos de *Spodoptera frugiperda*

Se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de adultos a 0 m y a 400 m tanto en arroz-palma como en arroz-bosque (tabla 1). Esto puede indicar la presencia de factores en los bordes de cultivos que afectan negativamente la abundancia de adultos del cogollero. En las dos zonas, los menores promedios de abundancia de *S. frugiperda* se encontraron a 0 m, con 69,25 individuos/trampa para arroz-palma y 42 ind/trampa para arroz-bosque, mientras que a 400 m se registraron 152 ind/trampa para arroz-palma

Tabla 1. Estadístico de comparaciones múltiples Games-Howell para la abundancia de población de *Spodoptera frugiperda* en los diferentes puntos de muestreo

Índice de abundancia ***S. frugiperda*** arroz-palma				
Distancia A	**Distancia B**	**Diferencia de medias (A-B)**	**Error estándar**	**Significancia**
0 m	400 m	-81,75	22,017	0,04 (< 0,05)
Índice de abundancia ***S. frugiperda*** arroz-bosque				
Distancia A	**Distancia B**	**Diferencia de medias (A-B)**	**Error estándar**	**Significancia**
0 m	400 m	-115,5	27,042	0,026 (< 0,05)

y 155 ind/trampa para arroz-bosque. El mayor valor se encontró en el control con 211,25 ind/trampa. Cabe resaltar que en arroz-bosque se identificó adicionalmente una relación directa entre la abundancia de *S. frugiperda* y la distancia a bordes adyacentes a bosques de galería (a mayor distancia de los bordes mayor abundancia de la plaga) (figura 2).

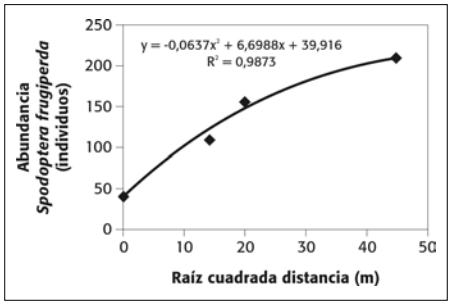

Figura 2. Gráfico de dispersión de datos en la zona arroz-bosque con línea de tendencia del tipo polinomial, su ecuación de la recta y su R^2

En teoría, la diversidad de artrópodos y enemigos naturales pueden afectar negativamente la abundancia de *S. frugiperda* por depredación, parasitismo o competencia por recursos, sin embargo ni en arroz-palma ni en arroz-bosque se identificaron relaciones inversas entre la diversidad de artrópodos y enemigos naturales con la abundancia de adultos de la plaga. Esto puede estar relacionado con las características específicas del cogollero, ya que por ser un insecto endopterigoto, se necesita una diversidad de enemigos naturales alta que ataque los distintos estados y de esta manera se produzca un control significativo de la plaga (Wilby y Thomas, 2002).

A pesar que la diversidad general de enemigos naturales no influyó sobre el control de *S. frugiperda*, es posible que la abundancia de algunos enemigos naturales específicos sí haya ejercido un efecto sobre la plaga (Duelli y Obrist, 2003). Este es el caso de especies depredadoras correspondientes al orden Odonata. Según Shepard *et al.*, (1987) son depredadores muy efectivos de adultos de *S. frugiperda*, y como se muestra en las figuras 3 y 4, en las dos zonas de estudio las distancias en las cuales hubo disminución en la abundancia de la plaga se presentaron las mayores abundancias de este tipo de depredadores. Este posible efecto de Odonata sobre *S. frugiperda* toma fuerza si se tiene en cuenta que en campo se registró la presencia de *Agriocnemis* sp.

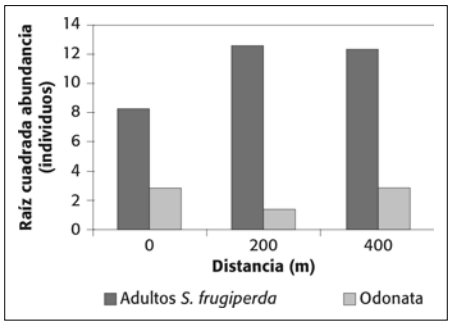

Figura 3. Comportamiento de la abundancia del orden Odonata y la abundancia de adultos de S*podoptera frugiperda* en la zona arroz-palma

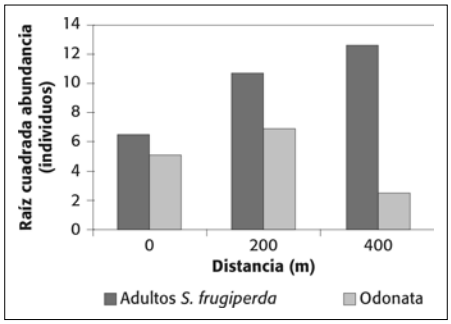

Figura 4. Comportamiento de la abundancia del orden Odonata y la abundancia de adultos de S*podoptera frugiperda* en la zona arroz-bosque

(Odonata: Coeniagronidae) depredando adultos de *S. frugiperda* en cercanía a las trampas de feromonas. Estos casos donde se observa un efecto en la plaga por parte de un bajo número de especies, posiblemente puede estar determinado por vínculos estrechos entre estas especies (Wilby y Thomas, 2002).

En arroz-palma, especies de enemigos naturales correspondientes a Diptera, Coleoptera, Hemiptera y la clase Aranae no mostraron relación con la abundancia de la plaga. Esto puede deberse a que las especies registradas no son depredadoras específicas de *S. frugiperda* en estado de adulto. En el caso de arroz-bosque especies de Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera y la clase Aranae parecen estar más relacionados con otro tipo de presas de los órdenes Lepidoptera y Orthoptera.

Existen diferencias claras en la presencia de especies, grupos funcionales y órdenes en comparación con el control, que sugiere un efecto positivo de estas dos coberturas sobre la diversidad de enemigos naturales en arroz, especialmente por un aumento en la presencia de depredadores de varios órdenes. Mientras en el control se identificaron depredadores casi en su totalidad correspondientes al orden Diptera, en las zonas de estudio arroz-palma y arroz-bosque se presentaron adicionalmente depredadores correspondientes a Odonata, Hemiptera y Coleoptera, y un aumento en depredadores correspondientes a Hymenoptera y Aranae. La diversidad de enemigos naturales registrada en arroz-bosque y en arroz-palma alcanzó valores hasta de 2,10 y 2,24 respectivamente, mientras que en el control se registró una diversidad de 1,74. Como enemigos naturales se incluyeron tanto especies que han sido registradas anteriormente como enemigas de *S. frugiperda*, como aquellos depredadores o parasitoides generalistas que hasta ahora no se ha registrado que ataquen a esta plaga, pero que por sus características pueden calificarse como enemigos potenciales del cogollero. En la tabla 2 se listan las especies de enemigos naturales encontradas en las zonas de estudio; cabe resaltar especies como *Cicindela* sp. (Coleoptera: Cicindelidae), *Sarcophaga* sp. (Diptera: Sarcophagidae), *Polistes* sp. (Himenoptera: Vespidae), *Coleomegilla*

Tabla 2. Listado de especies benéficas (depredadores y parasitoides de plagas) identificadas en las distintas zonas de estudio (arroz-palma, arroz-bosque y control), Villanueva, Casanare 2006, 2º semestre

Orden	Familia	Especie
Enemigos naturales de ***S. frugiperda*** en arroz-palma		
Coleoptera	Cicindelidae	*Cicindela* sp.*
Coleoptera	Lampyridae	*Photuris* sp.
Coleoptera	Cantharidae	*Disiodon* sp.
Odonata	Coenagrionidae	*Agriocnemis* sp.*
Odonata	Libellulidae	*Erythrodiplax umbrata*
Arachnida/Aranae		sp.
Diptera	Sarcophagidae	*Oxysarcodexia* sp.*
Diptera	Sarcophagidae	*Sarcophaga* sp.*
Diptera	Tabanidae	*Tabanus claripennis*
Diptera	Syrphidae	*Mesograpta* sp.
Hymenoptera	Vespidae	*Polistes* sp.*
Hymenoptera	Halictidae	sp.
Hymenoptera	Pompilidae	sp.
Hemiptera	Phymatidae	*Phymata* sp.
Enemigos naturales de ***S. frugiperda*** en arroz-bosque		
Coleoptera	Carabidae	*Lebiini ealleida*
Coleoptera	Carabidae	*Platinus* sp.
Coleoptera	Coccinellidae	*Coleomegilla maculata**
Coleoptera	Staphylinidae	*Paederus columbinus*
Coleoptera	Lampyridae	*Photinus* sp.
Coleoptera	Lampyridae	*Aspisoma* sp.
Odonata	Coenagrionidae	*Agriocnemis* sp.*
Odonata	Libellulidae	*Erythrodiplax umbrata*
Arachnida/Aranae		sp.
Diptera	Tabanidae	*Tabanus claripennis*
Diptera	Sarcophagidae	*Sarcophaga occidua**
Diptera	Sarcophagidae	*Oxysarcodexia* sp.*
Diptera	Dolichopodidae	sp.
Diptera	Ephydridae	sp.
Hymenoptera	Sphecidae	*Chlorion* sp.
Hymenoptera	Formicidae	sp.*
Hymenoptera	Vespidae	*Polistes* sp.*
Hymenoptera	Vespidae	*Polistes canadensis*
Hymenoptera	Halictidae	sp.
Hemiptera	Reduviidae	*Calliclopius nigripes* (L.)
Hemiptera	Reduviidae	*Ricolla* sp.
Hemiptera	Reduviidae	*Sirthena*
Hemiptera	Nabidae	*Nabis* sp.*
Hemiptera	Phymatidae	*Phymata* sp.
Enemigos naturales de ***S. frugiperda*** en control		
Diptera	Tabanidae	*Tabanus claripennis*
Diptera	Sarcophagidae	*Sarcophaga* sp.*
Diptera	Sarcophagidae	*Oxysarcodexia* sp.*
Diptera	Sciomyzidae	*Sepedon* sp.
Diptera	Syrphidae	*Mesograpta basilare* Wied.
Arachnida/Aranae		sp.
Diptera	Syrphidae	*Mesograpta* sp.
Hymenoptera	Sphecidae	*Larra* sp.

* Especies enemigos naturales directas de *S. frugiperda.*

maculata (Coleoptera: Coccinelidae) y *Nabis* sp. (Hemiptera: Nabidae), las cuales se registraron en campo y ya han sido registradas anteriormente como enemigos de *S. frugiperda*.

Controles naturales de tipo abiótico también pudieron influir sobre la abundancia de la plaga especialmente a los 0 m, ya que los bosques de galería al igual que las plantaciones de palma pueden estar generando condiciones distintas a los requerimientos de hábitat ideales para *S. frugiperda* (herbáceas, cultivos de ciclo corto, temperatura, humedad, vientos) (Murua y Virla 2004, López *et al*., 1999, Meagher y Gallo, 2003).

En arroz-bosque se presentó una relación adicional entre la abundancia de adultos de *S. frugiperda* y la diversidad de enemigos naturales. Esta relación fue directa (significancia = 0,05), lo que significa que a mayor abundancia de la plaga, mayor diversidad de enemigos naturales (figura 5). Este tipo de relación es un claro ejemplo de que un aumento de la diversidad no siempre va ligado a un aumento en el control de plagas; contrario a algunos principios en los que se basa la agroecología (Altieri y Nichols, 2004). Como se explicó anteriormente, varias especies depredadoras parecen estar más relacionadas con otro tipo de fitófagos que con el cogollero, lo que puede ser una razón de por qué no hay control significativo de la plaga por parte de estos enemigos naturales. También es coherente pensar que la mayor diversidad de enemigos se encuentre en zonas donde hay mayor oferta de alimento.

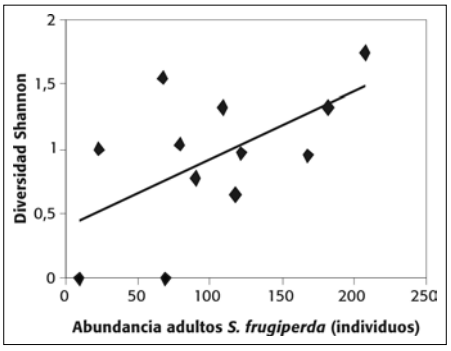

Figura 5. Correlación de diversidad de enemigos naturales frente a abundancia de adultos de *Spodoptera frugiperda* en arroz-bosque

Control natural de larvas de *Spodoptera frugiperda*

En cuanto a la abundancia de larvas de *S. frugiperda*, el comportamiento en las zonas de estudio no mostró relación con la cercanía a los bordes; sin embargo, se evidenciaron correlaciones entre la presencia de artrópodos y la abundancia de la plaga.

En arroz-palma se evidenció una relación negativa (significancia = 0,005) entre la abundancia de larvas de *S. frugiperda* y la diversidad de enemigos naturales, lo cual muestra que los depredadores presentes parecen ejercer un efecto sobre la plaga disminuyendo su abundancia (figura 6). Con base en esto, especies depredadoras correspondientes a Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y la clase Aranae influyeron posiblemente en el control de larvas.

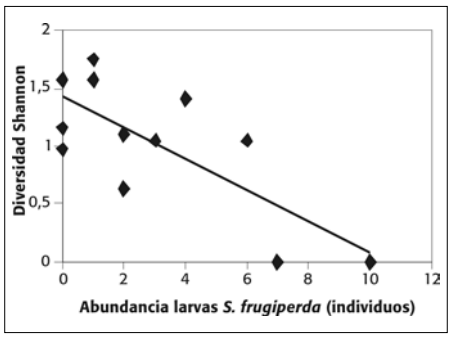

Figura 6. Correlación de diversidad de enemigos naturales frente a abundancia de larvas de *Spodoptera frugiperda* en arroz-palma

Para el caso de arroz-bosque, se evidenció una relación negativa (significancia = 0,02) entre la diversidad de artrópodos y la abundancia de larvas de *S. frugiperda*. En este caso es posible afirmar que mayor diversidad incide negativamente en la población de la plaga (figura 7); sin embargo, debido a que no se presentó una relación específica con la diversidad de enemigos naturales, es posible que el efecto sobre la plaga se deba a otras razones como puede ser la presencia de especies antagonistas que generen exclusión por competencia (Greathead y Waage, 1983).

En arroz-bosque se identificaron 12 especies de fitófagos pertenecientes a las familias Tettigonidae, Acrididae, Pyralidae, Noctuidae, Miridae, Cupedidae,

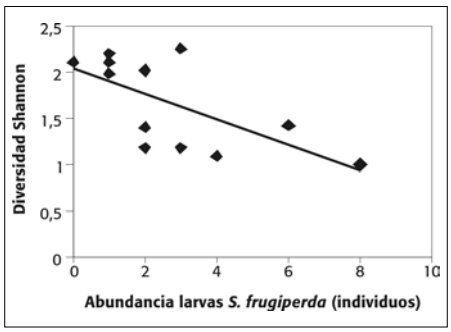

Figura 7. Correlación de diversidad artrópodos frente a abundancia de larvas de *Spodoptera frugiperda* en arroz-bosque

Meloidae, Scarabeidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Membracidae y Cicadellidae. Es posible que algunas de estas especies actúen como antagonistas y compitan con *S. frugiperda*, sin embargo se deben realizar estudios adicionales que corroboren esta afirmación. Con lo anterior es importante dejar claro que los enemigos naturales no están generando en arroz-bosque un efecto sobre la abundancia de larvas de *S. frugiperda* y por ende no existe evidencia que afirme que la disminución en el nivel de población de larvas de la plaga se deba al bosque de galería.

En cuanto al parasitismo de larvas, no se identificó una relación con la abundancia de la plaga en ninguna zona de estudio. Sin embargo, se evidenció un control de *S. frugiperda* por parte del parasitoide *Apanteles marginiventris*. En arroz-palma se registró un parasitismo de 24,8% y en arroz-bosque de 28,1%. La baja abundancia de larvas registrada puede explicar la dominancia de *A. marginiventris* en el parasitismo, ya que según Gross y Pair (1986) este parasitoide se caracteriza por atacar las poblaciones del cogollero del maíz cuando las densidades de la plaga son bajas.

La mayoría de especies parasitoides necesitan fuentes alternas de alimento como néctar y polen (Menalled *et al*., 1999), recursos que los monocultivos de arroz no proveen, por lo que debe haber hábitats cercanos que ofrezcan estos recursos. Un método utilizado en esta investigación para conocer si las plantaciones de palma y los bosques de galería en realidad estaban ofreciendo recursos alternativos a los parasitoides fue evaluando la presencia de especies nectarívoras en los bordes. El estudio identificó que la abundancia de especies nectarívoras aumentó en arroz-palma a medida que la cercanía a los bordes fue mayor, mientras que en arroz-bosque no se observó lo mismo. Esto es una posible evidencia que apoya la idea de que son las plantaciones de palma las que están ofreciendo recursos adicionales, sin embargo son necesarios estudios más detallados para confirmar esta afirmación.

Apanteles marginiventris tiene una alta capacidad de movimiento y colonización, (López-Ávila 2002; Van Driesche y Bellows, 1996). Lo anterior se evidenció en el estudio al haber registrado porcentajes altos de parasitismo en el tratamiento control, resaltando que éste se encuentra aproximadamente a 2000 m de los bordes.

Adicionalmente, en arroz-palma se encontró otro parasitoide de larva correspondiente a la familia Tachinidae (Diptera), sin embargo su porcentaje de parasitismo fue menor a 2%.

Parasitismo de huevos

No se registraron parasitismos en los huevos del cogollero expuestos en las trampas durante el estudio. Se ha comprobado que parasitoides potenciales de huevos *S. frugiperda* como *Telenomus* sp. y *Trichogramma* sp. presentan alguna resistencia a insecticidas (González y Estay, 2003; Montesbravo, 1999), por lo que a pesar de que hubo una aplicación de insecticidas en la zona, no explica suficientemente los resultados obtenidos. El control de insectos endopterigotos necesita realizarse en todos los estados, y un control de la plaga en el estado de huevo es de los más efectivos si se busca evitar daños al cultivo (Bianchi *et al*., 2005). La metodología utilizada para detectar el parasitismo de huevos fue la única que se aplicó dos veces con el fin de corroborar que el muestreo se realizó correctamente, y que el resultado no fue debido a un error de muestreo. Por lo anterior, es probable que aspectos como la calidad y fragmentación de hábitats en la región sean los responsables de no haber registrado parasitismo de huevos. Está comprobado que estos fenómenos a escala de paisaje tienen mayor efecto en la abundancia y riqueza de especies de niveles tróficos altos donde los parasitoides son particularmente susceptibles (Kruess y Tscharntke, 1994; Zabel y Tscharntke,

1998; Tscharntke y Kruess, 1999). Es recomendable hacer estudios de población de este tipo de parasitoides de huevos en el piedemonte llanero para conocer en detalle la condición demográfica en la que se encuentran estas especies.

Manejo de hábitat y diseño de agroecosistemas

Con base en los resultados, se propusieron estrategias que buscan promover el control natural de plagas en monocultivos de arroz del piedemonte llanero. Es prioridad la restauración de hábitats claramente degradados como son los bosques de galería, ya que es la vegetación nativa de mayor importancia en la región (Forero, 1998). Para esto, el diseño del paisaje es una herramienta adecuada ya que propone estrategias claras de restauración (Farina, 2000). Es necesario mejorar las condiciones de hábitat de estos bosques reduciendo o removiendo los procesos amenazantes, por lo que se requiere controlar las actividades en la matriz del paisaje (sistemas productivos) para controlar así los procesos degenerativos. Es indispensable restaurar los componentes de los márgenes en los bordes de cultivos, ya que las funciones que brindan son múltiples en pro de un mejoramiento de las condiciones de hábitat (Marshall y Moonen, 2002).

Es adecuado promover el mejoramiento de los corredores de vegetación a través del mejoramiento de la estructura del suelo, la regeneración de especies de plantas o reintroducción de especies de flora y fauna (Gutzwiller, 2002). Es importante que estos bosques de galería tengan una clara conectividad con parches naturales, que permita de esta manera el movimiento y dispersión de especies de niveles tróficos superiores.

La disminución en la aplicación de químicos es importante para un control biológico natural efectivo. Si este estudio evidenció niveles de control biológico en unas condiciones con aplicación de productos para la protección de cultivos, es lógico pensar que en condiciones sin aplicación de estos productos el control biológico aumente considerablemente.

Teniendo en cuenta la mejora de los hábitats naturales, la estrategia a seguir es evitar la colonización de *S. frugiperda* a los cultivos. El paisaje en el que se encuentra ubicada el área de estudio es homogéneo y estructuralmente pobre con una matriz dominante de coberturas bajas (principalmente herbáceas) ideales para el establecimiento de *S. frugiperda*, por lo que muy seguramente la colonización de esta plaga a cultivos de arroz es alta. Para esto se pueden promover controles biológicos y abióticos que eviten la entrada de la plaga al cultivo; estos controles pueden generarse con la combinación de áreas de plantaciones de palma con bosques de galería. Además, se debe buscar estrategias para que el aumento de la diversidad de enemigos naturales en los bordes llegue al interior del monocultivo. Thomas y colaboradores (1991) proponen crear islas de hábitat en el interior de los cultivos para promover el aumento de depredadores. En este caso, los canales de riego pueden aprovecharse como corredores de vegetación riparia que permitan a especies benéficas con baja capacidad de dispersión adentrarse en los cultivos.

En resumen, es importante integrar cultivos perennes, hábitats naturales y cultivos de arroz para promover el control natural, aumentar la estabilidad de los cultivos y reducir la dependencia de insumos químicos y disminución de costos a largo plazo en el piedemonte llanero.

Limitaciones del estudio

Durante el estudio se presentaron algunos aspectos de manejo tanto del cultivo como del ecosistema circundante que pudieron influir de manera significativa sobre los resultados. La aplicación de productos para la protección de cultivos es la principal variable que intervino en los datos obtenidos. Productos aplicados como methoxifenozide no sólo genera efectos sobre la plaga sino sobre la diversidad de artrópodos. Esto condiciona la capacidad de algunas especies parasitoides y predadoras de colonizar los cultivos y generar controles en la plaga.

Para conocer el efecto de la aplicación de insecticidas sobre la diversidad y abundancia de la plaga, es necesario un estudio temporal antes y después de la aplicación, por lo que este estudio no tuvo la capacidad de cuantificar esta variable dado que fue un estudio estático. Sin embargo, la aplicación de productos para la protección de cultivos aunada a la inundación de cultivos, pudo haber ocasionado la baja abundancia de larvas de *S. frugiperda* lo que limitó el análisis de los resultados. La época del muestreo es la de mayor abundancia del cogollero en la zona, por lo que se realiza una alta aplicación de químicos de manera preventiva por parte de los agricultores.

Como se mencionó anteriormente, la inundación de los cultivos es una variable que afecta notoriamente la abundancia de la plaga y la diversidad de artrópodos en los cultivos de arroz. La alta humedad de los cultivos generó algunos problemas en la recolección de artrópodos con red entomológica.

También es pertinente resaltar que el bosque de galería que se estudió se encontraba en muy malas condiciones por la presión de actividades ganaderas y la constante aplicación de químicos por la cercanía a los cultivos de arroz. Se realizaron tres transectos en el bosque, se determinó la estructura de la vegetación en caño Cuchillo como un bosque bajo (altura máxima 12 m), abierto, altamente intervenido y degradado, con alta presencia de especies pioneras como Melastomatáceas. Se observó claramente el deterioro del bosque por la presencia del ganado y por el manejo intensivo de los sistemas de cultivos arroceros. A partir de esto, es importante aclarar que el mal estado de este ecosistema pudo influir considerablemente en los datos obtenidos en la zona arroz-bosque.

Los márgenes de los cultivos de arroz no estaban adecuadamente diseñados, ya que no incluían los elementos que se recomienda para este tipo de cultivos como son"los límites de cultivo", "la franja" y "el borde del cultivo". Se ha comprobado que estos elementos ayudan a la amortiguación de la actividad agrícola en las márgenes, evitando efectos negativos drásticos sobre los bosques (Marshall y Moonen 2002).

CONCLUSIONES

El trabajo permite concluir que los márgenes con plantaciones de palma de aceite y bosques de galería ejercen un efecto sobre la abundancia de adultos de S. *frugiperda* en cultivos de arroz.

Depredadores, en especial los correspondientes al orden Odonata, parecen influir de manera directa sobre la abundancia de adultos de *S. frugiperda* en los márgenes de los cultivos. Este efecto se evidenció tanto en cercanías a plantaciones de palma de aceite como al bosque de galería.

La diversidad de enemigos naturales promovida particularmente por las plantaciones de palma de aceite parece influir sobre la abundancia de larvas de *S. frugiperda.*

En los márgenes de los cultivos (tanto adyacentes a plantaciones de palma como a bosque de galería) se observó aumento en la diversidad de enemigos naturales de *S. frugiperda* y un cambio en la composición de especies en comparación con el interior del cultivo (control).

La especie *Apanteles marginiventris* es un parasitoide de gran importancia en el control biológico natural de larvas del cogollero en cultivos de arroz cercanos tanto a plantaciones de palma de aceite como a bosques de galería.

No se registraron parasitoides de huevos de *S. frugiperda* en campo, por lo cual es recomendable realizar estudios detallados sobre diversidad y abundancia de este tipo de insectos benéficos en el piedemonte llanero.

Las plantaciones de palma de aceite y los bosques de galería pueden calificarse como vegetación que puede llegar a otorgar servicios ambientales a cultivos de arroz para el control de plagas.

Es importante recalcar que los resultados obtenidos con relación al bosque de galería estudiado se vieron afectados principalmente por la baja calidad de su hábitat. Por otro lado, los resultados en las distintas zonas de estudio estuvieron afectados por la aplicación de insumos químicos.

AGRADECIMIENTOS

Especiales agradecimientos a la compañía Soceagro S.A. por permitir la realización de esta investigación en sus predios. A Corpoica, por permitir el acceso a la Colección Taxonómica Nacional de Insectos. A Orlando Parada y Elizabeth Aguilera por los valiosos y útiles aportes y consejos para la realización del trabajo.

REFERENCIAS

Altieri MA, Hecht S, Liebman M, Magdoff F, Norgaard RS, Thomas O. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Nordan, 335 p.

Altieri MA, Nicholls CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food products press. 2a. edición. Nueva York, Food Products Press, 225 p.

Bennett AF, Radford JQ, Haslem A. 2006. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. Biological Conservation 133:250-264.

Bianchi F, van Wingerden, A. Griffioen AJ, van der Veen M, van der Straten MJJ, Wegman R, Meeuwsen HAM. 2005. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout Agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 107(2-3):145–150.

Boatman N. 1994. Field Margins: Integrating Agriculture and Conservation. British Crop Protection Council, Surrey, Farnham, UK, 404 p.

Borror DJ, Delong DM, Triplehorn CA. 1989. An introduction to the study of insects. Sixth ed. Philadelphia, Saunders College Publishing, 875 p.

Bürgi M, Hersperger A, Schneeberger N. 2004. Driving forces of landscape change: current and new directions. Landscape Ecology 19(8): 857-868.

Denys C, Tscharntke T. 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. Oecologia 130(2):315–324.

Duelli P, Obrist M. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. Agriculture, Ecosystems and Environment 98(1-3):87–98.

Farina A. 2000. Principles and methods in Landscape Ecology. Holanda, Kluwer academic publishers. 401 p.

Forero Lara SR. 1998. Villanueva Casanare: emporio de riqueza agroindustrial. Tunja (Colombia), Editorial Talleres Gráficos, 143 p.

Fournier E, Loreau M. 1999. Effects of newly planted hedges on ground-beetle diversity (Coleoptera, Carabidae) in an agricultural landscape. Ecography, 22(1):87-97.

Gonzalez P, Estay P. 2003. Efecto de insecticidas usados en el control de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) y *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), sobre los parasitoides de huevo: *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). XXV Congreso Nacional de Entomología, Talca, Chile. 26-28 de noviembre de 2003. Sociedad Chilena de Entomología, 16 p.

Greathead DJ, Waage JK. 1983. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. Washington, World Bank, 44 p.

Gross HR, Pair SD. 1986. The fall armyworm: status and expectations of biological control with parasitoids and predators. Florida Entomologist 69:502-515.

Gutzwiller KJ. 2002. Applying Landscape Ecology in biological conservation. Nueva York, Springer-Verlag, 497 p.

Haynes DLR, Tummala L, Ellis TL. 1980. Ecosystem management for pest control. BioScience 30: 690-696.

Hoballah ME, Degen T, Bergvinson D, Savidan A, Tamo C, Turlings TCJ. 2004. Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. Agricultural and Forest Entomology 6(1):83–88.

Kruess A, Tscharntke T. 1994. Habitat Fragmentation, Species Loss, and Biological Control. Science 264(5165): 1581-1584.

López Edwards M, Hernández Mendoza J, Pescador Rubio A, Molina Ochoa J, Lezama Gutiérrez R, Hamm J, Wiseman B. 1999. Biological differences between five populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) collected from corn in Mexico. Florida Entomologist 82(2):254-262.

López-Ávila A. 1981. Estudios básicos para la cría de *Meteorus laphygmae* (Vierick) parásito de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (tesis de maestría). Bogotá, Universidad Nacional, Maestría en Scientiae en Entomología, 103 p.

López-Ávila A. 2002. Control biológico componente fundamental del MIP. Origen, definiciones y conceptos básicos. En López-Ávila A (ed.) Control biológico: componente fundamental del manejo integrado de plagas en una agricultura sostenible. Bogotá, Corpoica, 340 p.

Maes JM. 2003. Ficha "Insectos plagas" No. 2. El cogollero del maíz. Revista Productores, UNAG. http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua consulta: enero de 2007.

Malo EA, Bahena F, Miranda MA, Valle-Mora J. 2004. Factors Affecting the Trapping of Males of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) with Pheromones in Mexico. Florida Entomologist 87(3): 288-293.

Marshall EJP, Moonen AC. 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 89(1-2):5-21.

Meagher Jr RL, Gallo Meagher M. 2003. Identifying host strains of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Florida using mitochondrial markers. Florida Entomologist 86(4):450-455.

Menalled FD, Marino PC, Gage SH, Landis DA. 1999. ¿Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? Ecological applications. 9:634-641.

Meneses Carbonell R, Gutiérrez Yanis A, García Rubial A, Antigua Pereiro G, Gómez Sousa J, Correa Victoria F, Lee C. 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz de Cuba (IIA), Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), Colombia. 71 p.

Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Lezama-Gutiérrez R, Foster JE, González-Ramírez M, Ángel-Sahagún CA, Farias-Larios J. 2004. Natural distribution of Himenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 87(4): 461-472.

Molinari A, Avalos D. 2003. Dípteros parasitoides de plagas del cultivo de soja relevados en la EEA Oliveros, Santa Fe. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Inta. Argentina, www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/plagas/trabajos/Taquinidos/soja.doc consulta: enero de 2009.

Pérez Montesbravo E. 1999. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. Departamento de Manejo de Plagas-INISAV, La Habana, Cuba En Fundación Produce. http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTE.htm consulta: 25 de abril de 2007.

Murua MG, Virla EG. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán, Argentina. Revista de la facultad de agronomía, La Plata 105(2):133-139.

Nicholls CI, Parrella M, Altieri MA. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. Landscape ecology 16(2): 133-146.

Pantoja A, Fischer A, Correa-Victoria F, Sanint LR, Ramírez A, Tascón E, García E. 1997. MIP en arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, malezas y enfermedades. Cali, Colombia, Fundación Polar, Fedearroz, Fondo latinoamericano para arroz de riego, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 147 p.

Riggin TM, Espelie KE, Wiseman BR, Isenhour DJ. 1993. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids on five corn genotypes in South Georgia. Florida Entomologist 76(2): 292-302.

Rodríguez Becerra M, Van Hoof B. 2005. Environmental performance of the Colombian oil palm industry. Colombia, Fedepalma, 158 p.

Settle WH, Ariawan H, Astuti ET, Cahyana W, Hakim AL, Hindayana D, Lestari AS, Pajarningsish. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. Ecology 77(7):1975-1988

Shepard BM, Barrion AT, Litsinger JA. 1987. Helpful Insects, Spiders and Pathogens: friends of the rice farmer. Los Baños, Laguna, Filipinas International Rice Research Institute-IRRI, 127 p.

SPSS. 2002. Guía para el análisis de datos. En Universidad de Cádiz http://www2.uca.es/serv/ai/formacion/spss/Pantalla/verguia.pdf; consulta: 2 de mayo de 2007.

Sutherland WJ. 1998. Ecological Census Techniques: A handbook. 3th ed. Cambridge, Cambridge University Press, 319 p.

Thies C, Tscharntke T. 1999. Landscape structure and biological control in Agroecosystems. Science 285(5429):893-895.

Thomas MB, Wratten SD, Sotherton NW. 1991. Creation of island habitats in farmland to manipulate populations of beneficial insects. Journal of Applied Ecology, 28:906-917.

Tscharntke T, Kruess A. 1999. Habitat fragmentation and biological control. En Hawkins BA, Cornell HV. (eds.) Theoretical approaches to biological control. Cambridge, Cambridge University Press, pp. 190–205.

Tscharntke T, Steffan-Dewenter L, Kruess A, Thies C. 2002. Caracteristic of insect populations on habitat fragment: a mini review. Ecologycal Research 17(2):229-239.

Van Driesche R, Bellows TS. 1996. Biological control. Nueva York, Chapman & Hall, 539 p.

Wilby A, Thomas MB. 2002. ¿Are the ecological concepts of assembly and functions of biodiversity useful frameworks for understanding natural pest control? Agricultural and Forest Entomology. 4(4):237-243.

Woodburn AT. 1990. The current rice agrochemical market. En Grayson BT, Green MB, Copping LB. Pest management in rice. Proceedings of the conference on pest management in rice. Elsevier applied science, junio: 15-30.

Zabel J, Tschantke T. 1998. Does fragmentation of *Urtica* habitats affect phytophagous and predatory insects differentially? Oecologia 116(3):419-425.