



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO DE FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## DETECCIÓN DE *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden Y MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) SOBRE CÉSPED EN QUINTANA ROO, MÉXICO.

IMELDA LEÓN GARCÍA

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis titulada: DETECCIÓN DE *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden Y MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) SOBRE CÉSPED EN QUINTANA ROO, MÉXICO realizada por la alumna IMELDA LEÓN GARCÍA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: \_\_\_\_\_  
DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA

ASESOR: \_\_\_\_\_  
DR. ARMANDO EQUÍHUA MARTÍNEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_  
DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_  
DR. JUAN FERNANDO SOLÍS AGUILAR

ASESOR: \_\_\_\_\_  
DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre 2009

DETECCIÓN DE *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden Y MANEJO DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) SOBRE CÉSPED EN QUINTANA ROO, MÉXICO

Imelda León García, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2009

Debido a la importancia económica, social y ambiental de los campos de golf en México, y a la falta de información para iniciar programas de manejo integrado de plagas en césped de estos, en este trabajo se planteó realizar un diagnóstico de especies plaga de importancia en campos de la Riviera Maya y determinar su fluctuación poblacional, evaluar los niveles de resistencia de *Spodoptera frugiperda* a insecticidas de uso común en la zona de estudio, y determinar los efectos letales de un insecticida con novedoso modo de acción (Rynaxypyr®) sobre estados inmaduros de esta plaga. Se realizaron muestreos directos al césped y se procedió a la identificación de los insectos problema. Se registró por primera vez en Quintana Roo *Shenophorus venatus vestitus* (Chittenden), subespecie con restricciones cuarentenarias en nuestro país, y se describió e ilustró su genitalia. Por otro lado, *Spodoptera frugiperda* fue la única especie plaga de lepidópteros en la zona y daña al césped de los campos de la Riviera Maya. De marzo de 2007 a marzo de 2008 se realizó monitoreo de *S. frugiperda* con feromona sexual sintética en el campo de golf Iberostar Playa Paraíso. Los machos de *S. frugiperda* estuvieron presentes todo el año con una media de 10 insectos por trampa, pero se detectaron dos picos poblacionales, uno en junio y otro en septiembre con promedios de 20 y 45 insectos por trampa, respectivamente. Como esta especie fue la más

recurrente en el césped, y tiene historial en el desarrollo de resistencia a insecticidas, se realizaron bioensayos por aplicación tópica para conocer sus niveles de resistencia a insecticidas de uso común en la zona de estudio. La población de campo, comparada con una población susceptible, tuvo diferentes niveles de resistencia a todos los productos. Para la mortalidad al 50% la proporción de resistencia ( $RR_{50}$ ) se presentó en el siguiente orden, deltamethrina 1002.2×, lambdaialotrina 204.5×, metomilo 183.0× y ciflutrina 162.7×. Para la mortalidad al 95%, la proporción de resistencia ( $RR_{95}$ ) fue de 207.8, 290.2, 29.7 y 564.6×, respectivamente. Con respecto a efectos de Rynaxypyr® sobre *S. frugiperda*, se encontró que este insecticida no presentó actividad ovicida, pero las larvas alimentadas con dieta tratada presentaron una  $CL_{50}$  de 0.00001 µg/larva, y una  $CL_{95}$  de 0.0155 µg/larva. En aplicación tópica se encontró una  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  de 0.0008 y 0.2874 µg/larva, respectivamente. Se discute la importancia de estos hallazgos para iniciar programas de manejo integrado en campos de golf en México.

Palabras clave: Campos de golf, plagas, fluctuación poblacional, resistencia a insecticidas.

DETECTION OF *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden AND *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) MANAGEMENT ON TURFGRASS AT QUINTANA ROO, MEXICO

Imelda León García, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2009

Because of the economic, social and environmental importance of golf courses in Mexico, and because of the lack of information to support integrated pest management on turfgrass of these fields, the objectives of this work were a) to know the golf courses pests and its population fluctuation at the Riviera Maya, Quintana Roo, b) to determine resistance levels of *Spodoptera frugiperda* to common insecticides that people used at that zone, and c) to determine the lethal effects of a novel action mode insecticide (Rynaxypyr®) on the immature stages of *S. frugiperda*. We sampled directly on the turfgrass golfcourses and identified the insect problem. We detected *Shenophorus venatus vestitus* (Chittenden) for the first time at Quintana Roo, and we described and illustrated its genitalia. This insect has quarantine importance in our country. On the other hand, *Spodoptera frugiperda* was the only Lepidoptera pests in that place and causes damage on the turfgrass on golfcourses at the Riviera Maya. From Marh 2007 to March 2008 the *S. frugiperda* populations was monitored using sexual pheromone traps at the Iberostar Playa Paraiso golfcourse. Males of *S. frugiperda* were present all along the year with an average of 10 insects per trap. However, two population increments were detected, one in June with 20 insects per trap and another during September with 45 insects per trap. As this species was recurrent on turfgrass and it has some

resistance history on other crops, some topical applications were developed in order to determine the resistance levels for insecticides used at that place. We found that the field population, compared to a susceptible, presented different levels of resistance to any product. For  $DL_{50}$ , the proportion of resistance ( $RR_{50}$ ) was deltamethrin 1002.2 $\times$ , lambda-cyhalothrin 204.5 $\times$ , methomyl 183.0 $\times$  and cifluthrin 162.7 $\times$ . For  $DL_{95}$ , the proportion of resistance ( $RR_{95}$ ) was of 207.8, 290.2, 29.7 and 564.6 $\times$ , respectively. About the Rynaxypyr® effects on *S. frugiperda*, the insecticide did not show ovicide effect on the evaluated dilutions, but larvae were susceptible to both application methods. For diet with insecticide we got  $CL_{50}$  of 0.00001  $\mu\text{g}/\text{larva}$ , and  $CL_{95}$  of 0.0155  $\mu\text{g}/\text{larva}$ . About the topical application the  $DL_{50}$  was 0.0008  $\mu\text{g}/\text{larva}$ , and  $DL_{95}$  was 0.2874  $\mu\text{g}/\text{larva}$ . The importance of this research and the possibilities of supporting integrated pest management at golf courses in Mexico are discussed.

Key words: Golfcourse, pests, population fluctuation, insecticide resistance.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico para desarrollar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de realizar mis estudios doctorales.

A Iberostar Playa Paraíso Golf Club y al C. Greg Bond por el financiamiento parcial de esta investigación y las facilidades otorgadas para el uso de las instalaciones del campo de golf en la realización del presente trabajo.

Con respeto y admiración al C. Víctor Hernández Tenorio por compartir conmigo sus conocimientos sobre el mantenimiento de campos de golf. Sobre todo, gracias por permitirme contar con tu amistad.

A la Ing. Ruth Contreras y al equipo de trabajo del campo de golf por la ayuda brindada.

A los Doctores Esteban Rodríguez Leyva, Armando Equíhua Martínez, Héctor González Hernández, Juan Fernando Solís Aguilar y Samuel Ramírez Alarcón por aventurarse conmigo en este proyecto, y por su apoyo para llevar a buen fin esta investigación.

Al M. C. Raciél Hernández Hernández por todo el apoyo para que este proyecto se llevara a cabo, y por la amistad de tantos años.

Al Dr. Samuel Pineda, al M.C. Jorge Valdez, a la Dra. Laura Delia Ortega, Dr. Refugio Lomeli por todos sus consejos que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Al Sr. Lauro Hernández por sus consejos en el establecimiento y mantenimiento de la cría de insectos.

A Nuvia Orduño, Juan Manuel Vanegas, Martín Palomares, Oscar Martínez, Iliana Pacheco porque más que compañero llegaron a ser amigos, haciendo más agradable mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A esas personas que con las que he compartido los últimos años Briza, Luis Antonio, Saúl, Edith, Karla, Alicia, Carolina, Silvia, Tania, David, Orlando, Érica, Yesica, Dolores, Patricia, Porque no puedo expresar en unas líneas lo que cada uno de ustedes significan en mi vida.

## DEDICATORIA

A las dos personas que más admiro y quiero en este mundo, mis padres Gabriel León Méndez y Hortencia García Palma. Gracias por confiar en mí.

A mis hermanos Jesús, Adrián, Gabriel, Daniel, Hortencia y Norma por estar presente a pesar de la distancia y por su apoyo en cada etapa de mi vida. Los quiero.

A mis sobrinos Adrián, Adriana, Gabriela, Citlali, Beatriz, Manuel, Dalai y Gabriel por ser mis ángeles y por cada sonrisa.

A Javier Quintero por compartir tu vida conmigo e impulsarme a ser mejor cada día. Con amor y admiración. Te amo.

A Briza Díaz, Luis Antonio Mariscal, Familia Cruz Pérez y Familia Meza Valdés por ser más que amigos, por sus consejos y por hacerme sentir como parte de sus familias.

## CONTENIDO

	Páginas
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE CUADROS.....	xiv
CAPITULO 1.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.2.1. Especies de céspedes utilizadas en campos de golf en EU y México.....	5
1.2.2. Principales plagas en campos de golf en Norteamérica.....	5
1.2.3. Problemas asociados a bajos umbrales económicos y uso de plaguicidas...	7
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.4. LITERATURA CITADA.....	9
CAPITULO 2.....	18
PRIMER REPORTE DE <i>Sphenophorus venatus vestitus</i> Chittenden (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) SOBRE CÉSPED EN QUINTANA ROO, MÉXICO, Y GENITALIA DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO.....	18
2.1. RESUMEN.....	18
2.2. ABSTRACT.....	19
2.3. INTRODUCCIÓN.....	20
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.4.1. Colecta y determinación de curculiónidos.....	22
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
2.5.1. <i>Sphenophorus venatus vestitus</i> .....	24

2.5.3. <i>Sphenophorus neomexicana</i> .....	25
2.5.4. <i>Sphenophorus cicatristriata</i> .....	25
2.5.5. <i>Sphenophorus championi</i> .....	25
2.5.6. Descripción de genitalia.....	26
2.6. AGRADECIMIENTOS.....	32
2.7. LITERATURA CITADA.....	32
CAPITULO 3.....	36
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) CON FEROMONA SEXUALES EN IBEROSTAR PLAYA PARAÍSO, QUINTANA ROO, MÉXICO.....	36
3.1. RESUMEN.....	36
3.2. ABSTRACT.....	36
3.3. INTRODUCCIÓN.....	37
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.4.1. Colecta y determinación de insectos plaga.....	39
3.4.2. Monitoreo de lepidópteros con uso de feromonas.....	40
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.5.1. Determinación de lepidópteros, <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	41
3.5.2. Fluctuación poblacional de <i>S. frugiperda</i> en Iberostar Playa Paraíso.....	42
3.6. AGRADECIMIENTOS.....	46
3.7. LITERATURA CITADA.....	46
CAPITULO 4.....	53
SUSCEPTIBILIDAD DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA:	

NOCTUIDAE), PROVENIENTE DE QUINTANA ROO, MÉXICO, A INSECTICIDAS CONVENCIONALES .....	53
4.1. RESUMEN.....	53
4.2. ABSTRACT.....	54
4.3. INTRODUCCIÓN.....	54
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
4.4.1. Colonia de campo y susceptible de <i>S. frugiperda</i> .....	56
4.4.2. Insecticidas.....	57
4.4.3. Procedimiento Experimental.....	58
4.5. RESULTADOS.....	59
4.5.1. Lambdacialotrina.....	59
4.5.2. Deltametrina.....	60
4.5.3. Ciflutrina.....	61
4.5.4. Metomilo.....	61
4.6. DISCUSIÓN.....	61
4.7. AGRADECIMIENTOS.....	64
4.8. LITERATURA CITADA.....	64
CAPITULO 5.....	71
TOXICIDAD DE RYNAXYPYR SOBRE ESTADOS INMADUROS DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).....	71
5.1. RESUMEN.....	71
5.2. ABSTRACT.....	72
5.3. INTRODUCCIÓN.....	72

5.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	74
5.4.1. Cría de insectos.....	74
5.4.2. Insecticidas.....	74
5.4.3. Procedimiento Experimental.....	75
5.4.3.1. Actividad ovicida y efecto ovi-larvicida (larvas emergidas de huevos tratados).....	75
5.4.3.2. Toxicidad por aplicación tópica sobre larvas.....	76
5.4.3.3. Toxicidad por ingestión.....	77
5.4.3.4. Consumo de dieta por larvas.....	77
5.4.4. Análisis estadístico.....	78
5.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	78
5.5.1. Actividad ovicida.....	78
5.5.2. Toxicidad de larvas por aplicación tópica e ingestión.....	80
5.5.3. Consumo de dieta por larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	81
5.6. AGRADECIMIENTOS.....	83
5.7. LITERATURA CITADA.....	83
CAPITULO 6.....	87
6.1. CONCLUSIONES GENERALES.....	87
6.1.1. Principales plagas de la zona y fluctuación poblacional.....	87
6.1.2. Susceptibilidad de <i>S. frugiperda</i> a insecticidas.....	88
6.2. RECOMENDACIONES GENERALES.....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
<b>CAPÍTULO 1</b>		
1 – 2	Ejemplares adultos de <i>Sphenophorus venatus vestitus</i> , 1) hembra 2) macho.	26
3 – 7	Genitalia masculina de cuatro especies del género <i>Sphenophorus</i> . 3, estructuras usadas en la taxonomía de especies; 4, <i>S. venatus</i> <i>vestitus</i> ; 5, <i>S. championi</i> ; 6, <i>S. cicatristriata</i> ; 7, <i>S. neomexicana</i> . Vistas ventral (a), lateral (b) y dorsal (c). Escalas: 1 mm.	30
<b>CAPÍTULO 2</b>		
1	a) Cabeza con “Y” invertida, b) Pináculos setigeros en cuadrado de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	41
2	Ejemplares adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , a) macho, b) hembra.	42
3	Captura estacional de <i>Spodoptera frugiperda</i> con feromonas sexuales en el campo de golf Iberostar Playa Paraíso, Quintana Roo, 2007-2008. Cada punto representa el promedio de machos capturados por mes por trampa (4) en un área aproximada de 35 ha.	43

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
<b>CAPÍTULO 4</b>		
1	Toxicidad de insecticidas sobre poblaciones de <i>Spodoptera frugiperda</i> provenientes de campos de Golf de Quintana Roo, México, y sobre una susceptible de Chapingo, México.	60
<b>CAPÍTULO 5</b>		
1	Toxicidad del insecticida rynaxypyr sobre larvas del tercer instar de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	81
2	Comparación del promedio de consumo por larva por día de <i>S. frugiperda</i> alimentadas con dieta con rynaxypyr desde el tercer instar hasta iniciado el proceso de pupación.	82

# CAPÍTULO 1

## 1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El césped —poácea manejada como una cubierta vegetal densa, baja y uniforme— contribuye a armonizar el paisaje y proporciona espacios para actividades recreativas, deportivas, artísticas, y además es un elemento que mejora la calidad de vida del ser humano (Potter 1993, Gardner *et al.* 2000, Roy *et al.* 2000, Wu *et al.* 2002). Referencias históricas de hace más de 2,000 años atestiguan la importancia de céspedes en China, Asiria y el Indostán (Beard 1989, Smiley *et al.* 1993). Los céspedes han desempeñado un papel vital en la protección del medio, mucho antes de que se convirtieran en tema de importancia en las sociedades modernas (Beard y Green 1994). Entre los beneficios ambientales están la disminución de la erosión, además de favorecer la captación de precipitación pluvial, captura de carbono, así como la reducción de luz, sonido y contaminación visual (Beard y Green 1994, Turgeon 1999).

En Estados Unidos la industria del césped tuvo un crecimiento extraordinario en los últimos 50 años (Watson 1997). En este país hay alrededor de 20 millones de hectáreas de césped establecidas (Morris 2005); los céspedes de jardines o áreas verdes de las casas comprenden aproximadamente el 65% de esta superficie. Hay más de 775,000 campos deportivos; 17,000 campos de golf, 44,500 empresas de manejo del paisaje y cuidados del césped; producción de céspedes para clima frío y cálido en 161, 876 ha, y aproximadamente 277,212 ha para producción de semilla (Beard y Green 1994, Emmons 2000, Shearman 2006). Sólo los céspedes de colegios, universidades, parques e instalaciones deportivas profesionales en esta país representan alrededor de 1.25 millones de hectáreas, sobre las cuales la industria que maneja más de 1,500 millones de dólares anuales (STMA 1999, Potter 2008).

En el caso particular de México, la industria de los céspedes también tiene un papel relevante, pero se desconoce la superficie de césped en parques, universidades, e instalaciones deportivas. Quizá el crecimiento más evidente de estas áreas de césped deportivo en México está representado por el incremento en los campos de golf en la última década. Actualmente hay 211 campos de golf que cubren una superficie aproximada de 6,330 ha (Infogolf 2009). Estos campos se encuentran por todo el país, en donde la Riviera Maya en Quintana Roo es una de las zonas más importantes, ya que cuenta con al menos 15 campos con una superficie total aproximada de 500 ha (Mexican Caribbean Golf 2009, Infogolf 2009). Los campos de golf en México son fuente importante de empleo para la población, con un promedio de 20 personas permanentes por campo, además de ser un atractivo imprescindible en la industria turística.

El establecimiento de un campo de golf en México cuesta, actualmente, alrededor de \$15 millones de US dólares, y la industria del mantenimiento de los campos de golf en México maneja alrededor de \$50 millones de US dólares anuales (Mexican Caribbean Golf 2009, Hernández<sup>1</sup>, Com. personal). Con frecuencia el control de insectos plaga en los campos de golf no se considera una prioridad en el manejo general, pero hay ejemplos en varias regiones de Estados Unidos (Nguyen 1999, Buss 2002, Barbara y Buss 2005, Leppla *et al.*, 2007, Cheng *et al.*, 2008, Rossi 2009, Ohlendorf y O'Neill 2009), y México (Hernández<sup>1</sup>, Com. personal) donde las plagas de insectos se vuelven una parte importante en los costos de manutención de los campos. El uso de insecticidas en áreas públicas, especialmente en campos, con personas consientes de los riesgos y consecuencias, resulta en una preocupación

---

1 V. Hernández. 2008. Superintendente del campo Riviera Cancún, Quintana Roo.

importante que obliga a mejorar las prácticas de manejo para prevenir intoxicaciones de jugadores, observadores o propicia la contaminación del ambiente (Potter 2008). Por esta razón se han realizado esfuerzos para realizar control de plagas con nematodos, parasitoides, productos naturales e insecticidas menos tóxicos incluidas en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), con ejemplos claros en Canadá y Estados Unidos (Buss 1993, Landschoot 1995, Charbonneau 2000, Sciarappa y Obal 2001, Frank *et al.* 2002, Frank y Sourakov 2002, Boehm *et al.* 2004, Belair y Simard 2005, Alumai *et al.* 2006, Barbara y Buss 2006, Frank 2008), pero no así en México.

En nuestro país no existe un diagnóstico de los problemas de plagas en los campos de golf, y ninguna Universidad proporciona una especialidad en el manejo de los céspedes deportivos o recreativos. De allí que los encargados de los campos de golf en México obtengan información de otros lugares, específicamente Estados Unidos, para realizar sus prácticas de manejo. Cualquier programa de MIP se debe sustentar en investigación desarrollada en los lugares donde se presentan los problemas, para poder ofrecer alternativas compatibles con el medio. Se sabe de problemas de plagas de insectos en campos de golf de la Riviera Maya, una de las zonas turísticas más importantes en la República Mexicana, y donde el uso de insecticidas debe recibir especial atención por los riesgos en la salud y por los riesgos de contaminación al medio por las características de los suelos, y corrientes de agua subterráneos en la región. Por esta razón, es necesario realizar trabajos de investigación que proporcionen la información necesaria para sustentar los programas de manejo integrado de plagas en céspedes en campos de golf de esa zona de México.

## 1.2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.2.1. Especies de céspedes utilizadas en campos de golf en EU y México

En las áreas verdes dedicadas al deporte, entre ellas los campos del golf, se utilizan diferentes especies de Poaceae (= Gramineae). Esta familia es una de las más grandes, con unos 600 géneros y 7,500 especies de plantas (Gould 1968). En Estados Unidos la elección del césped a utilizar en campos de golf se basa en la evaluación visual de la calidad, los aspectos estéticos y funcionales del césped. Además, se deben considerar las condiciones ambientales ya que las especies de pasto se han adaptado a crecer bajo condiciones climáticas particulares, con especies de pastos de clima frío y de clima cálido. Dentro de los pastos de clima frío se incluyen especies de los géneros *Agrostis*, *Poa*, *Festuca*, *Lolium*, estos crecen mejor a temperaturas de 16 a 24°C. En contraste, los pastos de clima cálido incluyen especies de los géneros *Cynodon*, *Stenotaphrum*, *Zoysia*, *Paspalum*, *Eremochloa*, adaptados para crecer en temperaturas cercanas a 27°C (Beard 1973, Potter 1998, Ebdon y Gauch 2002, Beard 2002). En el caso particular de México la especie de césped predominante en las zonas con clima cálido subhúmedo, como el Estado de Quintana Roo, es *P. vaginatum* con las variedades Sealsle 1, Sealsle 2000, Sea Dwarf y Sealsle Supreme (Hernández<sup>1</sup>, Com. personal, Mexican Caribbean Golf 2009). Esta planta ha sido muy exitosa para los campos de golf en todo el mundo, especialmente en las áreas costeras de los trópicos y subtrópicos y en otras zonas ubicadas de aguas salobres. Este pasto es considerablemente más tolerante a la sal que otras especies de césped utilizadas en campos de golf y puede ser regada con agua salada (Duncan 1999, Duncan y Carrow 2000, Duncan y Carrow 2000a, Hixson *et al.* 2004).

### 1.2.2. Principales plagas en campos de golf en Norteamérica

El césped de los campos de golf, como cualquier otro cultivo, cuenta con plagas, enfermedades y malezas que afectan de forma directa e indirecta su calidad (Smiley *et al.* 1993, Fermanian *et al.* 1997, Short y Castner 1992, 1992a). El césped ofrece un hábitat estable para muchas especies de invertebrados, la mayoría de los cuales se alimentan de la vegetación sin causar daño evidente (Klein *et al.* 2007). Los pastos soportan una amplia variedad de organismos vivos, y menos del 1% de estos organismos adquieren la categoría de plaga que requiere control. En el caso particular de los campos de golf, algunos insectos plaga se alimentan de todas las partes de la planta incluyendo raíces, estolones, tallos, rizomas y follaje, lo que ocasiona debilitamiento, mal desarrollo y muerte del césped en áreas importantes para la práctica del deporte (Sheltar 1994, Grewal 1999).

Las especies plagas en césped presentan diferencias en el comportamiento y lugar de alimentación. Aunque la incidencia de plagas varía de lugar a lugar, es común ver en la lista de importancia a Scarabaeidae, Curculionidae (Coleoptera) y Noctuidae (Lepidoptera). Las larvas de varias especies de escarabajos, conocidas como “gallinas ciegas” (Coleoptera: Melolonthidae), son un grupo extremadamente diverso que pueden llegar a ser una plaga importante en diferentes partes del mundo. Las especies predominantes y de distribución cosmopolita pertenecen a los géneros *Cyclocephala*, *Anomala* y *Phyllophaga* (Hudson y Sparks 2002, Buss 1993), éstas se alimentan de las raíces de la planta y tienen ciclos largos, anuales o bianuales, que pueden hacer más complicado su manejo (Potter 1995, Crocker *et al.* 1995).

Hay insectos cuyas larvas perforan y se alimentan de los tallos y coronas provocando la muerte parcial o total de muchos pastos, este el caso de *Sphenophorus* spp. (Coleoptera:

Curculionidae). En Estados Unidos existe un gran número de especies de este género (Shetlar 1995, Potter 1998) y algunas especies pueden considerarse de interés cuarentenario para México (hoja de requisitos fitosanitarios, SENASICA 2009).

Algunas especies del género *Spodoptera* con frecuencia se reportan como un problema en campos de golf en diferentes condiciones climáticas. Es común y frecuente encontrar a larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) desarrollándose en la superficie y alimentándose de follaje y tallos del pasto; además si se considera sus ciclos cortos y la gran cantidad de hospederos donde se desarrolla se puede explicar, al menos parcialmente, su importancia como plaga en varios campos (Fermanian *et al.* 1997, Potter 1998, Koppenhöfer 2001, Klein *et al.* 2007).

Estos tres grupos de insectos, Scarabaeidae, Curculionidae y Noctuidae demeritan la calidad de los céspedes al disminuir en forma importante el vigor del mismo al alimentarse de raíces, tallos, rizomas y estolones, lo que ocasiona debilitamiento de la planta. Adicionalmente, sus daños, en algún momento, pueden confundirse con la reducción del vigor de las plantas causada por la competencia por nutrientes con malezas (Brandenburg y Villani 1995, Hull *et al.* 1994, Schumann *et al.* 1998, McCarty y Miller 2002).

Además de los grupos de insectos plaga que ya se mencionaron, existen otros quizá de menor importancia para la zona de estudio, pero que en otras partes del mundo son plagas importantes. Es el caso de las hormigas de fuego, *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae). Estas son consideradas una plaga clave en Estado Unidos ya que construyen nidos redondeados o montículos que pueden dañar la siega, la cosecha, o equipos eléctricos, pero sobre todo porque causan mordeduras y picaduras dolorosas, y algunas veces peligrosas para las personas (Brooks y Nickerson 2000, Willcox y Giuliano 2006). Los grillo topos,

*Neocurtilla hexadactyla*, *Scapteriscus borellii*, *S. vicinus*, *S. abbreviatus* (Orthoptera: Gryllotalpidae), son plagas de importancia en la Florida, EUA. Estos insectos pueden consumir todas las partes de la planta, pero los daños más considerables se presentan cuando se alimentan de las raíces de la planta (Buss *et al.* 1993, Nguyen 1999, Frank *et al.* 2002, Short y Castner 2005). La chinche *Blissus insularis* (Hemiptera: Lygaeidae), succiona la savia del césped provocando retraso en el crecimiento; además puede causar manchas amarillentas, generalmente de forma circular; pudiendo ocasionar marchitez o incluso su muerte (Buss 1993a, Woods 2001, Rainbolt *et al.* 2007, Busey y Zaenker 1992, Kerr 1966).

Como se mencionó anteriormente, existen sólo algunos trabajos en México referentes a los problemas de plagas en céspedes, pero generalmente para lugares específicos que no representan los ecosistemas donde se desarrollan los campos de golf en México. Por ejemplo, Espinosa-Islas *et al.* (2005) determinaron las especies de Melolonthidae y su importancia en céspedes en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Mientras que Aragón y Morón (2004) citan este mismo problema en varias especies de pastos en algunas regiones templadas de Puebla, México.

### 1.2.3. Problemas asociados a bajos umbrales económicos y uso de plaguicidas

El césped, como parte fundamental de los campos de golf, está bajo constante crítica de su valor estético. Esto provoca que los umbrales de daños por insectos sean bajos, y se mencione a un gran número de insectos con la categoría de plaga (Klein *et al.* 2007). El daño visible y la necesidad de control de una plaga en particular se debe a que la alimentación de la plaga excede el crecimiento del pasto (Delfosse 1993, Niemczyk y Shetlar 2000). Debido a que el césped es un cultivo perenne y las plagas tienen ciclos univoltinos o multivoltinos, estas

son un problema serio durante la mayor parte del año y su manejo debe combinar estrategias que aseguren por un lado efectividad en el control, y por el otro la disminución de riesgos por uso de plaguicidas (Fermanian *et al.* 1997).

Durante varias décadas, en la búsqueda de un césped que sea estéticamente agradable, se ha recurrido al uso, algunas veces no necesario, de fertilizantes y de plaguicidas. Los céspedes urbanos en América del Norte son típicamente manejados utilizando uno de los siguientes tipos de manejo: 1) Un programa profesional ofrecido por alguna compañía; 2) Un programa utilizando productos recomendados por alguna empresa; 3) Manejo del césped sin la aplicación de plaguicidas ni fertilizantes químicos (Cheng *et al.* 2008a).

Cuando un superintendente de un campo de golf observa que hay pérdida de efectividad de los plaguicidas, generalmente, su primera reacción es incrementar las dosis y frecuencia de aplicación. Esto trae como resultado el aumento del costo directo en el control de plagas (McPherson 1995). El mismo autor menciona que el manejo inadecuado de las plagas puede incrementar los costos de control pero, sobre todo, el uso excesivo de plaguicidas sin evaluaciones constantes de su efectividad puede provocar riesgos en los niveles de resistencia de las plagas y el incremento de la presencia de estos productos tóxicos en suelo y/o agua. La resistencia representa la respuesta a la prolongada exposición a insecticidas que actúa como una fuerza de selección, la cual concentra los distintos factores genéticos preexistentes en diferentes organismos (Plapp y Wang 1983, Georghiou y Taylor 1986, Georghiou y Lagunes 1991, Lagunes-Tejeda *et al.* 2009).

### 1.3. OBJETIVOS

La industria de césped recreativo o deportivo, especialmente de los campos de golf, no

ha recibido atención por parte de las instituciones Oficiales ni de instituciones de investigación agrícola en México. Debido a la importancia económica, social y ambiental de esta industria en México, y ante la necesidad de proporcionar las bases para iniciar programas de manejo integrado de plagas en césped de campos de golf en nuestro país, en este trabajo se plantearon los objetivos siguientes:

1) Realizar un diagnóstico de las especies plaga de mayor importancia en los campos de golf en la Riviera Maya, y determinar su fluctuación poblacional.

2) Evaluar los niveles de resistencia de *Spodoptera frugiperda* a insecticidas de uso común en la zona de estudio.

3) Determinar los efectos letales, subletales de un insecticida con un novedoso modo de acción (Rynaxypyr®) sobre estados inmaduros de *S. frugiperda*, que podría incluirse en programas de manejo integrado de plagas.

#### 1.4. LITERATURA CITADA

Alumai, A., P. S. Grewal, C. W. Hoy, and D. A. Willoughby. 2006. Factors affecting the natural occurrence of entomopathogenic nematodes in turfgrass. *Biological Control*, 36: 368-374.

Aragón, A., y M. A. Morón. 2004. Descripción de las larvas de tres especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae) del valle de Puebla, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 43: 295-306.

Barbara, K. A., and E. A. Buss. 2006. Augmentative applications of *Steinernema scapterisci* (Nematoda: Steinernematidae) from mole cricket (Orthoptera: Gryllotalpidae) control on golf courses. *Florida Entomologist*, 89: 251-262.

- Barbara, K. A., and E. A. Buss 2005. Integration of insect parasitic nematodes (Nematoda: Steinernematidae) with insecticides for control of pest mole cricket (Orthoptera: Gryllotalpidae: *Scapteriscus* spp.). *Journal of Economic Entomology*, 98: 689-693.
- Beard, J. B. 1973. Turfgrass science and culture. Prebttice Hall, Englewood, NJ.
- Beard, J. B. 1989. The role of *Gramineae* in enchancing man's quality of life, pp. 1-9. *In*: Symp. Proc. Nat. Comm. Agric. Sci., Tokio. Japanese Sci. Council-Tokio.
- Beard, J. B. 2002. Turf management for golf courses. Second edition. The United States Golf Association USGA. Ann Arbor Press.
- Beard, J. B., and R. L. Green. 1994. The role of turfgrass in environmental protection and their benefits to humans. *Journal of Environmental Quality*, 23: 452-460.
- Belair, G., and L. Simard. 2005. An integrated pest management strategy for golf courses in Quebec and Ontario. Agriculture and Agri-Food Canada. Horticulture Research and Development Center, Saint-Jean-Sur-Richeliew. Quebec, 2 p.
- Boehm, M. J., J. W. Rimelspach, D. J. Shetlar, and J. R. Street. 2004. Management of turfgrass pest weeds, diseases and insects 2004. The Ohio State University, Bulletin L-187, 50 p.
- Brandenburg, R. L., and M. G. Villani. 1995. Handbook of turfgrass insect pest. The Entomological Society of America. ESA Publications Department. USA. 140 p.
- Busey, P., and E. I. Zaenker. 1992. Resistance bioassay from southern chinch bug (Heteroptera: Lygaeidae) excreta. *Journal of Economic Entomology*, 85: 2032-2038.
- Buss, E. A. 1993. Southern chinch bug management on St. Augustinegrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. ENY-325, 5 p.

- Buss, E. A. 2002. Insect pest management on golf courses. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. ENY-351, 14 p.
- Buss, E. A., and S. G. Park-Brown. 2002. Natural products for insect pest management. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. ENY-350, 5 p.
- Buss, E. A., J. L. Capinera, and N. C. Leppla. 1993. Pest mole cricket management. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. ENY-324, 5 p.
- Charbonneau, P. 2000. Integrated pest management for turf. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Canada.
- Cheng, Z., P. S. Grewal, B. R. Stinner, K. A. Hurto, and H. B. Hamza. 2008. Effects of long-term turfgrass management practices on soil nematode community and nutrients pools. *Applied Soil Ecology*, 38: 174-184.
- Cheng, Z., S. D. Richmond, O. S. Salminen, and S. P. Grewal. 2008a. Ecology of urban lawns under three common management programs. Urban Landscape Ecology Program and Department of Entomology, The Ohio State University.
- Crocker, R. L., W. T. Nailon Jr., and J. A. Reinert. 1995. May and June beetles, pp 72-75. *In*: Brandenburg R. L., and M. G. Villani (eds.). Handbook of turfgrass insect pest. The Entomological Society of America. ESA Publications Department. USA. 140 p.
- Delfosse, E. S. 1993. Pests of pastures. Weed, invertebrate and disease pest of Australia sheep pastures. CSIRO Entomology.

- Duncan, R. R., and R. N. Carrow. 2000a. Taxonomy, pp. 9–15. *In*: Duncan R. R., and R. N. Carrow (eds), *Seashore Paspalum: The Environmental Turfgrass*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Duncan, R. R., and R. N. Carrow. 2000. *Seashore Paspalum: The environmental turfgrass*. Chelsea, MI: Ann Arbor Press. 280 p.
- Duncan, R. R. 1999. Environmental compatibility of seashore *Paspalum* (saltwater couch) for golf courses and other recreational uses. I. Breeding and genetics. *International Turfgrass Society Research Journal*, 8: 1208–1215.
- Ebdon, J. S., and H. G. Gauch. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: I. Interpretation of genotype X environment interaction. *Crop Science*, 42: 489-496.
- Emmons, R. D. 2000. *Turfgrass Science and management*. 3rd edition, Delmar, Albany, N.Y.
- Espinosa-Islas, A., M. A. Morón, H. Sánchez, N. Bautista, J. Romero-Nápoles. 2005. Complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado con céspedes en Montecillo, Texcoco, Estado de México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44: 95-107.
- Fermanian, T. W., M. C. Shurtleff, R. Randell, H. T. Wilkinson, and P. L. Nixon. 1997. *Controlling turfgrass pests*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 665 p.
- Frank, J. H. 2008. Biological control of turfgrass insects, pp. 281-298, *In*: Pessarakli, M. (ed.) *Handbook of turfgrass management and physiology*. CRS Press.
- Frank, J. H., M. B. Adjer, G. C. Smart Jr, and B. J. Adams. 2002. Infectivity and persistence of *Steinernema scapterisci* nematodes on pasture mole crickets in Florida. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University

- of Florida. ENY-669, 5 p.
- Frank, J. H., and A. Sourakov. 2002. Larra wasps, *Larra analis* Fabricius (suggested common names) (Insecta: Hymenoptera: Sphecidae). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. ENY-226, 8 p.
- Gardner, D. S., B. E. Branham, and D. W. Lickfeldt. 2000. Effect of turfgrass on soil mobility and dissipation of Cyproconazole. *Crop Science*, 40: 1333-1339.
- Georghiou, G. P., and A. Lagunes. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 318 p.
- Georghiou G. P., and C. E. Taylor. 1986. Factors influencing the evolution of resistance, pp 157-169. *In*: Glass, E. H. (ed.). Pesticide resistance: strategies and tactics for management. National Academy Press, Washington, DC.
- Gould, F. W. 1968. Grass systematics. McGraw-Hill, New York. 382 p.
- Grewal, S. P. 1999. Factors in the success and failure of microbial control in turfgrass. *Integrated Pest Management Reviews*, 4: 287-294.
- Infogolf. 2009. Disponible en línea <http://www.golf.com.mx> (Revisado el 14 de octubre de 2009).
- Hixson, A. C., W. T. Crow, R. McSorley, and L. E. Trenholm. 2004. Host status of 'Sealsle1' seashore paspalum (*Paspalum vaginatum*) to *Belonolaimus longicaudatus* and *Haplolaimus galeatus*. *Journal of Nematology*, 36: 493-498.
- Hudson, W., and B. Sparks. 2002. With grub pests on turfgrass. Cooperative Extension service, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. Leaflet 428, 4 p.

- Hull, R. J., S. R. Alm, and N. Jackson. 1994. Toward sustainable lawn turf, pp 3-16. *In*: A. R. Leslie (ed). Handbook of integrated pest management for turf and Ornamentals. Press INC. Florida.
- Kerr, S. H. 1966. Biology of the lawn chinch bug, *Blissus insularis*. *Florida Entomologist*, 49: 9-18.
- Klein, M. G., T. A. Jackson, A. M. Koppenhöfer. 2007. Lawn, turf and grass pests, pp 655-675. *In*: Lacey, L. A., and H. K. Kaya (eds.). The field manual of techniques in invertebrate pathology. Second edition. Ed. Springer. USA.
- Koppenhöfer, A. M. 2001. Armyworms: the next generation. Plant & Pest advisory. Rutgers Cooperative. *Landscape, Nursery & Turf Edition*, 7: 1-8.
- Lagunes-Tejeda, A., J. C. Rodríguez-Maciel, J. C. De Loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia*, 43: 173-196.
- Landschoot, P. 1995. Developing an integrated turfgrass pest management program. Department of Crop and Soil Sciences – Cooperative Extension. The Pennsylvania State University, 10 p.
- Leppa, N. C., J. H. Frank, M. B. Adjei, and N. E. Vicente. 2007. Management of pest mole crickets in Florida and Puerto Rico with a nematode and parasitic wasp. *Florida Entomologist*, 90: 229-233.
- McCarty, L. B., and G. Miller. 2002. Managing bermudagrass turf: selection, construction, cultural practices, and pest management strategies. Ed. Sleeping Bear Press. USA. 320 p.
- Mexican Caribbean Golf. 2009. Disponible en línea <http://www.cancungolf.org> (Revisado el 9 de agosto de 2009).

- Morris, K. N. 2005. Where is turfgrass found? National turfgrass federation, Beltsville, M.D.
- Nguyen, K. B. 1999. Mole cricket nematode, *Steinernema scapterisci* Nguyen and Smart (Nematoda: Rhabditidae: Steinernematidae). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. EENY139, 4 p.
- Niemczyk, H. D., and D. J. Shetlar. 2000. Destructive turf insects. HDN book, Wooster, OH.
- Ohlendorf, B., and M. J. O'Neill. (Coord). 2009. UC IPM pest management guidelines: turfgrass. UC Statewide IPM Program, University of California, Davis. 101 p.
- Plapp F. W., and T. C. Wang. 1983. Genetic origins of insecticide resistance, pp 47-70. *In*: Georghiou, G. P., and T. Saito (eds). Pest resistance to pesticides. New York: Plenum Press.
- Potter, D. A. 1993. Pesticide and fertilizer effects on beneficial invertebrates and consequences for thatch degradation and pest outbreaks in turfgrass, pp 331-343. *In*: Racke, K. D., and A. R. Leslie (eds.) Pesticide in urban environments: Fate and significance. Am. Chem. Soc. Washinton. DC.
- Potter, D. A. 1995. Masked chafes. pp 70-72. *In*: Brandenburg, R. L., and M. G. Villani (eds.). R. L. Brandenburg, and M. G. Villani (eds.). Handbook of turfgrass insect pest. The Entomological Society of America. ESA Publications Department. USA.
- Potter, D. A. 1998. Destructive turfgrass insect: biology, diagnosis and control. Ann Arbor Press Chelsea. Michigan. 345 p.
- Potter, D. A. 2008. Managing insect pests of sport fields: What does the future hold?. *Acta Horticulturae*, 783: 481-198.
- Rainbalt, C., R. Cherry, and R. Nagata. 2007. Effect of southern chinch bug on weed establishment in St. Augustinegrass. Florida Cooperative Extension Service, Institute of

- Food and Agricultural Science, University of Florida. SSAGR277, 3 p.
- Rossi, F. S. 2009. Pest management guidelines for comercial turfgrass. Cooperative Extension Publication Cornell Univerity, USA. 15 p.
- Roy, J. W., G. W. Perkin, and C. Wagner\_Riddle. 2000. Water flow in unsaturated soil below turfgrass: observations and LEACHM (within EXPRES) predictions. *Soil Science Society of American Journal*, 64: 86-93.
- Schumann, G. L., P. J. Vittum, M. L. Elliot, and P. P. Cobb. 1998. IPM handbook for golf courses. Turfgrass Science ASGA. USA. 260 p.
- Sciarappa, B., and R. Obal. 2001. Initiating armyworm IPM turfgrass. Plant & Pest advisory. Rutgers Cooperative. *Landscape, Nursery & Turf Edition*, 7: 1-8.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2009. Hoja de requisitos fitosanitarios. Disponible en línea <http://www.senasica.gob.mx>  
(Revisado el 14 de octubre de 2009).
- Shearman, R. C. 2006. Fifty years of splendor in the grass. *Crop Science*, 46: 2218-2229.
- Shetlar, D. J. 1994. Turfgrass insect and mite management, pp 171-180. *In*: Watschke, T. L., P. H. Dernoeden, and D. J. Shetlar (eds.). *Managing turfgrass pest*. CRC Press. USA.
- Shetlar, D. J. 1995. Billbug, pp 32-34. *In*: Brandenburg R. L., and M. G. Villani (eds.). *Handbook of turfgrass insect pest*. The Entomological Society of America. ESA Publications Department. USA.
- Short, D. E., and J. L. Castner. 1992. Turfgrass insect sheet 1. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. SP126, 6 p.
- Short, D. E., and J. L. Castner. 1992a. Turfgrass insect sheet 2. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. SP127, 2 p.

- Smiley, R., P. Dernoeden, and B. Clarke. 1993. Compendium of turf grass diseases. APS Press. Minnesota, USA. 40 p.
- STMA (Sports Turf Managers Association). 1999. Sports Turf Managers Association. <http://www.sportsturfmanager.com> (Revisado el 10 de septiembre de 2009).
- Turgeon, A. J. 1999. Turfgrass management. 5ta edition. Prentice Hall. New Jersey. USA. 389 p.
- Watson, J. R. 1997. Watson remembers: A turfgrass icon reflects on the changes he's seen in his 50 years in the industry. *Golf Courses Manage*, 65: 110-115.
- Willcox, E., and W. M. Giuliano. 2006. Red imported fire ants and their impacts on wildlife. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. WEC 207, 6p.
- Woods, S. 2001. Southern chinch bug, *Blissus insularis* Barber (Insecta: Hemiptera: Blissidae). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. EENY-226, 5 p.
- Wu, L., R. L. Green, G. Liu, M. V. Yates, P. Pacheco, J. Gan, and S. R. Yates. 2002. Partitioning and persistence of trichlofon and chlorpyrifos in a creeping bentgrass putting green. *Journal of Environmental Quality*, 31: 889-895.

## CAPITULO 2

### PRIMER REPORTE DE *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) SOBRE CÉSPED EN QUINTANA ROO, MÉXICO, Y GENITALIA DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO

#### 2.1. RESUMEN

Se sabía de la presencia y daño de curculiónidos sobre céspedes de campos de golf en la Riviera Maya, México, pero se desconocía completamente su identidad. Con la intención de determinar las especies de esos insectos se recolectaron especímenes de *Sphenophorus* Schoenherr en césped (*Paspalum vaginatum* Swartz) de campos de golf de los municipios Solidaridad y Benito Juárez, en el estado de Quintana Roo. Adicionalmente, se recolectó material de césped ornamental (*Penisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) y la maleza *Cyperus* spp. en el municipio de Texcoco, Estado de México. La mayoría de especímenes recolectados en césped de campos de golf en Quintana Roo correspondieron a *Sphenophorus venatus vestitus* (Chittenden). Este es el primer registro de esta subespecie en ese Estado, y tiene implicaciones legales porque esta plaga tiene restricciones cuarentenarias por parte de la Dirección General de Sanidad Vegetal (SENASICA), dependiente de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA). Otras tres especies que se recolectaron representan nuevos registros para sus lugares de recolecta en el país, *S. neomexicana* (Chittenden) para Quintana Roo, y *S. cicatristriata* (Fahraeus) y *S. championi* (Vaurie) para el Estado de México. Se describe e ilustra la genitalia del macho de estas especies de *Sphenophorus* que se alimentan sobre diversas especies de Poaceae en México. Las formas y tamaños de las estructuras genitales incluyendo los edeagos, espícula gastral, tegmen y apodemas muestran diferencias entre las

especies y pueden ser de utilidad para su identificación.

Palabras clave: Poaceae, campos de golf, plagas, picudos de pastos, nuevos registros.

## 2.2. ABSTRACT

There was previous information about the presence and damage of weevils on turfgrass on golf courses at the Riviera Maya, México, but nothing was known about their identity. In order to identify the problem, some billbugs (*Sphenophorus* Schoenherr) specimens were collected on turfgrass (*Paspalum vaginatum* Swartz) from golf courses at the municipalities of Solidaridad and Benito Juárez, Quintana Roo State. We also collected weevils from ornamental turfgrass (*Penisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) and the weed sedge *Cyperus* spp. from Texcoco, Estado de Mexico. The majority of specimens collected on turfgrass from golf courses at Quintana Roo State corresponded to *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden. This is the first report of this subspecies in Quintana Roo, and it has some legal implications because this turfgrass pest is considered a quarantine species, according to the General Direction of Plant Protection of the Agriculture Ministry (SAGARPA) in Mexico. Other species that were collected represented new records for some Mexican States including *S. neomexicana* (Chittenden) for Quintana Roo, and *S. cicatristriata* (Fahraeus) and *S. championi* (Vaurie) for the State of Mexico. The male genitalia of these *Sphenophorus* species, which feed on Poaceae in Mexico, are described and illustrated. The relative shape and size of genital structures including the aedeagus, spiculum gastrale, tegmen and apodemes, are different in each one of the described species, and they can be used for species identification.

Key words: Poaceae, golf courses, pests, bill bugs, new reports.

## 2.3. INTRODUCCIÓN

El género *Sphenophorus* Schoenherr pertenece a Curculionoidea, la superfamilia más numerosa del Orden Coleoptera, en la cual se han descrito más de 60,000 especies (Thompson 1992, Kuschel 1995, Alonso-Zarazaga y Lyal 1999). Este género fue llamado anteriormente *Calandra* Latreille y *Calendra* Claircille and Schellenberg, pero ambos nombres fueron cambiados por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (1959) a *Sphenophorus* (Vaurie 1951). El género es nativo de América del Norte y está distribuido alrededor del mundo con 141 especies. En América del Norte (Canadá a Panamá) se han identificado 79 especies (O'Brien y Wibmer 1982), y 19 en América del Sur (Vaurie 1978, Wibmer y O'Brien 1986). Se han identificado seis especies en toda Europa, Norte de África y Asia; en las áreas restantes de África y región del Pacífico se reportan 26 especies (Vaurie 1978). Recientemente, Anderson (2002) reportó tres nuevas especies presentes en Costa Rica y Panamá.

Los picudos del género *Sphenophorus* son reconocidos por su cuerpo robusto, duro y usualmente gris o negro. La mayoría de las especies miden de 8 a 11 mm de longitud. El rostrum, cabeza, y tórax son casi tan largos como los élitros; el abdomen está ampliamente expuesto más allá de los élitros, las antenas son geniculadas y están insertadas cerca de la base del rostrum; en la parte ventral de la tibia cerca del ápice hay una espina fuerte (Vaurie 1951, 1954). Las larvas de estos picudos se parecen a las larvas de Scarabaeidae, pero sin patas. Las larvas del último instar miden en promedio 9.5 mm de longitud y son de color blanco con cabeza café; todos los instares larvales presentan la misma forma diferenciándose sólo por el tamaño (Vaurie 1951, 1954, Brandenburg y Villani 1995). En las especies del género *Sphenophorus* hay caracteres morfológicos que varían geográficamente, como los patrones

torácicos y elitrales, la cantidad y disposición del recubrimiento de los élitros, y el tamaño de las puntuaciones. Algunas subespecies difieren en las puntuaciones y ancho de la vittae y en la relativa claridad de su demarcación (Vaurie 1951).

Dos especies de *Sphenophorus* están ampliamente distribuidas, y se consideran plagas de importancia en céspedes en general, y en particular en céspedes de campos de golf en Estados Unidos y sur de Canadá (Sprague 1976, Brandenburg y Villani 1995). *S. parvalus* Gyllenhall, ataca pastos de clima frío en el norte medio de los Estados Unidos y Canadá. Por otro lado, *S. venatus vestitus* Chittenden daña pastos de clima cálido en la zona de transición y a lo largo de los estados del sur de Estados Unidos. Otras especies como *S. cicatristriatus* Fahraeus son plagas ocasionales en pastos de clima frío en la región de las Montañas Rocallosas, y en el norte de las Grandes Llanuras (Turgeon 1985, Potter 1998). Los daños causados por estos insectos suelen confundirse con síntomas de estrés por sequía, enfermedades fungosas, o daño causado por larvas de Scarabaeidae (Kerr 1964, Fermanian *et al.* 1997, Potter 1998, 2008). Los adultos se alimentan de los tallos de diferentes especies de pastos (Poaceae) y realizan pequeñas perforaciones donde depositan los huevos; el daño que causan es menor que el de sus estados inmaduros. Las larvas jóvenes hacen galerías en los tallos y se alimentan de la corona de la planta. Cuando el tallo está hueco la larva sale en busca de un nuevo tallo. Las larvas maduras migran al suelo y se alimentan externamente de la corona, demeritando su valor, calidad estética y finalmente matando la planta (Kerr 1964, Johnson-Cicalese *et al.* 1990, Potter 1998).

La mayoría de *Sphenophorus* spp. se alimentan de poaceas y ciperáceas como *Zoysia matrella* (L.) Merr, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Paspalum notatum* (Flugge), *Stenotaphrum secundatum* (Walt. Kunze), *Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack., *Zea mays* (L.),

*Saccharum officinarum* (L.), *Polystichum adiantiforme* (J. Smith), *Triticum aestivum* (L.), y *Cyperus sculentus* (L.) (Satterthwait 1931, Woodruff 2005). *Sphenophorus levis* Vaurie se considera plaga de importancia sobre caña de azúcar en Brasil (Zarbin *et al.* 2004), pero muchas especies se encuentran en gramíneas de importancia y, aparentemente, no alcanzan la condición de plaga.

A pesar de la importancia de las especies de *Sphenophorus* como plagas de céspedes deportivos o recreativos, y específicamente del estatus de *S. venatus vestitus* como plaga cuarentenaria para México (SENASICA 2009), se desconocen muchos aspectos de este grupo de insectos y de su distribución. Los trabajos clásicos fueron realizados hace más de cuatro décadas (Vaurie 1951, 1954, 1978), y las descripciones morfológicas originales de las especies involucradas en ese trabajo no describieron detalladamente la genitalia, estructura importante para la separación de especies (Vaurie 1951, 1954). Por estas razones este trabajo tuvo los objetivos siguientes, a) Identificar la especie de *Sphenophorus* que está causando daño en céspedes de los campos de golf en dos municipios en la Riviera Maya, en el estado de Quintana Roo, y b) Describir las características morfológicas de las estructuras que forman la genitalia del macho de cuatro especies de *Sphenophorus* que pueden servir como herramienta para su diferenciación.

## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.4.1. Colecta y determinación de curculiónidos

Durante los meses de noviembre a febrero de ambos años de 2006 y 2008 se colectaron adultos de *Sphenophorus* spp. en el césped (*Paspalum vaginatum* Sw) de campos de golf en Iberostar Playa Paraíso Golf Club, y Moon Palace Golf & Spa Resort, ambos localizados en la

Riviera Maya en el estado de Quintana Roo, México. De igual manera, durante los meses de abril y mayo de 2007 se colectaron adultos de *Sphenophorus* spp. en césped *Penisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov en la Trinidad, y en coquillo (*Cyperus* spp.) en campos experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo, ambos sitios pertenecen al municipio de Texcoco, en el Estado de México.

Todos los especímenes fueron identificados por Robert W. Jones, el especialista de Curculionidae en México (Instituto de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro). Adicionalmente se enviaron ejemplares al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV-SENASICA), perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para corroborar las identificaciones. Se depositaron especímenes de referencia en el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (DGSV-SENASICA), y en la Colección de Entomología del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, en Texcoco, Edo. de México.

Los especímenes se preservaron en alcohol etílico al 70%. Posteriormente, se realizó disección de los ejemplares en agua destilada, se removió el abdomen completo, se maceró y aclaró en una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% por 10 minutos a 80°C. Después de limpiar el abdomen y su contenido en cada especie, estos se lavaron con agua acidulada y se conservaron en alcohol al 70%. Para capturar las imágenes de genitalia se utilizó un fotomicroscopio III (Carl Zeiss) con una cámara digital PaxCam 3. Para la descripción se empleó la terminología propuesta por Kuschel (1987), Clark (1993), Marvaldi y Lanteri (2005), Vanin y Gaiger (2005) y Castañeda *et al.* (2007).

## 2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.5.1. *Sphenophorus venatus vestitus* (Fig. 1-2)

Esta subespecie fue descrita por Chittenden (1904) y el espécimen tipo se encuentra en el Museo Nacional de Estados Unidos. En este país se han estudiado especímenes en el Distrito de Columbia, Virginia, Carolina del Norte, Carolina del Sur, Georgia, Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana, Arkansas, Kansas, y Missouri. Además, se ha reportado en Cuba, Bahamas y República Dominicana (Vaurie 1951).

Durante noviembre 2006 y enero 2008, se recolectaron ejemplares pertenecientes a esta subespecie en Iberostar Playa Paraíso Golf Club (20° 45' 41"N, 86° 57' 59"O, 3 msnm), y Moon Palace Golf & Spa Resort (20° 59' 23"N, 86° 50' 17"O, 7 msnm) en los municipios de Solidaridad y Benito Juárez, respectivamente, en el estado de Quintana Roo, México. Esta subespecie es considerada una plaga exótica para México, y está incluida como tal en las especificaciones para la importación de estolones de pasto entre México y Estados Unidos de América (hoja de requisitos fitosanitarios, SENASICA 2009). Esta subespecie se reportó para México en 1982 por O'Brien y Wibmer; sin embargo, no se reportaron datos de localidad, huésped, ni institución donde fueron depositados los ejemplares de referencia. En el presente trabajo se reporta por primera ocasión en el estado de Quintana Roo, y se considera que se debe trabajar en propuestas de cómo disminuir los riesgos de dispersión de este insecto a otros lugares de nuestro país, además de iniciar acciones de manejo que conduzcan a mitigar los daños que pudiera ocasionar. Ante situaciones de emergencia por el daño de este insecto, como se observó en algunos campos de golf en la Riviera Maya, una de las primeras herramientas debería ser un tamiz de productos efectivos para su combate (Ordaz-González 2008), junto con estudios de biología que conduzcan a mejorar su manejo.

### 2.5.2. *Sphenophorus neomexicana*

Esta especie fue descrita por Chittenden (1904) utilizando el espécimen tipo (1♂) colectado en Albuquerque, New Mexico, mismo que se encuentra depositado en el Museo Nacional de Estados Unidos. En este país se ha reportado en New Mexico, Colorado y Nebraska, mientras que en México se reportó en Chihuahua y Tamaulipas (Varie 1951, 1954). Durante la toma de muestras de este trabajo se recolectó un macho adulto en Iberostar Playa Paraíso Golf Club, en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México (20° 45' 41"N, 86° 57' 59"O, 3 msnm). Este representa un nuevo registro para esta especie en ese Estado.

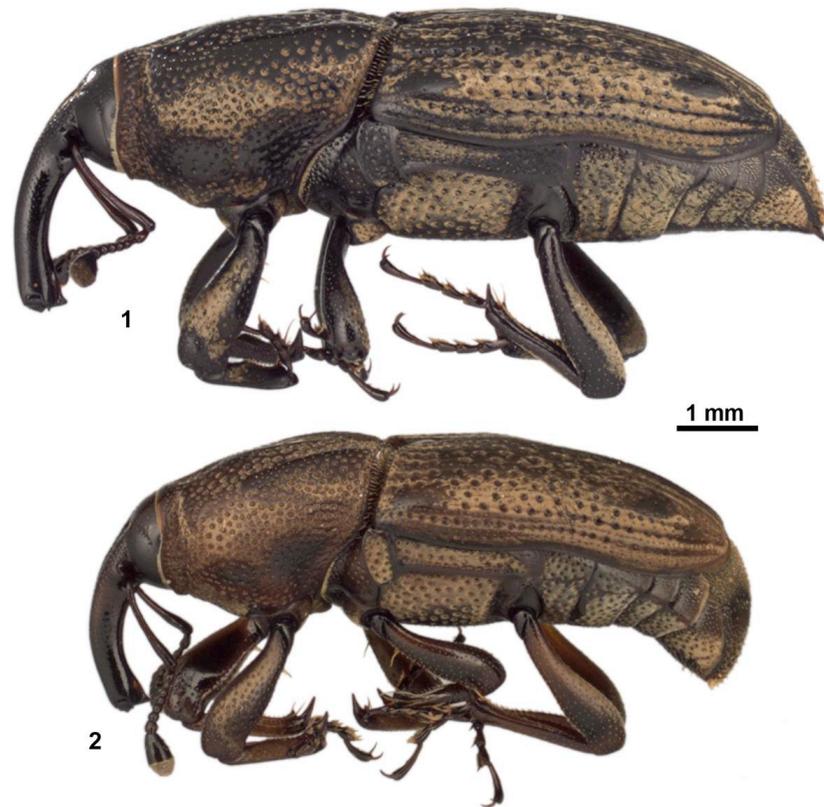
### 2.5.3. *Sphenophorus cicatristriata*

Esta especie fue descrita por Fahraeus (1838) y el espécimen tipo se encuentra en el Museo de Estocolmo, Suecia. Se encuentra distribuido en Alberta Canadá, a través del norte de Dakota y Montana, EUA; para México se reporta en el sur de la Ciudad de México, San Luis Potosí, Jalisco, Durango, Veracruz y Yucatán (Vaurie 1951, 1954). En el 2001 se reportó de *Cynodon dactylon* en el estado de Guanajuato (Salas-Araiza *et al.* 2001). En mayo de 2007 se recolectaron ejemplares adultos de esta especie en La Trinidad, Texcoco, Estado de México (20° 34' 53"N, 98° 5' 39"O, 2250 msnm). Este también se constituye en nuevo registro de esta especie para el Estado de México.

### 2.5.4. *Sphenophorus championi*

Esta especie fue descrita por primera vez por Champion (1910) como una variante de *Memnonia*, pero Vaurie (1951) lo describió como una nueva especie. El espécimen tipo (1♂) fue colectado en Santa Barbara, Chihuahua, México. Se distribuye en los estados de

Chihuahua, Durango y Aguascalientes. Durante mayo de 2007 se recolectaron ejemplares adultos alimentándose en *Cyperus* spp. en terrenos experimentales de la Universidad Autónoma Chapingo en Texcoco, Estado de México (20° 34' 53"N, 98° 5' 39"O, 2250 msnm), lo que representa un nuevo registro de esta especie para el Estado.



Figuras 1-2. Ejemplares adultos de *Sphenophorus venatus vestitus*, 1) hembra  
2) macho.

#### 2.5.5. Descripción de genitalia

Los órganos genitales masculinos externos del género *Sphenophorus* resultan, como en otros curculiónidos y coleópteros en general, de utilidad para la diferenciación de especies. En este estudio se propone el uso de las formas y tamaños relativos de los edeagos, espícula

gastral, tegmen y apodemas, para dicho propósito en las cuatro especies que se recolectaron.

La genitalia masculina consta de un cuerpo central o edeago notoriamente aplanado dorsoventralmente y con una clara curvatura que hace dirigir el extremo posterior hacia abajo. Los bordes laterales del edeago tienen un esclerzamiento más fuerte que en el resto del órgano, lo cual se observa al microscopio como dos barras laterales oscuras (Fig 3). La cutícula dorsal del cuerpo del edeago, entre las dos barras, es casi homogénea, pero en la cara ventral del órgano esta cutícula tiene una escotadura distal que forma un borde diferente en las especies (Fig 3-7). En *S. venatus vestitus* esta escotadura forma una hendidura longitudinal media que va hacia delante hasta el cuerpo del edeago (Fig 4), mientras que en *S. neomexicana* (Fig 7) y *S. cicatristriata* (Fig 6) alcanza apenas el tercio distal de la longitud del órgano. En *S. championi* no hay tal escotadura; en su lugar se encuentra una banda media longitudinal de cutícula clara que recorre toda la longitud de la cara ventral del edeago (Fig 5). La superficie ventral del edeago es convexa en el plano transversal sólo en *S. venatus vestitus* (Fig 4); en las otras especies es plana, aunque como ya se mencionó, en el plano longitudinal es siempre cóncava. Las vistas dorsales y ventrales de los edeagos de este género dan una apariencia de un órgano truncado en su extremo posterior, pero esto se debe a la marcada curvatura del órgano, y en realidad hay una terminación en punta, mucho más aguda en *S. championi*, y la más robusta se observa en *S. venatus vestitus*; en *S. neomexicana* este extremo es casi redondeado (Figs 4-7).

Los apodemas del edeago son dos varillas cuticulares esbeltas, que salen de los extremos anteriores de las barras cuticulares laterales del edeago, y se prolongan hacia delante en el interior del abdomen para servir como superficie de implantación muscular. Su trayectoria describe una curva amplia, son casi paralelas y su extremo anterior es aplanado en

forma de espátula (Fig 3). Aproximadamente en el octavo posterior de su longitud las dos varillas se unen por un puente cuticular transversal que define su separación. En *S. venatus vestitus* la longitud de los apodemas es de 2.9 veces la del cuerpo del edeago; en *S. championi*, *S. cicatristriata* y *S. neomexicana* esta relación es de 1.6, 2.4 y 2.0, respectivamente (Fig 4-7).

Este complejo genital se ubica en el tipo anillado de la clasificación de coleópteros (Tuxen 1970), ya que posee un tegmen que se reduce a un estrecho anillo cuticular situado a la altura de la base o extremo anterior del edeago. Los parámetros están reducidos hasta su desaparición en todas las especies involucradas en este estudio. El tegmen no es un anillo continuo; en su punto dorsal medio tiene una interrupción donde forma dos puntas curvas dirigidas hacia atrás. En el lado opuesto la cutícula del anillo se prolonga centralmente hacia adelante para formar el apodema del tegmen que inicia con dos brazos robustos que se unen cerca del anillo, se fusionan y se continúan hacia el interior del abdomen como fuertes barras esclerosadas con ligeras ondulaciones que terminan cada una en un ensanchamiento aplanado cuya forma cambia entre las especies. En *S. neomexicana* este extremo es apenas más ancho que el grosor del apodema y de cutícula débil (Fig 7); en *S. venatus vestitus* es un poco más ancho, redondeado y de bordes bien definidos (Fig 4); en *S. cicatristriata* el extremo del apodema es una espátula de borde anterior plano, con una anchura del borde del tallo del apodema (Fig 6); el extremo del apodema del tegmen en *S. championi* es el más ancho de las cinco especies, su anchura rebasa el triple del grosor del apodema, los bordes son redondos y en su punto medio anterior tiene una prolongación que forma una punta corta (Fig 5). El borde posterior del anillo del tegmen se une mediante una membrana muy corta a la pieza basal, la cual es una funda de cutícula flexible, lisa y traslúcida que cubre la mitad anterior del edeago y su forma se adapta a la de éste. El extremo posterior de la pieza basal está unido mediante

una amplia membrana tubular a la base del edeago, la cual corresponde a la primera membrana conjuntiva del esquema generalizado de coleóptera.

La espícula gastral es una varilla curva de cutícula fuerte cuyo extremo anterior se une a la pieza basal, y sus dos tercios anteriores transcurren libres hacia el interior del abdomen. Su extremo anterior es ligeramente aplanado y forma un perfil que en *S. championi* termina en punta (Fig 5); en *S. venatus vestitus* forma una espátula curva (Fig 4); en *S. cicatristrista* este ángulo es de casi 90° (Fig 6); en *S. neomexicana* el extremo anterior de la espícula gastral es bifurcada con dos puntas agudas y curvas (Fig 7).



Figuras 3-7. Genitalia masculina de cuatro especies del género *Sphenophorus*. 3, estructuras usadas en la taxonomía de especies; 4, *S. venatus vestitus*; 5, *S. championi*; 6, *S. cicatristriata*; 7, *S. neomexicana*. Vistas ventral (a), lateral (b) y dorsal (c). Escalas: 1 mm.

El género *Sphenophorus* recibió atención para la descripción y distribución de especies hace más de tres décadas (Vaurie 1951, 1954, 1978), y recientemente se incluyó la descripción de algunas especies más en América del Sur (Wibmer y O'Brien 1986), Costa Rica y Panamá (Anderson 2002). Es muy interesante reconocer que en el continente americano, de donde es originario el género (Vaurie 1951, 1978), sólo algunas especies se han caracterizado por ser problemas como plagas. Específicamente, tres (*S. parvalus*, *S. venatus vestitus*, y *S. cicatristriatus*) se han reportado como plagas de importancia en céspedes deportivos o recreacionales en Estados Unidos y Canadá (Vaurie 1978, Brandenburg y Villani 1995, Fermanian *et al.* 1997, Potter 1998), y una especie más (*S. levis*) como plaga de importancia sobre caña de azúcar en Brasil (Zarbin *et al.* 2004). Actualmente la distribución de *S. venatus vestitus* se extendió a la Riviera Maya, en Quintana Roo, México, y se considera plaga de importancia en los céspedes de los campos de golf, particularmente sobre la variedad *Paspalum vaginatum*.

Las investigaciones más extensas sobre *Sphenophorus* (Vaurie 1951, 1954, 1978) no incluyeron estudios detallados sobre genitalia, este estudio representa el primer trabajo a nivel mundial donde se realiza descripción detallada de la genitalia masculina de cuatro especies de *Sphenophorus*. Esta información es de relevancia porque puede ser una herramienta que se utilice en otros países para la identificación de especies de picudos de los céspedes deportivos. La genitalia masculina en Curculionoidea presenta variaciones en forma, tamaño y estructuras (Tuxen 1970), los resultados obtenidos muestran que la genitalia constituye una herramienta en la separación de especies de este género. Aún cuando se observaron similitudes en la genitalia de las cuatro especies estudiadas, la descripción morfológica permite observar diferencias marcadas en cuerpo del edeago, espícula gastral, tegmen y apodemas.

## 2.6. AGRADECIMIENTOS

Para C. Víctor Hernández, primero en Iberostar y luego en Moon Palace, por su interés e invaluable apoyo durante el desarrollo de la investigación. Al director del campo de golf Greg Bond, de Iberostar Playa Paraíso Golf Club, por su apoyo en el financiamiento parcial para el desarrollo de este trabajo y las facilidades proporcionadas durante el desarrollo del mismo. A los profesores M.C. Raciél Hernández, y Dr. Fernando Solís por el interés para que este proyecto se llevara a cabo, y a los Drs. Juan Medina y Andrés Bolaños (Universidad Autónoma Chapingo) por indicar los lugares para realizar algunas recolectas de ejemplares para este estudio. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para la realización de estudios de doctorado de la primera autora.

## 2.7. LITERATURA CITADA

- Alonso-Zarazaga, M. A., and C. H. Lyal. 1999. A World Catalogue of Families and Genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (Excepting Scolytidae and Platypodidae). Entomopraxis, Barcelona, España, 315 p.
- Anderson, R. S. 2002. The Dryophthoridae of Costa Rica and Panama: Checklist with keys, new synonymy and descriptions of new species of *Cactophagus*, *Mesocordylus*, *Metamasius* and *Rhodobaenus* (Coleoptera: Curculionoidea). *Zootaxa*, 80: 1-94.
- Brandenburg, R. L., and M. G. Villani. 1995. Handbook of turfgrass insect pest. The Entomological Society of America. ESA Pub. Department, USA, 140 p.
- Castañeda-Vildózola, A., J. Valdez-Carrasco, A. Equihua-Martínez, H. González-Hernández, J. Romero-Nápoles, J. F. Solís-Aguilar, and S. Ramírez-Alarcón. 2007. Genitalia de tres Especies de *Heilipus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) que dañan frutos de

- aguacate (*Persea americana* Mill) en México y Costa Rica. *Neotropical Entomology*, 36: 914-918.
- Clark, W. E. 1993. The weevils genus *Neomastix* Dietz (Coleoptera: Curculionidae, Anthonomini). *Coleoptera Bulletin*, 47: 1-19.
- Fermanian, T. W., M. C. Shurtleff, R. Randell, H. T. Wilkinson, and P. L. Nixon. 1997. Controlling turfgrass pests. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 665 p.
- International Commission on Zoological Nomenclature. 1959. Opinion 572. Suppression oncer the plenary powers of the generic name *Calendra* Clairville and Schellenberg, 1798. *Bulletin Zoological of Nomenclature*, 17: 112-116.
- Johnson-Cicalese, J. M., G. W. Wolfe, and C. R. Funk. 1990. Biology, distribution and taxonomy of billbug turf pest (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*, 19: 1037-1046.
- Kerr, S. H. 1964. Control of hunting billbugs. *Florida Entomologist*, 47: 269-270.
- Kuschel, G. 1987. The subfamily Molytinae (Coleoptera: Curculionidae): General notes and description of new taxa from New Zealand and Chile. *New Zealand Entomologist*, 9: 11-29.
- Kuschel, G. 1995. A phylogenetic classification of Curculionoidea to families and subfamilies. *Memorial Entomological Society of Washington*, 14: 5-33.
- Marvaldi, A. E., and A. A. Lanteri. 2005. Key to higher taxa of South American weevils based on adult characters (Coleoptera, Curculionoidea). *Revista Chilena de Historia Natural*, 78: 65-87.
- O'Brien, C. W., and G. J. Wibmer. 1982. Annotated Checklist of the Weevils (Curculionidae *sensu lato*) of North America, Central America and the West Indies (Coleoptera,

- Curculionidae). Memoria American Entomologist Institute, 34: i-ix, 382 p.
- Ordaz-González, E. L. 2008. Efectividad de insecticidas para el control de *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden en Iberostar Playa Paraíso, Quintana Roo. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo de México. 58 p.
- Potter, A. D. 1998. Destructive turfgrass insect: Biology, diagnosis and control. Ann Arbor Press Chelsea. Michigan. 345 p.
- Potter, A. D. 2008. Managing insect pest of sport fields: What does the future hold?. *Acta Horticulturae*, 783: 481-498.
- Salas-Araiza, M. D., C. W. O'Brien, and J. Romero-Napoles. 2001. Curculionidae (Insecta: Coleoptera) from the state of Guanajuato, México. *Insecta Mundi*, 15: 45-57.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2009. Hoja de requisitos fitosanitarios. Disponible en línea <http://www.senasica.gob.mx> (Revisado el 14 de octubre de 2009).
- Sprague, B. H. 1976. Turf management handbook: good turf for lawns, playing fields and parks. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danville, Illinois. 255 p.
- Thompson, R. T. 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionoidea) with a key to major groups. *Journal of Natural History*, 26: 835-891.
- Turgeon, J. A. 1985. Turfgrass Management. Ed. Reston Book. New Jersey. 340 p.
- Tuxen, S. L. 1970. Taxonomist's glossary of genitalia in insects. 2d. Ed. Munksgaard, Copenhagen. 350 p.
- Vanin, S. A., and F. Gaiger. 2005. A new spermophagus species of *Heilipus* Germar from the Amazonian Region (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae). *Revista Brasileira de*

*Entomologia*, 49: 240-244.

- Vaurie, P. 1951. Revision of the genus *Calendra* (formerly *Sphenophorus*) in the United States and Mexico (Coleoptera: Curculionidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 98: 33-186.
- Vaurie, P. 1954. New Species of *Calendra* from Mexico, with Notes on Others (Coleoptera, Curculionidae). *American Museum Novitates*, 1681: 1-8.
- Vaurie, P. 1978. Revision of the genus *Sphenophorus* in South America (Coleoptera, Curculionidae, Rhyncophorinae). *American Museum Novitates*, 2656: 1-30.
- Wibmer, G. J., and C. W. O'Brien. 1986. Annotated Checklist of the Weevils (Curculionidae *sensu lato*) of South America (Coleoptera, Curculionidae). *Memoria American Entomological Institute*, 39: i-xvi, 563 p.
- Zarbin, P. H. G., J. L. Princival, A. A. Dos Santos, and A. R. M. De Oliveira 2004. Synthesis of (S)- (+) -2-Methyl-4-octanol: Male-Specific Compound Released by Sugarcane Weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of the Brazilian Society*, 15: 331-334.

## CAPÍTULO 3

### FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) CON FEROMONAS SEXUALES EN IBEROSTAR PLAYA PARAÍSO, QUINTANA ROO, MÉXICO

#### 3.1. RESUMEN

*Spodoptera frugiperda* causa daños considerables en césped de campos de golf de la Riviera Maya, Quintana Roo, y es la única especie de Lepidoptera como plaga que se ha identificado en la zona. Debido a su importancia como plaga, y a su constante incidencia en la zona se necesita desarrollar un programa de monitoreo de este insecto. Con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional de esta especie, se realizó monitoreo con trampas cebadas con feromonas sexuales sintéticas en el campo de golf Iberostar Playa Paraíso, durante el periodo de marzo 2007 a marzo de 2008. Se encontró que los machos de *S. frugiperda* estuvieron presentes durante todo el año, con una captura promedio de 10 insectos por trampa, pero se detectaron dos marcados incrementos poblacionales, uno en junio con 20 insectos por trampa y otro en la temporada de lluvia, hasta 45 insectos por trampa capturados durante los meses de julio a octubre, adicionalmente se observó un pico más pequeño entre diciembre y febrero. Esta información puede ser la base para futuros programas de muestreo de *S. frugiperda* sobre el césped en los campos de golf en ese lugar.

Palabras clave: Césped, campos de golf, plagas, monitoreo.

#### 3.2. ABSTRACT

*Spodoptera frugiperda* damages turfgrass of golf courses at Mayan Riviera, Quintana

Roo, and it is the only Lepidoptera species considered as pest which has been identified in the zone. Because it has importance as a pest and because of its constant incidence in that area, it is necessary to develop a monitoring program for this insect. For monitoring population fluctuation of this species we established some traps baited with synthetic sexual pheromones in Iberostar, Playa Paraiso golf course, from March 2007 to March 2008. It was found that *S. frugiperda* males were present all year long with an average of 10 insects per trap. However, two population increments were detected, one in June with 20 insects per trap and another during the rainy season, with 45 insects captured per trap, from July to October. In addition, a smaller increment was observed between December and February. This information might be important for future monitoring programs of *S. frugiperda* on turfgrass of the golf courses at that area.

Key words: Turfgrass, golf courses, pests, monitoring.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga polífaga que se alimenta de aproximadamente 50 especies de plantas (Luginbill 1928, Pashley 1989), entre éstas destaca el maíz, el sorgo, y varios pastos por lo que se considerada una de las principales plagas de céspedes en el sureste de los Estados Unidos (Vittum *et al.* 1999, Potter 1998). Este insecto se distribuye ampliamente a lo largo del continente americano, en el este del Caribe, norte y sur de Argentina, norte de Chile, Centroamérica, México, Estados Unidos, y el sur de Canadá (Mitchell 1979, Sparks 1979, Andrews 1980). En el caso particular de México, *S. frugiperda* causa graves daños al césped *Paspalum vaginatum* (L.) en los campos de golf en la región sureste del país y es la única

especie de Lepidoptera que se identificó en estos campos durante el periodo 2006 a 2008 (León-García 2009, datos sin publicar).

Varios autores mencionan que *S. frugiperda* tiene la capacidad de sobrevivir todo el año en áreas tropicales donde sus poblaciones fluctúan a la par de los cambios estacionales, con incremento en temporada de lluvias y las densidades más bajas durante la estación seca (Mitchell *et al.* 1974, Sparks 1979, Silvain y Ti-A-Hing 1985, Mitchell 1985, Pair *et al.* 1986, Mitchell *et al.* 1991). Esta plaga no presenta diapausa, gracias a ello es posible la supervivencia a lo largo del año en áreas donde las temperaturas no llegan a menos de 9.9 °C (Mitchell *et al.* 1974).

El control de esta especie plaga, tanto en campos de golf como en otros cultivos, comúnmente se realiza mediante la aplicación de insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Moreira *et al.* 1989, Yu 1991, Adamczyk *et al.* 1999, Diez-Rodríguez y Omató 2001, Yu *et al.* 2003). El uso irracional de insecticidas, como única alternativa de control, ha dado como resultado la resistencia de *S. frugiperda* a varios insecticidas en México y posibles efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente (Pacheco-Covarrubias 1993, McConnell y Hruska 1993, Tinoco y Halperin 1998, Yu *et al.* 2003). Por esta razón, es importante implementar métodos adicionales para el desarrollo de un manejo integrado de plagas (MIP), incluyendo el uso de feromonas para monitorear poblaciones y mejorar la prevención y manejo (Wyatt 1998, Malo *et al.* 2001, Cisneros *et al.* 2002, Méndez *et al.* 2002, Molina-Ochoa *et al.* 2003).

Las feromonas sexuales producidas por las hembras de *S. frugiperda*, comercialmente disponibles como sustancias sintéticas en trampas en varias partes del mundo y México, han demostrado ser una herramienta útil para monitorear las poblaciones de machos. Esta

información puede ser útil para indicar el momento oportuno de las aplicaciones de insecticidas. En algunas ocasiones, las feromonas de lepidópteros se han utilizado en el trapeo masivo y la interrupción de apareamiento de varios insectos plaga (Mitchell *et al.* 1985, Tumlinson *et al.* 1986, Adams *et al.* 1989, Mitchell *et al.* 1989, López *et al.* 1990, Weber y Ferro 1991).

A pesar de los altos niveles de daños ocasionados por *S. frugiperda* en los céspedes en los campos de golf en el estado de Quintana Roo, no hay estudios referentes a la fluctuación poblacional de la plaga en este cultivo. Por ello, el objetivo de este estudio fue proporcionar información sobre la fluctuación poblacional de adultos machos de *S. frugiperda* en los campos de golf de la Riviera Maya, utilizando trampas tipo ala cebadas con feromona sexual.

### 3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se lleva a cabo en Iberostar Playa Paraíso Golf Club perteneciente a Hotelera Playa Paraíso S. A de C. V y Moon Palace Golf & Spa Resort, en la Riviera Maya en Quintana Roo.

#### 3.4.1. Colecta y determinación de insectos plaga

Durante el periodo comprendido de noviembre 2006 a enero 2008 se llevaron a cabo nueve visitas de investigación, de dos o 3 días cada una, al campo de golf Iberostar Playa Paraíso, y Moon Palace Golf & Spa Resort, localizados en la Riviera Maya en el estado de Quintana Roo, México. Con el apoyo y orientación del personal de los campos de golf se localizaron zonas donde se sabía de la presencia de insectos o bien de lugares con antecedentes de daño, y se realizaron muestreos directos dirigidos al césped *Paspalum*

*vaginatum* Sw. Los ejemplares colectados se conservaron en alcohol al 70% y se trasladaron al Laboratorio de Entomología ubicado en el Instituto de Fitosanidad, perteneciente al Colegio de Postgraduados, para su identificación.

Todos los ejemplares recolectados fueron identificados tomando como referencia las descripciones citadas por Angulo *et al.* (2006) y Bautista (2006) y posteriormente se depositaron especímenes de referencia en la Colección de Entomología del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, en Texcoco, Edo. de México.

#### 3.4.2. Monitoreo de lepidópteros con uso de feromonas

Después de la identificación de los lepidópteros se utilizaron trampas tipo ala cebadas con feromona sexual sintética de *S. frugiperda*, (Z)-11-hexadecenyl acetato, (Z)-9-tetradecenyl acetato, (Z)-7-tetradecenyl acetato (Biolure®). Para estimar la densidad de la población de adultos machos de *S. frugiperda* durante el periodo de marzo 2007 a marzo 2008, se establecieron cuatro trampas en Iberostar, y cinco en Moon Palace. Las trampas se colocaron en la periferia de ambos campos, aproximadamente a 80 cm de altura con respecto del suelo. De acuerdo a la información del fabricante, un septo de caucho con feromona tiene un alcance aproximado a 10 ha y debe sustituirse cada cuatro semanas.

Con apoyo de personal del campo de golf se realizaron dos revisiones de las trampas por semana para registrar los machos capturados en cada trampa. Estos se conservaron en bolsas de papel estraza para su posterior identificación. Se incluyeron los datos de 11 meses porque durante el mes de noviembre de 2007 la presencia de huracanes en la zona no permitió el establecimiento de las trampas,

A pesar de haber establecido dos sitios para conocer la fluctuación poblacional de *S.*

*frugiperda*, cuatro trampas en Iberostar y cinco en Moon Palace, las trampas del segundo sitio (Moon Palace) no fue posible revisarlas con la frecuencia indicada por lo que no se incluyeron en los resultados.

### 3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.5.1. Determinación de *Spodoptera frugiperda*

Tomando como referencia la descripción para larvas y adultos realizada por Bautista (2006) y Angulo *et al.* (2006), se determinó que la única especie en los céspedes de campos de golf encontrada durante los muestreos realizados durante 2006 a 2008 en el campo de golf Iberostar, y Moon Palace, fue *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Las características distintivas son como larva son las siguientes: en la cabeza presenta áreas adfrontales de color blanco-amarillento, en forma de “Y” invertida (Fig. 1a). En el octavo segmento abdominal, en vista dorsal, se presentan cuatro puntos negros en forma de cuadrado que corresponden a los pináculos setíferos dorsales (Fig. 1b), estos son prominentes y carecen de microespinas.

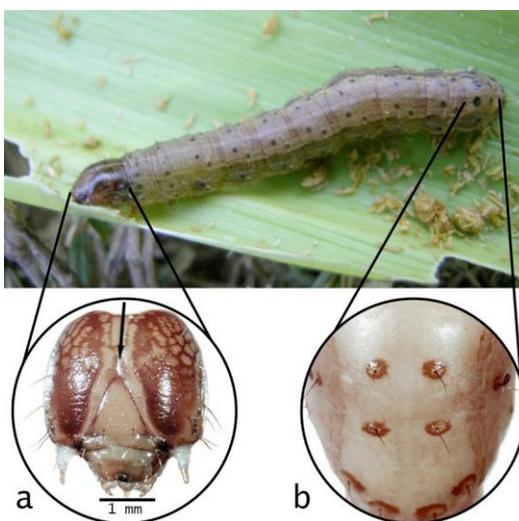


Figura 1. a) Cabeza con “Y” invertida, b) Pináculos setíferos en cuadrado de *Spodoptera frugiperda*. (Figura tomada con autorización de Bautista 2006).

En adultos macho, el área costal de las alas anteriores son de coloración pálida; además, poseen una mancha elíptica blanquecina cerca del centro y a un lado de ésta, una franja diagonal clara dirigida del margen costal al centro del ala y presenta una pequeña mancha blanquecina en el margen apical (Fig. 2a). La hembra presenta una mancha elíptica en el margen costal delimitado por una línea clara (Fig. 2b)

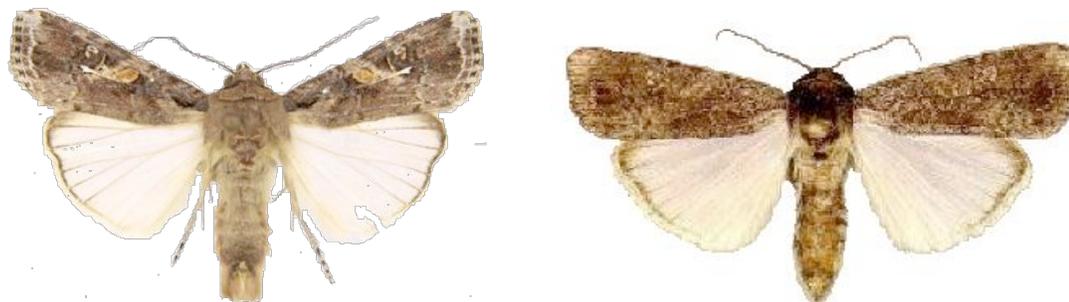


Figura 2. Ejemplares adultos de *Spodoptera frugiperda*, a) macho, b) hembra. (Figura reproducida con la autorización de Bautista 2006).

### 3.5.2. Fluctuación poblacional de *S. frugiperda* en Iberostar Playa Paraíso

El monitoreo de *S. frugiperda* en Iberostar Palaya Paraíso se realizó de marzo de 2007 a marzo de 2008. Se capturaron machos adultos de *S. frugiperda* durante toda la temporada de monitoreo. El trampero permite detectar dos picos marcados de capturas, uno en junio y otro entre julio y octubre. Adicionalmente, se observó un pico más pequeño entre diciembre y febrero (Fig. 3). Esto coincide con lo mencionado por Nagoshi *et al.* (2007) quienes establecieron trampas de feromona en campos de algodón en Mississippi, ellos indican que las infestaciones de *S. frugiperda* inician a mediados de junio, estimando que los primeros adultos deben estar presentes en agosto e incrementándose en septiembre. De igual manera, Rojas *et al.* (2004) menciona que en la captura de adultos de gusano cogollero en la costa de

Chiapas, México se presentaron dos picos, el primero de enero a marzo y el segundo entre junio y septiembre. En ese mismo sitio durante el 2002 también hubo dos picos, el primero entre enero y febrero, y el segundo ocurrió en agosto.

Los resultados de este trabajo no coinciden con los obtenidos por Nagoshi *et al.* (2004) quienes utilizaron trampas con feromonas en viveros de césped para monitorear a *S. frugiperda*, concluyendo que la población presenta una distribución bimodal, con picos en primavera (abril y mayo) y otoño (noviembre y diciembre). Lo mismo sucede con Raulston *et al.* (1986) quienes investigaron las tendencias de la población de *S. frugiperda* a lo largo de la costa del Golfo de México, el Istmo de Tehuantepec y la Península de Yucatán con trampas de feromonas. Ellos encontraron que un bajo número de machos se capturó a mediados de año, y que los picos de mayor captura se presentaban a inicios y finales de año.

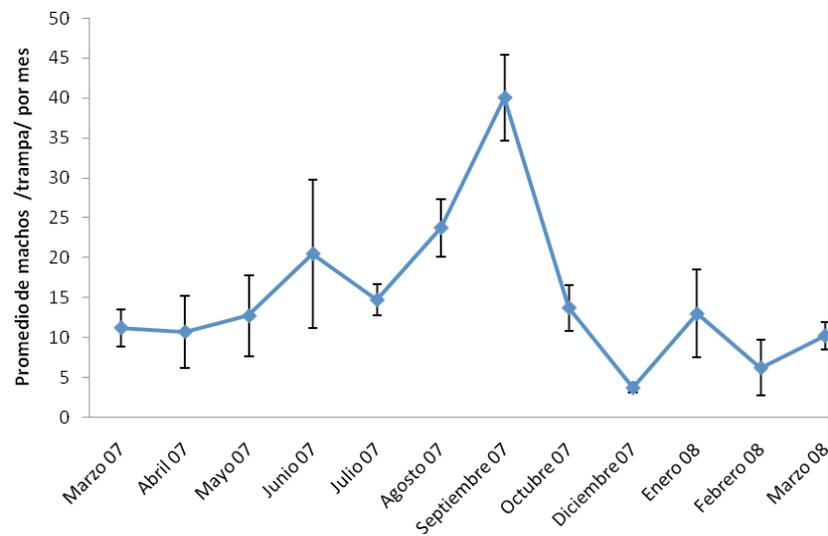


Figura 3. Captura estacional de *Spodoptera frugiperda* con feromonas sexuales en el campo de golf Iberostar Playa Paraíso, Quintana Roo, 2007-2008. Cada punto representa el promedio de machos capturados por mes por trampa (4) en un área aproximada de 35 ha.

Nuestros resultados permiten observar un notorio incremento en la población conforme se presentan los meses de lluvia en la zona (Fig. 3). Lo anterior también coincide con lo obtenido por Silvain y Ti-A-Hing (1985), Rojas *et al* (2004), y Mitchell *et al.* (1991), estos autores mencionan que en los trópicos, la mayor captura de machos se produce durante la temporada de lluvias y unos pocos machos son capturados en la estación seca, resultados probablemente asociados a la abundancia de hospederos ya que las condiciones ambientales en esos lugares no representan, en primera instancia, la limitante más importante de acuerdo a los umbrales térmicos que se han reportado en la literatura para esa especie (Mitchell *et al.* 1974).

Según Clavijo y Notz (1978) hay otro factor importante que influye en la dinámica poblacional de una especie, este se refiere a la disponibilidad de alimento no sólo en cantidad, sino en calidad. Este señalamiento junto con los de clima puede resultar de mucho interés para explicar, en parte, la abundancia de *S. frugiperda* en la zona de estudio del presente trabajo. Se sabe de la constante disponibilidad del alimento en los campos de golf, y de las constantes fertilizaciones con productos nitrogenados que se realizan en estos. Esta última práctica, la fertilización, pudiera estar dando una excelente calidad al alimento disponible y pudiera tener influencia positiva sobre las poblaciones observadas en este trabajo a lo largo de un año. Al menos la abundancia de nitrógeno en tejidos vegetales y la explosión demográfica, como resultado de una sobre fertilización, se ha comprobado en algunos otros insectos del Orden Homoptera (Nicholls y Altieri 2008).

Aunque la variación de los factores ambientales, temperatura y precipitación, en esa área pueden no ser de evidentemente diferentes existió variación en la captura de cada trampa en el campo de golf. Gutiérrez-Martínez *et al.* (1989) mencionan que la temperatura y las

precipitaciones no afectaron la captura de machos de *S. frugiperda* en la zona central del estado de Chiapas, México. Pero, los cambios en la velocidad y dirección del viento podría explicar porqué algunas trampas capturan mayor cantidad de machos. Lewis y Macaulay (1976) concluyeron que la presencia de árboles rodeando trampas puede constituir una barrera para los insectos y la dispersión de feromonas. Las trampas establecidas en el campo de golf Iberostar estuvieron rodeadas de vegetación natural, incluidos árboles y arbustos, y las corrientes de viento generalmente procedían de la costa (oriente). Es probable que esta condición explique, en parte, la variación en la captura de machos de cada trampa como se indicó por Lewis y Macaulay (1976), y Gutiérrez-Martínez *et al.* (1989).

El uso de feromonas sexuales sintéticas para el muestreo de adultos machos de *S. frugiperda* es una herramienta que se utiliza en diversos cultivos agrícolas (Piñango *et al.* 2001, Rojas *et al.* 2004, Andrade *et al.* 2000), y proporciona información sobre la densidad poblacional de adultos y su distribución temporal en un determinado momento y lugar (Pair *et al.* 1986, Mitchell *et al.* 1991). Además, la captura puede medir el número de machos dentro de los límites de una fuente de feromonas, indicando los períodos de alto potencial de apareamiento que podría pronosticar posteriores aumentos de la infestación de larvas. Este estudio de la fluctuación poblacional de *S. frugiperda* es fundamental para el diseño de estrategias de control correspondientes en los campos de golf, y quizá para ayudar a la evaluación de efectividad de alguna práctica de manejo, por esta razón deberían continuarse trabajos con este sistema de monitoreo en toda la Riviera Maya.

En el estado de Quintana Roo, México, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano e invierno (García 1981), estas condiciones y la presencia de céspedes en los campos de golf, además de las posibles hospederas nativas en la región, favorecen la presencia de *S.*

*frugiperda* durante todo el año; se comprobó un marcado incremento de los adultos machos en el periodo de julio-octubre, periodo que coincide con la temporada de lluvias en esa región.

Se recomienda realizar un estudio que permita conocer la relación existente entre el incremento en la población de adultos, y el número de larvas presentes en el campo, además de los daños causados por estas larvas en las temporadas de mayor abundancia y poder así brindar información más completa sobre la biología de esta especie. Esta información se considera como básica para mejorar las prácticas de manejo en toda la región.

### 3.6. AGRADECIMIENTOS

A los C. Víctor Hernández, Ings. Ruth Contreras, Edith Ordaz y Greg Bond por el interés e invaluable apoyo durante el desarrollo de la investigación. Al consorcio Iberostar Playa Paraíso Golf Club por el financiamiento parcial para el desarrollo de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para la realización de estudios de doctorado de la primera autora.

### 3.7. LITERATURA CITADA

- Adams, R. G., K. D. Murray, and L. M. Los. 1989. Effectiveness and selectivity of sex pheromone lures and traps for monitoring fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adults in Connecticut sweet corn. *Journal of Economic Entomology*, 82: 285-290.
- Adamczyk, Jr., J. J., B. R. Leonard, and J. B. Graves. 1999. Toxicity of select insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. *Florida Entomologist*, 82: 230-236.

- Andrade, R., C. Rodríguez, and A. C. Oehlschlagera. 2000. Optimization of a pheromone lure for *Spodoptera frugiperda* (Smith) in Central America. *Journal the Brazilian Chemical Society*, 11: 609-613.
- Andrews, K. L. 1980. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. *Florida Entomologist*, 63: 456-467.
- Angulo, A. O., T. S. Olivares, y G. T. H. Weigert. 2006. Estados inmaduros de lepidópteros noctuidos de importancia económica, agrícola y forestales en Chile (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad de Concepción. Chile. 154 p.
- Bautista, M. N. 2006. Insectos plaga: una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados, México. 70 p.
- Cisneros, J., J. A. Perez, D. I. Penagos, J. Ruiz , D. Goulson, P. Caballero, R. D. Cave, and T. Williams. 2002. Formulation of a nucleopolyhedrovirus with boric acid for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Biological Control*, 23: 87-95.
- Clavijo, A. S., y P. Notz. 1978. Fluctuaciones poblacionales en maíz de *Spodoptera frugiperda*, *Delphax maidis* y *Dalbulus maidis*, en San Nicolás, estado Portuguesa, Venezuela, bajo condiciones de época lluviosa. *Biological Entomology Venezolana N.S.*, 1: 1-20.
- Diez-Rodriguez, G. I., and C. Omató. 2001. Inherence of lambda-cyhalotrin resistance in *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 30: 311-316.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, México.

- Gutierrez-Martínez, A., C. Llanderal-Cazares, G. Zarate De Lara, R. Alatorre 1989. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agrociencia*, 76: 167-174.
- Lewis, T., and E. D. M. Macaulay. 1976. Design and elevation of sex-attractant traps for pea moth, *Cydia nigricana* (Steph.) and the effect of plume shape on catches. *Ecological Entomology*, 1: 175-187.
- Lopez, J. D., Jr., T. N. Shaver, and J. L. Goodenough. 1990. Multispecies trapping of *Helicoverpa (Heliothis) zea*, *Spodoptera frugiperda*, *Pseudaletia unipuncta*, and *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Chemical Ecology*, 16: 3479-3491.
- Luginbill, P. 1928. The fall armyworm. United States Department of Agriculture. *Technical Bulletin*, 34: 1-92.
- Malo, E. A., L. Cruz-Lopez, J. Valle-Mora, A. Virgen, J. A. Sanchez, and J. C. Rojas. 2001. Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. *Florida Entomologist*, 84: 659-664.
- McConnell, R., and A. Hruska. 1993. An epidemic of pesticide poisoning in Nicaragua: implications for prevention in developing countries. *American Journal of Public Health*, 83: 1559-1562.
- Mendez, W. A., J. Valle, J. E. Ibarra, J. Cisneros, D. I. Penagos, and T. Williams. 2002. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Biological Control*, 25: 195-206.

- Mitchell, E. R. 1979. Migration by *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda*, North American style, pp. 386-393. *In*: Rabb, R. L., and G. G. Kennedy (eds.). Movement of highly mobile insects: concepts and methodology in research, University Graphics, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Mitchell, E. R. 1985. USDA Technical Bulletin N° 34. The legacy of Philip Luginbill. *Florida Entomologist*, 69: 452-455.
- Mitchell, E. R., J. H. Tumlinson, and J. N. McNeil. 1985. Field evaluation of commercial pheromone formulations and traps using a more effective sex pheromone blend for the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 78: 1364-1369.
- Mitchell, E. R., H. R. Agee, and R. R. Heath . 1989. Influence of pheromone trap color and design on capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Chemical Ecology*, 15: 1775-1784.
- Mitchell, E. R., J. N. McNeil, J. K. Westbrook, J. F. Silvain, B. Lalanne-Cassou, R. B. Chalfant, S. D. Pair, V. H. Waddill, A. Sotomayor-Rios, and F. I. Proshold. 1991. Seasonal periodicity of fall armyworm, (Lepidoptera: Noctuidae) in the Caribbean basin and northward to Canada. *Journal of Entomological Science*, 26: 39-50.
- Mitchell, E. R., W. W. Copeland, A. N. Sparks and A. A. Sekul. 1974. Fall armyworm: disruption of pheromone communication with synthetic acetates. *Environmental Entomology*, 3: 778- 780.
- Molina Ochoa, J., J. E. Carpenter, E. A. Heinrichs and J. E. Foster. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. *Florida Entomologist*, 86: 254-289.

- Moreira, M., A. Bejarano, y V. Segovia. 1989. Control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith) utilizando insecticidas sistémicos y granulados bajo diferentes formas de aplicación. *Agronomía Tropical*, 39: 281-287.
- Nagoshi, R. N., and R. L. Meagher. 2004. Seasonal distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in agricultural and turf grass habitats. *Environmental Entomology*, 33: 881-884.
- Nagoshi, R. N., J. J. Adamczyk, Jr., R. L. Meagher, J. Gare, and R. Jackson. 2007. Using stable isotope analysis to examine fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in a cotton habitat. *Journal of Economic Entomology*, 100: 1569-1576.
- Nicholls, C. I., y M. A. Altieri. 2008. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. *LEISA, revista de agroecología*, 3: 1-8 p.
- Pacheco-Covarrubias, J. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. *Resistant Pest Management Newsletter*, 5: 3-4.
- Pair, S. D., J. R. Roulston, A. N. Sparks, J. K. Westbrook, and G. K. Douce. 1986. Fall armyworm distribution and population dynamics in the southeastern state. *Florida Entomologist*, 69:468-487.
- Pashley, D. P. 1989. Host-associated differentiation in armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): an allozymic and mitochondrial DNA perspective, pp 103-114. *In*: Loxdale H. D., and J. den Hollander (eds.). *Electrophoretic studies on agricultural pests*. Clarendon, Oxford.

- Piñango, L., E. Arnal, y B. Rodríguez. 2001. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz bajo tres sistemas de labranza. *Entomotrópica*, 16: 173-179.
- Potter, A. D. 1998. Destructive turfgrass insect: Biology, diagnosis and control. Ann Arbor Press Chelsea. Michigan. 345 p.
- Raulston, J. R., S. D. Pair, A. N. Sparks, J. Loera, F. A. Pedraza, S. Jimenez, A. Palamon, A. Ortega, J. Ruiz Sánchez, P. Marquez, H. Ruelas, J. Perez, R. Rodriguez, H. Carrillo, R. Archundia, and F. Herrera. 1986. Fall armyworm distribution and population dynamics in the Texas-Mexico Gulf Coast Area. *Florida Entomologist*, 69: 455-468.
- Rojas, J. C., A. Virgen, and E. A. Malo. 2004. Seasonal and nocturnal flight activity of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of Chiapas, México. *Florida Entomologist*, 87:496-503.
- Silvain, J. F., and T. A. Hing. 1985. Prediction of larval infestation in pasture grasses by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from estimates of adult abundance. *Florida Entomologist*, 68: 686-691.
- Silvain, J. F., and J. Ti-A-Hing. 1985. Prediction of larval infestation in pasture grasses by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from estimates of adult abundance. *Florida Entomologist*, 68: 686-691.
- Sparks, A. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. *Florida Entomologist*, 62: 82-87.
- Tinoco, R., and D. Halperin. 1998. Poverty, production and health: Inhibition of erythrocyte cholinesterase through occupational exposure to organophosphate insecticides in Chiapas, Mexico. *Archives of Environmental Health*, 53: 29-35.

- Tumlinson, J. H., E. R. Mitchell, P. E. A. Teal, R. R. Heath, and L. J. Mengelkoch. 1986. Sex pheromone of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*: identification of components critical to attraction in the field. *Journal of Chemical Ecology*, 12: 1909-1926.
- Vittum, P. J., M. G. Villani, and H. Tashiro. 1999. Turfgrass Insects of the United States and Canada. Cornell University Press, Ithaca, NY. 422 p.
- Weber, D. C., and D. N. Ferro. 1991. Nontarget noctuids complicate integrated pest management monitoring of sweet corn with pheromone traps in Massachusetts. *Journal of Economic Entomology*, 84: 1364-1369.
- Wyatt, T. D. 1998. Putting pheromones to work: Paths forward for direct control, pp. 445-459 *In*: Carde, R. T., and A. K. Minks (eds.). Insect Pheromone Research New Directions. Chapman & Hall, NY.
- Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39: 84-91.
- Yu, S. J., S. N. Nguyen, and G. E. Abo-Elghar. 2003. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77: 1-11.

## CAPÍTULO 4

### SUSCEPTIBILIDAD DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), PROVENIENTE DE QUINTANA ROO, MÉXICO, A INSECTICIDAS CONVENCIONALES

#### 4.1. RESUMEN

Una de las principales plagas de los céspedes en campos de golf en la Riviera Maya, Quintana Roo, es *Spodoptera frugiperda*. Ésta causa daños al follaje y ocasionalmente pérdida de secciones de la carpeta. La única medida de control que se realiza para este insecto plaga es la aplicación de insecticidas. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de proporcionar bases para integrar un programa de manejo de plagas en esos campos de golf, determinando la susceptibilidad de *S. frugiperda* a insecticidas de uso común en esa región. Se evaluaron los insecticidas lambdacialotrina, deltametrina, ciflutrina y metomilo. Se usó la metodología de aplicación tópica al protórax de larvas de tercer instar. La mortalidad se registró a las 24 horas después de la aplicación de los tratamientos. Se encontraron diferentes niveles de resistencia a los productos. Para la mortalidad al 50%, en relación con la población susceptible, se encontró que la proporción de resistencia ( $RR_{50}$ ) más elevada se presentó en el siguiente orden, deltamethrina 1002.2×, lambdacialotrina 204.5×, metomilo 183.0× y ciflutrina 162.7×. Para la mortalidad al 95%, la proporción de resistencia ( $RR_{95}$ ) fue de 207.8, 290.2, 29.7 y 564.6×, respectivamente. Se discute la relevancia del manejo adecuado de estos productos y la implementación de un programa de manejo de la resistencia.

Palabras clave: Césped, plagas, gusano soldado de otoño, resistencia, manejo.

## 4.2. ABSTRACT

One of the main turfgrass pests on golf courses at the Mayan Riviera, Quintana Roo, is *Spodoptera frugiperda*. Their damage on foliage is reflected occasionally in loss of the folder, and broad spectrum insecticides are the unique control measure. In order to support a Pest Management program, this research was developed to determine susceptibility of *S. frugiperda* to common insecticides used in that region. The insecticides lambda-cihalothrin, deltamethrin, cifluthrin and methomyl were evaluated. Topical application on the prothorax of third instar larvae was used. Mortality was registered 24 hours after the application of any treatment. The results indicated different levels of resistance to any of the insecticides. For 50% mortality, compared to a susceptible population, it was found that the higher proportion of resistance ( $RR_{50}$ ) was deltamethrin 1002.2 $\times$ , lambda-cihalothrin 204.5 $\times$ , methomyl 183.0 $\times$  and cifluthrin 162.7 $\times$ . For the 95% mortality, the proportion of resistance ( $RR_{95}$ ) was of 207.8, 290.2, 29.7 and 564.6 $\times$ , respectively. The insecticide management its relevance and the implementation of a resistance management program is discussed.

**Key words:** Turfgrass, pests, fall army worm, resistance, management.

## 4.3. INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una de las plagas más importantes que atacan al maíz en México, Centro y Sudamérica y algunas regiones de Estados Unidos (Sparks 1979, Young 1979, Andrews 1980, Farias *et al.* 2008). Esta plaga se reproduce durante todo el año en el sur de Texas y Florida, y se han comprobado migraciones de poblaciones de esta plaga de Florida a Georgia (Pair *et al.* 1986, Mitchell *et al.* 1991) y viceversa dependiendo de las condiciones ambientales (Snow y

Copeland 1969, Greene *et al.* 1971, Mitchell 1979). Esta especie tiene un amplio rango de hospederas y además del maíz se considera plaga de importancia en varios cultivos anuales y pastos (Ashley *et al.* 1984, Andrews 1988, Marengo *et al.* 1992, Kumar y Mihm 2002).

En el caso particular de México, *S. frugiperda* daña a los céspedes que se usan en los campos de golf de la Riviera Maya, Quintana Roo, particularmente a *Paspalum vaginatum* (L.) (Capítulo 3 de este trabajo). En países como Estados Unidos y Canadá *S. frugiperda* se asocia a pastos como Bermudagrass, *Cynodon dactylon* (L.), Ryegrass, *Lolium perenne* (L.), y Bentgrass, *Agrostis* spp. (Mitchell 1979, Andrews 1980, Lu y Adang 1996, Reinert *et al.* 1997).

*S. frugiperda* demerita la calidad de los céspedes porque las larvas se alimentan de los márgenes de las hojas y se reduce el vigor de las plantas; sin embargo, el daño mayor lo causan las larvas cuando muerden la corona de las plantas debido a que ocasionan debilitamiento, mal desarrollo y muerte del césped (Brandenburg y Villani 1995, Potter 1998, Kumar y Mihm 2002).

A pesar de que *S. frugiperda* se considera una plaga ocasional en céspedes en los Estados Unidos, ésta tiene el potencial para dañar severamente los céspedes del sur, pero en climas tropicales puede convertirse en una plaga de primer orden (Potter 1998, 2008). Vilarinho *et al.* (2006) comentan que la presencia de *S. frugiperda* como plaga primaria, frecuentemente se asocia con la disponibilidad de amplias zonas para la producción de maíz, alta fecundidad, múltiples generaciones al año y, sobretodo, de la capacidad del insecto para desarrollar resistencia a insecticidas. En uno de los primeros estudios de resistencia en Georgia, EUA, Young y MacMillian (1979) detectaron la presencia de poblaciones de *S. frugiperda*, recolectadas en maíz, resistentes a carbarilo. Una situación similar fue reportada

por Wood *et al.* (1981) en larvas de *S. frugiperda* recolectadas en maíz y pasto braquiaria (*Brachiaria platyphylla*) en Louisiana, ellos encontraron valores altos de resistencia a carbarilo, paratión metílico, triclorfon, y permetrina. Georghiou y Mellon (1983) registraron en Estados Unidos altos grados de resistencia de *S. frugiperda* a compuestos organoclorados (DDT, ciclodienos), organofosforados, carbamatos y piretroides. Para 1991 aumentaron los casos documentados de resistencia en poblaciones de *S. frugiperda* provenientes de Gainesville, Florida, EUA, a varios insecticidas incluidos piretroides, organofosforados y carbamatos, producto de la enorme presión de selección a la que fue sometido el insecto en zonas productoras de maíz (Yu 1991). Esta situación se repitió con poblaciones recolectadas en este mismo cultivo en México (Pacheco 1993).

Debido a la alta incidencia de *S. frugiperda* en los campos de golf en la Riviera Maya y a las prácticas comunes en el uso de insecticidas para su combate en estos sitios, además de algunas áreas agrícolas aledañas, es muy probable que se presente resistencia al agente seleccionador (insecticidas) y que ésta se incremente a grados no manejables. Esta situación es preocupante debido a que el desarrollo de productos con modo de acción diferente a los actuales no ha sido paralelo a la demanda y cada vez son menos los productos efectivos. Con el objeto de proporcionar bases para integrar un programa de manejo integrado de control en los campos de golf en la Riviera Maya, se planteó como objetivo de este estudio, determinar la susceptibilidad de *S. frugiperda* a insecticidas que son de uso común en esa región.

#### 4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.4.1. Colonia de campo y susceptible de *S. frugiperda*

La colonia de campo se inició con ~250 larvas que se recolectaron, durante 2007 y

2008, sobre *Paspalum vaginatum* Swartz de un campo de golf en Quintana Roo (Iberostar Playa Paraíso Golf Club, 20°45'41" N, 86° 57' 59" O, 3 msnm). Las larvas se colocaron individualmente en vasos de plástico de 25 mL con dieta artificial (Southland Products Inc.<sup>®</sup>, Lake Village, Arkansas) y se trasladaron al Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, para establecer la colonia. Debido a que para realizar los ensayos de resistencia se utilizaron sólo las generaciones F1 y F2 del material de campo, se realizaron recolectas de larvas en forma periódica durante las fechas indicadas.

Las larvas se alimentaron con dieta artificial (Southland Products Inc.<sup>®</sup>) hasta la obtención de pupas. Éstas se colocaron en cajas Petri con papel absorbente, y se mantuvieron en jaulas de organza con armazón de alambre (25x25x35 cm) donde emergieron los adultos que se alimentaron con solución azucarada al 10%. Grupos de 20 adultos, sin distinción de sexo, se colocaron en bolsas de papel de estraza para la oviposición. Los huevos se colectaron diariamente y se mantuvieron en un recipiente de plástico (16x16x7.5 cm) hasta la emergencia de las larvas, mismas que se transfirieron a recipientes con dieta de manera individual (25 mL). La población se mantuvo en una cámara de cría a  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $75\pm 10\%$  H.R. y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad.

Como población susceptible se empleó una colonia de *S. frugiperda* recolectada en maíz en el estado de México, proporcionada por área de Toxicología del Colegio de Postgraduados, la cual se ha mantenido libre de presión de selección en laboratorio durante ~ 5 años sobre la misma dieta artificial,

#### 4.4.2. Insecticidas

Para el presente estudio se seleccionaron cuatro insecticidas debido a que los mismos

se usan para el control de *S. frugiperda* en la Riviera Maya, Quintana Roo, y no existen estudios formales sobre el estado actual de la resistencia a estos. Los compuestos ensayados fueron lambdacialotrina, KARATE ZEON 5 CS<sup>®</sup>, 92.1% de pureza, Cía. Syngenta Agro, S. A. de C. V. [(Piretroide (PIRT)]; ciflutrina BAYTROID<sup>®</sup>, 96.7% de pureza, Cía. Bayer de México, S. A de C. V. [(Piretroide (PIRT)]; deltametrina, DECIS<sup>®</sup>, 99.2% de pureza, Cía. Bayer de México, S. A de C. V., [(Piretroide (PIRT)]; y metomilo, NUDRIN<sup>®</sup>, 90% de pureza, Cía. Quimix, S. A. de C. V. [(Carbamato (CAR)]. Las concentraciones seriadas de los insecticidas se prepararon en acetona grado analítico (REASOL<sup>®</sup>)

#### 4.4.3. Procedimiento Experimental

Se utilizó el ensayo de aplicación tópica propuesto por “The American Entomological Society” (Anonymous 1970). Éste consiste en depositar 1 µL de una concentración conocida del insecticida, diluido en acetona en grado analítico, en el pronoto de cada larva del tercer instar (L3). La aplicación del insecticida se realizó con una jeringa Hamilton<sup>®</sup> para cromatografía de 500 µL, acoplada a un microaplicador manual de repetición. Primero se determinaron los límites de respuesta a cada insecticida mediante un experimento preliminar (ventana de respuesta biológica), que comprendió el uso de dosis de 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1 y 1.0%, para detectar porcentajes de mortalidad del insecto en el intervalo de cero a 100. Enseguida se intercalaron dosis logarítmicas entre estos límites, para efectuar el experimento completo. Se manejaron de siete a 11 dosis en total. Para cada dosis y repetición se utilizaron 10 larvas de  $45 \pm 3$  mg de peso y un mínimo de cinco repeticiones incluyendo un testigo al que sólo se le aplicó acetona. Las larvas tratadas se mantuvieron individualmente en vasos de plástico con dieta artificial, bajo las mismas condiciones ambientales de la cría.

A 24 horas después de la aplicación se registro la mortalidad, la cual se corrigió con la observada en el testigo por medio de la ecuación de Abbott (1925). El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo absoluto fue de 10%. Se consideró larva muerta a aquella que mostró incapacidad para moverse, desplazarse, o cambiar de posición cuando se ejerció presión en el abdomen con una aguja de disección.

Los datos se analizaron mediante el programa POLO-PC (1987) para obtener la línea de respuesta log dosis probit y los valores de  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$ , expresados en porcentaje. La respuesta relativa (RR) se obtuvo al dividir la  $DL_{50}$  o  $DL_{95}$  de la población de campo entre la de la población susceptible respectiva. Se consideró que las respuestas de las poblaciones comparadas no fueron estadísticamente diferentes cuando los límites de confianza se traslaparon (Robertson y Preisker 1992).

## 4.5. RESULTADOS

La población proveniente de campo resultó altamente resistente a los cuatro insecticidas de los dos grupos toxicológicos, Piretroides y Carbamatos, evaluados en este trabajo. El rango de respuesta relativa ( $RR_{50}$ ) de la colonia de campo a piretroides varió de 162.7 a 1002.2x, mientras que para metomilo (carbamato) esta fue de 183.0 x (Cuadro 1).

### 4.5.1. Lambdacialotrina

Los valores de  $DL_{50}$  en la población susceptible y de campo fueron 0.002 y 0.39  $\mu\text{g/larva}$ , respectivamente. Estos valores muestran la diferencia entre la población de campo y la susceptible al 50% de mortalidad (Cuadro 1). El valor de la respuesta relativa ( $RR_{50}$ ), fue 204.5x, lo cual indica respuesta diferencial de las poblaciones al insecticida y por tanto, alta

tolerancia de la población de campo al piretroide. Respuesta que se confirmó con el valor de  $RR_{95}$  estimado (290.6 x) puesto que los límites de confianza no se superponen.

Cuadro 1. Toxicidad de insecticidas sobre poblaciones de *Spodoptera frugiperda* provenientes de campos de Golf de Quintana Roo, México, y sobre una susceptible de Chapingo, México.

Insecticida Población	n <sup>†</sup>	b ± ES <sup>‡</sup>	DL <sub>50</sub> <sup>§</sup> (95% LC) <sup>¶</sup>	DL <sub>95</sub> <sup>§</sup> (95% LC) <sup>¶</sup>	Pr> $\chi^2$ <sup>ⓐ</sup>	RR <sub>50</sub> <sup>††</sup>	RR <sub>95</sub> <sup>‡‡</sup>
Lambdacialotrina							
Quintana Roo	450	1.08±0.84	0.388 (0.279-0.530)	12.935 (7.758-25.118)	4.2	204.5	290.6
Susceptible	450	1.20±0.10	0.0019 (0.0014-0.0025)	0.044 (0.026-0.088)	3.4		
Deltametrina							
Quintana Roo	450	0.92±0.72	0.380 (0.265-0.547)	22.485 (11.901-51.580)	6.7	1002.2	207.8
Susceptible	600	0.67±0.52	0.00038 (0.00021-0.00066)	0.108 (0.044-0.366)	10.3		
Ciflutrina							
Quintana Roo	500	1.04±0.89	2.594 (1.402-5.280)	96.275 (31.396-756.056)	17.8	162.7	564.6
Susceptible	450	1.59±0.13	0.0159 (0.0127-0.0200)	0.170 (0.114-0.291)	2.0		
Metomilo							
Quintana Roo	400	1.35±0.12	1.757 (1.332-2.301)	28.561 (17.629-55.608)	4.4	183.0	29.7
Susceptible	550	0.82±0.63	0.0095 (0.0057-0.015)	0.960 (0.388-3.592)	10.8		

† Número de larvas tratadas, ‡ Error estándar de la pendiente, § Concentración letal=  $\mu\text{g/larva}$ , ¶ Límites de confianza al 95% , ⓐ Probabilidad de que la línea log Dosis-Probit ajuste a una línea recta, †† Respuesta Relativa de resistencia al nivel de DL50=DL50 población de campo/DL50 población susceptible, ‡‡ Respuesta Relativa de resistencia al nivel de DL95=DL95 población de campo/DL95 población susceptible.

#### 4.5.2. Deltametrina

La DL<sub>50</sub> para la población proveniente de campo fue de 0.38  $\mu\text{g/larva}$ , mientras que en la población susceptible fue 0.00038  $\mu\text{g/larva}$ , lo que indica diferencia marcada entre las

poblaciones (Cuadro 1). Los valores de la respuesta relativa ( $RR_{50}$  y  $RR_{95}$ ) fueron de 1002.2 y 207.8x, respectivamente. Considerando que no hay superposición de los límites de confianza ( $CL_{95}$ ) al 95% de mortalidad, existen diferencias significativas entre la población de campo y susceptible.

#### 4.5.2. Ciflutrina

El valor de  $DL_{50}$  en la población de Quintana Roo (2.59  $\mu\text{g/larva}$ ) fue significativamente superior a lo observado para la colonia susceptible (0.016  $\mu\text{g/larva}$ ) (Cuadro 1). Las poblaciones mostraron diferencias significativas al 50 y 95% de mortalidad. A nivel del 95% de mortalidad no se presentó traslapo de los límites confianza y los valores de la respuesta relativa ( $RR_{50}$  y  $RR_{95}$ ) fueron 162.7 y 564.6, respectivamente.

#### 4.5.3. Metomilo

La población proveniente de campo presentó una  $DL_{50}$  de 1.757  $\mu\text{g/larva}$ , dosis superior a la obtenida para la colonia susceptible (0.016  $\mu\text{g/larva}$ ) (Cuadro 1). Al igual que para los insecticidas anteriores, las poblaciones mostraron diferencias significativas al 50 y 95% de mortalidad, los valores de los límites de confianza no se sobreponen y los valores de la respuesta relativa ( $RR_{50}$  y  $RR_{95}$ ) fueron 183.0 y 29.7, respectivamente.

### 4.6. DISCUSIÓN

Existen estudios que documentan la capacidad del complejo *Spodoptera* para desarrollar resistencia a insecticidas (Yu 1983, McCord y Yu, 1987, Yu 1991, Edward-Yu y Ching-Hua 1993, Smaghe *et al.* 2000, Rajendra *et al.* 2006). En México, *S. exigua* y *S.*

*frugiperda* son las especies que se presentan con frecuencia en cultivos agrícolas y han mostrado un incremento en los niveles de tolerancia a varios compuestos piretroides, carbamatos y organofosforados (Pacheco 1993, Leibee y Capinera 1995, Osorio *et al.* 2008, Lagunes-Tejeda *et al.* 2009).

*S. frugiperda* es una plaga de importancia en maíz en la mayor parte del continente americano (Sparks 1979, Andrews 1980, Farias *et al.* 2008), y especialmente en México y Centroamérica (Pacheco 1993, Malo *et al.* 2004, Hernandez-Mendoza *et al.* 2008 ). Pero se desconocía su importancia como plaga de césped en México, aún cuando está descrita como plaga de céspedes deportivos en Estados Unidos (Potter 1998, Leslie 1996, Shetlar 1994, Christians 2003, Pessaraki 2007, Potter 2008). En México se identificó y registró atacando césped en los campos de golf en la Riviera Maya, Quintana Roo, sólo recientemente (León-García 2009, este documento), por lo que este estudio representa el primer reporte formal del estado actual de la susceptibilidad de *S. frugiperda* en céspedes de campos de golf en la Riviera Maya.

Los resultados indican que la población de *S. frugiperda* proveniente de campos de golf de la Riviera Maya contiene los genes de resistencia en frecuencia detectable con los insecticidas lambdacialotrina, deltametrina, ciflutrina y metomilo. De acuerdo con la información disponible en la región, en los últimos años varios campos de golf de esa localidad han usado insecticidas, en particular metomilo y lambdacialotrina, para combatir las larvas de *S. frugiperda*. Por lo anterior, es muy probable que los niveles de tolerancia registrados en este estudio estén relacionados con el historial de exposición. Vale la pena señalar que aunque los insecticidas ciflutrina y deltametrina no son usados frecuentemente en la zona de estudio, se detectaron altos niveles de resistencia, lo cual se debe a que ambos

productos pertenecen al mismo grupo toxicológico en el que está la lambdacialotrina y por tanto comparten resistencia cruzada (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez 1994).

Al igual que lo encontrado con piretroides, la población recolectada en los campos de golf registró altos niveles de tolerancia a metomilo (Carbamato), por lo que su uso y el de otros productos que comparten el mismo mecanismo de resistencia, debe limitarse en la región a fin de que no se siga desarrollando resistencia a este grupo químico, como fue documentado en poblaciones de Florida (Young y McMillan 1979, Yu 1991 y 1992, Yu y McCord Jr. 2007).

Existen varios factores que deben considerarse para explicar los altos niveles de resistencia encontrados en la Riviera Maya. En dicha zona existen al menos 15 campos de golf con una superficie aproximada de 500 ha (Mexican Caribbean Golf 2009) lo que le permite a *S. frugiperda* disponer de alimento y mantener varias generaciones al año. Esta situación conlleva a los superintendentes a incrementar la dosis y frecuencia de aplicación, con la idea de obtener un control satisfactorio de la plaga, considerando umbrales de acción muy bajos. En consecuencia, los costos de producción se incrementan, se ejerce mayor presión de la plaga y se incrementa la frecuencia de genes de resistencia a un nivel no tolerable. Adicionalmente, las áreas que rodean los campos de golf no cuentan con hospederos alternos (cultivos), donde no se apliquen insecticidas. Esta situación, aparentemente, ocasiona que no haya poblaciones con genes de susceptibilidad a los insecticidas en *S. frugiperda*, y la ausencia de esos genes no ayuda a disminuir o retrasar el desarrollo de resistencia a estos productos (Georghiou y Mellon 1983, Georghiou y Taylor 1986, Georghiou y Lagunes 1991, Yu 1992, Silva 2003). Es probable que la combinación de todas estas condiciones esté favoreciendo el desarrollo de mecanismos de resistencia eficientes en las poblaciones de esta especie plaga de la Riviera

Maya.

Está bien establecido que la resistencia a insecticidas es un proceso dinámico (Georghiou y Mellon 1983, Georghiou y Taylor 1986, Georghiou y Lagunes 1991, Yu 1992, Silva 2003), por lo que los resultados de este estudio no se deben generalizar para los siguientes ciclos de reproducción de *S. frugiperda* en la Riviera Maya. Es necesario un seguimiento sistemático para determinar los grados de susceptibilidad o resistencia a insecticidas y los principales mecanismos de resistencia que se están seleccionando en esta zona. Las recomendaciones prácticas deben incluir el evitar el uso de mezclas para el control de la plaga; sin embargo, el empleo de un sólo insecticida efectivo presenta ventajas como son reducir los costos de producción, reducir la contaminación ambiental y evitar el desarrollo de resistencia múltiple.

#### 4.7. AGRADECIMIENTOS

A los C. Víctor Hernández y Greg Bond por su interés e invaluable apoyo durante el desarrollo de la investigación. Al consorcio Iberostar Playa Paraíso Golf Club por el financiamiento parcial para el desarrollo de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para la realización de estudios de doctorado de la autora. A las empresas Syngenta Agro, S. A. de C. V., Bayer de México, S. A. de C. V. y Quimix, S. A. de C. V. por proporcionar los insecticidas que se utilizaron en este trabajo.

#### 4.7. LITERATURA CITADA

Andrews, K. L. 1980. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. *Florida Entomologist*, 63: 456-467.

- Andrews, K. L. 1988. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 71: 630-653.
- Anonymous. 1970. Second conference on test methods for resistance in insects of agricultural importance. *Bulletin of the Entomological Society of American*, 16: 147-153.
- Ashley, B., R. Wiseman, F. M. Davis, and K. L. Andrews. 1984. The fall armyworm: a bibliography. *Florida Entomologist*, 72: 152-202.
- Brandenburg, R. L., and M. G. Villani. 1995. Handbook of turfgrass insect pest. The Entomological Society of America. ESA Publications Department. USA. 140 p.
- Christians, N. E. 2003. Fundamentals of turfgrass management. Ann Arbor Press. 359 p.
- Edward-Yun, C., and Ching-Hua, K. 1993. Insecticide resistance study in *Spodoptera exigua* (Hübner). *Journal of Agricultural Research of China*, 42: 396-402.
- Farias, P. R. S., J. C. Barbosa, A. C. Busoli, W. L. Overal, V. S. Miranda, and S. Ribeiro. 2008. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. *Neotropical Entomology*, 37: 321-327.
- Georghiou, G. P., and R. B. Mellon. 1983. Pesticide resistance in time and space, pp 175-205. *In*: Georghiou G. P., and T. Saito (eds). Pest resistance to pesticides. New York: Plenum Press.
- Georghiou G. P., and C. E. Taylor. 1986. Factors influencing the evolution of resistance, pp 157-169. *In* E. H. Glass (ed.). Pesticide resistance: strategies and tactics for management. National Academy Press, Washington, DC.
- Georghiou, G. P., and A. Lagunes. 1991. The occurrence of resistance to pesticides: an index of cases reported through 1989. FAO, Rome.

- Greene, G. L., M. J. Janes, and F. W. Mead. 1971. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, males captured at three Florida location in traps baited with virgin females. *Florida Entomologist*, 54: 165-166.
- Hernández-Mendoza, J. L., E. C. López-Barbosa, E. Garza-González, and N. Mayek-Pérez. 2008. Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize land races grown in Colima, México. *International Journal of Tropical Insect Science*, 28: 126-129.
- Kumar, H., and J. A. Mihm. 2002. Fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage and grain yield of four maize hybrids in relation to four tillage systems. *Crop Protection*, 21: 121-128.
- Lagunes-Tejeda, A., J. C. Rodríguez-Maciel, y J. C. De Loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia*, 43: 173-196.
- Lagunes-Tejeda, A., y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo. Texcoco, México, 264 p.
- Leibee, G. L., and J. L. Capinera. 1995. Pesticide resistance in Florida insects limits management options. *Florida Entomologist*, 78: 386-399.
- Leslie, A. R. 1996. Handbook of integrate pest management for turf and ornamentals. Ed. Lewis Publishers, USA. 660 p.
- López-Edwards, M., J. L. Hernández-Mendoza, A. Pescador-Rubio, J. Molina-Ochoa, R. Lezama-Gutierrez, J. J. Hamm, B. R. Wiseman. 1999. Biological differences between five populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) collected from corn in

- Mexico. *Florida Entomologist*, 82: 254-262.
- Lu, Y. J., and M. J. Adang. 1996. Distinguishing fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) strains using a diagnostic mitochondrial DNA marker. *Florida Entomologist*, 79: 48-55.
- Malo, E. A., F. Bahena, M. A. Miranda, and J. Valle-Mora. 2004. Factors affecting the trapping of males of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) with pheromones in México. *Florida Entomologist*, 87: 288-293.
- Marenco, R. J., R. E. Foster, and C. A. Sanchez. 1992. Sweet corn response to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage during vegetative growth. *Journal of Economic Entomology*, 85: 1285-1292.
- Mexican Caribbean Golf. 2009. Disponible en línea <http://www.cancungolf.org> (Revisado el 24 de junio de 2009).
- McCord, E. Jr., and S. J. Yu. 1987. The mechanisms of carbaryl resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 27: 114-122.
- Mitchell, E. R. 1979. Migration by *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda*, North American style, pp 386-393. *In*: Rabb, R. L. and G. G. Kennedy (eds.), Management of highly mobile insects: concepts and methodology in research, North Carolina State University.
- Mitchell, E. R., J. N. McNeil, J. K. Westbrook, J. F. Silvain, B. Lalanne-Cassou, R. B. Chalfant, S. D. Pair, V. H. Waddill, A. Sotomayor-Rios, and F. I. Proshold. 1991. Seasonal periodicity of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the Caribbean Basin and northward to Canada. *Journal of Entomological Science*, 26: 39-50.
- Morillo, F., y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacialotrina y metomilo. *Entomotrópica*, 16: 79-87.

- Osorio, A., A. M. Martínez, M. I. Schneider, O. Díaz, J. L. Corrales, M. C. Aviles, G. Smaghe, and S. Pineda. 2008. Monitoring of beet armyworm resistance to spinosad and methoxifenozone in Mexico. *Pest Management Science*, 64: 1001-1007.
- Pacheco, C. J. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Son., Mexico. *Resistant Pest Management Newsletter*, 5: 3-4.
- Pair, S. D., J. R. Raulston, A. N. Sparks, J. K. Westbrook, and G. K. Douce. 1986. Fall armyworm distribution and population dynamics in the southeastern states. *Florida Entomologist*, 69: 468-487.
- Pessaraki, M. 2007. Handbook of turfgrass management and physiology. CRC Press. USA. 400 p.
- Potter, A. D. 1998. Destructive turfgrass insect: Biology, diagnosis and control. Ann Arbor Press Chelsea. Michigan. 345 pp.
- Potter, A. D. 2008. Managing insect pest of sport fields: What does the future hold?. *Acta Horticulturae*, 783: 481-498.
- Rajendra P. M. N., and M. V. C. Gowda. 2006. Mechanisms of resistance to tobacco cutworm (*Spodoptera litura* F.) and their implications to screening for resistance in groundnut. *Euphytica*, 149: 387-399.
- Reinert, J. A., M. C. Engelke, J. C. Reed, S. J. Maranz, and B. R. Wise-man. 1997. Susceptibility of cool and warm season turfgrasses to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *International Turfgrass Society Research Journal*, 8: 1003-1011.
- Shetlar, D. J. 1994. Turfgrass insect and mite management, pp 171-341. *In*: Watschke, T. L., P. H. Dernoeden, and D. J. Shetlar (eds.), Managing turfgrass pest. Lewis Publishers. USA.

- Silva, A. G., y G. R. Hepp. 2003. Bases para el manejo racional de insecticidas. Trama Impresores S. A. Chillán, Chile. 307 p.
- Silva, A. G. 2003. Resistencia a los insecticidas, pp 237-259. *In*: Silva, A. G. y G. R. Hepp (eds.). Bases para el manejo racional de insecticidas. Trama Impresores S.A. Chillán, Chile.
- Snow, J. W., and W. W. Copeland. 1969. Fall armyworm: use of virgin female traps to detect males and to determine seasonal distribution. USDA Prod. Res. Rep. 110, p. 9.
- Sparks, A. N. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. *Florida Entomologist*, 62: 82-86.
- Vilarinho, E. C., O. A. Fernandez, C. Omoto, and T. E. Hunt. 2006. Oil-Soluble Dyes for marking *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 99: 2110-2115.
- Wood, K. A., B. H. Wilson, and J. B. Graves. 1981. Influence of host plant on the susceptibility of the fall armyworm to insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 74: 96-98.
- Young, J. R. 1979. Fall armyworm: control with insecticides. *Florida Entomologist*, 62: 130-133.
- Young, J. R., and W. W. MacMillan. 1979. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 72: 202-203.
- Yu, S. J. 1983. Age variation in insecticide susceptibility and detoxification capacity of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 76: 219-222.

- Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39: 84-91.
- Yu, S. J. 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*. 85: 675-691.
- Yu, S. J., and E. McCord Jr. 2007. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Pest Management Science*, 63: 63-67.

## CAPÍTULO 5

### TOXICIDAD DE RYNAXYPYR® SOBRE ESTADOS INMADUROS DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

#### 5.1. RESUMEN

En varios campos de golf el uso de insecticidas es la única estrategia de manejo que se realiza sobre *S. frugiperda*, y se necesita conocer la toxicidad de nuevos productos para ofrecer alternativas de manejo. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de determinar si existía actividad ovicida, disminución en el consumo de alimento, y mortalidad de larvas de *S. frugiperda* con el insecticida rynaxypyr. Este insecticida pertenece a la clase diamidas antranilicas. Se evaluó la actividad ovicida sumergiendo los huevos en concentraciones del tóxico; además, se usaron dos metodologías de aplicación en los bioensayos, ingestión de dieta tratada y aplicación tópica al protórax, ambas sobre larvas del tercer instar. La mortalidad se registró a las 24 horas, en el caso de ingestión, se colectaron las excretas al inicio del proceso de pupación. Rynaxypyr no presentó actividad ovicida en las dosis evaluadas. Las larvas del tercer instar de *S. frugiperda* mostraron susceptibilidad a los dos procedimientos de bioensayos de laboratorio. Los insectos alimentados con dieta con insecticida tuvieron una  $CL_{50}$  de 0.00001  $\mu\text{g/larva}$  y una  $CL_{95}$  de 0.0155  $\mu\text{g/larva}$ . En la aplicación tópica se observó una  $DL_{50}$  de 0.0008  $\mu\text{g/larva}$ . Mientras que la dosis letal 95 ( $DL_{95}$ ) fue de 0.2874  $\mu\text{g/larva}$ .

Palabras clave: Insecticidas, ingestión, aplicación tópica, efectos ovicidas.

## 5.2. ABSTRACT

It is so common to use insecticides as first tool to manage *Spodoptera frugiperda* on many golf courses, and it is necessary to know toxicity of new product to offer management alternatives. This work was developed to determine ovicide effect, food ingest diminution and mortality of *S. frugiperda* larvae with Rynaxypyr<sup>®</sup> insecticide (Anthranilic diamine). The eggs were surmerge on insecticides dilutions, for the 3er instar larvae topic application and contaminated diet ingestion were used. Mortality was evaluated 24 h after treatments, in the case of diet ingestion method, all the heces were collected before pupation. Rynaxypyr<sup>®</sup> did not show ovicide effect on the evaluated dilutions, but larvae were susceptible to both application methods. For diet with insecticide we got CL<sub>50</sub> of 0.00001 µg/larva, and CL<sub>95</sub> of 0.0155 µg/larva. About the topic application the DL<sub>50</sub> was 0.0008 µg/larva, and DL<sub>95</sub> was 0.2874 µg/larva.

Key words: Insecticides, ingestion, topic application, ovicide effects.

## 5.3. INTRODUCCIÓN

*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las plagas de mayor importancia en diferentes especies de céspedes como *Cynodon dactylon* (L.), *Lolium perenne* (L.), y *Agrostis* spp. en los Estados Unidos y Canadá ( Andrews 1980, Lu y Adang 1996, Reinert *et al.* 1997, Potter 1998, Vittum *et al.* 1999, Kumar y Mihm 2002). En México, de 2007 a 2008 se corroboró la presencia de esta plaga causando daños severos al césped *Paspalum vaginatum* (Swartz) de los campos de golf de la Riviera Maya (capítulo 3 de este trabajo).

A pesar de la existencia de otras medidas de control que pueden ayudar a la

implementación de un manejo integrado de *S. frugiperda* la estrategia de manejo más generalizada, en campos de golf y en cultivos agrícolas, es el uso de insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Moreira *et al.* 1989, Yu 1991, Adamczyc *et al.* 1999, Diez-Rodriguez y Omató 2001, Yu *et al.* 2003). La continua utilización del control químico puede dar como resultado la eliminación de enemigos naturales, pérdida de la eficacia del producto, además de efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente (Pacheco-Covarrubias 1993, McConnell y Hruska 1993, Tinoco y Halperin 1998).

Dada la capacidad de muchos insectos plaga, entre ellos *S. frugiperda*, para desarrollar resistencia a insecticidas, la industria de agroquímicos investiga y desarrolla productos con modos de acción diferente que proporcionan control de los insectos problema, y pueden usarse para manejar la resistencia. Además, algunos productos con nuevos modos de acción pueden tener menor impacto a los enemigos naturales y al ambiente (Cordova *et al.* 2007).

Existe evidencia de la resistencia de *S. frugiperda* a insecticidas de dos grupos toxicológicos (piretroides y carbamatos) de uso común en la Riviera Maya (capítulo 4). Contar con un insecticida con diferente modo de acción podría proporcionar algunas ventajas para manejar la resistencia en ese lugar. En este contexto, existe una nueva clase de insecticidas, las diamidas antranilica, dentro de la cual se encuentra el “rynaxypyr”. Este producto es un activador de los receptores de rianodina en los insectos y causa deterioro en la regulación de la contracción muscular. Si es efectivo contra lepidópteros podría ofrecer una alternativa para las estrategias del manejo de estas plagas (Cordova *et al.* 2006, Cordova *et al.* 2007, Lahm *et al.* 2007), pero se requiere información sobre su efecto en los diferentes estados de desarrollo del insecto. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar si existía actividad ovicida, disminución en el consumo de alimento, y mortalidad de larvas de *S.*

*frugiperda* con el insecticida rynaxypyr.

## 5.4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.4.1. Cría de insectos

Los ejemplares de *S. frugiperda* utilizados en este estudio se obtuvieron de una colonia susceptible, proporcionada por el área de Toxicología del Colegio de Postgraduados, la cual se había mantenido libre de presión de selección en laboratorio durante ~ 5 años sobre la misma dieta artificial y mantenida en una cámara de cría a  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $75\pm 10\%$  H.R. y fotoperiodo de 14:10 h luz: oscuridad. Las larvas de *S. frugiperda* se alimentaron con dieta artificial (Southland Products Inc.®) hasta la obtención de pupas. Éstas se colocaron en cajas Petri con papel absorbente, y se mantuvieron en jaulas de organza con armazón de alambre (25x25x35 cm) donde emergieron los adultos que se alimentaron con solución azucarada al 10%. Grupos de 20 adultos, sin distinción de sexo, se colocaron en bolsas de papel de estraza para la oviposición. Los huevos se colectaron diariamente y se mantuvieron en un recipiente de plástico (16x16x7.5 cm) con ventilación hasta la emergencia de las larvas, mismas que se transfirieron a recipientes (25 mL de capacidad) con dieta de manera individual.

### 5.4.2. Insecticidas

En este trabajo se utilizó el insecticida rynaxypyr CORAGEN®, 20% de pureza, Cía. DuPont México, S. A de C. V. (Diamida antranilica o Antranilamidas). Las concentraciones necesarias de insecticida se prepararon utilizando agua destilada.

### 5.4.3. Procedimiento experimental

#### 5.4.3.1. Actividad ovicida y efecto ovi-larvicida (larvas emergidas de huevos tratados)

Para este ensayo se colectaron masas de entre 100 y 250 huevos, de 24 y 48 horas de edad, de hembras de *S. frugiperda*. Estas masas se encontraban adheridas a las bolsas de papel de estraza, por lo que fue necesario recortar cuidadosamente rectángulos de papel (1.5 x 1.0 cm) donde se encontraban los huevos.

Para determinar los límites de respuesta al insecticida rynaxypyr, o lo que se conoce como la ventana de respuesta biológica, que comprendió el uso de siete dosis, éstas fueron 0.0000001, 0.000001, 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01 y 0.1%, para detectar porcentajes de emergencia de larvas en el intervalo 0 a 100. Una vez que se prepararon las dosis del producto, y se colectaron las masas de huevos suficientes, los rectángulos de papel junto con los huevos se sumergieron durante 5 segundos en la concentración respectiva. Se evaluaron dos grupos de concentraciones, unas disueltas con agua destilada solamente, y otra serie disueltas en agua destilada y la adición del surfactante-penetrante éter de polietilenglicol dodecil (INEX-A<sup>®</sup>), a dosis de 2 c.c./ L de agua. Los testigos se sumergieron en agua destilada, y en agua destilada más INEX-A respectivamente. Posteriormente los rectángulos de papel de estraza con las masas de huevos tratados se dejaron secar al ambiente por un periodo de 120 minutos, para eliminar el exceso de humedad, y se transfirieron a una caja de Petri de 5 cm de diámetro y 1 cm de altura con ventilación. Cada tratamiento contó con tres repeticiones y cada una de éstas consistió de un rectángulo de papel de estraza con huevos tratados o sin tratar. Se registró durante 4 días consecutivos, el número de huevos que eclosionaban de cada tratamiento. Después de la eclosión de los huevos de cada tratamiento se seleccionaron 20 larvas al azar, y se colocaron en vasos de plástico de 25 ml con dieta

artificial sin tratar (2 larvas por vaso). Diariamente, durante 5 días, se registro la mortalidad de estas larvas considerando muestras aquellas que no tenían movilidad y presentaban coloración oscura.

#### 5.4.3.2. Toxicidad por aplicación tópica sobre larvas

Se siguió la metodología de aplicación tópica propuesto por “The American Entomological Society” (Anónimo 1970). Ésta consiste en depositar 1  $\mu\text{L}$  de una concentración conocida del insecticida, diluido en agua destilada, en el pronoto de larvas del tercer instar (6 a 7 días de edad). Para la aplicación del insecticida se utilizó una jeringa Hamilton para cromatografía de 500  $\mu\text{L}$ , acoplada a un microaplicador manual de repetición. Primero se determinaron los límites de respuesta biológica al insecticida mediante la realización de la ventana de respuesta biológica, que comprendió el uso de dosis de 0.0000001, 0.000001, 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01 y 0.1%, para detectar porcentajes de mortalidad del insecto en el intervalo de cero a 100. Enseguida se intercalaron dosis logarítmicas entre estos límites, para efectuar el experimento completo. Se manejaron 14 dosis en total, con cuatro repeticiones además de un testigo al que sólo se le aplicó agua destilada. Para cada dosis y repetición se utilizaron 10 larvas de  $45 \pm 3$  mg de peso. Las larvas de cada tratamiento se mantuvieron individualmente en vasos de plástico (25 mL) con dieta artificial sin insecticida, y en las condiciones ambientales que ya se describieron.

El registro de la mortalidad se realizó 24 horas después de la aplicación de los tratamientos. El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo absoluto fue de 10%. Se consideró larva muerta a aquella que no mostró capacidad para moverse, desplazarse, o cambiar de posición cuando se ejerció presión en el abdomen con una pinza entomológica.

#### 5.4.3.3. Toxicidad por ingestión

Se siguió la metodología de ingestión de dieta contaminada, esta consiste en alimentar continuamente larvas del tercer instar (6 a 7 días de emergidas) con dieta artificial mezclada una concentración conocida del insecticida, en este caso rynaxypyr. Al igual que en la aplicación tópica, en este bioensayo se determinó por medio de la ventana de respuesta biológica, que comprendió el uso de dosis de 0.000000001, 0.00000001, 0.0000001, 0.000001, 0.00001, 0.0001, 0.001 y 0.1%, los porcentajes de mortalidad del insecto en el intervalo de cero a 100. Enseguida se intercalaron dosis logarítmicas entre estos límites, en un rango de concentraciones, mismas que se incluyeron en 10 ml de agua y se mezclaron con la dieta durante el proceso de preparación. En total se manejaron de 14 dosis con cuatro repeticiones, estas se realizaron en días consecutivos, además de un testigo que se alimentó con dieta sin insecticida. Para cada dosis y repetición se utilizaron 10 larvas de  $45 \pm 3$  mg de peso. Las larvas se mantuvieron individualmente en vasos de plástico, con capacidad de 25 mL, con 1 g de dieta artificial con o sin insecticida y en las mismas condiciones de temperatura y fotoperiodo que la colonia de cría.

El registro de la mortalidad se realizó 24 horas después de la aplicación de los tratamientos. El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo absoluto fue de 10%. Se consideró larva muerta a aquella que mostró incapacidad para moverse, desplazarse, o cambiar de posición cuando se ejerció presión en el abdomen con una pinza entomológica.

#### 5.4.3.4. Consumo de dieta por larvas

Aquellas larvas que no murieron a las 48 horas por efecto del insecticida se continuaron alimentando con dieta con su correspondiente tratamiento de insecticida, o sin

tratar (testigo). Cuando las larvas comenzaron el proceso de pupación se colectaron todas las excretas de cada larva de manera individual. Dichas excretas se colectaron en bolsas de papel glasé y se colocaron en una incubadora PERCIVAL<sup>®</sup> a  $45\pm 2^{\circ}\text{C}$  por cinco días para eliminar el exceso de humedad, posteriormente se registró el peso seco de excretas por larva en aquellos tratamientos donde la supervivencia fue de al menos 50%.

#### 5.4.4. Análisis estadístico

Para conocer la dosis letal ( $DL_{50}$ ,  $DL_{95}$ ) y concentración letal ( $CL_{50}$  y  $CL_{95}$ ) de la población tratada por medio de aplicación tópica e ingestión, se analizaron los datos obtenidos con el programa POLO-PC (1987). Cuando los límites de confianza al 95% no se traslapaban, los valores de las  $CL_{50}$  se considerarán significativamente diferentes.

Los datos del ensayo de consumo de dieta de larvas que no murieron a las 48 horas tratadas con rynaxypyr se sometieron a un análisis de varianza para conocer si al menos uno de los tratamientos era diferente (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ), después de comprobar la existencia de diferencias significativas, se realizó una prueba de separación de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ). Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación simple entre las concentraciones de rynaxypyr y el promedio de consumo de dieta por larva por día utilizando el procedimiento PROC CORR (SAS Institute 2009), con la finalidad de conocer la relación entre el incremento de las dosis y la disminución del consumo.

## 5.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.5.1. Actividad ovicida y efecto ovi-larvicida

Después de 4 días de evaluación, se observó que las concentraciones que se evaluaron

del insecticida rynaxypyr sobre huevos de 24 y 48 horas de edad de *S. frugiperda* no produjeron ningún efecto ovicida, pues se presentó una eclosión del 100% de los huevos. Lo anterior ocurrió tanto en las concentraciones diluidas solamente con agua destilada, como en aquellas en las que además se les adicionó el surfactante-dispersante INEX-A<sup>®</sup>.

Estos resultados pueden deberse al menos a dos situaciones. La primera es que el producto no tiene actividad ovicida, en contraste a lo que dice la información técnica del producto (DuPont 2008). La segunda pudiera ser atribuible a que el agua destilada, o en combinación con el surfactante INEX no facilitó la penetración del insecticida al huevo. Pineda *et al.* (2004) determinaron la CL<sub>50</sub> de spinosad sobre huevos de edades entre 24 y 28 horas de *Spodoptera littoralis* (Boisdual). Ellos utilizaron acetona como diluyente, y encontraron que la acetona tenía la capacidad de penetrar el corion de los huevos de esa especie y permitía la entrada del insecticida. Por otro lado, Adán *et al.* (1996) mencionaron que los solventes orgánicos pueden facilitar la deposición y penetración de los insecticidas en la cutícula de los insectos. Contrario a lo que sucedió en este caso, el insecticida rynaxypyr, en la presentación que se utilizó, no se diluyó en acetona u alcohol, por lo que se fue necesario utilizar agua destilada como diluyente. Las larvas que emergieron de los huevos de los tratamientos con insecticida se mantuvieron en observación por 5 días consecutivos. Tampoco se registró mortalidad en ninguna de estas larvas, se pensó que si alguna de ellas había consumido el corión con restos de insecticida pudiera mostrar algún efecto en su desarrollo posterior pero no fue así. Esta ausencia de mortalidad en estas larvas puede deberse a que las masas de huevecillos de *S. frugiperda* se encuentran cubiertas por una masa de escamas, y es probable que tenga la función de una barrera física, evitando que la cantidad de residuos del tóxico depositado en el corion sea insuficiente para causar la muerte de las larvas

que se alimentaron de restos del corión. Los resultados del presente trabajo, no coinciden con lo reportado en la literatura. El producto rynaxypyr (Coragen<sup>®</sup>) es particularmente potente contra larvas recién emergidas (actividad ovi-larvicida), y que la actividad ovicida es variable dependiendo de la especie plaga. También se considera que la actividad ovicida se incrementa cuando los huevos son colocados en superficies tratadas con dosis pequeñas (DuPont 2008).

#### 5.5.2. Toxicidad de larvas por aplicación tópica e ingestión

Las larvas del tercer instar de *S. frugiperda* mostraron susceptibilidad al insecticida rynaxypyr por ingestión y aplicación tópica. Cuando rynaxypyr se mezcló con la dieta artificial, se obtuvo un valor de 0.00001 µg/larva en la concentración letal 50 (CL<sub>50</sub>) y 0.0155 µg/larva para la CL<sub>95</sub>. Mientras que la dosis letal 50 (DL<sub>50</sub>) y la dosis letal 95 (DL<sub>95</sub>) que se obtuvo por aplicación tópica de rynaxypyr en larvas del tercer instar fue de 0.0008 y 0.2874 µg/larva, respectivamente (Cuadro 1). En general, los resultados de este bioensayo indican que rynaxypyr fue más tóxico por ingestión, que por aplicación tópica en larvas de *S. frugiperda* de tercer instar. Se menciona que rynaxypyr (Coragen<sup>®</sup>) es potente y eficaz contra una amplia gama de lepidópteros de importancia económica. Además, proporciona un control con uno o dos órdenes de magnitud más potente contra las plagas en comparación con estándares comerciales (DuPont 2008). Investigadores de la empresa DuPont realizaron un bioensayo donde se alimentaron larvas del tercer instar de *Heliothis virescens* (Fabricius) y *Plutella xylostella* (Curtis) con hojas tratadas con el insecticida y obtuvo valores para la CL<sub>50</sub> de 0.1 ppm y 0.05 ppm, respectivamente. Por otro lado Cordova *et al.* (2006), realizaron un ensayo con larvas del tercer instar del *S. frugiperda* y *H. virescens* con hojas tratadas, ellos encontraron valores de la CL<sub>50</sub> de 20 ppm, e indicaron que las diamidas antranilicas,

específicamente el grupo 1-pyridylpyrazole, eran 50 veces más activas contra *S. frugiperda* que cipermetrina, y tres veces más que indoxacarb.

Temple *et al.* (2009) evaluaron tres métodos de aplicación del insecticida rynaxypyr (dieta tratada con insecticida, aplicación tópica, y residuos de insecticidas en vial) contra *Helicoverpa zea* (Boddie), *S. frugiperda*, y *H. virescens* (Fabricius). En estos experimentos las larvas mostraron susceptibilidades similares, y se obtuvieron valores de la CL<sub>50</sub> de 0.02 – 0.09 ppm para el caso de la dieta, en la aplicación tópica las DL<sub>50</sub> iban de 0.52 a 1.52 mg / g de peso de larvas, y 1.71 mg / vial para adulto.

Los resultados en este trabajo indican que para obtener un efecto similar en la mortalidad al 50%, entre el método por ingestión y la aplicación tópica, se requiere incrementar 80 veces la dosis.

Cuadro 1. Toxicidad del insecticida rynaxypyr sobre larvas del tercer instar de *Spodoptera frugiperda*

Método de aplicación	n†	b ± ES‡	DL50 § (95% LC)φ	DL95 § (95% LC) φ	Pr>χ²□
(a)Tópica	600	0.64 ± 0.46	0.0008 (0.0005-0.0011)	0.2874 (0.1253-0.8326)	11.3
	n†	b ± ES‡	CL50 § (95% LC)φ	DL95 § (95% LC) φ	Pr>χ²□
(b) Ingestión	520	0.51 ± 0.45	0.00001 (0.00001-0.00002)	0.0155 (0.0027-0.2624)	17.6

† Número total de larvas tratadas, ‡ Error estándar de la pendiente, § Concentración letal= µg/insecto, φ Límites de confianza al 95% , □ Probabilidad de que la línea log Dosis-Probit ajuste a una línea recta

### 5.5.3. Consumo de dieta por larvas de *S. frugiperda*

A los 8 días después de la aplicación de los tratamientos, se detectaron diferencias

significativas entre tratamiento respecto al promedio de consumo por larva por día ( $F= 66.62$ ; g.l. 3, 132;  $P < 0.0001$ ). En términos generales, había un decremento en el promedio de consumo de los tratamientos con insecticida en comparación con el testigo (Cuadro 2). Pero quizá, sea más conveniente usar los resultados de la correlación simple, esta prueba indicó una correlación negativa ( $r= -0.73894$ ,  $P < 0.0001$ ) entre las dosis de insecticida en la dieta y el promedio de consumo por larva por día. Es decir, el incremento de las concentraciones o dosis de insecticida en la dieta redujo el promedio de consumo por larva por día. Es importante señalar también, que en este trabajo no fue evidente el cese de la alimentación, contrario a los que se reporta para rynaxypyr que provoca que las plagas dejen de alimentarse a los pocos minutos de la ingestión (DuPont 2008). En la misma referencia se señala que en larvas del tercer instar de *Spodoptera exigua*, expuestas a residuos de insecticidas en hojas de tomate, el cese de la alimentación se presentó a sólo 7 minutos de haber iniciado la ingestión a una dosis de 0.044 lb i.a/A (0.0493 Kg i.a/ ha).

Cuadro 2. Comparación del promedio de consumo por larva por día de *S. frugiperda* alimentadas con dieta con rynaxypyr desde el tercer instar hasta iniciado el proceso de pupación (8d).

Tratamiento	N	Media de consumo (g)*	Tukey**
Testigo	40	0.0183000	A
0.000000001	39	0.0111538	B
0.0000000035	34	0.0082647	C
0.00000001	23	0.0063913	C

\*Promedio de consumo por larva por día.

\*\*Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

Con los resultados de este trabajo, se puede concluir que rynaxypyr muestra efectos de contacto e ingestión contra larvas del tercer instar de *S. frugiperda* a dosis relativamente bajas. Estos datos servirán como línea base para futuros trabajos en los se evalúen las variaciones en el cambio de la susceptibilidad de esta especie plaga a rynaxypyr. Este insecticida es un compuesto con potencial para el control de *S. frugiperda* en campos de golf y en algunos cultivos agrícolas. La aplicación cuidadosa y correcta de este insecticida con un cubrimiento total al césped se puede asegurar que las larvas entren en contacto directo con el insecticida u ocurra la ingestión por la larva del pasto contaminado.

## 5.6. AGRADECIMIENTOS

Al consorcio Iberostar Playa Paraíso Golf Club por el financiamiento parcial para el desarrollo de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para la realización de estudios de doctorado de la autora. A la empresa DuPont Mexico, S. A. de C. V. por proporcionar el insecticidas que se utilizó en este trabajo.

## 5.7. LITERATURA CITADA

- Adamczyk, Jr., J. J., B. R. Leonard, and J. B. Graves. 1999. Toxicity of select insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. *Florida Entomologist*, 82: 230-236.
- Adán, A., P. Del Estal, F. Budia, M. González, and E. Viñuela. 1996. Laboratory evaluation of the novel naturally derived compound spinosad against *Ceratitidis capitata*. *Pesticide Science*, 48: 261-268.
- Andrews, K. L. 1980. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and

- neighboring areas. *Florida Entomologist*, 63: 456-467.
- Anonymous. 1970. Second conference on test methods for resistance in insects of agricultural importance. *Bulletin of the Entomological Society of American*, 16:147-153.
- DuPont. 2008. Technical bulletin. DuPont™ Coragen® insect control powered by RYNAXYPYR®, DuPont, The miracles of science™. 16 p.
- Cordova, D., E. A. Benner, M. D. Sacher, J. J. Rauh, J. S. Sopa, G. P. Lahm, T. P. Selby, T. M. Stevenson, L. Flexner, S. Gutteridge, D. F. Rhoades, L. Wu, R. M. Simth, and Y. Tao. 2006. Anthranilic diamides: a new class of insecticide with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84:196-214.
- Cordova, D., E. A. Benner, M. D. Sacher, J. J. Rauh, J. S. Sopa, G. P. Lahm, T. P. Selby, T. M. Stevenson, L. Flexner, S. Gutteridge, D. F. Rhoades, L. Wu, R. M. Simth, and Y. Tao. 2007. The novel mode of action of anthranilic diamide insecticides: ryanodine receptor activation. American Chemical Washington, D.C., 98: 223-234.
- Diez-Rodriguez, G. I., and C. Omato. 2001. Inherence of lamda-cyhalotrin resistance in *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 30: 311-316.
- Kumar, H., and J. A. Mihm. 2002. Fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae), southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage and grain yield of four maize hybrids in relation to four tillage systems. *Crop Protection*, 21: 121-128.
- Lahm, G. P., T. M. Stevenson, T. P. Selby, J. H. Freudenberger, D. Cordova, L. Flexner, C. A. Bellin, C. M. Dubas, B. K. Smith, K. A. Hughes, J. G. Hollingdhaus, C. E. Clark, and

- E. A. Benner. 2007. Rynaxypyr<sup>TM</sup>: a new insecticidal anthracnilic diamida that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17: 6274-6279.
- Lu, Y. J., and M. J. Adang. 1996. Distinguishing fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) strains using a diagnostic mitochondrial DNA marker. *Florida Entomologist*, 79: 48-55.
- McConnell, R., and A. Hruska. 1993. An epidemic of pesticide poisoning in Nicaragua: implications for prevention in developing countries. *American Journal of Public Health*, 83: 1559-1562.
- Moreira, M., A. Bejarano, y V. Segovia. 1989. Control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith) utilizando insecticidas sistémicos y granulados bajo diferentes formas de aplicación. *Agronomía Tropical*, 39: 281-287.
- Pacheco-Covarrubias, J. 1993. Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. *Resistant Pest Management Newsletter*, 5: 3-4.
- Pineda, S., F. Budia, M. I. Schneider, A. Gobbi, E. Viñuela, J. Valle, and P. Del Estal. 2004. Effect of two biorational insecticides, spinosad and methoxyfenozide, on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology*, 97: 1906-1911.
- Potter, A. D. 1998. Destructive turfgrass insect: Biology, diagnosis and control. Ann Arbor Press Chelsea. Michigan. 345 p.
- Raulston, J. R., S. D. Pair, A. N. Sparks, J. Loera, F. A. Pedraza, S. Jimenez, A. Palamon, A. Ortega, J. Ruiz Sánchez, P. Marquez, H. Ruelas, J. Perez, R. Rodriguez, H. Carrillo, R. Archundia, and F. Herrera. 1986. Fall armyworm distribution and population dynamics

- in the Texas-Mexico Gulf Coast Area. *Florida Entomologist*, 69: 455-468.
- Reinert, J. A., M. C. Engelke, J. C. Reed, S. J. Maranz, and B. R. Wise-man. 1997. Susceptibility of cool and warm season turfgrasses to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *International Turfgrass Society Research Journal*, 8: 1003–1011.
- SAS Institute Inc. 2000. SAS/STAT user's guide, version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Temple, J. H., P. L. Pommireddy, D. R. Cook, P. Marçon, and B. R. Leonard. 2009. Susceptibility of selected lepidopteran pest to Rynaxypyr®, a novel insecticide. *The Journal of Cotton Science*, 13: 23-31.
- Tinoco, R., and D. Halperin. 1998. Poverty, production and health: Inhibition of erythrocyte cholinesterase through occupational exposure to organophosphate insecticides in Chiapas, Mexico. *Archives of Environmental Health*, 53: 29-35.
- Vittum, P. J., M. G. Villani, and H. Tashiro. 1999. Turfgrass Insects of the United States and Canada. Cornell University Press, Ithaca, NY. 422 p.
- Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39: 84-91.
- Yu, S. J., S. N. Nguyen, and G. E. Abo-Elghar. 2003. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77: 1-11.

## CAPÍTULO 6

### 6.1 CONCLUSIONES GENERALES

En México los campos de golf son un sector en crecimiento, actualmente se conoce de una extensión aproximada de 6,330 hectáreas. Además, son un atractivo imprescindible en la industria turística, y representan inversión importante para el sector. Desafortunadamente, los céspedes no son considerados cultivos agrícolas y probablemente eso tenga como consecuencia que esta área no tiene atención por parte de las instituciones de investigación en el país. Quizá por esta razón, en nuestro país no existe un diagnóstico de los problemas de plagas en los campos de golf, tampoco en el área de nutrición ni en el uso de agroquímicos. Entonces, los encargados de los campos en México realizan sus medidas de manejo con base en información de otros lugares, principalmente de Estados Unidos.

Debido a la escasa información sobre problemas fitosanitarios en los campos de golf de la Riviera Maya, Quintana Roo, y a la importancia de esta industria en la zona, este trabajo abordó temas relevantes sobre las plagas presentes en los campos de la zona de estudio, su fluctuación poblacional, y la susceptibilidad a insecticidas.

#### 6.1.1. Principales plagas de la zona y fluctuación poblacional

Se detectó por primera ocasión en el estado de Quintana Roo a *Sphenophorus venatus vestitus* (Coleoptera: Curculionidae). Este insecto causa daños importantes al césped de los campos del golf de la zona, y se considera de interés cuarentenario para el país por la Dirección General de Sanidad Vegetal. Al parecer, la plaga presenta ciclos anuales pero no hubo oportunidad de conocer su biología. Se describe e ilustra la genitalia de esta subespecie, y de tres especies de otros lugares del país que puede ayudar a la identificación.

También se registró a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) como plaga de importancia sobre céspedes en la zona. Esta especie tiene múltiples generaciones al año por lo que se realizó su fluctuación poblacional. Después de 11 meses de captura de machos, con trampas tipo ala cebadas con feromonas sexuales sintéticas, se demostró que la actividad de adultos sucede a lo largo del año en el campo de golf Iberostar Playa Paraíso, en Quintana Roo. Además se encontró un marcado incremento en la población de machos en el periodo de julio-octubre, periodo que coincide con la temporada de lluvias en la región.

#### 6.1.2. Susceptibilidad de *S. frugiperda* a insecticidas

Las poblaciones de *S. frugiperda* proveniente de un campo de golf del Estado de Quintana Roo, mostraron altos niveles de resistencia a los insecticidas lambdacialotrina, deltametrina, ciflutrina y metomilo. Para la mortalidad al 50%, en relación con la población susceptible, se encontró que la proporción de resistencia ( $RR_{50}$ ) más elevada se presentó en el siguiente orden, deltametrina 1002.2×, lambdacialotrina 204.5×, metomilo 183.0× y ciflutrina 162.7×.

Con respecto a una evaluación de un insecticida (Rynaxypyr<sup>®</sup>), de reciente ingreso al mercado nacional, sobre larvas de *S. frugiperda*, se encontró que este producto muestra efectos de contacto e ingestión a dosis relativamente bajas. Los insectos alimentados con dieta con insecticida tuvieron una  $CL_{50}$  de 0.00001  $\mu\text{g/larva}$  y una  $CL_{95}$  de 0.0155  $\mu\text{g/larva}$ . En la aplicación tópica se observó una  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$  de 0.0008 y 0.2874  $\mu\text{g/larva}$ , respectivamente. Estos datos servirán como línea base para futuros trabajos en los se evalúen las variaciones en el cambio de la susceptibilidad de esta especie plaga a este producto. Este insecticida es un compuesto con potencial para el control de *S. frugiperda* en campos de golf, pero se deben

seguir el manejo de la resistencia dentro del resto de las prácticas de manejo de plagas.

## 6.2 RECOMENDACIONES GENERALES

La información obtenida con este trabajo pueden ser la base para iniciar investigación en los campos de golf del estado de Quintana Roo. Se recomienda realizar un estudio que permita conocer la relación existente entre el incremento en la población de adultos de *S. frugiperda* y el número de larvas presentes en el campo. Adicionalmente, se deben evaluar los daños causados por las larvas en las temporadas de mayor abundancia, como herramientas importantes para las decisiones de manejo.

Es necesario implementar un programa de manejo de la resistencia que permita bajar los niveles de susceptibilidad de *S. frugiperda* a los insecticidas organosintéticos utilizados en la zona, y con ello alargar la vida útil de estas herramientas de manejo.

Se debe realizar investigación sobre el uso de agentes biológicos como hongos y nematodos que puedan ser usados en los campos de golf como una herramienta de control de las especies plaga identificadas en la zona de la Riviera Maya.

Sin duda alguna, el llevar a cabo una aplicación cuidadosa y correcta de los plaguicidas es fundamental para que estos sean efectivos. Debido a que varios técnicos encargados de los campos de golf no tuvieron una formación agronómica, sería conveniente que recibieran cursos de capacitación. Quizá, esta sería una excelente oportunidad para que las universidades pudieran empezar a interactuar con esta importante industria en el país, y en el mediano plazo generar información en los lugares donde están los problemas en México en beneficio de ambas instituciones.