

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

ENEMIGOS NATURALES ASOCIADOS AL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ  
*Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN NAYARIT, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PRESENTA

MARIO ORLANDO ESTRADA VIRGEN

XALISCO NAYARIT, MARZO DE 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/046/13

Xalisco, Nayarit , 11 de marzo de 2013

Ing. Alfredo González Jáuregui  
Director de Administración Escolar  
P r e s e n t e .

Con base al oficio de fecha 04 de marzo de 2013, enviado por los CC. Dr. Octavio Jhonathan Cambero Campos, Dr. Agustín Robles Bermúdez, M.C. Carlos Rubén Carvajal Cazola, M.C. Néstor Isiordia Aquino, Dr. Claudio Ríos Velasco, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza al C. Mario Orlando Estrada Virgen, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Por lo Nuestro a lo Nuestro"



Dr. J. Diego García Paredes  
COORDINADOR DEL POSGRADO EN  
CIENCIAS BIOLÓGICO  
AGROPECUARIAS

C.c p.-Expediente.

JDDP/ref.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

C. DR. JUAN DIEGO GARCIA PAREDES.  
COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP.  
PRESENTE.-

Xalisco Nayarit, 04 de Marzo de 2013

Los suscritos integrantes del Cuerpo Tutorial para asesorar la Tesis titulada: Enemigos Naturales Asociados al Gusano Cogollero del Maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México, que presenta el C. Mario Orlando Estrada Virgen para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con opción terminal en Ciencias Agrícolas, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.

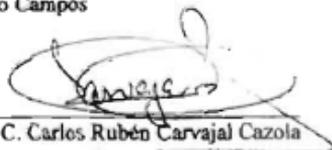
Sin otro asunto que tratar, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE



Dr. Agustín Robles Bermúdez  
Co-Director

JONATHAN CAMBERO C  
Dr. Octavio Jhonathan Cambero Campos  
Director



M. C. Carlos Rubén Carvajal Cazola  
Asesor



M.C. Néstor Isordia Aquino  
Asesor



Dr. Claudio Ríos Velasco  
Asesor

## DEDICATORIAS

### A mis padres.

Mario Estrada Palomera

María Imperio Virgen Palomera

Gracias por creer en mí y apoyarme a salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada una de mis metas, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

### A mis hermanos.

Diego, Maritza

Por estar a mi lado en esos momentos de alegría y representar la unidad familiar

### A mi novia.

Ndahita (La Greñuda)

Quien a lo largo de este tiempo juntos me ha apoyado en momentos importantes. Gracias por escucharme y ser parte de mi vida; siendo lo mejor que me ha pasado.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Nayarit**, Por ser mi segundo hogar y por haberme permitido formarme dentro de sus aulas como un profesionista.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo otorgado para la realización de esta tesis

### A mi cuerpo de asesores

Al **Dr. Octavio Jhonathan Cambero Campos** gracias por haber hecho posible esta oportunidad de sumergirme en el campo de la entomología agrícola. en todo momento me ha apoyado y ha sabido orientar esta investigación, agradezco profundamente su forma de haber dirigido mi trabajo. Ha parecido más una colaboración que una dirección

Al **Dr. Agustín Robles Bermúdez** por su disponibilidad, confianza y por sus grandes aportaciones hechas a este trabajo de investigación.

Al **M. C. Carlos Rubén Carvajal Cazola** por las importantes aportaciones hechas a este trabajo de investigación.

Al **M.C. Néstor Isiordia Aquino** por sus sugerencias y comentarios atinados en la realización de esta investigación.

Al **Dr. Claudio Ríos Velasco** por su amistad, disponibilidad y haber apoyado mi estancia de investigación.

Al **Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Cuahémec** por haber permitido llevar a cabo mi estancia y realizar gran parte de mi investigación en sus instalaciones.

ENEMIGOS NATURALES ASOCIADOS AL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ  
*Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN NAYARIT, MÉXICO

MARIO ORLANDO ESTRADA VIRGEN  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

RESUMEN

Con el objetivo de conocer los enemigos naturales del cogollero del maíz en el municipio de Xalisco, Nayarit, se realizaron muestreos semanales de larvas de *Spodoptera frugiperda* durante los meses de Septiembre-Noviembre del 2011 y Septiembre del 2012, en parcelas infestadas en el Campo Experimental de la Unidad Académica de Agricultura (UAA). En cada muestreo se recolectaron 100 larvas al azar de los tres primeros estadios. Los parasitoides fueron recuperados, etiquetados y conservados en alcohol al 70 % para su posterior montaje e identificación. Los entomopatógenos recuperados fueron purificados e identificados acorde a sus características microscópicas y macroscópicas. De 13 muestreos, se recolectaron 1300 larvas, de ellas se obtuvieron 387 muertas por enemigos naturales como *Cotesia* sp. (0.3%) y *Chelonus insularis* (3.9%) pertenecen a la familia Braconidae, *Pristomerus spinator* (1.1%), *Campoletis* sp. (0.3%) y *Hyposoter* sp. (0.1%) a Ichneumonidae y un Tachinido *Archytas marmoratus* (0.07%). Finalmente se aislaron dos hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (3.7%) y *Nomuraea rileyi* (8.9%) y un Nucleopolyhedrovirus (11%) SIMNPV (Baculoviridae). El porcentaje de parasitismo total fue de 29.7%, lo cual genera un potencial de uso en programas de control biológico por conservación.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIAS .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Importancia del maíz.....	3
2.2 Cultivo de maíz en Nayarit.....	3
2.3 Problemática fitosanitaria del maíz.....	4
2.4 Importancia de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	4
2.4.1 Clasificación taxonómica.....	6
2.4.2 Biología y morfología.....	6
2.4.3 Origen y distribución.....	8
2.4.4 Plantas hospederas.....	9
2.4.5 Daños.....	10
2.5 Métodos de control.....	10
2.5.1 Control cultural.....	11
2.5.2 Control químico.....	11

	Página
2.5.3 Control biológico.....	13
2.5.3.1 Principales enemigos naturales de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	13
CAPITULO III. ARTICULO CIENTÍFICO.....	27
CAPITULO IV. CONCLUSIONES.....	36
CAPITULO V. LITERATURA CITADA.....	37

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

No.	Cuadros	Página
1.	Plagas del maíz.....	5
2.	Enfermedades del maíz.....	5
3.	Moléculas autorizadas para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> en México.....	12
4.	Parasitoides registrados para <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidóptera: Noctuidae).....	16
<b>Figuras</b>		
1.	Importancia de <i>Spodoptera frugiperda</i> en maíz. Tomado de CESAVEG, 2010.....	6
2.	<i>Spodoptera frugiperda</i> : a) Adulto, b) Masa de huevecillos, c) Larvas y d) Pupa.....	8
3.	Distribución de <i>Spodoptera frugiperda</i> en América.....	9
4.	Daños causados al follaje y cogollo de la planta de maíz en sus primeras etapas de desarrollo, por larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	10
5.	Ciclo de infección de los <i>Nucleopolyhedrovirus</i> .....	21
6.	Ciclo de infección de los hongos entomopatógenos.....	24

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es afectado en sus etapas de desarrollo y producción por una gran diversidad de problemas fitosanitarios, reportándose 84 especies o complejos de especies como plagas reales o potenciales; y de ellas 52 como plagas ocasionales que causan algún tipo de daño (Andrews, 1989; Mac Gregor y Gutiérrez, 1983). El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una de las plagas con una amplia distribución geográfica y amplio rango de hospederos alternantes (Casmuz *et al.*, 2010; García y Tarango, 2009). En México la importancia de la plaga radica en los daños causados al maíz en las etapas de desarrollo iniciales particularmente en la etapa de formación de cogollos, lo cual ocasiona pérdidas importantes en el cultivo (Del Rincón *et al.*, 2006; Fernández, 2002). Al respecto Hernández *et al.* (2008) y García y Bahena (2010) mencionan que estos daños se reflejan en una reducción en la acumulación de biomasa y granos en cultivos infestados, así como la pérdida completa de las plántulas en casos muy severos. *S. frugiperda* es una de las plagas más estudiadas, principalmente relacionados con el control y particularmente el control químico (Bahena, 2003). El uso intensivo de plaguicidas de amplio espectro para el control de esta plaga induce el desarrollo de resistencia a moléculas químicas, así como la aparición de nuevas plagas que adquieren importancia económica, la eliminación de insectos benéficos y otros organismos no blanco y la contaminación de los agroecosistemas (Morillo y Noz, 2001). El interés mundial por los daños que causa al ambiente por el ejercicio de la agricultura (FAO, 2007), y particularmente al manejo de plagas con agroquímicos, despiertan el interés por implementar nuevas alternativas de manejo de cultivos, a fin de obtener productos inocuos, libres de residuos químicos (Gómez *et al.*, 2001). Recientemente, con el desarrollo de los materiales transgénicos, se propone por parte de compañías transnacionales que comercializan insecticidas, el uso de diversas variedades de maíz genéticamente modificadas con la inserción de genes específicos para expresar la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bruck *et al.*, 2006), de tal modo que sus hojas, tallos y polen expresen esta proteína con actividad insecticida ante el ataque de insectos del orden Lepidoptera (Silva, 2005). Además de diversos aspectos bioecológicos de *S. frugiperda*, se estudian algunas alternativas de control que son diferentes a los insecticidas químicos. Cómo lo son, el uso de extractos vegetales, el uso de feromonas sexuales para captura, disrupción de la cópula y monitoreo de poblaciones,

prácticas de conservación como las asociaciones y rotaciones de cultivo (Rodríguez, 1995), la aplicación de bioplaguicidas y el control biológico (parasitoides, depredadores y entomopatógenos) (Malo *et al.*, 1999; Vázquez, 1999 y Pérez, 2001).

El uso de agentes de control biológico se incrementó considerablemente en los últimos años, esto genera múltiples investigaciones sobre el control biológico de *S. frugiperda*, mediante la acción de enemigos naturales que atacan estadios susceptibles. Por lo anterior los objetivos de esta investigación son:

## 1.1 Objetivos.

### General

Identificar los principales enemigos naturales del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*, en el municipio de Xalisco, Nayarit, México.

### Específicos

Identificar los agentes de control biológico asociados a *Spodoptera frugiperda*

Estimar el nivel de parasitismo de los enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda*

## 1.2 Hipótesis.

Al menos una especie de parasitoide o entomopatógenos estará asociada a las poblaciones de *Spodoptera frugiperda* de manera natural.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del maíz.

El cultivo del maíz constituye la base de alimentación de los latinoamericanos (Benz, 1993). México como productor de este grano ocupa el cuarto lugar en el mundo después de los Estados Unidos, China y Brasil. A pesar de lo anterior es uno de los principales países importadores del mismo (SIAP, 2010; Paredes *et al.*, 2006). En México se produce maíz en todos los estados y registra una superficie estimada de 8, 242,850 ha. En el estado de Nayarit se encuentran establecidas 50,994 ha (SIAP, 2011). El maíz abarca la mitad del total de la superficie nacional destinada a todos los cultivos. Prácticamente 3 millones de personas trabajan en este cultivo, que equivale a más del 40 % de la fuerza de trabajo del sector agrícola o cerca de un 8 % del total de la fuerza laboral de México. Por lo que es el cultivo más importante del país desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social (Nadal, 2000; FAOSTAT, 2010).

De la producción de maíz, depende un alto porcentaje de la población rural, cuyo cultivo practican en diferentes condiciones agroclimáticas, condiciones de humedad, temporal y riego, así como en los dos ciclos productivos primavera-verano y otoño-invierno, con diferencias tecnológicas que van desde la producción de temporal de baja tecnología, en donde se obtienen rendimientos de 0.5 a 0.7 t/ha, hasta las áreas de producción que aplican paquetes tecnológicos de alto rendimiento de alta tecnología, donde incluyen sistemas de riego sofisticados, semillas mejoradas y nutrición sustentada en los requerimientos del cultivo y las aportaciones del suelo, éstas tecnologías incrementan la productividad hasta las 18 t/ha (Vega y Ramírez, 2004).

### 2.2 Cultivo de maíz en Nayarit.

En México, sólo el 50 % de la superficie dedicada al maíz cuenta con una ecología favorable, considerando a Nayarit dentro de esta clasificación, por lo cual, el cultivo se desarrolla en su mayor parte en buenas condiciones. En el estado, la superficie sembrada bajo condiciones de

temporal en el ciclo primavera-verano se estima en 55 mil ha con un rendimiento medio de 2.9 ton/ha. La zona maicera se localiza principalmente en la región centro-sur del estado, en la zona de los valles. En la región costera de Nayarit, se siembra un aproximado de 5 mil ha durante el ciclo agrícola de otoño-invierno, en terrenos de humedad residual y/o riego, con un rendimiento medio de 4.0 ton/ha. También se realizan siembras asociadas e intercaladas con frijol, en condiciones de humedad residual. Los suelos de humedad residual se localizan en la región norte, en los municipios de Santiago Ixcuintla, Tuxpan, Ruiz, Rosamorada, Tecuala y Acaponeta. Las áreas de maíz de humedad residual con riego, ó riego solo, en otoño-invierno se ubican principalmente en los municipios de Compostela y Bahía de Banderas. Una tercera modalidad en la región costera son las siembras del ciclo intermedio de Primavera, después del ciclo de otoño-invierno, en el cual se cuenta con buen potencial para el cultivo del maíz de riego, en una superficie aproximada de 5 mil ha en los municipios de San Blas, Santiago Ixcuintla y Tuxpan, cuya producción se diversifica para consumo en fresco (corte), forraje y en ocasiones producción de grano (FUPRONAY, 2011).

### 2.3 Problemática fitosanitaria del maíz.

El maíz es atacado por un una gran diversidad de organismos plaga y enfermedades (Cuadro 1 y 2) que pueden reducir significativamente el rendimiento (CESAVEG, 2010 y Pérez, 2006).

### 2.4 Importancia de *Spodoptera frugiperda*.

El gusano cogollero es una plaga de importancia económica a nivel mundial. Éste lepidóptero presenta un comportamiento polífago, ya que ataca más de 60 especies de plantas (Andrews, 1980). Se incluyen diferentes plantas cultivadas como el maíz, algodón (*Gossypium hirsutum* L), arroz (*Oryza sativa* L) (Monerat *et al.*, 2006). Así como pastos y cultivos emparentados (Andrews, 1980). En México y América Latina *S. frugiperda*, es la plaga más importante del maíz ya que provoca pérdidas en la cosecha del 10 al 73 %, con niveles de infestación superiores al 55 % (Hruska y Gould, 1997), mientras que en regiones de clima cálido pueden causar pérdidas hasta del 90 % (Sifuentes, 1974). El gusano cogollero es una plaga de importancia económica, porque si afecta en los primeros 50 d después de la siembra, retarda el

crecimiento y desarrollo de la planta (Avilés, 1989). La larva ataca a la planta en diferentes etapas de su desarrollo se alimenta de las hojas del cogollo del maíz y ocasionalmente barrena el tallo y las mazorcas por la parte inferior (Van Huis, 1981).

Cuadro 1. Plagas del maíz.

Plagas		
Nombre científico	Nombre común	Daños
<i>Phyllophaga</i> spp.	Gallina ciega	Raíces
<i>Agriotes</i> sp.	Gusano de alambre	
<i>Diabrotica</i> sp.	Diabrotica (larva)	
<i>Agronis ipsilon</i>	Gusano trozador	
<i>Diabrotica</i> sp.	Diabrotica (adulto)	Hojas
<i>Dalbulus elimatus</i>	Chicharritas	
<i>Frankliniella williamsi</i>	Thrips	
<i>Zea diatraea lineolata</i>	Gusano barrenador	Tallo
<i>Macrodactylus infuscatus</i> : <i>M. mexicanus</i> , <i>M. marinus</i>	Frailecillo	Flores
<i>Helicoverpa zea</i>	Gusano elotero	Fruto
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero	Hojas

Cuadro 2. Enfermedades del maíz.

Enfermedades		
Nombre científico	Nombre común	Daños
<i>Phytophthora maydis</i>	Mancha café (peca)	Foliare
<i>Sclerophthora</i> sp.	Mildius vellosos (cenicillas)	
<i>Puccinia</i> sp.	Royas	
<i>Phyllachora maydis</i>	Mancha de asfalto	
<i>Setosphaeria turcica</i>	Tizón	
<i>Colletotrichum graminicola</i>	Antracnosis foliar	

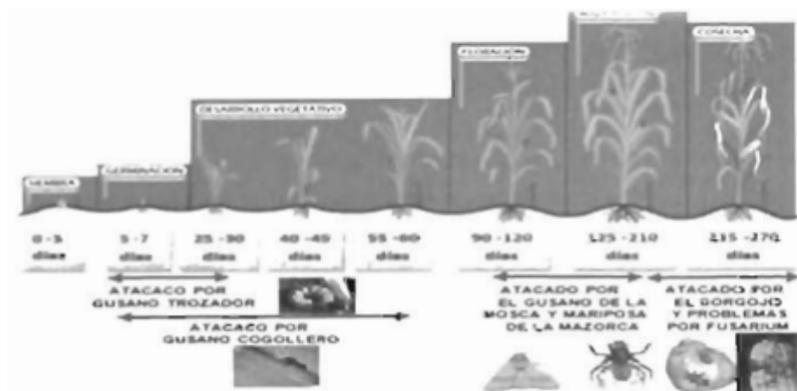


Figura 1. Importancia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz. Tomado de CESAVEG, 2010

#### 2.4.1 Clasificación taxonómica.

De acuerdo con (Triplehorn : Johnson, 2005), la clasificación taxonómica del gusano cogollero es la siguiente:

Orden: Lepidóptera

Suborden: Frenatae

Supertamília: Noctuoidea

Familia: Noctuidae

Género: *Spodoptera*

Especie: *S. frugiperda*

#### 2.4.2 Biología y morfología.

**Adultos.** Son palomillas que miden aproximadamente 2 cm de longitud y de 3 a 3.5 cm de extensión alar (Figura 2a). Con un marcado dimorfismo sexual. En el macho las alas son de color pardo claro, con marcas oscuras y líneas irregulares pálidas en el centro, mientras que las de la hembra son más oscuras y grisáceas, con diseños menos notorios (Morón y Terrón,

1988). Los adultos presentan hábitos nocturnos y tienen una longevidad que varía de 4 a 8 d. en función de las condiciones ambientales; las hembras durante su vida son capaces de producir hasta 3.600 huevos (Borbotla, 1981; Silvain, 1987).

**Huevos.** Son puestos en masas que varían de 10 a 300 con un promedio de 150 huevos por masa, colocadas en el envés de las hojas, cubiertas por escamas de la hembra. La incubación varía de 3 a 5 d (Borbotla, 1981; Pacheco, 1985) (Figura 2b).

**Larvas.** Son del tipo eruciforme, de color pardo amarillento a pardo oscuro; en sus regiones laterales son blanquecinas y presentan líneas longitudinales laterales pálidas y moteadas. La cabeza es parda con reticulaciones y franjas oscuras y en el último estadio alcanzan una longitud máxima de 30-38 mm. Las larvas neonatas viven en grupos al principio y se separan posteriormente, debido a sus hábitos caníbales, al final solo una larva sobrevive por planta de maíz (Borbotla, 1981).

Inicialmente las larvas se alimentan del envés de las hojas, se dispersan y se dirigen al cogollo de la planta de maíz; aquí se alimentan de las hojas en crecimiento, las cuales posteriormente muestran perforaciones irregulares (Sparks, 1979; Lagunes *et al.*, 1985).

Las larvas pasan por seis estadios en un lapso que puede durar de 2 a 3 semanas; transcurrido este tiempo se introducen en el suelo para pupar. La cabeza de las larvas es de color negro en los últimos estadios, con la sutura epicraneal bien marcada; el cuerpo es cilíndrico, de color café gris dorsalmente y verde ventralmente, con líneas dorsales y subdorsales visibles (Sosa, 2009) (Figura 2c).

**Pupas.** Son de tipo hipogea, geocica y obtecta (desnuda) miden cerca de 1.5 a 2 cm de largo; son de color pardo rojizo, con el protórax más oscuro, se encuentran normalmente enterradas en el suelo por un periodo de una semana y posteriormente emergen como adultos; de esta forma, se reanuda su ciclo (Lagunes *et al.*, 1985) (Figura 2d).

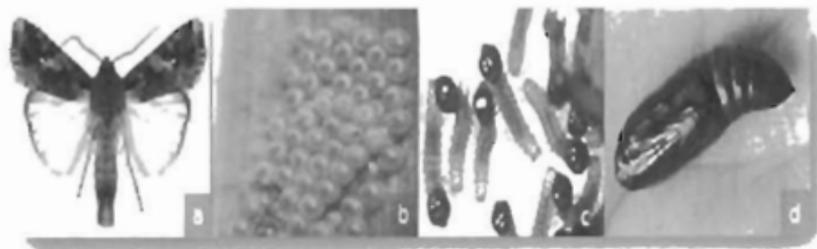


Figura 2. *Spodoptera frugiperda*: a) Adulto, b) Masa de huevecillos, c) Larvas de primer estadio y d) Pupa.

### 2.4.3 Origen y distribución.

*S. frugiperda* tiene su origen en América y el Caribe, se distribuye en América Tropical, desde el sur de los Estados Unidos, Centro América, las Antillas y Sudamérica (Gómez, 1999) (Figura 3).

Es una especie endémica del continente americano, incluye las Antillas y el Caribe, sin embargo, Tood y Poole (1980) mencionan la introducción de *S. frugiperda* a Israel. En México se encuentra ampliamente distribuida en todas las zonas agrícolas, principalmente en los estados ubicados dentro del territorio costero. En los estados con altitudes superiores a los 2000 msnm como Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro y el Estado de México, el insecto debido a su comportamiento y efecto sobre el cultivo de maíz tiene menor importancia económica (Andrews, 1988). Aparentemente, las condiciones climáticas están significativamente relacionadas con su fluctuación poblacional y dispersión (Pashley, 1986).

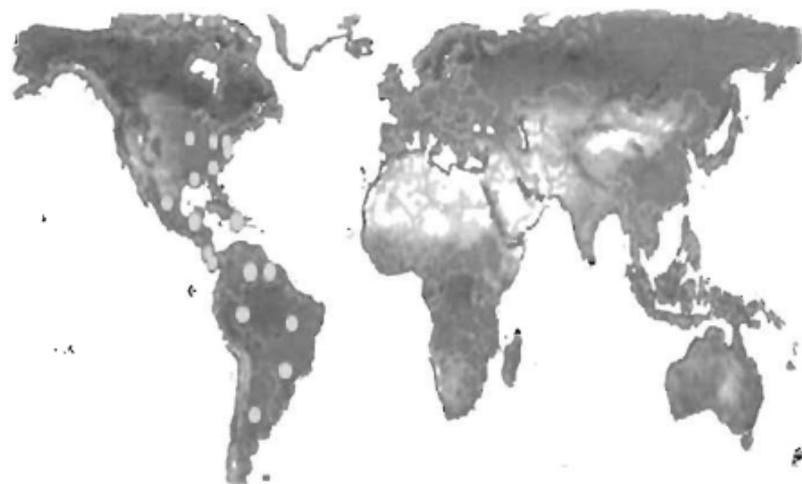


Figura 3. Distribución de *Spodoptera frugiperda* en América.

#### 2.4.4 Plantas hospederas

El gusano cogollero se alimenta de una gran diversidad de especies vegetales. En el continente americano es la plaga más importante del maíz, afecta a más de 186 hospederos registrados de 42 familias botánicas y se le atribuye su polifagia a una carencia en la especialización de la alimentación larvaria. Entre los hospederos más nombrados, el 35.5 % pertenece a la familia Poaceae, el 11.3 % a la familia Fabaceae, a la familia Solanaceae y Asteraceae un 4.3 % cada una, siguiéndoles las Rosaceae y Chenopodiaceae con un 3.7 % cada una y finalmente las Brassicaceae y Cyperaceae con un 3.2 %. De las 42 familias registradas, 32 (76.2 %) se encontraron en Sudamérica, 29 (69.1 %) en Norteamérica y Centroamérica, y 19 (45 %) en Argentina. Del total de plantas registradas (186) el 64 % se hallaron presentes en Norteamérica y Centroamérica, un 53 % en Sudamérica y un 32 % en Argentina. Esto indica la gran diversidad de hospederos afectados en las regiones del norte (Casmuz *et al.*, 2010).

#### 2.4.5 Daños.

Las larvas de *S. frugiperda* afectan a la planta desde su etapa inicial de crecimiento (Figura 4) (Fernández, 2002). La larva recién emergida se alimenta del envés y perforan la hoja, posteriormente se dirige a las hojas terminales o tiernas para afectar el cogollo de la planta provoca una disminución del crecimiento, reducción de la capacidad fotosintética y reducción en la formación de fotosintatos, aunado a una reducción en la acumulación de biomasa y granos, así como la pérdida completa de las plantaciones en casos muy severos. En infestaciones en plantas pequeñas actúa como trozador o barrenador, cortan o minan los tallos a nivel del suelo del maíz, impiden con esto un buen crecimiento, éstas lesiones ocasionan una reducción en los rendimientos por hectárea, lo que propicia pérdidas en la producción de 10 a 90 % (Del Rincon *et al.*, 2006, Hernández *et al.*, 2008).



Figura 4. Daños causados al follaje y cogollo de la planta de maíz en sus primeras etapas de desarrollo, por larvas de *Spodoptera frugiperda*

#### 2.5 Métodos de control.

Las medidas de control del gusano cogollero varían en función a la variedad y estado de desarrollo de la planta. El manejo integrado de plagas que incluya agentes de control biológico y barreras físicas que eviten el incremento de los umbrales económicos, hará posible el manejo de *Spodoptera* con un enfoque ecológico, económico y de seguridad de organismos no blanco (CORPOICA, 1999); sin embargo, hasta la fecha, el control de este organismo se realiza mediante una combinación de métodos, los cuales se describen a continuación:

### 2.5.1 Control cultural.

Consiste en una buena preparación del suelo con la finalidad de destruir o interrumpir su ciclo biológico, además expone larvas a la intemperie expuestas a agentes de control como las aves y otros agentes de control biológico. Para garantizar una buena práctica de control es necesario tener en cuenta eliminar plantas hospederas donde se pudiera alojar la plaga. Además, se debe considerar una mayor densidad de siembra, para permitir al cultivo tolerar mejor el daño producido por las plagas a las cuales es susceptible y variedades de maíz que muestren tolerancia a la plaga. En algunas ocasiones también es importante tener en cuenta la rotación de cultivos especialmente con leguminosas, lo que favorece al suelo (CORPOICA, 1999).

### 2.5.2 Control químico.

Este método de control es el más comúnmente utilizado cuando las poblaciones de larvas sobrepasan el umbral de acción, lo constituyen los insecticidas químicos (Cuadro 3). En la actualidad se requiere de productos seguros para el ambiente, el cultivo, el hombre y la fauna benéfica (Corrales, 1995). Los productos sintéticos destinados a controlar plagas y enfermedades en los vegetales, tienen un rol muy marcado en el incremento de la producción agrícola. Sin embargo, su uso continuo e indiscriminado, no solo causa enfermedades (Waterhouse, 1996) y muertes por envenenamiento a corto y a largo plazo en personas, sino también afecta al medio ambiente, se acumulan por bioconcentración en los distintos niveles tróficos, suelo y agua. Además, la resistencia a insecticidas se muestra en varias especies de insectos plaga. Representa la respuesta a la prolongada exposición a insecticidas que actúan como una fuerza de selección, la cual concentra los distintos factores genéticos preexistentes en diferentes organismos que confieren resistencia (Morillo y Notz, 2001).

La resistencia es uno de los conceptos que más afecta los equilibrios ecológicos, el productor agrícola con la intención de proteger su producción e incrementar la productividad, aplica de manera inconsciente una gran cantidad de moléculas químicas, propicia el desarrollo de resistencia, el desequilibrio ecológico y afectación a la salud de aplicadores y personas relacionadas con el cultivo. Al no percibir control en la plaga, el agricultor incrementa dosis y

la frecuencia de aplicación, el daño ecológico y a la salud aumenta, situación que trae como resultado el aumento del costo directo en el control de plagas (Mc Pheron, 1995).

Cuadro 3. Moléculas autorizadas para el control de *Spodoptera frugiperda* en México.

Grupo toxicológico	Moléculas
Piretroides	Alfacipermetrina (Cipermetrina), Betacipermetrina, Cipermetrina, Deltametrina, Permetrina, Zeta-Permetrina
	Bifentrina
	Cyflutrin
	Fenvalerato
	Gamma y Lambda Cyhalotrina
Carbamatos	Carbarilo
	Carbofuran
	Metomilo
	Thiodicarb
Organofosforados	Clorpirifos Etil
	Diazinon
	Fenitrotrion
	Foxim
	Malation
	Paration Metilico
	Triclorfon
Benzoilfenil Urea	Novaluron
Organoclorados	Endosulfan
Tetranortriterpenoides	Azadiractina

Fuente: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2011)

### 2.5.3 Control biológico.

Se trata de una técnica milenaria. Probablemente, los primeros agricultores (10.000 años A.C.), ya apreciaban la actividad de los depredadores, puesto que es algo obvio y fácil de comprender. Se tiene conocimiento, que en el siglo IV de nuestra era, los citricultores chinos manipulaban los nidos de la hormiga *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) para la regulación de las poblaciones de *Tessarotoma papillosa* Drury (Hemiptera: Pentatomidae en cítricos (De Bach, 1974).

La correcta interpretación del fenómeno del parasitismo, fue mucho más tardía. No fue hasta finales del siglo XVII, cuando aparecieron las primeras referencias al respecto, y hubo que esperar aún más de un siglo para que, en 1835, se demostrara el papel de un entomopatógeno en el gusano de seda. Tuvieron que pasar varios siglos para que las bases del control biológico (la depredación, el parasitismo y la patogenicidad) fueran extendidas en toda su complejidad (Van y Godfray, 2005).

Aunque en el siglo XIX se llevaron a cabo los primeros intentos por controlar a las plagas de origen exótico mediante sus enemigos naturales, hubo que esperar hasta 1888 para que el control biológico fuera reconocido como una de las técnicas más potentes para el control de plagas. En aquel año, se introdujo a California desde Australia al depredador *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleóptera: Coccinellidae) y al parasitoide *Cryptochetum iceryae* (Wilston) (Diptera: Cryptochetidae) para el control de la escama algodonosa, *Icerya purchasi* (Maskell) (Hemiptera: Margarodidae), que puso en riesgo la citricultura de aquel estado americano (Callagirone y Doust, 1989). A partir de este éxito, muchos son los eventos exitosos sustanciales o parciales ocurren tanto en México como en muchas otras partes del mundo (Metcalf y Luckmann, 1990).

#### 2.5.3.1 Principales enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda*.

**Parasitoides.** Las especies de la familia Noctuidae presentan una gran diversidad de enemigos naturales, que ejercen un buen control natural. Dentro de los enemigos naturales de

*S. frugiperda*, los parasitoides son objeto de mayor estudio (Cuadro 4) Constituyen un conjunto de especies de Hymenoptera pertenecientes a las familias de Braconidae, Encyrtidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Pteromalidae y Trichogrammatidae; conjuntamente con especies de Diptera, de la familia Tachinidae (Cabello, 2008).

Los parasitoides se caracterizan por su relación de parasitismo con sus huéspedes, que son principalmente koinobiontes, es decir no se detienen el desarrollo del mismo, los integrantes del orden de los himenópteros y de la familia Tachinidae del orden de los dípteros; pocas especies son idiobiontes, capaces de interrumpir el desarrollo de su huésped, destacan las especies del género *Trichogramma*. Igualmente, se trata de especies fundamentalmente gregarias, como ocurre en las pertenecientes a las familias Braconidae, Trichogrammatidae, Scelionidae, Encyrtidae, Eulophidae y Tachinidae, únicamente las especies de mayor tamaño, como Ichneumonidae y algunos Braconidae, son especies solitarias. Otra característica de los parasitoides es que se tratan fundamentalmente de endoparasitoides, cuyos estados de desarrollo se localizan dentro del huésped, aunque la pupa se realiza normalmente fuera del mismo. Únicamente en Eulophidae y algunos Braconidae presentan ectoparasitoides en Lepidóptera. Para parasitoides de Noctuidae, se debe señalar que abundan las especies que utilizan solo el estado de larva de su huésped, como se presenta en la mayoría de Ichneumonidae, Braconidae, Tachinidae, aunque también se presentan parasitoides de huevos (Trichogrammatidae), pupas (algunas especies de Pteromalidae) o, poco frecuentemente, de huevo-larva, tal es el caso de algunos Braconidae, así como todas las especies de *Chelonus* spp. y algunas especies de Encyrtidae como el género *Copidosoma* (Cabello, 2008).

**Depredadores.** Los artrópodos depredadores constituyen uno de los grupos más importantes de los enemigos naturales. Estos organismos necesitan alimentarse de varias presas (de la misma o distinta especie) para poder completar la totalidad de su ciclo biológico y se diferencian de los parasitoides en que estos para completar su ciclo necesitan tan solo un huésped, al que además matan en el transcurso de su fase preimaginal. (Hagen *et al.*, 1999). La acción beneficiosa de los depredadores en el control de plagas se conoce y se puso en práctica mucho antes incluso del nacimiento formal de la historia natural como ciencia en la época del renacimiento (Bellows y Van Driesche, 1996). Estas y otras prácticas desarrolladas varios

miles de años atrás, fueron posibles debido en parte a la observación directa por los propios agricultores de la acción de los depredadores, gracias a su tamaño y a la facilidad de comprensión de su ciclo biológico. A lo largo de la historia, el aumento del conocimiento sobre la biología, ecología y comportamiento de los depredadores permiten su utilización como herramienta en el control de plagas, y desde finales del siglo XIX su inclusión en programas de control biológico. La mayor parte de los artrópodos son carnívoros a lo largo de todo su ciclo de desarrollo, aunque en algunos grupos la depredación está confinada exclusivamente a los estadios juveniles como el caso de las especies de Syrphidae (Diptera) y *Chrysoperla* spp. (Neuróptera) o al estado adulto (Asilidae, Empididae) (Hagen *et al.*, 1999). Además, la variedad de presas que pueden llegar a consumir cambia mucho en función de la especie depredadora, integran este rango de especificidad de *R. cardinalis*, hasta la extrema polifagia de *Chrysoperla carnea* (Stephens). Una variación se encuentra en algunos Miridae, porque se alimentan de planta como de la presa, lo que se conoce como zoofitofagia (Coll y Ruberson, 1998; Alomar, 2002).

Dentro de los entomófagos de especies de Noctuidae, los depredadores reciben escasa atención, hasta la fecha; se debe, por una parte, a que se trata de especies muy polifagas con un amplio rango de presas y, por otra, a que los parasitoides se han estudiado y utilizado comercialmente para el control biológico de plagas. Sin embargo, la situación evoluciona, debido en la regulación de las poblaciones de lepidópteros, dentro de los cultivos. De ellos destacan especialmente varias especies de Hemiptera, perteneciente a las familias: Nabidae (Latin, 1989) y Reduviidae (Grundy y Maelzer, 2000); así como especies de Neuróptera, especialmente de la familia Chrysopidae (Stelzl y Devetak, 1999).

Cuadro 4. Parasitoides registrados para *Spodoptera frugiperda*. (Lepidóptera: Noctuidae).

<b>Orden: Hymenoptera</b>	<i>Eiphosoma dentator</i> (Fabricius, 1804)
<b>Familia: Braconidae</b>	<i>Eiphosoma laphygmae</i> (Costa-Lima, 1953)
<i>Alabagrus stigma</i> (Brullé, 1846)	<i>Eiphosoma viticollis</i> (Cresson, 1865)
<i>Aleiodes laphygmae</i> (Viereck, 1912)	<i>Enicospilus flavus</i> (Fabricius, 1775)
<i>Aleiodes terminalis</i> (Cresson, 1869)	<i>Enicospilus meridarius</i> (Gravenhorst, 1829)
<i>Aleiodes vaughani</i> (Muesebeck, 1960)	<i>Enicospilus purgatus</i> (Say, 1835)
<i>Bracon kirkpatricki</i> (Wilkinson, 1927)	<i>Hyposoter annulipes</i> (Cresson, 1864)
<i>Chelonus</i> (Panzer, 1806)	<i>Ichneumon ambulatorius</i> (Fabricius, 1775)
<i>Chelonus antillarum</i> (Marshall, 1885)	<i>Ichneumon promissarius</i> (Erichson, 1842)
<i>Chelonus cautus</i> (Cresson, 1872)	<i>Isdromus lycenae</i> (Howard, 1889)
<i>Chelonus formosanus</i> (Sonan, 1932)	<i>Mesochorus discitergus</i> (Say, 1835)
<i>Cotesia autographae</i> (Muesebeck, 1921)	<i>Microcharops annicarsae</i> (Gupta, 1987)
<i>Cotesia congregata</i> (Say, 1836)	<i>Netelia chloris</i> (Olivier, 1811)
<i>Cotesia glomerata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Netelia luteola</i> (Tosquinet, 1896)
<i>Cotesia marginiventris</i> (Cresson, 1865)	<i>Netelia sayi</i> (Cushman, 1924)
<i>Cotesia ruficrus</i> (Haliday, 1834)	<i>Ophion</i> (Fabricius, 1798)
<i>Homolobus truncator</i> (Say, 1829)	<i>Ophion bilineatus</i> (Say, 1829)
<i>Meteorus arizonensis</i> (Muesebeck, 1923)	<i>Ophion flavidus</i> (Brullé, 1846)
<i>Meteorus autographae</i> (Muesebeck, 1923)	<i>Parania tricolor</i> (Szépligeti, 1906)
<i>Meteorus laphygmae</i> (Viereck, 1913)	<i>Pimpla rufipes</i> (Miller, 1759)
<i>Meteorus rubens</i> (Nees, 1811)	<i>Pristomerus spinator</i> (Fabricius, 1804)
<i>Microplitis demolitor</i> (Wilkinson, 1934)	<i>Temelucha difficilis</i> (Dasch, 1979)
<i>Prospanteles militaris</i> (Walsh, 1861)	<i>Temelucha grapholithae</i> (Cushman, 1935)
<i>Stantonia rossa</i> (Braet & Quicke, 2004)	<i>Trichosis albitarsis</i> (Cresson, 1864)
<i>Toxoneuron bicolor</i> (Szépligeti, 1902)	<i>Valgichneumon brevicinctus</i> (Say, 1825)
<b>Familia: Ichneumonidae</b>	<b>Orden: Diptera (Familia: Tachinidae)</b>
<i>Aeglocryptus cleonis</i> (Viereck, 1913)	<i>Archytas marmoratus</i> (Townsend)
<i>Anamalon ejuncidum</i> (Say, 1835)	<i>Winthemia reliqua</i> (Cortes & Campos, 1971)
<i>Camptolepis</i> (Förster, 1869)	<i>Lespesia archippivora</i> (Riley)
<i>Camptolepis argensifrons</i> (Cresson, 1864)	
<i>Camptolepis claridaea</i> (Uchida, 1957)	
<i>Camptolepis curvicauda</i> (Löpzel, 1947)	
<i>Camptolepis flavicincta</i> (Ashmead, 1890)	
<i>Camptolepis grisei</i> (Blanchard, 1946)	
<i>Camptolepis ornatus</i> (Cresson, 1864)	
<i>Camptolepis sonoriensis</i> (Cameron, 1886)	
<i>Chelonus insularis</i> (Cresson, 1865)	
<i>Diadegma</i> (Förster, 1869)	
<i>Diapetimorpha nitrota</i> (Cresson, 1872)	
<i>Drosotoma</i> (Townes, 1970)	

Fuente: Yu et al. (2005).

Existen diversos patógenos que infectan insectos conocido como entomopatógenos (Bacterias, virus, hongos y nematodos).

- **Bacterias.**

La posibilidad de utilizar patógenos de insectos (entomopatógenos) para el control de plagas surgió en el siglo XIX. Entre los más efectivos y que han permitido el desarrollo de bioinsecticidas comerciales son las bacterias del género *Bacillus*, hongos, baculovirus, y nematodos. En la actualidad, de los ocho millones de dólares de las ventas de bioplaguicidas a nivel mundial, casi el 5 % corresponden a estos productos. De todos ellos, *Bacillus thuringiensis* *Bt* (Berliner) se utiliza con mayor periodicidad y sus productos suponen más del 90 % del mercado de bioplaguicidas (Swadener, 1994)

La principal ventaja para utilizar bioinsecticidas bacterianos se debe a su alta actividad insecticida y a su particular modo de acción. Para algunas plagas, la actividad insecticida de algunos productos es comparable con los insecticidas químicos. Su modo de acción es muy específico, aunque no tan limitado como el de los baculovirus y nematodos. Por su especificidad de acción, sus efectos secundarios contra especies no blanco son casi nulos, incluyen fauna auxiliar y vertebrados (Romeis *et al.*, 2006). Al igual que otra clase de bioinsecticidas, los basados en bacterias entomopatógenas no comparten el modo de acción con los insecticidas químicos, por lo que no propicia el desarrollo resistencia cruzada. Esta es la razón por la que los bioinsecticidas bacterianos se utilizan extensivamente en aquellas zonas donde se registran casos de resistencia a los insecticidas químicos. Otra ventaja es que, por su inocuidad para humanos, no existen plazos de seguridad, por lo que los bioinsecticidas basados en *Bt* suelen usarse cuando es necesario proteger el cultivo poco tiempo antes de su recolección. Los bioinsecticidas basados en *Bt* son ampliamente usados en silvicultura (Rausell *et al.*, 2001), en el control de vectores de enfermedades humanas y en la agricultura en general, pero especialmente en la agricultura ecológica y zonas de reserva natural (Coscollá y Badía 2001; Quesada y Santiago 2001).

La primera mención conocida de *B. thuringiensis* data del año 1901, cuando el biólogo japonés Shigetane Ishiwata aisló como el agente causante de la enfermedad de "sotto" (Sudencollapse bacillus) en larvas del gusano de seda (*Bombyx mori* L.) (Ishiwata, 1901). La denominación actual de *Bt* le fue dada en el año 1915 cuando el científico alemán Ernst Berliner, nombro así a una bacteria cuyos aislados había obtenido 4 años antes en la región alemana de Thuringia a partir de larvas infestadas de la polilla gris de la harina (*Ephestia kuehniella*) (Berliner, 1911).

Se registran aislamientos de *Bt* de casi todos los habitats, por lo que actualmente se le considera como una bacteria ubicua (Schnepf *et al.*, 1998). Su tamaño oscila entre 1.0-1.2  $\mu\text{m}$  de ancho y 3-5  $\mu\text{m}$  de largo y es positivo en la tinción de Gram (Iriarte y Caballero, 2001).

El principal factor tóxico de esta bacteria radica en las  $\alpha$ -endotoxinas que componen los cristales paraesporales, también conocidas como proteínas Cry (Crystal proteins) o (Insecticidal Crystal Proteins), términos provenientes del inglés (Bravo, 2001; Porcar y Caballero, 2001). Se han identificado un gran número de especies de invertebrados susceptibles a la acción de las proteínas Cry, especialmente entre los insectos pertenecientes a los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera. También se registra su efecto contra nematodos, ácaros y protozoos. Una de las propiedades fundamentales de cada proteína Cry es la especificidad para su blanco. Solo son muy tóxicas para un número muy reducido de especies, incluso se aislaron cepas de *Bt* cuyas toxinas muestran toxicidad para ningún tipo de organismos blancos contra los que se evaluó, aunque no se descarta que puedan serlo para alguna no estudiada aun. Como consecuencia de lo anterior, los efectos de estas toxinas sobre la fauna auxiliar, los enemigos naturales, los animales superiores y el hombre son casi nulos (Glare y O'Callaghan, 2000).

El análisis de los fenómenos que ocurren durante la interacción de las proteínas Cry con el insecto permiten la comprensión de los mecanismos que provocan o que podrían inducir la aparición de resistencia en los insectos blanco. Además, dicha comprensión es determinante en el diseño de nuevas toxinas de *Bt* más efectivas, así como definir estrategias de control para favorecer un uso prolongado y efectivo de las mismas. Las observaciones realizadas en larvas

atacadas por las toxinas indican que el primer síntoma de su efecto es la interrupción de la alimentación durante las primeras horas tras ingerir la toxina. El insecto reduce su movilidad y llega a la parálisis a las 6 h aproximadamente, en función de la cantidad de toxina ingerida. Finalmente el insecto muere por inanición o septicemia. En el ámbito microscópico, las microvellosidades intestinales desaparecen, los núcleos de las células epiteliales migran hacia la membrana apical y su retículo endoplasmático y sus mitocondrias se desintegran gradualmente. Las células afectadas se vacuolizan e hinchan y algunas se desprenden de la membrana basal, se produce la lisis celular y muerte del tejido (Escriche y Ferre, 2001).

- **Virus.**

Las enfermedades producidas por virus entomopatógenos están entre las infecciones de invertebrados más ampliamente estudiadas. Actualmente se conocen más de 1,100 virus patógenos de invertebrados que afectan a un importante número de especies, muchas de las cuales son insectos pertenecientes a más de 12 órdenes (Martignoni e Iwai, 1986). Muchos de estos virus están clasificados en 15 familias (Adams y McClintock, 1991), pero otros muchos todavía permanecen sin clasificar. Algunas de estas familias, como por ejemplo las familias Baculoviridae, Polydnaviridae y Ascoviridae, solo contienen virus que son específicos de artrópodos y principalmente de insectos. En la taxonomía de virus, la morfología de la partícula infecciosa o virión es un importante carácter morfológico que sirve para asignar el virus a un determinado grupo. Los virus de la familia Baculoviridae, Entomopoxviridae y Reoviridae son únicos debido a la presencia de un cuerpo de inclusión (OB; occlusion body) proteico en el cual uno o más viriones, en una determinada fase de desarrollo, son incluidos al azar. Los OB<sub>3</sub> protegen a los viriones cuando son liberados al medio ambiente tras la desintegración del cadáver del huésped.

La familia Baculoviridae es la más numerosa y ampliamente estudiada de todos los grupos de virus patógenos de insectos. Esta familia agrupa a virus de DNA de doble cadena cuyos viriones tienen forma de bastón y, como se menciona, están característicamente incluidos en OB<sub>3</sub> (Volkman *et al.*, 1995). La familia consta de dos géneros: Nucleopolyhedrovirus (los nucleopoliedrovirus o virus de la poliedrosis nuclear, NPV) y Granulovirus (los granulovirus o

virus de la granulosis, GV). La infección de los hospederos ocurre *per os*. En el tubo digestivo de los insectos, donde se dan las condiciones alcalinas (pH 9-11), se disuelve la proteína que compone los OB<sub>5</sub> y se liberan los viriones que se unen a la membrana de las células epiteliales del mesenteron. Los viriones invaden las células, por un proceso de fusión de membranas, y el DNA viral se replica en el núcleo de la célula, producen al final del proceso grandes cantidades de OB<sub>5</sub> (Figura 5) (Granados y Williams, 1986).

Una de las principales razones para estudiar los baculovirus, son su potencial como agente de control de plagas. Todos los virus de esta familia se caracterizan por tener un estrecho espectro de hospederos, y una elevada patogenicidad y virulencia que son características ideales para un bioinsecticida. El OB que los caracteriza los hace estables durante largos periodos de tiempo (Jacques, 1985) y facilita su aplicación mediante pulverizaciones convencionales. Además, el uso insecticida de los baculovirus, por su estrecho espectro de huéspedes y la ausencia de otros posibles efectos perjudiciales, no parece entrañar riesgos ambientales mayores (Gröner, 1986).

- **Hongos.**

Los hongos entomopatógenos según Pucheta *et al.* (2006), tienen un gran potencial como agentes controladores, integran un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente que provocan infecciones fúngicas a poblaciones de artrópodos. López-Llorca y Hans-Börje (2001), destacan como los géneros más importantes a *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, mientras que para la FAO (2003), los géneros de mayor importancia son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

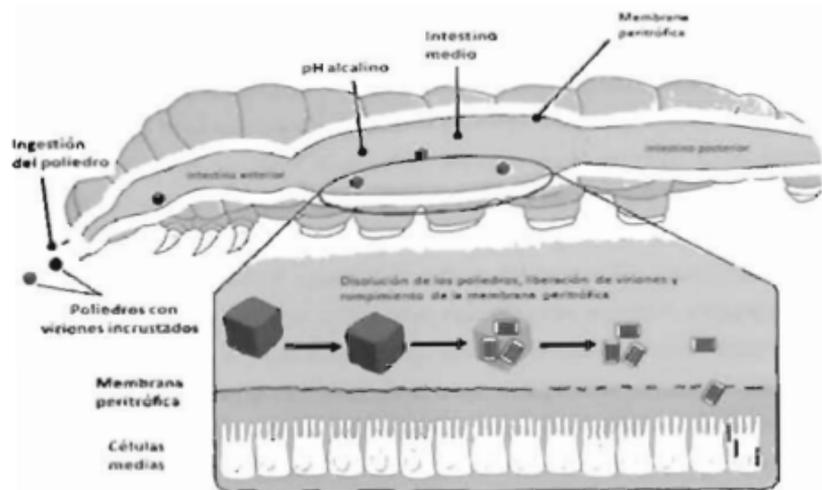


Figura 5. Ciclo de infección de los *Nucléopolihedrovirus*.

En el desarrollo del control biológico, se define como una práctica agrícola en constante crecimiento que busca la destrucción total o parcial de patógenos e insectos plaga frecuentemente mediante el uso de sus enemigos naturales (Tellez-Jurado *et al* 2009). Los hongos entomopatógenos según Samson *et al* (1998), son los primeros agentes biológicos que se utilizaron para el control de plagas, porque según Asaff *et al*. (2002), son capaces de producir enfermedad y muerte de los insectos. Estos microorganismos infectan a los artrópodos directamente, a través de la penetración de la cutícula y ejercen múltiples mecanismos de acción, confieren una alta capacidad para evitar que el hospedero desarrolle resistencia. Sin embargo, Meyling y Eilenberg (2007), afirman que para su utilizar hongos entomopatógenos como control biológico es necesario prácticas agrícolas donde se manipule el ambiente para beneficiar las poblaciones de entomopatógenos, y el conocimiento de los aspectos ecológicos del hongo, tales como la humedad relativa, temperatura, patogenicidad, virulencia y hospederos a los que infecta activamente. Lacey *et al*. (2001), afirman que entre los aspectos básicos se encuentran, el aislamiento del hongo, cultivo, pruebas biológicas y predicción de los efectos sobre las poblaciones de plagas en el medio ambiente, así como un

desempeño predecible sobre cambios de las condiciones medioambientales y una mayor eficiencia de producción. Al respecto Butt *et al.* (2001), describen que la producción de hongos implica una amplia investigación donde se involucran disciplinas como la patología, ecología, genética y fisiología, además de técnicas para la producción masiva, formulación y estrategias de aplicación. Tanada y Kaya (1993) asercan que el desarrollo de la micosis (enfermedad producida por hongos) puede ser separado en tres fases (Figura 6):

1. **Invasión y Adhesión de la espora en la cutícula del insecto.** El proceso de adhesión, depende del hongo, puede ser un fenómeno específico o no específico, mientras que la germinación de las esporas es un proceso mediante el cual una espora emite uno o varios pequeños tubos germinativos que al crecer y alargarse da origen a las hifas, este proceso está en función de las condiciones de humedad y temperatura ambiental. En menor grado la luz condiciona el ambiente alimenticio. La espora que germina en el insecto forma un tubo germinativo que funciona como una hifa de penetración de la cutícula. También puede producir una estructura llamada apresono, la cual ayuda a la adhesión de la espora. El éxito de la germinación y penetración no dependen necesariamente del porcentaje de germinación, sino del tiempo de duración de la germinación, modo de germinación, agresividad del hongo, tipo de espora y susceptibilidad del hospedante (Samson, *et al.*, 1988). Los hongos, además, pueden infectar a los insectos a través de las aberturas corporales como son cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas. Las esporas pueden germinar rápidamente en estos ambientes por ser húmedos. Cuando lo hacen en los fluidos digestivos, pueden destruir a la hifa germinativa. En este caso, el insecto no muere de micosis sino a causa de las toxinas.
2. **Germinación y penetración dentro del hemocele.** Esta penetración por parte de la hifa es el resultado de la degradación enzimática de la cutícula y la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo. Además, depende de las propiedades de la cutícula, grosor, esclerotización, presencia de sustancias nutricionales y antifúngicas (Charnley, 1984) y estado de desarrollo del insecto. La digestión del integumento se produce mediante las enzimas (proteasas, aminopeptidasas, lipasas, estererasas y quitinasas).

Cuando la hifa llega al hemocele, se pueden producir diferentes reacciones de defensa del insecto frente a un cuerpo extraño: la fagocitosis, encapsulación celular y la formación de compuestos antimicrobianos como las lisozimas, aglutininas y melanización. En este caso, el hongo debe vencer el sistema inmunológico del hospedante antes de entrar a la hemolinfa y desarrollarse dentro del insecto.

- 3. Multiplicación y liberación del hongo que resulta en la muerte del insecto.** Luego de que llegue al hemocele, el hongo puede evitar la defensa inmune del insecto que producen células parecidas a levaduras, llamadas blastosporas, se multiplican y dispersan rápidamente, desarrollan protoplastos, elementos discretos ameboides, sin pared celular que no son reconocidos por los hemocitos del hospedante (Pérez, 2004) y producen micotoxinas (Tanada y Kaya, 1993). La dispersión de éstos en el hemocele depende de la especie del hongo. Las toxinas producidas juegan un rol muy importante en el modo de acción de los hongos entomopatógenos. La muerte del insecto se produce con mayor rapidez cuando es afectado por un hongo entomopatógeno que produce cantidades considerables de toxinas, ya que se adiciona la toxemia a la destrucción de los tejidos y a las deficiencias nutricionales. A continuación del crecimiento del hongo en el hemocele, se producen los síntomas fisiológicos del insecto afectado como convulsiones, carencia de coordinación y comportamientos alterados (deja de alimentarse, reduce su movimiento), entra en un estado letárgico y finalmente muere, lo que puede ocurrir relativamente rápido o en unos cuantos días. Ocurre una competencia entre el hongo y la flora intestinal. Los hongos pueden producir sustancias antibacterianas que alteran la coloración del cadáver (Ferrón, 1978). Con la muerte del insecto termina el desarrollo parasítico del hongo y empieza la fase saprofítica: el hongo crece en el hemocele forma masas micelianas que salen al exterior fundamentalmente por las regiones intersegmentales esporulan sobre el cadáver y producen inóculo para infectar a otros insectos y por las aberturas naturales (espiráculos, boca y ano). La gran dependencia de la humedad es el mayor factor limitante que presentan los hongos, ya que para que se produzca la germinación y esporulación fuera del hospedante se requieren valores de humedad relativa superiores a 90 %.



Figura 6. Ciclo de infección de los hongos entomopatógenos.

- **Nematodos.**

En los últimos años, los nematodos entomopatógenos (NEP) adquieren mayor importancia como agentes de control biológico dentro de los programas de producción integrada (BOJA, 2007). Dentro de los nematodos entomopatógenos existen especies usadas para el control de plagas agrícolas, las cuales están ampliamente distribuidas y se aislan de todas las regiones del mundo (Malais y Ravensberg, 2003).

Se conocen más de 30 familias de NEP asociadas con insectos (Magenti, 1981; Kaya y Stock, 1997). Sin embargo, en cuanto a su potencial como agentes de control biológico, las investigaciones se acotan solo siete familias: Mermithidae, Allantonematidae, Neotylenchidae, Sphaerularidae, Rhabditidae, Steinernematidae y Heterorhabditidae. Las dos últimas son las que más atención reciben por su potencial como agentes de control biológico de plagas de insectos en suelo principalmente (Lacey *et al.*, 2001). Presentan un ciclo de

biológico muy similar y sencillo, que comprende las forma de huevo, cuatro estadios juveniles y adulto.

El desarrollo de huevo a adulto dura entre 7 y 10 d en el caso de las especies adscritas a *Steinernema*, y entre 12 y 15 d en especies de *Heterorhabditis*. Solo los terceros estadios juveniles (J3), de vida libre, son infectivos. Estos miden aproximadamente 1-1.5 mm y están caracterizados por el tegumento antiguo del segundo estadio juvenil, que pertenece alrededor del cuerpo tras la muda. Las formas infectivas no se alimentan, tienen la boca y el ano cerrados, y pueden sobrevivir en el medio durante varios meses. El género *Steinernema* presenta la región bucal sin dientes dorsales mientras que el género *Heterorhabditis* presenta en la cabeza una especie de armadura, diente o espina, en el lado dorsal. Los J3 buscan activamente al hospedero, detectan los excrementos de la presa como rastro (García del Pino, 2007). *Steinernema* spp., solo es capaz de entrar en el hospedero a través de las aberturas naturales (boca, ano y espiráculos), mientras que las especies de *Heterorhabditis* lo pueden hacer también a través de la epidermis del insecto (Malais y Ravensberg, 2003).

Una vez en el interior de los insectos, los nematodos J3 se desprenden del tegumento del J2 que conservan, atraviesa la pared del tracto gastrointestinal y alcanzan la cavidad general del insecto, donde el estado infectivo se transforma en parásito al liberar la bacteria simbiote que transporta en su intestino. En el plazo de dos días, los J3 mudan y pasan a J4. Éstos a su vez, tras uno o dos días, mudan de nuevo, hasta que alcanzan el estado adulto. En el caso de la familia Steinernematidae, se producen tanto machos como hembras; sin embargo, en los Heterorhabditidae, sólo hermafroditas. Los adultos pueden alcanzar los 6 mm de longitud y vivir aproximadamente cinco días, tiempo en que las hembras ponen varios centenares de huevos. Una vez puestos los primeros huevos, los juveniles eclosionan y se desarrollan muy rápidamente hasta J4 para dar origen a una segunda generación de adultos (García del Pino, 2007). El control de plagas de lepidópteros también se puede realizar con éxito mediante NEP. La eficacia en laboratorio está bien contrastada con porcentajes de mortalidad del 100 % en distintas especies de gusanos defoliadores. Mediante aplicaciones foliares de *S. carpocapsae* en ensayos de campo registran reducciones importantes de *Spodoptera litoralis*, Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) en un cultivo de pepino, en el que el porcentaje de mortalidad 3 días

después de la aplicación fue ligeramente superior al 80 % (Díaz-Gómez *et al.*, 2007). La efectividad de las aplicaciones está claramente determinada por las condiciones climáticas que prevalecen durante las horas posteriores a la aplicación de los NEP.

El uso de NEP en el control biológico de gusanos defoliadores se extiende a otras especies del género *Spodoptera* que mediante aplicaciones foliares a una dosis de 2000-2500 juveniles/mL, ofrecen resultados satisfactorios. Estas pulverizaciones precisan de un coadyuvante o surfactante que mantiene la humedad en la hoja y evita la desecación rápida de los nematodos antes de entrar en la larva del insecto. La dosis en este tipo de aplicaciones no es tan importante como lo son las condiciones óptimas para que los nematodos puedan entrar en el insecto (García del Pino, 2007).

### III. ARTÍCULO CIENTÍFICO

Parasitoides y Entomopatógenos Nativos Asociados al Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México.

Parasitoids and Entomopathogens of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Nayarit, Mexico.

Orlando Estrada Virgen<sup>1</sup>, Jhonathan Cambero Campos<sup>1, 2</sup>, Agustín Robles Bermudez<sup>1, 2</sup>, Claudio Rios Velasco<sup>3</sup>, Carlos Carvajal Cazola<sup>1, 2</sup>, Néstor Isiordia Aquino<sup>1, 2</sup> y Enrique Ruiz Cancino<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco. Nayarit, México Carretera Tepic-Compostela Km 9.

---

<sup>2</sup>Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México. carretera Tepic-Compostela Km 9. C.P. 63155

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Cuauhtémoc, Chihuahua, México, C.P. 31570

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas., Cd. Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

\*Autor para correspondencia: [jhony695@gmail.com](mailto:jhony695@gmail.com)

**Resumen.** Se colectaron 1,300 larvas de *Spodoptera frugiperda* de los tres primeros estadios en maíces en una parcela experimental en Nayarit en 2011 y 2012. Las larvas fueron examinadas en busca de enemigos naturales. Se obtuvieron e identificaron seis especies de parasitoides, de las cuales *Cotesia* sp. (0.3%) y *Chelonus insularis* (3.9%) pertenecen a la familia Braconidae, *Pristomerus spinator* (1.1%), *Campoletis* sp. (0.3%) y *Hyposoter* sp. (0.1%) a Ichneumonidae y un Tachínido *Archytas marmoratus* (0.07%). Finalmente se aislaron dos hongos entomopatógenos, *Beauveria bassiana* (3.7%) y *Nomuraea rileyi* (8.9%) y un Nucleopolyhedrovirus (11%) SfMNPV (Baculoviridae). El porcentaje de parasitismo total fue de 29.7%, lo cual genera un potencial de uso en programas de control biológico por conservación.

**Abstract.** Thirteen-hundred larvae of *Spodoptera frugiperda* from infested corn fields in Nayarit in 2011 and 2012 were collected. These larvae were examined for natural enemies. Six parasitoid species were found and identified such as, *Cotesia* sp. (0.3%) and *Chelonus insularis* (3.9%) (Hymenoptera: Braconidae), *Pristomerus spinator* (1.1%), *Campoletis* sp. (0.3%) and *Hyposoter* sp. (0.1%) (Hymenoptera: Ichneumonidae) and one tachinid fly *Archytas marmoratus* (0.07%) (Diptera: Tachinidae). Also two entomopathogenic fungi were isolated: *Beauveria bassiana* (3.7%) and *Nomuraea rileyi* (8.9%), and one Nucleopolyhedrovirus (11%) SfMNPV (Baculoviridae). Total parasitism percent was of 29.7%; which generates a potential use in biological control programs by conservation.

El cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) es la plaga principal del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Latinoamérica (Murúa y Virla 2004). En México, se siembra una superficie de 8, 242,850 ha de maíz, de las cuales Nayarit representa el 0.6% (SIAP 2011). *S. frugiperda* afecta al maíz desde su etapa inicial de crecimiento (Fernández 2002), y se ve reflejado en la reducción de la capacidad fotosintética y por consiguiente en la formación de fotosintatos, aunado a una reducción de biomasa y grano, así como la pérdida completa de las plantaciones en casos muy severos; ocasiona una reducción en los rendimientos que fluctúan del 10 al 100% dependiendo del nivel de infestación (Hernández et al. 2008; García y Bahena 2010).



El control biológico es una alternativa sustentable en el manejo de plagas, mediante la integración de enemigos naturales, tales como parasitoides, depredadores y entomopatógenos (Williams et al. 2013). El uso de entomopatógenos para el control *S. frugiperda* se ha incrementado considerablemente (Caballero et al. 2009; Lezama et al. 2000). Para el caso de parasitoides, se han registrado más de 100 especies atacando a dicho lepidóptero, de las cuales en México se registran 40 (Bahena et al. 2002). Con base a lo anterior, los objetivos del trabajo fueron: 1) identificar los enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* y 2) estimar su nivel de parasitismo en Xalisco, Nayarit, México.

Larvas de *S. frugiperda* se colectaron semanalmente en Septiembre, Octubre y Noviembre del 2011, Agosto y Septiembre del 2012 en parcelas de maíz del Campo Experimental de la Unidad Académica de Agricultura (UAA) (21°25'45" N, 104° 53' 29" O y 965 msnm, en Xalisco, Nayarit), de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). En dichas parcelas, la aplicación de insecticidas químicos fue nula. En cada muestreo, se colectaron 100 larvas al azar de los tres primeros estadios, con apariencia sana, colocándolas en contenedores de plástico transparentes de una onza (Envases Cuevas S.A de C.V.<sup>®</sup>, México) con hojas y cogollos tiernos como alimento, transportadas al laboratorio de parasitología de la UAA, donde se incubaron en condiciones controladas (25±2 °C, 12:12 luz/oscuridad y 60% HR) y en observación diaria por 28 días para la obtención de parasitoides y entomopatógenos, o bien, hasta llegar a su etapa adulta.

Los parasitoides, se etiquetaron y se conservaron en alcohol al 70% para identificación mediante claves taxonómicas (Gauld 2000; Townes y Townes 1966; Wharton et al. 1997). La identificación de hongos entomopatógenos se realizó mediante montajes en porta y cubreobjetos a 400X (Ignoffo 1981; Barnett y Hunter 1986), y el nucleopoliedrovirus (Nucleopolyhedrovirus: Baculoviridae) se determinó por la técnica de tinción de Giemsa al 0.4% y observados a 1,000X en contraste de fases (Muñoz et al. 2001).

De las 1,300 larvas recolectadas, 387 (29.7%) murieron por enemigos naturales, himenópteros (Ichneumonidae, Braconidae) y dípteros (Tachinidae) y por entomopatógenos *Nomuraea rileyi* (Farlow), *Beauveria bassiana* (Balsamo) y *Nucleopolyhedrovirus*. De las 913 larvas restantes

(69.2%), 170 murieron por causas desconocidas (13%) y 730 completaron su ciclo biológico (56.1%) (Cuadro 1). Trece (1%) de los parasitoides no emergió y; no fue posible determinar su especie.

La tasa de parasitismo fue de 7%. El mayor porcentaje fue registrado en 8 y 15 de Octubre con un 24 y 21% respectivamente (Cuadro 1). Al respecto, Rios et al. (2011), reportan una tasa de parasitismo de 35.2% en *S. frugiperda* causada por diversos enemigos naturales en Coahuila, México. La familia Braconidae fue la más representada con 56 especímenes (4.3%) (Cuadro 2), 51 parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (3.9%), Cortez et al. (2008) y Molina et al. (2004), reportan a esta misma especie con un parasitismo de 2.3% y 5.0%, en Colima y Sinaloa, respectivamente. El resto correspondió a *Cotesia* sp. 5 (0.38%).

El parasitismo de Ichneumonidae fue (1.60%). Rios et al. (2011) y Molina et al. (2001) reportan, con el 1.1 y 1.3% de parasitismo respectivamente. *Pristomerus spinator* (Fabricius) presentó un parasitismo de 1.1%, similar al 2.0% registrado por Cortez et al. (2008) en Chiapas (Cuadro 2). *Campoletis* sp. presentó un parasitismo de 0.30%, mientras Cruz et al. (2007), la reportan como la más abundante en Oaxaca, México 16.75%. *Hyposoter* sp. mostró un parasitismo de 0.15%. El taquírido *Archytas marmoratus* (Townsend) presentó un bajo nivel de parasitoidismo (0.07%). En contraste, con el 0.9% reportado por Rios et al. (2011) para Coahuila y 1.6% por Ruiz et al. (2007) para Chiapas, respectivamente. Los registros de himenópteros asociados al gusano cogollero en Nayarit, difieren a los registrados por Molina et al. (2004), quienes detectaron para Nayarit a los géneros *Aleoidea*, *Glyptapanteles*, *Meteorus*, y solo *Chelonus* fue el género presente en los dos estudios, lo que sugiere que hay una gran diversidad de himenópteros asociados al cogollero del maíz. Los porcentajes de mortalidad causados por entomopatógenos (Nucleopolyhedrovirus, *N. rileyi* y *B. bassiana*) fueron de 11.0, 8.9, y 3.7% respectivamente (Cuadro 2). Estos entomopatógenos han sido registrados como agentes de control biológicos de *S. frugiperda* de forma natural en Coahuila (Rios et al. 2010). Lezama et al. (2000), en estudios realizados en los estados de Michoacán, Colima y Jalisco, reportan la presencia de estos entomopatógenos.

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* causada por enemigos naturales en Xalisco, Nayarit, México, 2011-2012  
 Table 1. Percent mortality of *Spodoptera frugiperda* larvae produced by natural enemies in Xalisco, Nayarit, México, 2011-2012.

Fecha de muestreo	Larvas parasitadas (%)	Parasitoides emergidos	% de parasitismo por fecha	Entomopatógenos			MCD
				NPV	<i>N. rileyi</i>	<i>B. bassiana</i>	
01-sep-11	4	3	4	2	9	1	12
08-sep-11	5	1	5	2	3	3	11
14-sep-11	0	0	0	15	0	3	17
22-sep-11	1	0	1	12	12	11	15
29-sep-11	3	3	3	9	36	11	8
08-oct-11	24	24	24	5	9	7	14
15-oct-11	21	21	21	17	2	1	10
22-oct-11	12	12	12	6	3	2	15
29-oct-11	1	1	1	52	0	1	8
12-nov-11	2	0	2	2	2	0	21
30-ago-12	9	6	9	5	5	0	8
07-sep-12	5	4	5	7	9	3	14
14-sep-12	4	3	4	10	26	0	17
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>78</b>	<b>7</b>	<b>144</b>	<b>116</b>	<b>49</b>	<b>170</b>

NPV: Nucleopolyhedrovirus.

MCD: Mortalidad por causas desconocidas

Cuadro 2. Enemigos naturales en 100 larvas de *Spodoptera frugiperda* por fecha de colecta en maíces en Xalisco, Nayarit, México 2011-2012.Table 2. Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* larvae found in corn fields in Nayarit, México, 2011-2012.

Enemigos Naturales	2011												2012			Total	Parasitismo (%)		
	Septiembre						Octubre						Noviembre	Agosto	Septiembre				
	1	8	14	22	29	8	15	22	29	12	30	7	14						
<b>Hymenoptera</b>																			
<b>Braconidae</b>																			
<i>Cotesia</i> sp.	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.3
<i>Chelonus insularis</i>	0	0	0	0	0	13	15	11	1	0	5	4	2	5	4	2	5	1	3.9
<b>Ichneumonidae</b>																			
<i>Pristomerus spmator</i>	0	0	0	0	1	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1.1
<i>Campoplex</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4	0.3
<i>Hyposoter</i> sp.	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1
<b>Diptera</b>																			
<b>Tachinidae</b>																			
<i>Archytas marmoratus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.07
<b>Entomopatógenos</b>																			
<i>Nucleopolyhedrovirus</i>	2	2	15	12	9	5	17	6	52	2	5	7	10	144					11.0
<i>N. rileyi</i>	9	3	0	12	36	9	2	3	0	2	5	9	26	116					8.9
<i>B. bassiana</i>	1	3	3	11	11	7	1	2	1	0	6	3	0	49					3.7
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>59</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>23</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>387</b>					<b>29.7</b>

### Referencias Citadas

- Bahena, J. F., B. H. C. Arredondo, M. G.M Vázquez., H. A González, y S. M. A. Miranda, 2002. Parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el occidente de México. Entomol. Mex. 1. 260-265 INIFAP, México.
- Barnett, G. J., y B. B Hunter. 1986. Illustrated genera of imperfect fungi. 4 edición. McMillan USA, p: 218
- Caballero, P., R. Murillo, D. Muñoz, y T. Williams. 2009. El Nucleopolyhedrovirus de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) como bioplaguicida: un análisis de avances recientes en España. Rev. Colomb. Entomol. 35: 105-115.
- Casmuz, A., M. L. Juárez, M. G Socías, M. G Murúa, S. Prieto, S. Medina, E. Willink, y G. Gastaminza. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Soc. Entomol. Arg. 69 (3-4): 209-231.
- Cortez, M. E., C. J M. Fierro, J. F. Bahena, T. E. J. Machado, y R. M. A Reyes. 2008. Reporte preliminar de parasitoides de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en maíz, en Sinaloa, México. P: 76-80. En: Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Soc. Mex. Contr. Biol. Noviembre 17-21, 2008. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Cruz, S. E., L. M. Martínez, R. L. Jarquín, y N. P. Pérez. 2007. Parasitismo del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), en Oaxaca, Mexico. P: 70-73: En: Memorias del XXX Congreso Nacional de Control Biológico-Simposio del IOBC. México.
- Fernández, J. L. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. Invest. Agr. Prod. Veg. Vol 17 (3): 467-474
- García, P. F., y F. J. Bahena. 2010. Parasitismo natural sobre gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en el estado de Morelos. Entomol. Mex.1: 99-103
- Gauld, I. 2000. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. Mem. Amer. Entomol. Inst. 63. USA, 453p.

- Hernández, M. J. L., B. E. C. López, G. E. Garza, y P. N. Mayck. 2008. Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, Mexico. *International J. Trop Insect Sci*, 28:126-129.
- Ignoffo, C. M. 1981. The fungus *Nomuraea rileyi*. *En: Microbial control of pests and plant diseases, 1970-1980*. Buerges, H.D. (Ed.), Academic Press, London. New York p. 523-538.
- Lezama G. R., J.J. Hamm, O. J. Molina, E. M. López, R. A. Pescador, R. M. Gonzales, and E. L. Styler. 2000. Occurrence of entomopathogens of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en the Mexican state of Michoacán, Colima, Jalisco and Tamaulipas. *Florida Entomol*, 84:23-30.
- Molina O. J., J. E. Carpenter, G. R. Lezama, J. E. Foster, R. M. González, S. C. A. Ángel, and L. J. Fariás. 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in México. *Fla. Entomol.* 87: 461-472.
- Molina O. J., J. J. Hamm, G. R. Lezama, E. M. López, R. M. González, and R. A. Pescador. 2001. A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. *Fla Entomol.* 84:31-36.
- Morillo, F., y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-cihalotrina y metomil. *Entomotrópica* 16(2): 79-87.
- Muñoz, D., M. A. Mabel, R. Murillo, De E. I. Ruiz, y L. Vilaplana. 2001. Técnicas básicas para la caracterización de baculovirus. p. 478-518. *En: P. Caballero., T. Williams & M. López (eds.). Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas*. Phytoma, España.
- Rios V. C., C. E. Cerna, P. S. R. Sánchez, and M. G. Gallegos. 2010. Natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Farrow) Samson infecting *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, México. *J. Res. Lepidoptera*. 43: 7-8.
- Rios V. C., M. G. Gallegos, C. J. Cambero, C. E. Cerna, C. M.C. Del Rincón and G. R. Valenzuela. 2011. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, México. *Fla Entomol.* 94(3): 723-726.
- Ruiz N. R. E., O. J. Molina, J. E. Carpenter, M. J. A. Espinosa, N. J. A. Ruiz, G. R. Lezama, and J. E. Foster. 2007. Survey for hymenopteran and dipteran parasitoids of the fall

armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Chiapas, México. *J. Agr. Urban. Entomol.* 24: 35-42.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Consultada en línea 21 de noviembre 2012. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2012. Plaguicidas de uso Agrícola Autorizados. Consultada en línea 18 de noviembre 2012. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx>

Townes, H., y M. Townes. 1966. A catalogue and reclassification of the Neotropical Ichneumonidae Mem. Amer. Entomol Inst 8. USA. 367 p.

Wharton, R. A., P. M. Marsh, y M. J. Sharkey. 1997. Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera). Special publication of The International Society of Hymenopterists No. 1. Washington, D.C

Williams T., H. C. Arredondo, and L. A. Rodríguez. 2013. Biological Pest Control in Mexico. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 119-140

#### IV. CONCLUSIONES

1. En la regulación poblacional del cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* de manera natural, destacan la participación de parasitoides y diversos entomopatógenos y la posibilidad de ser usados dentro de un programa de manejo integrado en Nayarit.
2. Se encontraron seis especies de parasitoides atacando a larvas de *S. frugiperda*, éstas fueron de la familia Braconidae: *Chelonus insularis*, *Cotesia* sp; de la familia Ichneumonidae: *Pristomerus spinator*, *Camponotus* sp., *Hypsoter* sp; así como una *Archytas marmoratus* (Tachinidae)
3. Los entomopatógenos encontrados de manera natural causando infección en *S. frugiperda* fueron los Hyphomycetes, *Beauveria bassiana* y *Nomuraea rileyi*, y un Nucleopoliedrovirus (SNMPV) de la familia Baculoviridae.

## V. LITERATURA CITADA

- Adams, J. R., y McClintock, J. T. 1991. Baculoviridae. Nuclear polyhedrosis viruses. Part I. Nuclear Polyhedrosis Viruses of Insects, pp. 87-204. *En: Atlas of invertebrate viruses.* (Adams, J.R. y Bonami J. R. Eds). CRC Press, Boca Raion, FL. 696 p.
- Alomar, O. 2002. Facultative Predation as a Biological Control. pp. 1-3. *En: Encyclopedia of pest management.* (Pimentel, D. Ed) Marcel Dekker, Inc. Nueva York. EE UU. 784 p
- Andrews K. L. 1989. Maíz y sorgo. pp. 34-76 *En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Estado actual y futuro.* K. L. Andrews y J. Rutilio. Eds. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 623 p.
- Andrews, K. L. 1980. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. Florida Entomology. 63: 456-467.
- Andrews, K. L. 1988. Latin American Research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomology 71(4): 630-653
- Asaff, T. A.; Reyes, V. Y.; López, L. V. E.; y De La Torre, M. M. 2002. Guerra entre insectos y microorganismos. una estrategia natural para el control de plagas Avance y Perspectiva 21:291-295.
- Avilés, M. 1989. Evaluación de insecticidas para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) en el cultivo del maíz CAE-CIAPAN-INIFAP-SARH.Valle de Culiacán, Sinaloa. 125 p.
- Bahena, J. F. 2003. Control biológico de las plagas del maíz en México: El caso del "gusano cogollero" *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). pp. 241-255 *En: Impactos del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la agricultura de América Latina.* F. Bejarano y B. Mata (Eds.). Segunda Edición. RAPAM. México 348 p.
- Bellows, T. S. y Van Driesche, R. G. 1996. Biological Control. Chapman & Hall. New York. 539 p.
- Benz, B. F. 1993. Introducción en biología, ecología y conservación del género *Zea diploperennis* y la conservación de recursos genéticos. Universidad de Guadalajara Jalisco. 302 p.
- Berliner, E. 1911. Über die Schalaffsucht der Mehlmottenraupe (Ephesti Kuehniella Zell.). Z. Angew. Entomol. 2. 29-56

- BOJA, 2007. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. 2007. Orden de 10 de octubre de 2007. por la que se aprueba el reglamento específico de producción integrada de cultivos hortícolas protegidos (tomate, pimiento, berenjena, judía, calabacín, pepino, melón y sandía). BOJA 25-10-07. Fecha de consulta: 6 de enero de 2013. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2007/211/2>
- Borbolla, I. S. 1981. Estudio comparativo de insecticidas a diferentes dosis y número de aplicaciones para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz de temporal. Agronomía en Sinaloa-UAS 1:21-30.
- Bravo, A. 2001. Proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis*. pp. 71-86. En: Bioinsecticidas fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas, coord. Caballero, P. y Ferre, J. M. V. Phytoma-España S.L. Valencia (España). 169 p.
- Bruck, D. J.; López, D. M.; Lewis, C. L.; Prasifka, R. J. y Gunnarson, D. R. 2006. Effects of Transgenic *Bacillus thuringiensis* Corn and Permethrin on Nontarget Arthropods. J. Agric. Urban. Entomol. 23(3): 111-124.
- Butt, T. M.; Jackson, C. y Magan, N. 2001. Fungi as biological control agent: progress, problems and potencial. . pp. 1-8 En: Fungi as biocontrol agents. Wallingford: Butt, T. M.; Jackson, C.; y Magan, N. (Eds.). CABI Internacional, 2001. 79 p.
- Cabello, T. 2008. Control biológico de Noctuidos y Otros Lepidópteros pp. 279-306. En: Jacas, J. y Urbaneja, A. (Eds.). Control biológico de Plagas. Phytoma. Valencia, Spain. 221 p.
- Caltagurone, L. E. y Doutt, R. L. 1989. The History of the *Vedalia* Beetles Importation to California and its Impac of the Development of Biological Control. Ann. Rev. Entomol. 34: 1-16.
- Casmuz, A.; Juárez, M. L.; Socías, M. G.; Murúa, M. G.; Prieto, S.; Medina, S.; Willink, E. y Gastaminza, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). Revista Sociedad Entomológica Argentina 69 (3-4): 209-231.
- CESAPEG. 2010. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato Manual de Plagas y Enfermedades del Maíz. Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2012. Disponible en: [http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto\\_11/folleto\\_maiz\\_11.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_maiz_11.pdf)

- Charnley, A. 1984. Physiological aspects of destructive patogénesis in insects by fungi: A speculative review. pp. 229-270. *En: Invertebrate-microbial interactions*. Anderson, J., Rayner, A. and Walton, D. (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge. 384 p.
- Coll, M. y Ruberson, J. R. 1998. Predatory Heteroptera: An important yet neglected group of natural enemies. pp.2-6. *En: M. Coll & J. R. Ruberson (Eds.) Predatory Heteróptera in agroecosystems: Their ecology and use in biological control*. Thomas Say Publications, Entomological Society of America. 233 p.
- CORPOICA. 1999. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Manejo Integrado del gusano cogollero del Maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2012. Disponible en: <http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/389/1/Manejo%20integrado%20del%20gusano%20cogollero%20del%20ma%C3%A9z%202.pdf>
- Corrales M. G. 1995. Evaluación del insecticida tebufenozide 2F y 1G para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz. *En: II Congreso Centroamericano y del Caribe y III Costarricense de Entomología*. San José, Costa Rica. p.62
- Coscollá, R. y Badía, V. 2001. Control de plagas de la vid con *Bacillus thuringiensis*. *En Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus thuringiensis en el control integrado de plagas*. Ed. Universidad Pública de Navarra y Phytoma. 318 p.
- De Bach, P. 1974. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press. Londres, Reino Unido.
- Del Rincón, M. C.; Méndez, L. J. e Ibarra, J. E. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) *Folia Entomológica Mexicana*, 45 (2): 157-164.
- Díaz-Gómez, O.; Galeano-Revert, M.; Rodríguez-Canilla, F. J. y Belda-Suarez, J. E. 2007. Efectividad biológica de *Steinernema carpocapsae* para manejo de *Spodoptera littoralis* (Lepidóptera: Noctuidae) en invernadero. Pp. 87-90 *En: Memorias del XXX Congreso Nacional de Control Biológico. Simposium Internacional de la OILB*. Noviembre 2007. Mérida, México.

- Eseriche, B. y Ferre, J. 2001. Modo de acción de las proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis*, pp. 87-108. En: Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas (ed. P.Caballero y J. Ferré). M. V. Phytoma-España, S: L. y Universidad Pública de Navarra, Valencia. 266 p.
- FAO. 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Roma: Dirección de producción y sanidad animal de la FAO. pp. 33-35.
- FAO. 2007. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Comité de Agricultura. Informe de la Dirección General Adjunta. Roma. Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2012. Disponible en: [faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx)
- FAOSTAT 2010 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Comité de Agricultura. Fecha de consulta: 11 de junio de 2012. Disponible en: [faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx)
- Fernández, J. L. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. Invest. Agr. Prod. Veg. 17 (3):467-474.
- Ferron, P. 1978. Biological control of insect pest by entomopathogenous fungi. Annual Review of Entomology. 23:409-442.
- FUPRONAY 2011. Fundación Produce Nayarit, A. C. Guía Técnica del Maíz. Consultada en línea 7 de Enero 2013. Disponible en: [www.fupronay.org.mx/guia%20tecnica/guia/ArchivosPDF/MAIZ.pdf](http://www.fupronay.org.mx/guia%20tecnica/guia/ArchivosPDF/MAIZ.pdf)
- García del Pino, F. 2007. Nematodos entomopatógenos como bioinsecticidas 10º Symposium Nacional de Sanidad Vegetal. 24-26 enero 2007. Sevilla, España.
- García, N. G. y Tarango, R. S. H. 2009. Manejo Biorracional del gusano cogollero en Maíz. Libro técnico N.º 30 SAGARPA-INIFAP. Delicias, Chihuahua, México. 5 p.
- García, P. F. y Bahena, J. F. 2010. Parasitismo Natural sobre Gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidóptera: Noctuidae) en el estado de Morelos Investigación Agropecuaria. Vol. 7(2) p. 169-174.
- Glare, T. R. y Callaghan, M. O. 2000. *Bacillus thuringiensis*: biology, ecology and safety. 1 ed. John Wiley y Sons, Ltd.

- Gómez, A. 1999. Determinación de la susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* al hongo entomopatógeno *Nomuraea riley* en condiciones de laboratorio. Tesis Licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quevedo-Ecuador. p. 44
- Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A. y Schwentesius, R. R. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica. Certificación y comercialización. UACH. Mundiprensa. Tercera reimpresión. 224 p.
- Granados, R. R. y K. A. Williams. 1986. *In vivo* infection and replication of baculoviruses. pp. 89-108. En: The biology of baculoviruses, Vol. I, Biological Properties and Molecular Biology. (R. R. Granados y B. A. Federici [eds]), CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 472 p.
- Gröner, A. 1986. Specificity and safety of baculoviruses. pp. 177-202. En The Biology of Baculoviruses, Vol. I, Biological Properties and Molecular Biology. (R. R. Granados y B. A. Federici [eds]), CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 472 p.
- Grundy, P. y Maelzer, D. 2000. Predation by the assassin bug *Pristhesancus plagipennis* (Hem.: Reduviidae) of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) and *Nezara viridula* (L.) (Hem.: Pentatomidae) in the laboratory. Aust. J. Entomol. 39: 280-282.
- Hagen, K. S ; Mills, N. J.; Gordh, G. y McMurry, J. A. 1999. Terrestrial Arthropod Predators of Insects and Mite Pests. pp. 383-503. En: Bellows, T. S. T. W. Fisher Handbook of Biological Control. Principles and Applications of Biological Control. Academic Press San Diego. EE UU. 890 p.
- Hernández, M. J. L.; López, B. E. C., Garza, G. E.; y Mayck, P. N. 2008. Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, Mexico. International Journal of Tropical Insect Science, 28:126-129.
- Hruska, A. J. y Gould, F. 1997. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatrea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. J. Econ. Entomol. Vol.90 (2). 611-622.
- Iriarte, J. y Caballero, P. 2001. Biología y ecología de *Bacillus thuringiensis*. pp.16-44 En: Bioinsecticidas fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas, coord. Caballero, P. y Ferre, J. M. V Phytoma-España S.L. Valencia (España). 169 p.

- Ishiwata, S. 1901. On a severe flacherie (sotto disease). *Dainihon Sanshi Katho* 114: 1-5
- Jacques, R. P. 1985. Stability of insect viruses in the environment. pp. 285-360. En: K. Maramorosch y K. E. Sherman (ed), *Viral insecticides for biological control*. Academic Press, New York. 498 p.
- Kaya, H. K. y Stock, S. P. 1997. Techniques in insect nematology. *En: Manual of Techniques in Insect Pathology*. (L. A. Lacey, ed) pp. 281-324 Academic Press, London.
- Lacey, L. A.; Frutos, F.; Kaya, H. K. y Vail, V. 2001. Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They Have a Future?. *Biological Control*. 21: 230-248.
- Lagunes, T. A., Rodríguez, M. C. y Domínguez, R. R. 1985. Plagas del maíz en la mesa central. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, México: 18-21.
- Lattin, J. D. 1989. Bionomics of the Nabidae. *Ann. Rev. Entomol.* 34: 383-400.
- López-Llorca, L. V. y Hans-Börje, J. 2001. Biodiversidad del suelo: control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos. *Cuaderno de Biodiversidad*. 3 (6) : 12 - 15.
- Mac Gregor, R. y Gutiérrez, O. 1983. *Guía de insectos nocivos para la agricultura en México*. 1ª Edición. Edit. Alambra mexicana, S. A. México, D. F. 165 pp.
- Malais, M. H. y Ravensberg, W. J. 2003. *Conocer y reconocer. La biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales*. Reed Business Information. Koppert, Berkel en Rodenrijs. Países bajos. 109 p.
- Malo, E. A.; Zabeche, A. y Virgen, A. 1999. Evaluación preliminar de trampas y feromonas para el monitoreo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera, Noctuidae) en maíz. *Seminario Nacional de Ecología Química*. Aguascalientes, Ags. pp73-79.
- Mangenti, A. R. 1981. *General Nematology*. Springer-Verlag. Nueva York, EE UU.
- Marignoni, M. E.; Iwai, P. J. 1986: A catalogue of viral diseases of insects, mites, and ticks. Fourth edition. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PNW. 195 p.
- McPherson, B. 1995. *Management of insecticide resistance*. Pennsylvania State University. Mimeografiado. 42 p.
- Metcalf, R. L. y Luckmann, W. H. 1990. *Introducción al manejo de plagas de insectos*. Primera edición en español. Ed. LIMUSA. México. D. F. 710 p.

- Meyling, N. V. y Eilenberg, J. 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium unisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biological Control*. Vol. 43, No. 2, p. 145-155.
- Monerat, R.; Martins, E.; Queiroz, P.; Orduz, S.; Jaramillo, G.; Benintende, G.; Cozzi, J.; Dolores-Real, M.; Martínez-Ramírez, A. Rausell, C.; Cerón, J.; Ibarra, J. E.; Del Rincon-Castro, M. C.; Espinoza, A. M.; Meza-Basso, L.; Cabrera, L.; Sánchez, J.; Soberon, M. y Bravo, A. 2006. Genetic Variability of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Populations from Latin America Is Associated with Variations in Susceptibility to *Bacillus thuringiensis* Cry Toxins. *Applied and Environmental Microbiology*. 72(11): 7029-7035.
- Morillo F. y Noiz A. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-dacihalotrina y metomil. *Entomol.* 16(2):79-87
- Morón, A. M. y Terrón, R. 1988. *Entomología práctica*. Instituto de Ecología, México. 12-373-423.
- Nadal, A. 2000. *The Environmental & Social Impacts of Economic Liberalization on Corn Production in México*. Gland, Switzerland and Oxford, UK, WWF International and Oxfam G.B 113 p.
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH. INIA. CIANO. CAEVY. Cd. Obregón Son. Libro Técnico No. 1. 414 p.
- Paredes, L. O.; Guevara L. F. y Bello, P. L. A. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 197 p.
- Pashley, D. P. 1986. Host-associated genetic differentiation in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) a sibling species complex?. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 898-904.
- Pérez, C.N. 2004. Manejo Ecológico de Plagas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural - CEDAR. 296 p.
- Pérez, M. E. 2001. Control Biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en Maíz. INISAV. Cuba. Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2012. Disponible en: <http://codagea.edoags.gob.mx/~produce/spodopte.htm>
- Pérez, M. E. 2006. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. Departamento de Manejo de Plagas. Ciudad de la Habana, Cuba. Fecha de consulta: 14 de diciembre de

2012.

Disponible

en

<http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTE.htm>.

- Pucheta, D. M.; Flores, M. A.; Rodríguez, N. S.; y De La Torre, M. 2006. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. INCI.31 (12): 856-860.
- Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez, C. y, E. 2001. Empleo de *Bacillus thuringiensis* en los sistemas agrícolas. pp. 189-215. En: Bioinsecticidas fundamentos y aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* en el control integrado de plagas. coord. Caballero, P. y Ferre, J. M. V. Phytoma-España S.L. Valencia (España). 169 p.
- Rausell, C.; Martínez, R. A. C.; García, R. I. y Real, M. D. 2001. *Bacillus thuringiensis* en el control de lepidópteros que constituyen plagas forestales. Phytoma- España, UP Navarra. 233 p.
- Rodríguez, H. C. 1995. Efeito de extratos aquosos de Meliaceae no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lcp.; Noctuidae) Tesis de Doctor en Ciencias. Universidad Estadual de Londrina, USP. Brasil. 100 p.
- Romeis, J.; Meissle, M. y Bieker, F. 2006. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. Nat. Biotechnol. 24: 63-71.
- Samson, R. A.; Evans, H. C. y Latgé, J. P. 1998. Atlas of entomopathogenic fungi. New York: Springer-Verlag. 187. p.
- Schnepf, E.; Crickmore, N.; Van Rie, J. et al. (1998) *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 62, 775-806.
- SENASICA, 2011. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Plaguicidas de uso Agrícola Autorizados Consultada en línea 18 de noviembre 2012. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx>
- SIAP, 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Consultada en línea 17 de diciembre 2012. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=367:numero\\_fundamentalesdeuncultivo\\_fundamental&catid=6:boletines&Itemid=56](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=367:numero_fundamentalesdeuncultivo_fundamental&catid=6:boletines&Itemid=56)
- SIAP, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Consultada en línea 21 de noviembre 2012. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)

- Sifuentes, J. A. 1974. El gusano cogollero del maíz y su control en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA. Folleto de divulgación N° 52. 6 p.
- Silva, C. C. A. 2005. Maíz Genéticamente Modificado. AGRO-BIO. Bogotá, Colombia. 60 p.
- Silvain, J. F. 1987. *Spodoptera frugiperda* SUAD-ORSTOM, Francia. 2 p.
- Sosa, C. M. 2009. Descripción de la Quetotaxia y otras Estructuras de Larvas (L1-L5) de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Tesis de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. In. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 32 p.
- Stelzl, M. y Devetak, D. 1999. Neuróptera in agricultural ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 305-321.
- Swadener, C. 1994. *Bacillus thuringiensis* (B.t.). *J. Pestic. Reform* 14: 13-20.
- Tanada, Y. y Kaya, H. K. 1993. *Insect pathology*. Academic Press, San Diego, California, USA: 666 p.
- Télez-Jurado, A.; Cruz, R. M. G.; Flores, M. Y. Asaff, T. A. y Aranacuenca, A. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología*, 30 : 73-80.
- Todd, E. L. y Poole, R. W. 1980. Key and illustrations for the fall armyworm moths of noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 73(6): 722-738.
- Triplehorn, C. A. and Johnson, N. F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects, 7th Edition. Ed. Thomson Brooks/Cole. USA. 571-647 pp.
- Van-Huis, A. 1981. Integrated pest management in the small farmers maize crop in Nicaragua. *Meded. Landbou. Wageningen*. 81: 1-221.
- Van-Lenteren, J. C. y Godfray, H. C. 2005. European science in the Enlightenment and the discovery of insect parasitoid life cycle in the Netherlands and Great Britain. *Biol. Control*. 32: 12-24.
- Vázquez, M. L. L. 1999. La conservación de los enemigos naturales de plagas en el contexto de la fitoprotección. INISAV Cuba. Boletín Técnico. Vol. 5(4): 75 p.
- Vega, V. D. y Ramírez, M. P. 2004. Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. 56 p.

- Volkman, L. E.; Blissard, G. W.; Friesen, P.; Keddle, B. A.; Possee, R. y Theilmann, D. A. 1995. *Buculoviridae*. En: *Virus Taxonomy* (Murphy, F.A.; Fauquet, C.M.; Bishop, D.H.L.; Ghabrial, S.A.; Jarvis, A.W.; Martelli, G.P.; Mayo, M.A., y Summers, M.D. Eds.). *Sixth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. pp.104-111 Vienna & New York: Springer-Verlag.
- Waterhouse, D.; Carman, W. J.; Schottenfeld, D.; Gridley, G. y McLean, S. 1996. Cancer incidence in the rural community of Tecumseh, Michigan: a pattern of increased lymphopietic neoplasms. *Can.* 77(4): 763-770.
- Yu, D. S. K., K. Van Achterberg y K. Horstmann. 2005. *World Ichneumonidae 2004. Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution*. CD/DVD. Taxapad. Vancouver, Canadá.