

**Densidad poblacional de *Helicoverpa zea* (Boddie)
(Lepidoptera: Noctuidae) y su relación fenológica con los cultivos de tomate y maíz**

por

Lymari M. Calero Toledo

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2007

Aprobado por:

Ángel L. González, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Lizzette González, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Irma Cabrera, M.S.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Alejandro Segarra, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

José A. Mari Mutt, Ph.D.
Representante Escuela Graduada

Fecha

Arístides Armstrong, M.S.
Director del Departamento

Fecha

ABSTRACT

Helicoverpa zea (Boddie) is the most important insect pest of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Mill.), and corn, *Zea mays* L. A study was conducted (2003-2004) to estimate the density and phenology of *H. zea* in commercial fields of tomato (Gargiulo, Santa Isabel) and corn (Mycogen, Santa Isabel; Pioneer, Salinas). The number of adults was estimated based on moths collected in pheromone-baited *Heliothis* traps. At each locality, 25 plants were sampled for *H. zea* eggs and larvae. Data were grouped into four seasons and four phenological stages. *H. zea* eggs and larvae were moderately aggregated in tomato trifoliates and fruits and in corn ears. Higher numbers of *H. zea* eggs and larvae were found in Mycogen and Pioneer than in Gargiulo in winter and spring. Peak adult numbers were observed in spring for Mycogen and Pioneer, and both were higher than Gargiulo. In terms of crop phenology, higher number of eggs and larvae were found at Mycogen and Pioneer in the reproductive and maturation stages of corn and these were higher than in Gargiulo, where the senescence stage was the highest. Tomato was planted in pure stands and intercropped with corn (planted at 0, 7, and 14 days after tomato) at Juana Díaz Agricultural Experiment Station (2004, 2005). Higher numbers of *H. zea* eggs and larvae were found on corn in the reproductive stage of intercrop treatments. In pure tomato stands higher numbers of *H. zea* eggs and larvae were found as tomato reached the maturation stage. The application of these study findings for managing *H. zea* in a tomato and corn agroecosystem is discussed.

RESUMEN

Helicoverpa zea (Boddie) es la plaga principal del tomate, *Lycopersicum esculentum* (Mill.), y el maíz, *Zea mays* L. Se realizó un estudio (2003-2004) para estimar la densidad y la fenología de *H. zea* en siembras comerciales de tomate (Gargiulo, Santa Isabel) y maíz (Mycogen, Santa Isabel; Pioneer, Salinas). El número de adultos se estimó en base a las alevillas capturadas en trampas tipo *Heliothis* con cebo de feromona sexual. En cada localidad, se muestrearon 25 plantas para huevos y larvas de *H. zea*. Los datos se agruparon en cuatro estaciones y en cuatro etapas fenológicas. Los huevos y larvas de *H. zea* mostraron una distribución moderadamente agregada en los trifolios y frutos de tomate y en las mazorcas de maíz. El número de huevos y larvas de *H. zea* en Mycogen y Pioneer fue más alto que en Gargiulo en el invierno y la primavera. El mayor número de adultos se observó en la primavera en Mycogen y Pioneer, siendo estos mayores que en Gargiulo. En términos de la fenología de los cultivos, se encontró un mayor número de huevos y larvas de *H. zea* en las etapas reproductiva y de maduración del maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer y estas fueron significativamente más altas que en Gargiulo, en donde las poblaciones fueron más altas en la senescencia. En la Estación Experimental de Juana Díaz (2004, 2005), se sembró tomate como monocultivo e intercalado con maíz (sembrado 0, 7, y 14 días después del tomate). Se encontró un mayor número de huevos y larvas de *H. zea* en el maíz en etapa reproductiva de los tratamientos intercalados. En el monocultivo el mayor número de huevos y larvas de *H. zea* se encontró en el tomate según éste alcanzaba la etapa de maduración. Se discute la aplicación de los resultados de este estudio al manejo de *H. zea* en el agroecosistema de tomate y maíz.

DEDICATORIA

A mi madre, Carmen,

por darme la vida y enseñarme a buscar motivos para vivirla

por comprenderme, por ser mí mejor amiga

por darme lecciones, por reforzarlas

por dirigirme con fuerza y con amor

por creer en mí y por apoyarme

por darme las alas que necesitaba para volar

por ser el aire bajo mis alas.

A la memoria de mi padre Israel, de Tita, de abuela Monín y de abuelito Luis porque siempre están en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por los dones que recibo cada día, por manifestarse en todo lo que me rodea.

Al Dr. Ángel Luis González por ser un gran consejero, por su dirección, por creer en mí.

A los miembros de mi Comité de Tesis: Dr. Alejandro Segarra, Dra. Lizzette González y Profesora Irma Cabrera por su apoyo y contribución.

A las secretarias del Departamento de Protección de Cultivos, Sra. Jeannette Morales y Sra. María Pagán, por su afecto sincero y su ayuda incondicional.

A la Prof. Nydia Vicente, al Dr. Nelson Semidey, al Dr. Ramón Torres y al Dr. Carlos Rosario por contribuir a mi formación profesional.

Al personal de las compañías: Gargiulo, Pioneer Hi- Bred y Mycogen y al personal de la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz, que con su colaboración hicieron posible esta investigación.

A los agrónomos Isabel Marrero y Pedro Hernández por compartir conmigo sus conocimientos, por toda la ayuda y apoyo brindado.

A Alan Harms por su cooperación.

A mis compañeros agrónomos Lorimar Figueroa, Víctor González y Alberto Vélez por su colaboración con la fase de campo.

A la Dra. Linda Beaver y al Dr. Raúl Machiavelli por su asistencia con los análisis estadísticos.

A mi esposo Miguel por su gran amor, por su paciencia y por su apoyo incondicional.

A mis sobrinos Gabriel e Ilka, por llenar mi vida con su existencia.

A mi hermana Ida, por su amor, por su ejemplo y por apoyarme en todos mis proyectos.

A Alexandra Delgado, José C. Santiago, Sor Yathira Rosado, José I. Marengo, Juan Calle, y Yahaitza Gil, porque con sus palabras de aliento y al acompañarme durante esta jornada la hicieron más llevadera.

A Lisandra Benítez por su colaboración con las fotos aéreas de las siembras comerciales.

A todos los que de una manera u otra me apoyaron para que este proyecto fuera posible.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
1. Distribución geográfica de <i>Helicoverpa zea</i>	5
2. Hospederos de <i>Helicoverpa zea</i>	5
2.1. Cultivos.....	5
2.2. Cultivo de maíz.....	7
2.3. Cultivo de tomate	9
2.4. Hospederos silvestres	10
3. Biología de <i>Helicoverpa zea</i>	11
3.1. Huevo	12
3.2. Larva	14
3.3. Pupa	17
3.4. Adulto	19
4. Ecología y dinámica poblacional de <i>Helicoverpa zea</i>	20
5. Métodos de control de <i>Helicoverpa zea</i>	22
5.1. Control químico	22
5.2. Control biológico.....	22
5.2.1. Enemigos naturales	22
5.2.2. Entomopatógenos.....	23
5.2.3. Insecticidas microbiales.....	25
5.3. Resistencia de hospederos	26
5.4. Control cultural	28
6. Métodos de muestreo y umbrales de acción.....	29

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	31
1. Siembras comerciales de tomate y maíz en la zona sur de Puerto Rico	31
1.1. Poblaciones de <i>H. zea</i> por localidad y por época.	33
1.2. Comparación por etapa fenológica de los cultivos.	35
2. Siembras experimentales	36
2.1. Experimento I	36
2.1.1. Relación fenológica entre <i>H. zea</i> y los cultivos de tomate y maíz.....	39
2.2. Experimento II	42
2.2.1. Rendimiento de frutos comerciales de tomate y por ciento de daño ocasionado por larvas de lepidópteros	43
V. RESULTADOS	45
1. Siembras comerciales de tomate y maíz en la zona sur de Puerto Rico	45
1.1. Poblaciones de <i>H. zea</i> por localidad y por época	45
1.2. Comparación por etapa fenológica de los cultivos	57
2. Siembras experimentales.....	66
2.1. Experimento I	66
2.1.1. Relación fenológica entre <i>H. zea</i> y los cultivos de tomate y maíz.....	66
2.2. Experimento II	79
2.2.1. Rendimiento de frutos comerciales de tomate y por ciento de daño ocasionado por larvas de lepidópteros	80
VI. DISCUSIÓN	84
VII. CONCLUSIONES	89
VIII. RECOMENDACIONES	90
IX. LITERATURA CITADA.....	91
X. APÉNDICE	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Larva de <i>Helicoverpa zea</i> alimentándose de fruto de pimiento.....	6
Figura 2. Filamentos de la mazorca de maíz con huevos de <i>H. zea</i>	8
Figura 3. Larva de <i>Helicoverpa zea</i> alimentándose en la mazorca de maíz.	9
Figura 4. Larva de <i>H. zea</i> alimentándose en tomate.	10
Figura 5. Anillo en huevos de <i>H. zea</i> en filamentos de la mazorca de maíz.	13
Figura 6. Huevo de <i>H. zea</i> en la vena principal de una hoja de tomate.	13
Figura 7. Huevos de <i>H. zea</i> sobre la base del pedúnculo floral en tomate.	14
Figura 8. Larva de <i>Helicoverpa zea</i>	15
Figura 9. Seudopatas abdominales de <i>H. zea</i> y gancho.	17
Figura 10 a-b. Cápsula cefálica de <i>H. zea</i> . (a) estemata; (b) mandíbula.....	17
Figura 11. Pupa de <i>Helicoverpa zea</i>	18
Figura 12. Adulto de <i>Helicoverpa zea</i> en tomate.....	20
Figura 13. Fotos aéreas de las siembras comerciales donde se realizaron los muestreos (A) Mycogen. (B) Pioneer Hi- Bred. (C) Gargiulo.	32
Figura 14. Trampa de feromonas <i>Heliothis trap</i> ®.....	34
Figura 15. Parcela tomate- maíz, siembra experimental en Juana Díaz (enero- abril 2004).....	37
Figura 16. Foto aérea del área en donde se realizaron las siembras experimentales en Juana Díaz (A) Experimento I (B) Experimento II.....	38
Figura 17. Etapas en el desarrollo del cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	40
Figura 18. Etapas en el desarrollo del cultivo del maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	41
Figura 19. Parcela tomate- maíz, siembra experimental en Juana Díaz (noviembre 2004- marzo 2005).....	43
Figura 20. Fruto de tomate mostrando daño ocasionado por larva de lepidóptero.	44

Figura 21 A-B. (A) Promedio de huevos de <i>H. zea</i> en siembras de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y en siembras de tomate y sandía en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de huevos de <i>H. zea</i> en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.	47
Figura 22 A-B. (A) Promedio de larvas de <i>H. zea</i> en siembras de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y en siembras de tomate y sandía en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de larvas de <i>H. zea</i> en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.	50
Figura 23. Número de adultos de <i>H. zea</i> en la localidad de Mycogen.	53
Figura 24. Número de adultos de <i>H. zea</i> en la localidad de Pioneer.....	54
Figura 25. Número de adultos de <i>H. zea</i> en la localidad de Gargiulo.	55
Figura 26 A-B. (A) Promedio de adultos de <i>H. zea</i> por trampas de feromonas (Heliiothis trap [®]) en las localidades de Mycogen, Pioneer y Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de adultos de <i>H. zea</i> en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.....	56
Figura 27 A-B. (A) Promedio de huevos de <i>H. zea</i> por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de huevos de <i>H. zea</i> por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.	59
Figura 28 A-B. (A) Promedio de larvas de <i>H. zea</i> por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de larvas de <i>H. zea</i> por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.....	62
Figura 29 A-B. (A) Promedio de adultos de <i>H. zea</i> por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de adultos de <i>H. zea</i> por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.	65
Figura 30. Promedio de huevos de <i>H. zea</i> en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	68
Figura 31. Promedio de huevos de <i>H. zea</i> en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	69
Figura 32. Promedio de larvas de <i>H. zea</i> en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).	73
Figura 33. Promedio de larvas de <i>H. zea</i> en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).	74

Figura 34. Número de adultos de <i>H. zea</i> en trampas Heliiothis trap® en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).	78
Figura 35. Producción promedio de frutos comerciales de tomate en intercalados tomate/ maíz, Juana Díaz, Siembra Experimental II (noviembre 2004- marzo 2005).	81
Figura 36. Valor del por ciento de frutos de tomate con daño de lepidópteros transformado a arcsen, Juana Díaz, Siembra Experimental II (noviembre 2004-marzo 2005).	82
Figura 37 A-B. Larva de <i>Spodoptera eridania</i> (Cramer) en hoja (A) y fruto de tomate (B).....	83
Figura 38. Larva de <i>Helicoverpa zea</i> en flor de sandía.	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Número de generaciones anuales de <i>H. zea</i> en América del Norte.	12
Cuadro 2. Comparación de las principales larvas de noctuidos plagas de maíz y hortalizas (Stehr, 1987; Triplehorn y Johnson, 2004; Capinera, 2001).	16
Cuadro 3. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de huevos de <i>H. zea</i> por tratamiento en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	70
Cuadro 4. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de huevos de <i>H. zea</i> por tratamiento en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	71
Cuadro 5. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de larvas de <i>H. zea</i> por tratamiento en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	75
Cuadro 6. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de larvas de <i>H. zea</i> por tratamiento en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).	76
Cuadro 7. Número de adultos capturados en las trampas de feromonas (Heliiothis trap®) localizadas en cada uno de los cuatro puntos cardinales del experimento.	77
Cuadro 8. Número de huevos y larvas de <i>H. zea</i> en maíz, Juana Díaz, Siembra Experimental II (24 de febrero del, 2005).	79

I. INTRODUCCIÓN

El tomate *Lycopersicum esculentum* (Miller) tiene origen en América del Sur y se ha convertido en el cultivo hortícola de mayor valor económico en el mundo. Para el año 2005 se produjeron aproximadamente 122 millones de toneladas métricas de frutos de tomate para consumo fresco o para procesado (FAO, 2006). El principal productor de tomate es China, el cual generó un 26% de la producción total del año 2005 (FAO, 2006). En Puerto Rico, el tomate es la hortaliza de mayor importancia económica y uno de los cultivos más importantes después de los plátanos, las plantas ornamentales, el café, los guineos, el mangó de variedad y la producción de semillas (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2005). Para el año 2005 se produjeron 20,000 toneladas métricas de tomate en Puerto Rico (FAO, 2006) destinadas al consumo fresco local o a la exportación.

El tomate producido para consumo fresco debe poseer características aceptables de firmeza, tamaño, capacidad de maduración y sabor. Por esta razón las larvas de lepidópteros que se alimentan de sus raíces, tallos, hojas, flores y frutos son una amenaza para la producción y la calidad del producto. En el tomate, la larva de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) causa daño directo al fruto y lo contamina, permitiendo la entrada de patógenos al mismo (Hoffman et al., 1991a). Armstrong (1990) reportó a *H. zea* como uno de los insectos más destructivos en el cultivo del tomate y otras solanáceas en Puerto Rico. La larva de *H. zea* es masticadora y se alimenta de las zonas tiernas de las plantas, consumiendo sus hojas, granos en formación, flores y frutos. Según este autor, cerca del 85% del daño que ocasiona este insecto ocurre en el fruto aunque también se puede alimentar del follaje. Cabrera y Vélez (2003) estimaron que el 70% de las frutas cosechadas de pimiento, tomate y berenjena en la costa sur de Puerto Rico tuvieron daño causado por larvas de *H. zea*. En otros países, como Brasil, la larva de *H. zea* es considerada la tercera razón de peso en ocasionar pérdidas

económicas en la producción de tomate, luego del ataque del hongo *Alternaria spp.* y de la caída del fruto (Picanço et al., 1998).

El maíz y otros cultivos gramíneos constituyen los hospederos primarios de *H. zea*, aunque también puede atacar las siembras de calabaza, calabacín, col, batata, berenjena, espárrago, espinaca, guisante, haba, lechuga, melón, papa, pepino, pimienta y sandía, entre otros (Capinera, 2001). En pruebas de laboratorio, Martin et al. (1976a), demostraron que *H. zea* prefiere ovipositar en el cultivo de tomate, sobre una variedad de hortalizas, cuando el cultivo de maíz no está disponible. De acuerdo a Fitt (1989), el éxito de esta plaga insectil en los sistemas agrícolas se debe en gran medida a su polifagia, su alta movilidad y su fecundidad. Davis et al. (1998) estimaron las pérdidas asociadas a este insecto en todos los cultivos con los que se le asocia en más de mil millones de dólares anuales en los Estados Unidos, esto aunque que se invierten cerca de 250 millones de dólares para su control (Fitt, 1989).

Tradicionalmente, el control de *H. zea* ha sido mediante el uso de insecticidas químico-sintéticos, aunque los efectos adversos generados por la utilización indiscriminada de los mismos ha sido ampliamente reportada en la literatura. El control cultural incluye una serie de mecanismos para alterar el medio ambiente del insecto de forma que este sea inadecuado o que se logre una asincronización entre el insecto y el cultivo. La estrategia de realizar siembras tempranas es común para evitar la presencia del cultivo cuando las condiciones son óptimas para la plaga. Además, existen enemigos naturales, hongos, bacterias y virus que de forma natural regulan las poblaciones de la plaga. Actualmente, la tendencia dentro de los sistemas agrícolas para el control de ésta y otras plagas insectiles es la utilización de un manejo integrado de plagas.

Raulston et al. (1998) reportaron que las poblaciones de *Helicoverpa spp.* siguen patrones temporales y espaciales dentro de un marco regional generalizado. Es posible que estos patrones estén circunscritos a la distancia espacial y temporal de los cultivos hospederos. En la zona sur de Puerto Rico, entre los municipios de Salinas a Juana Díaz, se concentra la

producción a gran escala de cultivos hospederos de *H. zea*, por lo que el insecto representa una amenaza a la agricultura local. En efecto, Martínez (2003) estudió la abundancia de *H. zea* en el sur y el noroeste de Puerto Rico y reportó que el insecto predomina en el sur de la isla. El maíz para semilla permanece aproximadamente 120 días en el campo, al igual que el tomate. En Puerto Rico, ambos cultivos comparten la misma zona geográfica y coinciden en parte del tiempo que permanecen en el campo. Es necesario definir la relación que existe entre la dinámica poblacional de *H. zea* y los cultivos de tomate y maíz a través del tiempo y el espacio para elaborar estrategias de control que permitan disminuir las pérdidas económicas asociadas al insecto plaga en el tomate.

II. OBJETIVOS

El principal objetivo es estudiar las poblaciones de *Helicoverpa zea* y su relación fenológica con los cultivos de tomate y maíz en la zona sur de Puerto Rico.

Los objetivos específicos son:

- Determinar cómo la densidad poblacional de *H. zea* varía según la época del año y el cultivo presente.
- Determinar la secuencia de etapas fenológicas de los hospederos que son significativas a los eventos reproductivos de la plaga y que dictan la dinámica poblacional del insecto.
- Estudiar las poblaciones de *H. zea* en siembras experimentales de tomate utilizando el maíz como cultivo trampa.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Distribución geográfica de *Helicoverpa zea*

Helicoverpa (= *Heliothis*) *zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) es nativa de América del Norte, aunque su origen es incierto (Capinera, 2001). Hill (1983) reportó que *H. zea* tiene hábitos migratorios y se encuentra distribuida por América del Norte, América Central, América del Sur, el Caribe y Hawaii entre los 40° de latitud norte y 40° de latitud sur. En los Estados Unidos puede encontrarse hasta los estados de Kansas, Ohio, Virginia y el sur de Nueva Jersey (Blanchard, 1942; citado por Capinera 2001), aunque puede desplazarse hasta Canadá dependiendo de la severidad del invierno (Hardwick, 1965; Fitt, 1989).

2. Hospederos de *Helicoverpa zea*

2.1. Cultivos

La oruga de la mazorca en maíz, la oruga del tomate y la oruga del algodón son los nombres comunes de *H. zea* de acuerdo a Medina- Gaud et al. (2003). Otros nombres de uso común para identificar a *H. zea* son: el gusano de la fruta en el tomate (tomato fruitworm), el gusano elotero o gusano de la mazorca en maíz (corn earworm), el gusano bellotero en algodón (cotton bollworm) y el gusano cogollero del tabaco (tobacco budworm).

Según King y Coleman (1989), los principales hospederos de la especie son el maíz, el algodón y el tabaco, mientras que puede convertirse en plaga secundaria de los cultivos de sorgo, repollo, leguminosas, cucurbitáceas, fresas, girasol, pimiento, alfalfa, lechuga y maní. En Puerto Rico, Martorell (1976), reportó como hospederos alternos de *H. zea* a los cultivos de tomate, pimiento, sorgo, gandul, habichuela, caña de azúcar, berenjena, tabaco y girasol. De acuerdo a Fitt (1989), la predilección de *H. zea* por las plantas en florecida es el patrón más consistente en la selección de sus hospederos. Las larvas de *H. zea* prefieren alimentarse de estructuras vegetales con alto contenido de nitrógeno, como las flores, los frutos y los puntos

de crecimiento (Figura 1). El gusano de la fruta es una plaga agrícola de importancia económica debido a que su alimentación influye directamente en el rendimiento de la planta.



Figura 1. Larva de *Helicoverpa zea* alimentándose de fruto de pimiento.

2.2. Cultivo de maíz

El gusano de la mazorca, es una de las plagas principales del maíz, *Zea mays* (L.). Por ejemplo, en los Estados Unidos el cultivo de maíz se ha cuantificado de 40,000 a 50,000 adultos de *H. zea* por hectárea (Stinner et al., 1977, citado por Fitt, 1989). En estudios separados Figueroa-Silvestri (1983) y Fuentes- López (1994), determinaron que el ciclo de vida de esta especie está relacionado con la floración del maíz, en donde sus larvas pueden atacar hasta el 60% de las plantas florecidas en variedades para la producción de grano. En el cultivo de maíz los adultos de *H. zea* ovipositan en los filamentos de la mazorca (Figura 2), donde las larvas del primer instar comienzan a consumirlos hasta llegar a los granos de la mazorca. Las pérdidas económicas en el maíz causadas por *H. zea* ocurren debido a que durante su estadio larval se alimenta de los granos de la mazorca (Figura 3), donde permanecen alimentándose hasta el momento de pupar. Además del daño directo, las larvas abren paso a la entrada de microorganismos causantes de enfermedades tales como la pudrición de la mazorca, y a los que son productores de aflatoxinas como *Aspergillus spp.* y *Fusarium spp.* (Storer et al., 2001).



Figura 2. Filamentos de la mazorca de maíz con huevos de *H. zea*.

Figueroa-Silvestri (1983), reporta que el periodo crítico para el control de *H. zea* en maíz es antes de la floración completa del cultivar, cuando hay cerca de un 60-70% de las plantas de maíz con los filamentos verdes en las mazorcas. Los adultos pueden pasar a colonizar otros hospederos al finalizar la época de siembra del maíz, cuando las poblaciones del gusano de la mazorca son altas, aumentando así su potencial de daño.

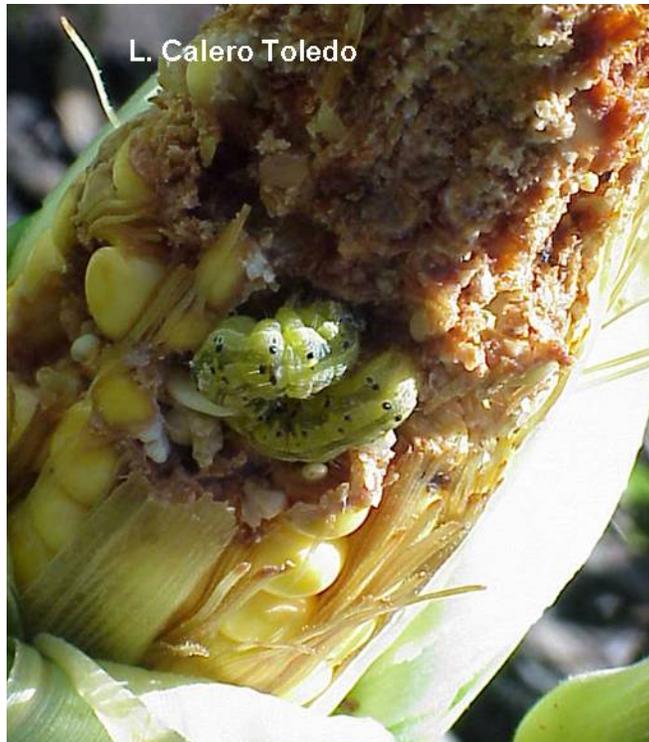


Figura 3. Larva de *Helicoverpa zea* alimentándose en la mazorca de maíz.

2.3. Cultivo de tomate

El gusano de la fruta es una de las plagas de lepidópteros más importantes en el cultivo de tomate porque su larva causa daño directo en el fruto y lo contamina. De acuerdo a Martin et al. (1976a), las hembras de *H. zea* prefieren al cultivo de tomate para efectuar su oviposición cuando los filamentos de la mazorca de maíz se secan. En el cultivo de tomate, las hembras adultas depositan sus huevos durante las horas de la noche en las hojas cercanas a las frutas verdes que se encuentran en el borde exterior de la planta. Las hojas bajo los racimos florales son el lugar preferido de oviposición de *H. zea* en éste cultivo (Zalom et al., 1983).

Al eclosionar, los primeros instares larvales perforan la base de las frutas. Generalmente el gusano sólo hace un orificio en la fruta, por donde comienza a alimentarse (Figura 4) y luego al completar una especie de túnel se mueve a otra fruta. Su alimentación resulta en una fruta con una cavidad interna acuosa llena de mudas de exoesqueleto, heces fecales y áreas necróticas.

La fruta dañada, madura prematuramente. Más adelante en el ciclo de vida del cultivo las larvas también entrarán a las frutas de tomate maduras (Zalom et al., 2000).



Figura 4. Larva de *H. zea* alimentándose en tomate.

2.4. Hospederos silvestres

Las poblaciones iniciales de adultos de *H. zea* pueden estar presentes antes de que estén disponibles sus hospederos cultivados porque el insecto puede alimentarse de una gran variedad de hospederos silvestres (Raulston et al., 1998). Martin et al. (1976a) reportaron que varios árboles y arbustos son frecuentados por los adultos de *H. zea*, entre ellos miembros de las familias Rosaceae y Asteraceae. Neunzig (1963), concluyó que la intensidad de larvas por planta en el cultivo de maíz y en la maleza *Linaria canadensis* (L.) es equivalente. Varios autores mencionan entre los yerbajos o malezas que sirven de hospederos para las larvas de *H. zea* a: *Coronilla varia* L., *Panicum dichotomiflorum* Michx., *Cannabis sativa* L., *Solanum* spp., *Sida spinosa* L., *Portulaca oleracea* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Bidens bipinnata* L., *Helianthus* spp., *Abutilon theophrasti* Medik. (Ditman y Cory, 1931; Roach, 1975; Sudbrink y

Grant, 1955; citados por Capinera, 2001) y *Gaura drummondii* (Spach) Torr. & Gray (Raulston et al., 1998).

Los hospederos silvestres le sirven al insecto no solo como fuente de alimento para sus etapas inmaduras sino como fuente de alimento y lugar de oviposición para los adultos. La influencia que puedan ejercer los hospederos silvestres sobre el desarrollo y la capacidad de sobrevivir de las poblaciones del insecto no están claras debido a la gran biomasa asociada a los hospederos cultivados. De acuerdo a Graham et al. (1972), la preferencia de alimentación de *H. zea* es dictada por la disponibilidad de la fuente de hospederos.

3. Biología de *Helicoverpa zea*

El manejo de las plagas insectiles requiere la identificación correcta de la plaga y el conocimiento de las interacciones con las condiciones y hospederos presentes durante su ciclo de vida. El ciclo de vida de *H. zea* consiste de cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. La duración ciclo varía con la temperatura, la humedad y el fotoperíodo, aunque la secuencia y disponibilidad de hospederos podría influenciar el número de generaciones por año (Fitt, 1989). Varios autores citados por Capinera (2001) han evaluado el número de generaciones de *H. zea* en América del Norte conforme al Cuadro 1. Se estima que el gusano de la fruta puede completar de dos a cuatro generaciones por año y hasta 11 en climas cálidos donde puede permanecer activo todo el año (Fitt, 1989; Stehr, 1987). En Puerto Rico, Figueroa-Silvestri (1983) reportó que el ciclo de vida de *H. zea* puede completarse en 30 días.

Cuadro 1. Número de generaciones anuales de *H. zea* en América del Norte.

Autores	Número de generaciones	Área
Knutson, 1944; Beirne, 1971; Chapman y Lienk, 1981	1	Canadá, Minnesota y el oeste de Nueva York
Prostak, 1995	2	Norte de los Estados Unidos de América
Ditman y Cory, 1931	2- 3	Maryland
Okumura, 1962	3	Norte de California
Oliver y Chapin, 1981	4- 5	Louisiana
Okumura, 1962	4- 5	Sur de California
Capinera, 2001	7	Sur de Florida y Texas

3.1. Huevo

Los huevos de *H. zea* son depositados individualmente. Estos huevos tienen forma de esfera ligeramente achatada y poseen doce o más crestas que radian desde su parte superior. Luego de su postura, el color de los huevos de *H. zea* es blanco- cremoso pero al cumplirse 24 horas desarrollan un anillo marrón-rojizo (Figura 5). En el maíz, las hembras prefieren ovipositar sobre los filamentos frescos de la mazorca (Hardwick, 1965). Sin embargo, en el tomate los huevos son depositados en las vellosidades de las venas principales del follaje cercano a las flores y frutos (Alvarado- Rodríguez et al., 1982) (Figura 6) o en las vellosidades sobre la base del pedúnculo floral (Figura 7). Zalom et al. (1983) reportan que el lugar de oviposición preferido por *H. zea* en tomate son las hojas bajo los pedúnculos florales. El estadio de huevo puede completarse en un promedio de 3 a 4 días (Capinera, 2001).



Figura 5. Anillo en huevos de *H. zea* en filamentos de la mazorca de maíz.



Figura 6. Huevo de *H. zea* en la vena principal de una hoja de tomate.



Figura 7. Huevos de *H. zea* sobre la base del pedúnculo floral en tomate.

3.2. Larva

Las larvas de *H. zea* son eruciformes (Figura 8) y varían en color, especialmente en las etapas tempranas de desarrollo, desde amarillo pálido, a rojo, verde, o marrón). Estas larvas, como la de otros noctuidos, poseen cinco pares de pseudopatas cubiertas de setas: cuatro pares en los segmentos abdominales 3-6 y un par en el último segmento del abdomen (Figura 9).



Figura 8. Larva de *Helicoverpa zea*.

Los últimos instares larvales desarrollan líneas negras a lo largo del cuerpo, además de que poseen micro-espinas distintivas que cubren su integumento (Stehr, 1987). La presencia de estas micro-espinas y su distribución en el integumento sirven para distinguir las larvas de *H. zea* de otras similares (Cuadro 2). A medida que van madurando, las larvas se tornan agresivas y caníbales, reduciendo así el número de larvas por unidad de área.

Cuadro 2. Comparación de las principales larvas de noctuidos plagas de maíz y hortalizas (Stehr, 1987; Triplehorn y Johnson, 2004; Capinera, 2001).

	<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith),	<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	<i>Heliothis virescens</i> (Fabricius)
Descripción	En el segundo y particularmente en el tercer instar la superficie dorsal del cuerpo se torna marrón o verdosa y comienzan a formarse líneas laterales blancas.	De color variable. Placa torácica negra. Usualmente la larva tiene una banda oscura y ancha sobre los espiráculos y una banda clara y amarillenta bajo los mismos.	De color variable. Bandas laterales blancuzcas, algunas incompletas, la que se encuentra sobre los espiráculos es prominente.
Instares larvales	6	6	5-6
Cápsula cefálica	De color negro en los primeros instares, luego naranja. Las larvas maduras tienen una "Y" invertida en el rostro.	Por lo general de color naranja a marrón claro, con un patrón reticular blancuzco (Figura 10a). Mandíbula sin retináculo (Figura 10b).	De color marrón amarillento. Mandíbula con retináculo.
Tamaño del último instar	34.2 mm.	24.8 mm.	25.5-36.0 mm.
Microespinas	No.	Ausentes hasta un cuarto de la altura de las setas.	Comenzando con el instar III asociadas a las setas de los segmentos 1, 2 y 8 del abdomen, están sobre la mitad de la altura desde la base.
Lugar de alimentación	Follaje y frutos.	Flores y frutos.	Brotes y flores.

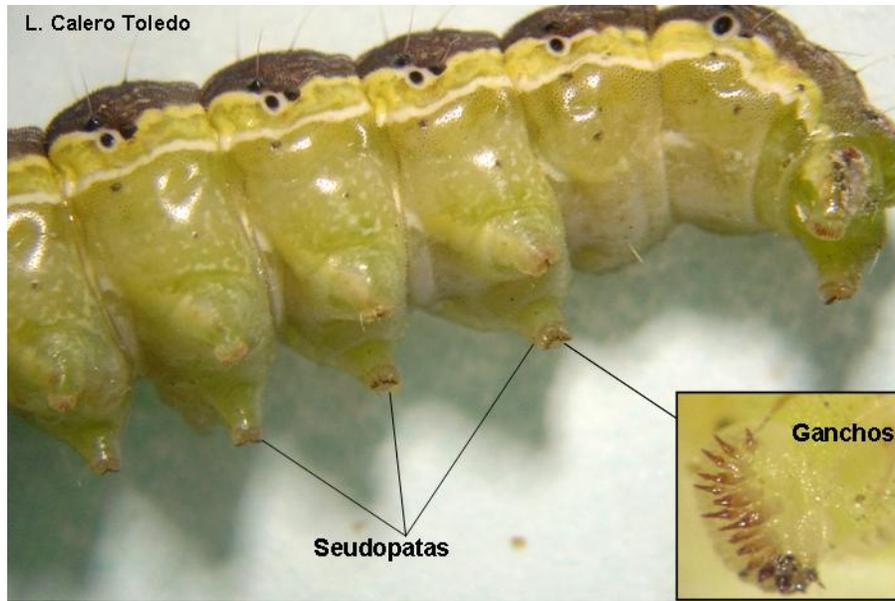


Figura 9. Seudopatas abdominales de *H. zea* y gancho.

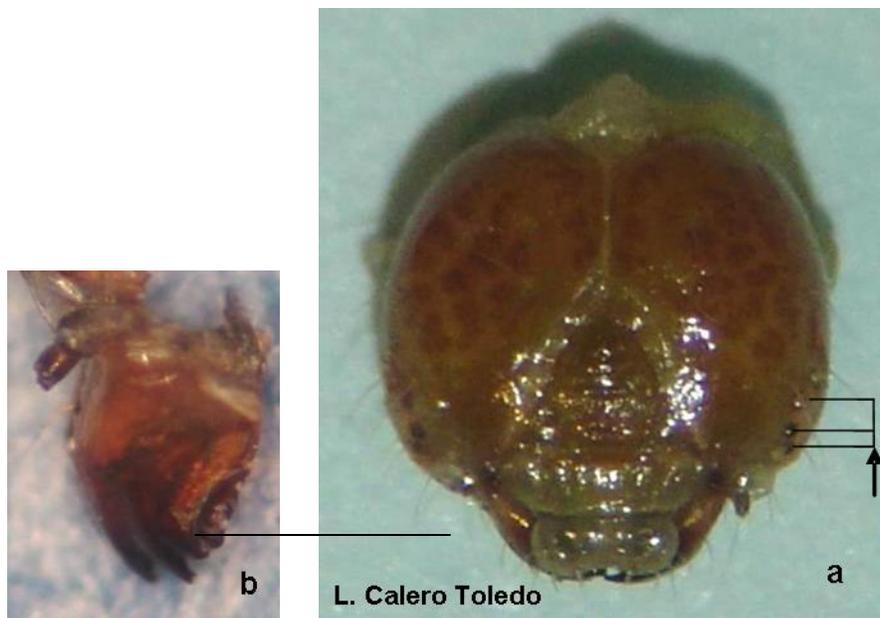


Figura 10 a-b. Cápsula cefálica de *H. zea*. (a) estemata; (b) mandíbula.

3.3. Pupa

Una vez la larva ha alcanzado su tamaño y desarrollo óptimo, suspende su alimentación, baja al suelo y construye una celda pupal a 5-10 cm bajo la superficie (Capinera, 2001). La larva pasa por la última muda, en donde los segmentos del cuerpo se acortan y se

convierte en pupa. De acuerdo a Figueroa-Silvestri (1983) la pupa *H. zea* mide entre 1.6 y 2.3 cm, es de color café oscuro, lisa y brillante (Figura 11). La pupa es adéctica obtecta, con las mandíbulas inmóviles pegadas a la cabeza y los apéndices fusionados al cuerpo. La etapa de pupa dura aproximadamente de 8 a 18 días en el maíz, y su característica principal es el cremáster que consiste de dos espinas proyectadas hacia afuera sobre la superficie redonda del terminus del décimo segmento abdominal (Figueroa- Silvestri, 1983).



Figura 11. Pupa de *Helicoverpa zea*.

Según Harrell et al. (1979) la humedad relativa ejerce una mayor influencia sobre el desarrollo de la pupa que la temperatura y la velocidad del aire, sin embargo las temperaturas altas acortan la duración del estado pupal. La pupa de *H. zea* puede entrar en diapausa si las condiciones ambientales no son adecuadas para continuar su desarrollo. Se han identificado dos tipos de diapausa para este insecto, una en relación al frío y otra en relación a condiciones áridas (Fitt, 1989).

3.4. Adulto

Los adultos de *H. zea* son robustos y miden alrededor de 1.1 cm de largo, con una expansión alar de 3.8 cm. (Martínez, 2003), aunque las hembras son de mayor tamaño que los machos. Ambos sexos exhiben una coloración cremosa que varía desde amarillo viejo, verde aceituna, gris, marrón, o rojizo oscuro. El margen de sus alas es ligeramente oscuro y se distinguen por tener los ojos verdes (Figura 12).

Los adultos de *H. zea* tienen hábitos nocturnos. Estas alevillas responden a la radiación lumínica en las noches y son atraídos a las trampas de luz (Hardwick, 1968). De acuerdo a Hsiao (1978), los adultos de *H. zea* demuestran mayor actividad en las primeras horas después del atardecer, prefiriendo las noches más cálidas. El largo de vida depende de la disponibilidad de alimento, pero generalmente las hembras viven más que los machos (Hsiao, 1978). La oviposición ocurre alrededor del tercer día luego de emerger de la pupa. Cada hembra puede poner hasta 35 huevos cada día (Capinera, 2001) y 2,500 huevos durante su vida (Hill, 1983). La primera postura puede ser infértil porque la alimentación es necesaria para que la fecundación ocurra. Al mismo tiempo, las hembras del insecto retardan su comportamiento reproductivo hasta encontrar un hospedero adecuado donde puedan ovipositar. Según Raina et al. (1992) varios compuestos volátiles de los filamentos de la mazorca, incluyendo el etileno, pueden estimular la producción de feromonas sexuales en las hembras de *H. zea*.

Los adultos de *H. zea* tienen hábitos migratorios y se desplazan con facilidad de una región a otra. Estas alevillas se alimentan principalmente de néctar durante las noches y a menudo se encuentran en comunidades de plantas diferentes a las que utilizan para ovipositar (Rabb, 1979; citado por Raulston et al., 1998). La alta movilidad es una de las características de esta especie que contribuye a facilitar su establecimiento en los agroecosistemas. Esta capacidad de desplazarse a sitios atractivos y concentrarse en ellos ofrece una oportunidad para medidas de control. Sin embargo, luego de considerar la alta movilidad, la naturaleza polífaga, y la alta

razón intrínseca de aumento de la especie, es poco probable que la reducción de las poblaciones de *H. zea* por la manipulación de los adultos pueda resultar en la eliminación de su reproducción (Raulston et al., 1998).



Figura 12. Adulto de *Helicoverpa zea* en tomate.

4. Ecología y dinámica poblacional de *Helicoverpa zea*

El gusano de la fruta es una de las principales plagas agrícolas por que posee características que le permiten explotar los agroecosistemas eficientemente. Sus hábitos polívoros hacen que se pueda desarrollar continuamente en varios hospederos, lo que le permite permanecer en un lugar aún cuando las fuentes de alimento sean mínimas. De acuerdo a Fitt (1989), los adultos de *H. zea* tienen una amplia capacidad de movimiento a diferentes escalas, lo que les permite lidiar con el cambio espacial y temporal de sus hospederos. Otras características que contribuyen al éxito de ésta plaga insectil son su alta fecundidad y su corto período generacional.

Al presente se han identificado y sintetizado feromonas sexuales para la mayoría de las especies del género *Heliothis/ Helicoverpa*. Varios autores señalan la importancia de utilizar

trampas con feromonas específicas para atraer el macho de la especie en estudios de dinámica poblacional. Por ejemplo, Witz et al. (1985) encontraron que los individuos capturados temprano en la estación están correlacionados con la dinámica poblacional que se desarrollará más adelante en la temporada. Igualmente, Parajulee et al. (1998) reportaron una correlación positiva entre los adultos capturados en las trampas de feromonas y la temperatura.

Existe poca información sobre las preferencias de los adultos de *H. zea* por las kairomonas de sus hospederos. Sin embargo algunos estudios indican que de los 100 compuestos identificados como kairomonas o atrayentes de insectos, solo el fenilacetaldehído es atractivo a los adultos de *H. zea* (Hedin et al., 1974; Metcalf, 1987; citados por Raulston et al., 1998).

Raulston et al. (1998), estudiaron los hospederos silvestres de adultos de *H. zea* en el estado de Texas, entre ellos a *Gaura drummondii* (Spach) Torr. & Gray, perteneciente a la familia Onagraceae. Estos investigadores encontraron que durante el período de alimentación las alevillas dejan el campo de maíz para alimentarse en las flores de *Gaura* y luego reintroducirse al maíz para ovipositar. La atracción de los adultos de *H. zea* hacia *G. drummondii* sugiere que esta planta contiene sustancias volátiles que pueden ser utilizadas en el desarrollo de kairomonas para atraer a la especie. Según los autores, la aplicación de insecticidas a las flores de *G. drummondii* ofrece una oportunidad para suprimir las poblaciones de adultos de *H. zea* antes de que se dispersen a colonizar nuevos habitats. Sobre este particular, Lingren et al. (1998), demostraron que el 78% de los adultos de *H. zea* murieron al ser expuestos a flores de *G. drummondii* tratadas con insecticida, aún así esto puede tener un impacto sobre las poblaciones de enemigos naturales de la plaga. De acuerdo a Raulston et al. (1998), es necesario conocer a plenitud la ecología, la dinámica poblacional y el comportamiento nocturno de la especie para minimizar la competencia de atracción entre las carnadas tratadas con kairomonas e insecticidas y las fuentes naturales de alimentación de los adultos del insecto.

5. Métodos de control de *Helicoverpa zea*

5.1. Control químico

El control de *H. zea* ha dependido principalmente de métodos químicos mediante la utilización de insecticidas del grupo de los organoclorados, organofosforados, carbamatos, o piretroides y recientemente con insecticidas derivados de plantas, hongos, bacterias y virus. Pedigo (1999) reporta que el gusano de la mazorca (*H. zea*) y el gusano cogollero del tabaco (*H. virescens*) se han convertido en plagas principales en la mayoría de las áreas donde existen estos cultivos.

En Puerto Rico, hay registrados varios insecticidas para el control de *H. zea* en los cultivos de tomate y maíz (Apéndice 1). De la lista de los insecticidas registrados para uso en tomate, tanto el esfenvalerato (piretroide) como el methomyl (carbamato) pueden causar brotes del minador de la hoja (*Liriomyza spp.*), además de que pueden afectar la salud de los animales y las personas (Zalom et al., 2000). Otro problema asociado al uso indiscriminado de químicos para el control del gusano de la fruta es el desarrollo de resistencia. Perez et al. (2000) reportaron ciertos niveles de resistencia a insecticidas piretroides como por ejemplo Cypermethrina y Deltamethrina. De acuerdo a Fitt (1994), el desarrollo de resistencia de *Helicoverpa* a los insecticidas químicos implica un aumento en los costos de producción y pérdidas en el rendimiento de los cultivos afectados. Sin embargo, en los Estados Unidos el control biológico no es suficiente para evitar daño económico a los cultivos de alto valor (Fitt, 1994).

5.2. Control biológico

5.2.1. Enemigos naturales

En Puerto Rico, Figueroa-Silvestri (1983) reportó a varios enemigos naturales de *H. zea* entre los cuales se destacaron el parasitoide de huevos *Trichogramma sp.* (posiblemente

minutum) (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y el depredador de huevos *Orius pumilio* (Champion) (Hemiptera: Anthocoridae). Figueroa-Silvestri (1983), encontró a *Trichogramma* sp. parasitando los huevos de *H. zea* desde antes de ocurrir la floración completa del cultivar de maíz, aumentando su población conforme al aumento de huevos de su hospedero. De acuerdo con las observaciones de Figueroa-Silvestri (1983), el por ciento de depredación de huevos de *H. zea* por parte de *O. pumilio* alcanzó de 12 a 17% después de la florecida del cultivar de maíz y antes de secarse los filamentos de la mazorcas. Sin embargo, en un estudio realizado por Martínez (2003) en siembras comerciales de maíz para semilla, no se encontraron parasitoides de larvas y un 56% de las larvas colectadas completaron su desarrollo hasta la etapa adulta. Martínez (2003) atribuye la ausencia de enemigos naturales en sus muestreos a la presencia de insecticidas en el ambiente o al efecto que ejerce la variedad del cultivo sobre los parasitoides presentes.

Para reducir los daños a niveles aceptables en el cultivo de tomate, Zalom et al. (2000) recomiendan la liberación de parasitoides tales como *Trichogramma pretiosum* (Riley) a una razón de 100,000 adultos por acre (~ 250,000 adultos por hectárea) durante el período de oviposición de las hembras de *H. zea*, cuando la fruta de tomate esté susceptible a la alimentación por parte de sus larvas. Martin et al. (1976b) reportaron que el cultivo hospedero afectó la tasa de parasitismo de *T. pretiosum*, especialmente el cultivo de tomate demostró ser un cultivo adecuado para las liberaciones del parasitoide. Conforme a Zalom et al. (2000), otro parasitoide con potencial como agente biológico en Florida fue *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae), que ataca una amplia gama de plagas incluyendo el complejo *Heliothis/Spodoptera*.

5.2.2. Entomopatógenos

Además de los parasitoides, se han reportado nematodos, virus, bacterias y patógenos que naturalmente regulan las poblaciones de *H. zea*. Según Washburn et al. (2001), el género

Nucleopolyhedrovirus (familia Baculoviridae) incluye virus específicos de artrópodos que producen infecciones mortales a sus hospederos, principalmente larvas de lepidópteros. Las larvas se infectan con el virus cuando ingieren sus partículas y a continuación dejan de alimentarse. Las partículas virales son disueltas por los jugos alcalinos del intestino del insecto para luego penetrar en las células del epitelio del intestino y multiplicarse en los núcleos de las células de la epidermis, la matriz traqueal, los cuerpos grasos y las células sanguíneas hasta ocasionar la muerte. Poco tiempo después de la muerte de la larva, el integumento se rompe liberando grandes cantidades de cuerpos de oclusión capaces de infectar nuevos hospederos. De acuerdo a King y Coleman (1989), el virus de polihedrosis nuclear HzSNPV es el baculovirus más efectivo para controlar las larvas del género *Helicoverpa*, incluyendo *H. virescens* y *H. zea*.

En un catastro de patógenos del género *Heliothis/Helicoverpa* realizado por Smith et al. (1976) se demostró que el hongo *Nomuraea rileyi* (Farlow) (= *Spicaria prasina* = *Spicaria rileyi*) es uno de los principales patógenos del insecto en el estado de Mississippi. El hongo *N. rileyi* ocasiona la muerte a las larvas de *H. zea* por lisis enzimática debido a que secreta quitinasa, proteasa y lipasa (Mohamed et al., 1978). De acuerdo a Mohamed et al. (1977) los instares larvales 2 y 3 de *H. zea* son más susceptibles a la infección con *N. rileyi*. Estos investigadores demostraron que *N. rileyi* fue más efectivo a temperaturas de 20° a 25 °C, ocasionando un índice de mortalidad de 80% y 71% en los instares larvales 2 y 3 de su hospedero, respectivamente. Usualmente los brotes de hongos entomopatógenos están asociados con ambientes húmedos y fríos, con poblaciones densas de su hospedero. Smith et al. (1976) encontraron otros patógenos, como *Nosema heliothidis* (Lutz y Splendor) atacando las larvas de *H. zea*.

Según Purcell et al. (1992), los nematodos entomopatógenos disponibles comercialmente pueden suprimir a las larvas de *H. zea* en desarrollo si son aplicados a los filamentos de la mazorca. Sin embargo, el autor indica que esta aplicación puede ser efectiva en las siembras a

pequeña escala y no en las siembras comerciales de maíz. El nematodo entomopatógeno, *Steinernema riobris* Cabanillas, Poinar y Raulston (Rhabditida: Steinernematidae), descubierto en campos de maíz del estado de Texas, ataca principalmente a las pupas de *H. zea* y de *S. frugiperda*. En pruebas de laboratorio realizadas por Raulston et al. (1992), el nematodo *S. riobris* causó de 46.1 a 49.4% de la mortandad de las pupas de *S. frugiperda* y de *H. zea*, respectivamente. La mortandad de las pupas de *H. zea* fue significativamente mayor cuando los nematodos se aplicaron bajo la superficie del suelo. Según los autores, el tiempo de aplicación fue crítico para que ocurriera la infección con el nematodo. Capinera (2000) reportó que en Carolina del Norte hay otro nematodo, *Heterorhabditis heliothidis* (Khan, Brooks, y Hirschmann) (=bacteriophora) (Rhabditida: Heterorhabditidae) que parasita a *H. zea*, aunque con baja frecuencia. Según Raulston et al. (1992), el control de *H. zea* con nematodos aplicados bajo la superficie del suelo puede tener aplicación comercial, aunque las larvas deben completar su desarrollo a pupa antes de ser atacadas por el nematodo.

5.2.3. Insecticidas microbiales

Los problemas asociados con la aplicación de insecticidas químicos han llevado al desarrollo de insecticidas biológicos. Dentro de este grupo, los más comunes usan la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) var. *kurstaki* Berliner, que solo son patógenos a larvas de lepidópteros. La toxina producida por Bt se activa luego de que una larva susceptible la ingiere y pasa a su intestino, activándose por las enzimas y por las condiciones alcalinas presentes en el mismo. La toxicidad de la bacteria depende de la presencia de receptores específicos localizados en las paredes del intestino del insecto. Luego de que la toxina se adhiere a su receptor, las células del intestino se paralizan y se destruyen, vaciando su contenido en la cavidad corporal del insecto, ocasionándole muerte por septicemia. La muerte puede ocurrir rápidamente luego de la ingestión de la toxina o pasados 2 ó 3 días. Aunque el insecto puede morir lentamente, éste deja de alimentarse tan pronto consume el Bt, dejando así de dañar el

cultivo. No obstante, Tabashnik (1994) indica que los insectos pueden desarrollar resistencia al Bt, ya sea modificando las proteasas o el pH del intestino medio, detoxificando la proteína, alterando los receptores de la membrana de las células epiteliales o modificando su comportamiento alimentario.

En el cultivo de tomate, Zalom et al. (2000) demostraron que la aplicación combinada de thiodi carb y Bt puede ser efectiva en áreas con baja incidencia del gusano de la fruta. Los productos a base de Bt var. *kurstaki* son compatibles con las poblaciones de enemigos naturales del insecto, aunque pueden ser menos efectivos que los insecticidas de amplio espectro. De acuerdo a Zalom et al. (2000), los insecticidas derivados de Bt deben utilizarse en el cultivo de tomate desde el momento de la eclosión de los huevos de *H. zea* hasta el segundo instar larval. Utilizando un programa de monitoreo de huevos, Ali et al. (2004) evaluaron el efecto de insecticidas Bts asperjados en hojas de algodón, soya y tomate sobre larvas de *Helicoverpa zea* (Boddie), *Spodoptera exigua* (Hübner) y *Pseudoplusia includens* (Walker) y encontraron que las larvas murieron más rápido en el tomate, luego en la soya y finalmente en el algodón, posiblemente debido a los fenoles presentes en el tomate y la soya. Ellos concluyeron que los efectos de las plantas hospederas deben ser considerados cuando se realicen aplicaciones de insecticidas derivados de Bt para el control de plagas insectiles.

5.3. Resistencia de hospederos

La resistencia de un cultivo se deriva de ciertas características de la planta que hacen el ambiente inhóspito para el insecto plaga. Igualmente, el estado nutricional o la resistencia de los hospederos pueden alterar las interacciones entre las plagas y sus enemigos naturales. Según Price et al. (1980), las plagas con una tasa de crecimiento más lenta están expuestas por más tiempo a sus enemigos naturales y consecuentemente pueden sufrir una mortalidad mayor. En el caso del cultivo de maíz se han desarrollado plantas con alto contenido de maysina, una proteína que inhibe el crecimiento de la larva de *H. zea*. Además, se han

desarrollado plantas con la toxina de Bt incorporada. Las variedades transgénicas de maíz que expresan la toxina CryIAb de la bacteria Bt en el tejido de la mazorca, tienen potencial para reducir el daño ocasionado por *H. zea*, reduciendo las poblaciones del insecto. De acuerdo a Storer et al. (2001) las variedades de maíz con la toxina Bt expresada en el tejido de la mazorca pueden reducir hasta en un 80% la alimentación de *H. zea*. En un estudio de eventos de transformación genética en variedades de maíz, Storer et al. (2001) encontraron que el maíz con Bt de las variedades Mon-810 y Bt-11 causó una mortandad constante en las larvas de *H. zea* durante su desarrollo. Las variedades Mon-810 y Bt-11 redujeron en un 75% la emergencia de adultos capaces de infestar otros cultivos. Según Buntin et al. (2004), el desarrollo de otros genes resistentes al gusano de la mazorca podría proveer herramientas adicionales para evitar la resistencia a las toxinas de Bt en el insecto. Actualmente la resistencia genética no es suficiente para proteger al cultivo del maíz del daño ocasionado por el gusano de la mazorca, pero puede ser una herramienta útil dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Durante los últimos 25 años se han realizado estudios para identificar y entender los mecanismos de resistencia del tomate y de otros cultivos del género *Lycopersicon* en contra de sus plagas insectiles. Según Kennedy (2003) el tomate silvestre *L. hirsutum f. glabratum* (Mull) posee uno de los niveles más altos de resistencia contra el mayor número de especies de artrópodos plagas del tomate, aunque también existen otras como *L. pennellii* (Correl) y *L. hirsutum f. typicum* (Humb y Bonpl). Entre las características que le imparten resistencia a *Lycopersicon spp.* se encuentran los tricomas y en particular los tricomas glandulares de los tipos IV y VI, los que pueden secretar exudados tóxicos (Blauth et al., 1998; Gentile y Stoner, 1968; Goffreda y Mutschler, 1989; Goffreda et al., 1990; citados por Kennedy, 2003). Los tricomas glandulares pueden atrapar a los pequeños himenópteros en sus exudados, mientras que los tricomas no glandulares pueden impedir el comportamiento de búsqueda de los parasitoides y depredadores.

Aparte de los tricomas, hay defensas constitutivas e inducidas en las plantas del género *Lycopersicon*. De acuerdo a Kennedy (2003), en las frutas verdes de tomate y en el follaje existe una sustancia llamada α - tomatina que contribuye en la resistencia de la planta a *H. zea* y a *Spodoptera exigua* (Hübner). La α - tomatina puede además ser tóxica a los parasitoides, aunque los efectos tritróficos y la significancia de la resistencia impartida por esta sustancia aún están claros. Mientras, las defensas inducidas, como los inhibidores de proteinasa, ocurren como respuesta a daño mecánico, patógenos y lesiones de insectos. Estas defensas pueden variar de un lugar a otro en la planta, y factores como la distribución del daño por parte de los insectos y la edad del tejido vegetal pueden afectar el área donde se manifiesta la inducción.

Aunque el género *Lycopersicon* presenta varias formas de resistencia contra *H. zea*, aún es necesario estudiar sus interacciones tritróficas en estudios de campo. Por ejemplo, algunos investigadores como Gallardo et al. (1990) han encontrado que la α - tomatina presente en el follaje de variedades resistentes puede inhibir la infección de insectos fitófagos por parte de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Nomuraea rileyi*. Desde el punto de vista de protección de cultivos, y de acuerdo a Kennedy (2003), el efecto neto de resistencia de la planta sobre la plaga de interés y sus enemigos naturales determina el grado de daño final del cultivo y el uso potencial de una característica de resistencia en particular o en conjunto. La utilización de variedades resistentes puede afectar la eficiencia de los insecticidas biológicos. Por ejemplo, la eficiencia de los insecticidas Bt y los derivados del virus de polihedrosis nuclear HzSNPV puede aumentar cuando la plaga insectil se alimenta o está presente en variedades de cultivos resistentes a la misma (Hamm y Wiseman, 1986).

5.4. Control cultural

El control cultural consiste en modificar el hábitat o el ambiente de la plaga para que no le sea atractivo. Dentro de las prácticas de control cultural utilizadas para regular las poblaciones de *H. zea*, se encuentran las que toman en cuenta la fenología de los cultivos y la

siembra de cultivos trampa entre los cultivos afectados. La fenología es el estudio de los ciclos anuales de diferentes organismos y de cómo responden a los cambios temporales en su ambiente (Diver, 2002). Según Meyer (2003), la asincronía fenológica permite a los agricultores manejar su cultivo de modo que éste permanezca fuera de temporada con las poblaciones de la plaga. De acuerdo al autor, en los Estados Unidos el cultivo de maíz dulce podría escapar al daño ocasionado por las larvas de *H. zea* si se siembra temprano en la primavera y se cosecha antes de que las larvas lleguen a madurar.

La diversificación del ambiente por medio de cultivos acompañantes o en franjas reduce la presión de la plaga del cultivo principal, dirigiendo la presión fuera del mismo y/o aumentando la abundancia de insectos benéficos (Sequeira et al., 2001). El maíz en florecida puede actuar como cultivo trampa, alejando la oviposición por parte de los adultos de *H. zea* de otros cultivos menos atractivos (Kennedy y Storer, 2000). De acuerdo a Meyer (2003), al aumentar la diversidad del ambiente con la siembra de cultivos trampa o de cultivos mixtos se pueden reducir los daños asociados a altas poblaciones de *H. zea*. Esta práctica ha sido utilizada en África, donde se siembra maíz entre el cultivo de algodón para disminuir la incidencia de *Helicoverpa armigera* en el algodón y favorecer la abundancia de enemigos naturales (Abate et al., 2000). Otras prácticas culturales para regular las poblaciones de *H. zea* incluyen el arado profundo del terreno para eliminar las pupas y la eliminación de malezas en los predios donde las poblaciones del insecto pueden mantenerse aún en ausencia de hospederos cultivados.

6. Métodos de muestreo y umbrales de acción

Para estimar la población de *H. zea* en el cultivo de maíz se pueden realizar muestreos de trampas de feromonas para adultos y de filamentos y mazorcas para huevos y larvas (Nilakhe et al., 1982). En el cultivo de tomate para procesar, Zalom et al. (2000) recomiendan hacer un muestreo para la presencia de huevos en la hoja, bajo la flor abierta más alta, o en las hojas cercanas a las frutas verdes que se encuentren en el borde exterior de la planta en 30 plantas

escogidas al azar a través del campo. Si se encuentran 3 o más huevos en esta muestra, se deben muestrear otras 30 plantas. Si se encuentran 5 o más huevos en la segunda muestra, se debe aplicar un ovicida, como el methomyl, que coincida con la eclosión de los huevos. Otro plan de muestreo para el cultivo de tomate para procesar recomienda un tamaño de muestra de 30 plantas en predios de 20 hectáreas, en donde se recomienda la aplicación de plaguicidas si se encuentran cuatro huevos de *H. zea* sin parasitar (Brendler et al., 1990; citado por Hoffmann et al., 1991a).

Existen otras alternativas para determinar la necesidad de controlar al gusano de la fruta en el cultivo de tomate. Para el estado de Florida, Pernezny et al. (1996), recomendaron umbrales de acción de una larva por cada seis plantas antes de la florecida y de un huevo o larva por campo luego de la florecida del tomate. Conjuntamente, los adultos de *H. zea* se monitorean utilizando trampas de feromonas, de modo que el número de adultos obtenido en las trampas sirva para determinar cuándo hacer un muestreo de los huevos en los cultivos susceptibles. En los Estados Unidos, Hazzard (2004) encontró referencias a los estados de Delaware, Maryland, Nueva Jersey, Nueva York y Pennsylvania, donde capturas de más de 20 adultos de *H. zea* en las trampas de feromonas indicaron la necesidad para realizar monitoreos de huevos en el cultivo de tomate. Sin embargo, el mismo autor señaló que en el área de Nueva Inglaterra los daños asociados a larvas de *H. zea* en el tomate son notables cuando las trampas de feromonas capturan más de 20 adultos. Para el cultivo de maíz, Capinera (2000) indicó que la presencia de 5-10 alevillas por noche es suficiente para justificar medidas de control en el estado de Florida.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Siembras comerciales de tomate y maíz en la zona sur de Puerto Rico

El estudio se realizó en siembras de maíz de las compañías Pioneer Hi- Bred y Mycogen dedicadas al mejoramiento genético de varios cultivos y en fincas de la empresa Gargiulo, donde se produce principalmente tomate para consumo fresco local y de exportación. La compañía Mycogen está en el municipio de Santa Isabel, en la Carretera 153, Km. 1.6, con una posición de acuerdo al Sistema de Posicionamiento Global (SPG) de 17° 58' 44.046" Norte y 66° 24' 12.190" Oeste (Figura 13A). La compañía Pioneer está en el municipio de Salinas, en la Carretera 3, Km 54.9, con una posición de acuerdo al SPG de 17° 58' 06.178" Norte y 66° 15' 36.650" Oeste (Figura 13B). Mientras que la compañía Gargiulo se encuentra en la Carretera 1, Km. 105.8 del Bo. Velázquez del municipio de Santa Isabel, con una posición de acuerdo al SPG de 17° 58' 44.096" Norte y 66° 24' 57.087" Oeste (Figura 13C).

Las principales épocas de siembra de maíz en Pioneer y Mycogen son el otoño y el invierno, durante la época de primavera comienza la cosecha y en el verano se reducen las siembras de maíz para dedicarse a otros cultivos alternos, como la soya y el girasol. En Gargiulo la época de siembra de tomate comprende desde principios del otoño (octubre) hasta principios del invierno (enero) para cosechar en invierno y primavera. En el verano parte de los predios se dedican al cultivo de sandía y la mayor parte se mantienen en barbecho. Las larvas de lepidópteros se identificaron utilizando la clave de Stehr (1987).



Figura 13. Fotos aéreas de las siembras comerciales donde se realizaron los muestreos (A) Mycogen. (B) Pioneer Hi- Bred. (C) Gargiulo.

Imagen: Digital Ortho Quarter Quadrangle 2004. Creado en ArcMap 9.0 usando Licencia de ArcInfo. Por: Lisandra Benítez.

1.1. Poblaciones de *H. zea* por localidad y por época.

En cada localidad se realizaron muestreos aleatorios en 25 plantas presentes por campo, variando el lugar de muestreo según las prácticas de cada compañía. Las variables evaluadas en cada localidad fueron el número de huevos, larvas y adultos de *H. zea* y los conteos se dividieron en cuatro épocas: invierno (diciembre, enero, febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre). Las muestras se tomaron a intervalos de 5 a 14 días.

En el maíz, el número de huevos se estimó contando los huevos presentes en los filamentos de la mazorca, o en la hoja más alta de la planta cuando las mazorcas no se encontraban disponibles. El número de larvas se estimó contando las larvas presentes en las mazorcas de las 25 plantas, o en la hoja más alta cuando las mazorcas no se encontraban disponibles. Para estimar las poblaciones de huevos en tomate se contaron los huevos presentes en el trifolio adyacente al pedúnculo floral más alto. Mientras, para estimar el número de larvas en éste cultivo se contaron las larvas presentes en el trifolio adyacente al pedúnculo floral más alto, o en el fruto cuando éstos se encontraban disponibles.

En la localidad de Gargiulo se tomaron las muestras en plantas de tomate para las épocas de invierno y primavera, mientras que durante el verano se tomaron muestras en el cultivo de sandía (conforme al realizado en las siembras de tomate) puesto que es el único cultivo presente en los predios del muestreo. En el cultivo de sandía el número de huevos de *H. zea* se estimó contando los huevos presentes en el pedúnculo floral de 25 flores. El número de larvas se estimó contando el número de larvas presentes en 25 flores o frutos, en el caso de que estos últimos se encontraran presentes.

Para estimar la cantidad de adultos de *H. zea* en los cultivos de maíz, tomate y sandía, se contaron los adultos capturados en una trampa (Figura 14) (Heliothis trap[®] fabricada por Scentry, una división de Ecogen, Inc.) con feromona específica para machos de *Helicoverpa*

zea (CEW pherocon released control, Trécé®). La trampa se ubicó al borde del campo de muestreo. El cambio de feromonas en las trampas se efectuó cada tres semanas siguiendo las recomendaciones del vendedor (Gempler's, 2006).



Figura 14. Trampa de feromonas *Heliothis trap*®.

Al realizar el análisis estadístico se tomaron en cuenta los datos obtenidos en la misma fecha para las tres localidades para cada época del año. En la localidad de Gargiulo solo se realizaron dos muestreos para la época de otoño porque en el resto de la época los campos muestreados carecen de hospederos cultivados. Los datos para las restantes ocho observaciones de la época se asignaron con puntos en el editor de programas de SAS (procedimiento que se utiliza para los valores perdidos o “missing values”). Se aplicó la prueba binomial negativa a los datos de recuento de huevos y larvas para determinar la distribución de *H. zea* en el predio (SAS, versión 8.1). Las medias de los conteos de las etapas de huevo, larva

y adulto se compararon mediante pruebas de contrastes en SAS, versión 8.1, para reconocer diferencias entre las épocas para cada localidad y entre las localidades para cada época, a niveles de probabilidad de 5% ($P < 0.05$).

1.2. Comparación por etapa fenológica de los cultivos.

Los datos fueron tomados conforme a la metodología descrita en la sección 1.1 y se agruparon conforme a las etapas fenológicas de los cultivos. En el cultivo de maíz se tomaron muestras en plantas en etapa vegetativa (crecimiento de tallo y hojas), reproductiva (comenzando después de la aparición de las flores y filamentos), maduración (desde que el fluido interno de los granos se torna blanco hasta que estos se endurecen), y senescencia (cuando las hojas y las mazorcas se secan y se forma una capa de abscisión marrón en la base de la mazorca). En el cultivo de tomate se tomaron muestras en plantas en etapa vegetativa (crecimiento de tallo y hojas), reproductiva (comenzando después de la aparición de las primeras flores), maduración (comenzando desde la aparición de los primeros frutos hasta su maduración), y senescencia (cuando las hojas se tornan cloróticas, disminuyendo también la cantidad y calidad de flores y frutos).

Se aplicó la prueba binomial negativa (SAS, versión 8.1) a los datos de recuento de huevos y larvas para determinar la distribución de *H. zea* en el predio. Las medias de recuento de huevos, larvas y adultos de *H. zea* se separaron mediante pruebas de contrastes en SAS versión 8.1, para reconocer las diferencias entre las etapas fenológicas de los cultivos para cada localidad y entre las localidades para cada etapa, a niveles de probabilidad de 5% ($P < 0.05$).

2. Siembras experimentales

2.1. Experimento I

Durante los meses comprendidos entre enero y abril del 2004 se estableció una siembra en la Estación Experimental Agrícola de Fortuna para determinar la relación fenológica de *H. zea* con los cultivos de tomate y maíz, y el efecto de los intercalados en las poblaciones del insecto (Figura 15). La Estación Experimental Agrícola Fortuna está localizada en el Bo. Sabana Llana del municipio de Juana Díaz, con una posición de acuerdo al SPG de 18° 02' 04.0" Norte y 66° 31' 58.9" Oeste (Figura 16).

Se realizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones en un modelo de bloques completamente aleatorizados. Los tratamientos fueron: T1: control (tomate), T2: tomate/maíz (misma fecha de siembra), T3: tomate/maíz (maíz sembrado una semana más tarde) y T4: tomate/maíz (maíz sembrado dos semanas más tarde). Se sembraron semillas de maíz del cultivar "Mayorbella", mientras que para el cultivo de tomate se transplantaron plántulas del cultivar BHN 543. Para cada tratamiento, los cultivos fueron plantados en dos hileras con una distancia entre bloques de 6.1 m y una distancia entre parcelas de cada bloque de 4.6 m. Las parcelas experimentales fueron de 7.3 m de ancho por 15.6 m de largo. El tomate se sembró a una distancia entre hileras de 1.8 m y de 0.30 m en la hilera. Entre las dos hileras de maíz se dejó una distancia de 1.8 m entre hileras y de 0.15 m en la hilera. La razón de siembra fue de 2:1 (maíz: tomate).

Se aplicó 6.80 kg/0.017 ha de urea por la línea de riego durante las primeras 3- 4 semanas de siembra. Luego, se utilizó abono foliar 20-20-20 con elementos menores hasta la madurez de las plantas, a razón de aproximadamente 7.49 gr/litro de agua. Para el control de malezas en el tomate se cubrieron los bancos con plásticos protectores y además en ambos cultivos se utilizaron los métodos de desyerbo manual y de aplicación de glifosato a una concentración del 1%. Para permitir que las plantas llegaran a la floración sin verse afectadas por otros insectos

plaga, se hicieron aplicaciones de imidacloprid a razón de 0.5 ml/lit agua a todo el experimento al momento del transplante de las plántulas de tomate. Además, se aplicó extracto de Neem (16.5 ml/lit agua) y de Bt (1.14 kg/ha) durante los primeros dos meses del experimento.



Figura 15. Parcela tomate- maíz, siembra experimental en Juana Díaz (enero- abril 2004).

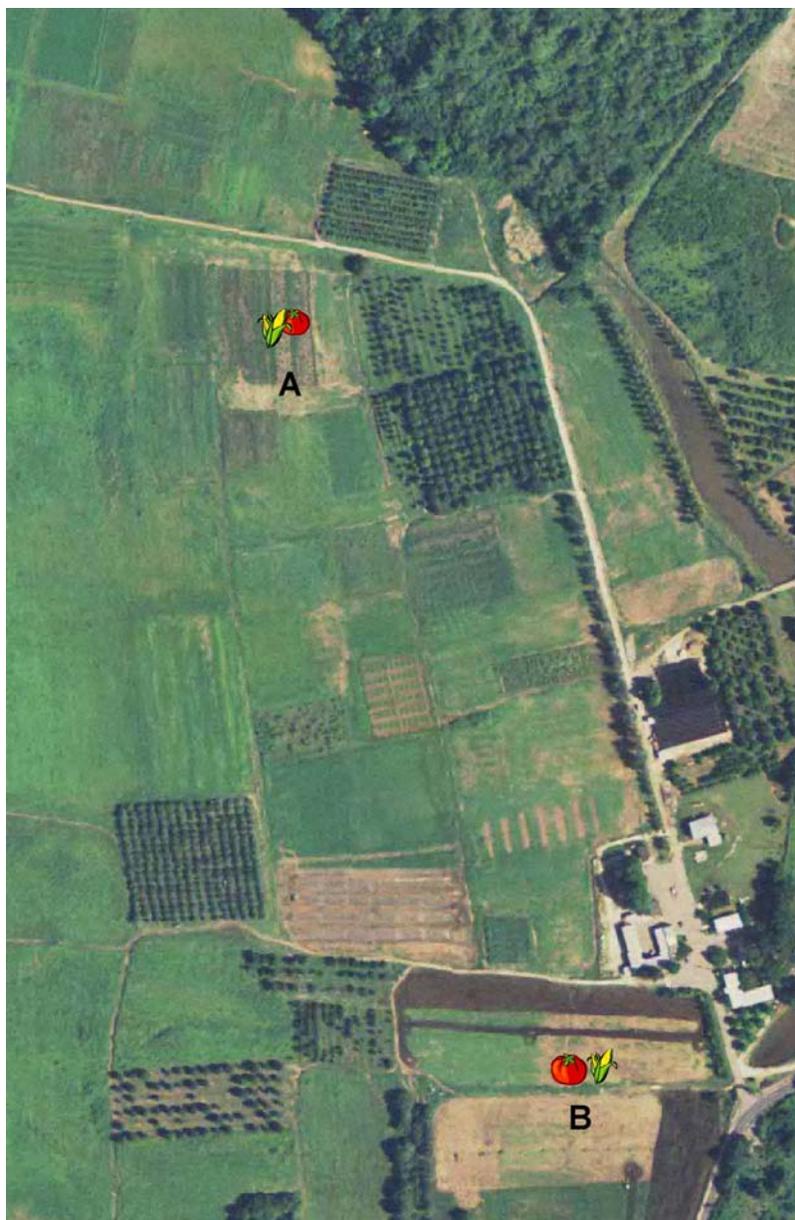


Figura 16. Foto aérea del área en donde se realizaron las siembras experimentales en Juana Díaz (A) Experimento I (B) Experimento II.

Imagen: Digital Ortho Quarter Quadrangle 2004. Creado en ArcMap 9.0 usando Licencia de ArcInfo. Por: Lisandra Benítez.

2.1.1. Relación fenológica entre *H. zea* y los cultivos de tomate y maíz

Las variables evaluadas en los tratamientos fueron: número de huevos, larvas y adultos de *H. zea*. El número de huevos y larvas de *H. zea* se estimó siguiendo el mismo procedimiento que en las siembras comerciales de tomate y maíz, con la diferencia de que para cada tratamiento en cada bloque sólo se muestrearon 15 plantas por cultivo. Se tomaron muestras en las etapas fenológicas: vegetativa, reproductiva, maduración, y senescencia en el cultivo de tomate (Figura 17) y en el cultivo de maíz (Figura 18). Las poblaciones de adultos de *H. zea* se estimaron contando el número de especímenes en cuatro trampas (Heliothis trap[®]) con feromonas específicas para machos de *H. zea* (CEW Pherocon released control, Trécé[®]), localizadas en cada uno de los cuatro puntos cardinales de la siembra experimental a una distancia de 18.3 m. El cambio de feromonas se efectuó cada tres semanas, siguiendo el mismo procedimiento que en las siembras comerciales.

Los datos de recuento de huevos y larvas de *H. zea* se transformaron a $\log(x + 1)$ para cumplir con las reglas de normalidad y homogeneidad de la varianza. Los datos de huevos y larvas fueron analizados utilizando el procedimiento de análisis de varianza (ANAVA) en el programa estadístico InfoStat/Estudiantil versión 2.0 (Infostat/Estudiantil, 2002) y las medias se separaron por la Prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS), a un $\alpha = 0.05$.

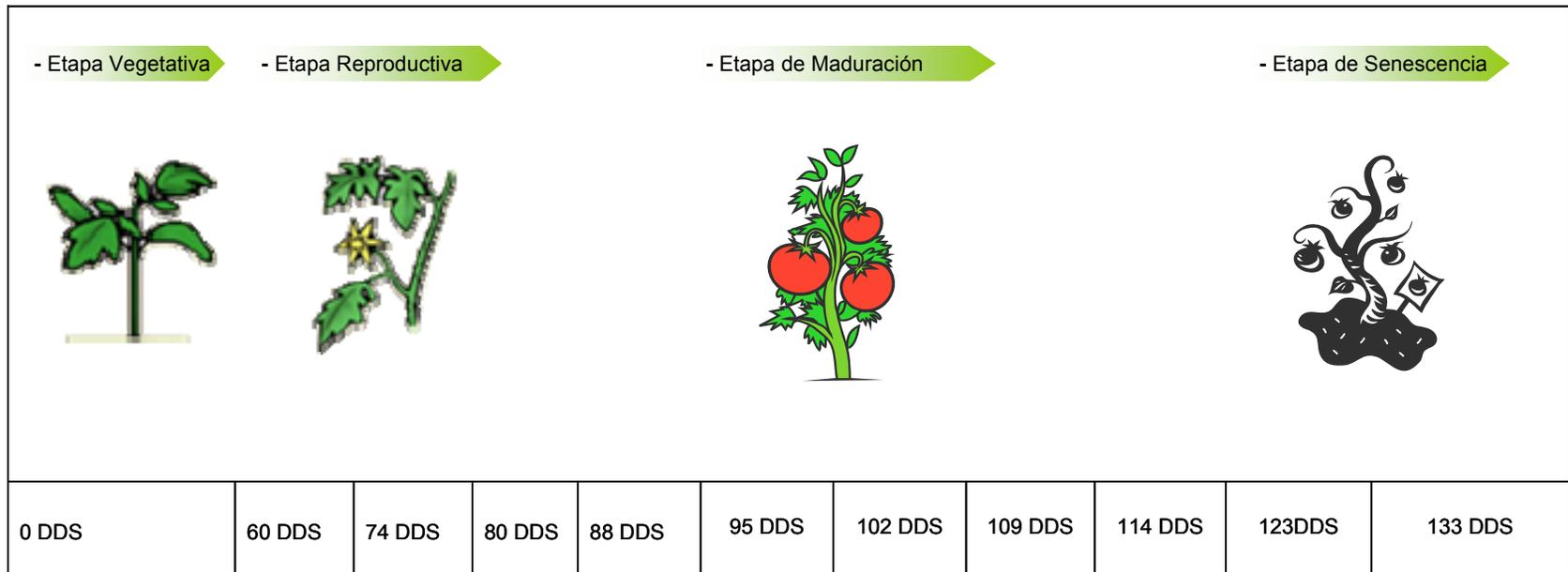


Figura 17. Etapas en el desarrollo del cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Las ilustraciones de las plantas de tomate en las etapas vegetativa y reproductiva se tomaron de "Agricultural Research and Development Center, Department of Food, Agricultural, and Biological Engineering, The Ohio State University". Mientras que las ilustraciones de plantas de tomate en etapas de maduración y senescencia se tomaron de Microsoft Office XP.

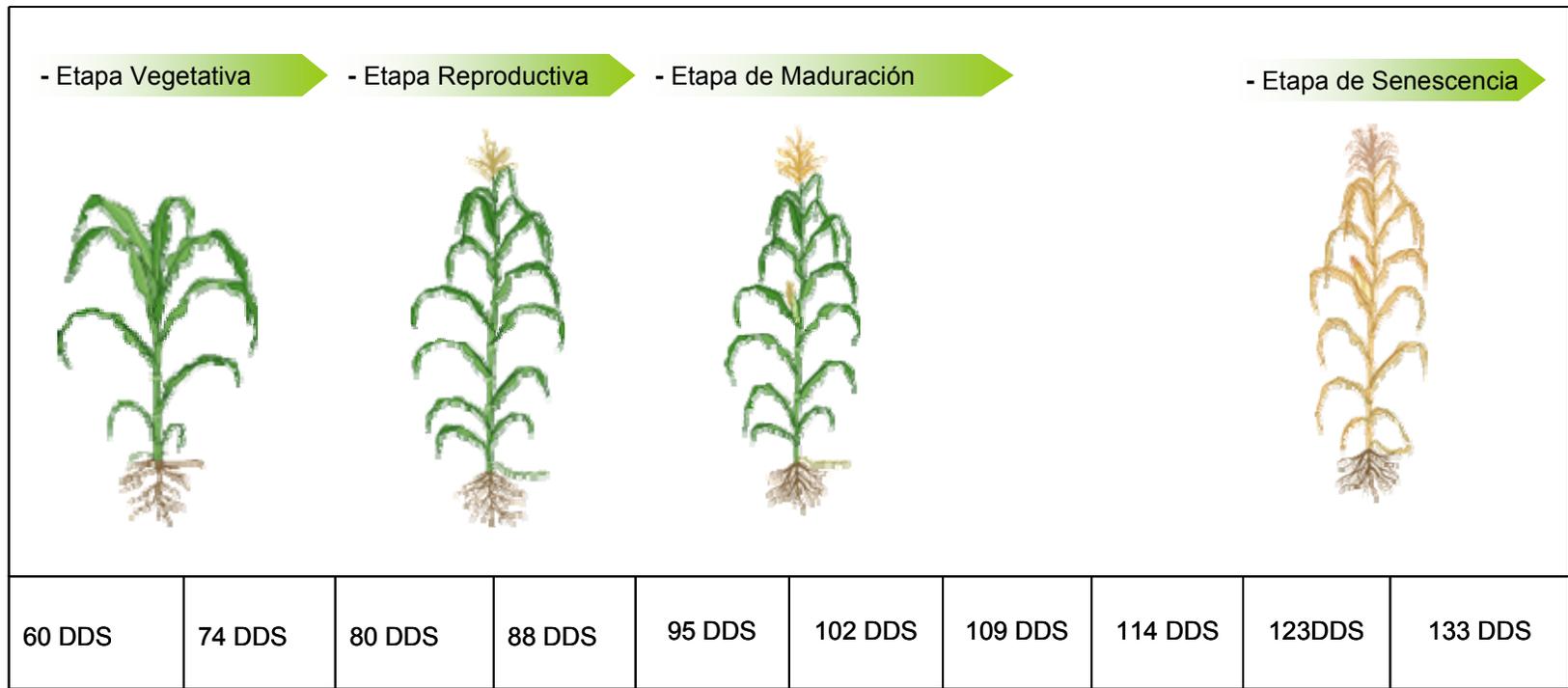


Figura 18. Etapas en el desarrollo del cultivo del maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).
 Las ilustraciones de las plantas de maíz fueron tomadas de "Iowa State University Extension."

2.2. Experimento II

Se estableció una segunda siembra en la Estación Experimental Agrícola Fortuna durante los meses comprendidos entre noviembre del 2004 y marzo del 2005 (Figura 19). Se sembraron semillas de maíz del cultivar "Mayorbella", mientras que para el cultivo de tomate se transplantaron plántulas de un cultivar BHN (2004-2005) suministrado por la empresa Gargiulo. No fue posible obtener el nombre de la variedad de tomate BHN utilizada para este experimento debido a que la misma no ha sido liberada para uso comercial fuera de la compañía Gargiulo. El diseño experimental, los tratamientos, las prácticas agronómicas y las del manejo de las trampas de feromonas se realizaron como en el experimento I. Los datos de huevos y larvas se obtuvieron de igual forma que en el experimento anterior pero muestreando 5 plantas de cada cultivo por parcela (las plantas de tomate mostraron diferencias en su desarrollo por lo que se seleccionaron 5 en la misma etapa para llevar a cabo los muestreos durante la duración del experimento). Los datos de huevos, larvas y adultos no pudieron ser analizados estadísticamente debido a la baja densidad poblacional del insecto durante este experimento.



Figura 19. Parcela tomate- maíz, siembra experimental en Juana Díaz (noviembre 2004-marzo 2005).

2.2.1. Rendimiento de frutos comerciales de tomate y por ciento de daño ocasionado por larvas de lepidópteros

Se evaluó la producción de frutos comerciales de tomate en kilogramos y el por ciento de daño de los frutos de tomate causado por larvas de lepidópteros (Figura 20). Se aplicó la prueba de análisis de varianza (GLM) a los datos de producción. Los datos de producción fueron analizados utilizando el procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico InfoStat/Estudiantil versión 2.0 (Infostat/Estudiantil, 2002) y las medias se separaron por la Prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS), a un $\alpha = 0.05$.

Mientras que los datos de por ciento de daño fueron transformados a arsen para cumplir con las reglas de normalidad y homogeneidad de la varianza. Los datos de por ciento de daño también fueron analizados utilizando el procedimiento de análisis de varianza (ANOVA) en el programa estadístico InfoStat/Estudiantil versión 2.0 (Infostat/Estudiantil, 2002) y las medias se separaron por la Prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS), a un $\alpha = 0.05$. Al

igual que en las siembras comerciales, las larvas de lepidópteros se identificaron utilizando la clave de Stehr (1987).



Figura 20. Fruto de tomate mostrando daño ocasionado por larva de lepidóptero.

V. RESULTADOS

1. Siembras comerciales de tomate y maíz en la zona sur de Puerto Rico

1.1. Poblaciones de *H. zea* por localidad y por época

En la localidad de Mycogen, el promedio de huevos de *H. zea* por 25 plantas de maíz fue de 123.6, 124.1, 17.6 y 51.8 en las épocas de invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. En la localidad de Pioneer el promedio de huevos por 25 plantas de maíz fue de 63.3, 42.1, 6.5 y 0.9, en maíz en las épocas de invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. En la localidad de Gargiulo, el promedio de huevos por 25 plantas de tomate fue de 1.3, 1.4, y 0 en invierno, primavera y otoño, respectivamente. Durante el verano en Gargiulo, el promedio de huevos de *H. zea* por 25 inflorescencias de sandía fue de 0.6 en el verano.

El análisis de distribución espacial de la binomial negativa produjo índices de dispersión (K) para la etapa de huevo de 5.52 para Mycogen, 2.65 para Pioneer y 4.78 para Gargiulo. Los valores negativos de K indican una distribución regular o uniforme; valores positivos ($K < 2$), indican una distribución altamente agregada; valores de K de 2 a 8 indican una agregación moderada; y valores de K mayores de 8 indican una dispersión al azar (Elliott, 1979; de Toledo et al., 2006).

No se encontraron diferencias significativas entre el número de huevos de *H. zea* en las distintas épocas del año en las siembras de maíz de la localidad de Mycogen. Sin embargo, en ésta localidad se observó una tendencia a mayor número de huevos en las épocas de invierno y primavera, cuando la mayoría de las siembras de maíz se encuentran en producción (Figura 21A). En las siembras de maíz de la localidad de Pioneer, se encontró un mayor número de huevos de *H. zea* en las épocas de invierno y primavera, encontrándose diferencias significativas entre la primavera y el otoño ($\chi^2=10.58$, $p=0.001$), entre el invierno y el verano ($\chi^2=4.91$, $p=0.027$), y entre el invierno y el otoño ($\chi^2=12.18$, $p=0.0005$) (Figura 21A). Mientras,

en las siembras de tomate y sandía de la localidad de Gargiulo no se encontraron diferencias significativas entre el número de huevos de *H. zea* obtenidos durante las diferentes épocas del año, aunque se observó un mayor número de éstos en la primavera (Figura 21A).

Cuando se comparó entre localidades, en las épocas de invierno ($\chi^2=13.47$, $p=0.0002$), primavera ($\chi^2=13.22$, $p=0.0003$), verano ($\chi^2=8.56$, $p=0.0034$) y otoño ($\chi^2=4.91$, $p=0.0268$), el número de huevos de *H. zea* fue significativamente mayor en los filamentos y en las hojas de maíz en la localidad de Mycogen comparado con los trifolios de tomate o las flores de sandía en la localidad de Gargiulo (Figura 21B). Del mismo modo, en el invierno ($\chi^2=10.85$, $p=0.001$), la primavera ($\chi^2=8.98$, $p=0.0027$) y el verano ($\chi^2=4.81$, $p=0.0282$), el número de huevos fue significativamente mayor en los filamentos y en las hojas de maíz de la localidad de Pioneer que en trifolios de tomate y frutos de sandía de la localidad de Gargiulo (Figura 21B). Además, en el otoño el número de huevos en el maíz fue significativamente mayor en la localidad de Mycogen que en la de Pioneer ($\chi^2=11.39$, $p=0.0007$) (Figura 21B).

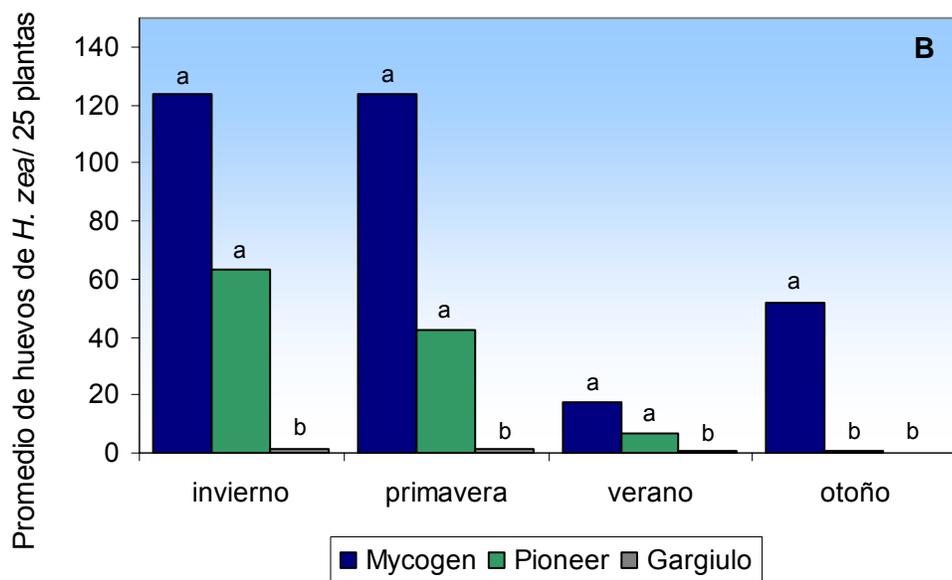
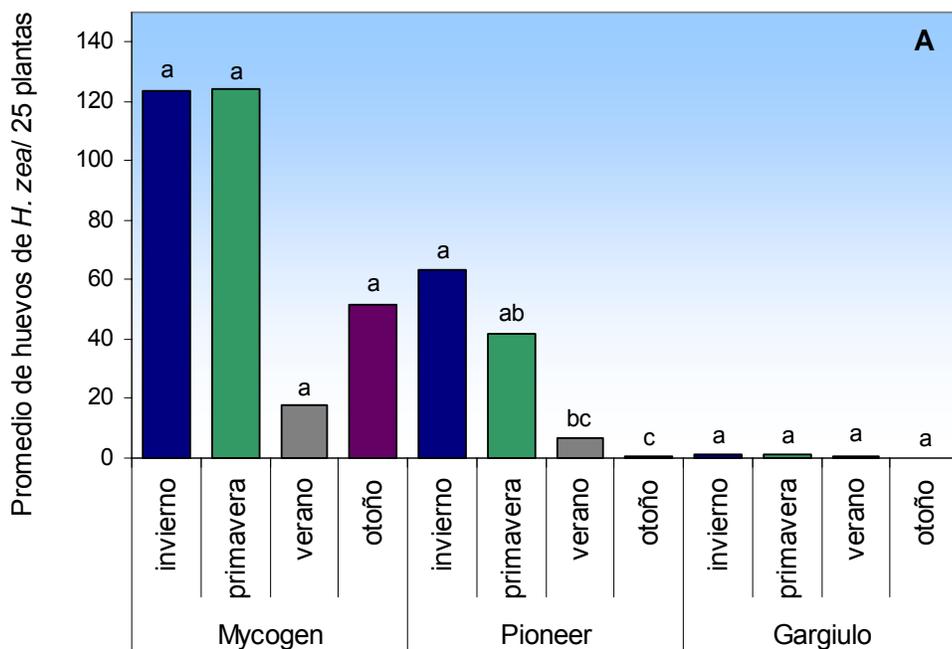


Figura 21 A-B. (A) Promedio de huevos de *H. zea* en siembras de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y en siembras de tomate y sandía en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de huevos de *H. zea* en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre épocas por cada localidad (A) o entre localidades en cada época (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

En la localidad de Mycogen, el promedio de larvas por 25 plantas de maíz fue de 16.5, 6.7, 1.5 y 7.5, en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente; mientras que en la localidad de Pioneer se obtuvo un promedio de 9.8, 6.5, 1.5 y 0 larvas en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente (Figura 22A). En la localidad de Gargiulo, el promedio de larvas por 25 plantas de tomate fue de 0, 0.8, y 0 en invierno, primavera, y otoño, respectivamente (Figura 22A). Mientras, que durante el verano en Gargiulo, el promedio de larvas de *H. zea* por 25 inflorescencias de sandía fue de 0.5 (Figura 22A). El análisis de distribución espacial de la binomial negativa produjo los índices de dispersión (K) para la etapa de larva de 4.69 para Mycogen, 3.43 para Pioneer y 2.29 para Gargiulo.

En las siembras de maíz de la localidad de Mycogen, el número de larvas fue significativamente mayor en el invierno que en el verano ($\chi^2=5.41$, $p=0.020$). En esta localidad el número de larvas del insecto mostró una tendencia a disminuir de invierno a verano para aumentar nuevamente en otoño (Figura 22A). Sin embargo, en las siembras de maíz de la localidad de Pioneer se observó una tendencia de disminución en el número de larvas de invierno a otoño. En esta localidad el número de larvas de *H. zea* fue significativamente mayor en las épocas de invierno($\chi^2=15.40$, $p<0.0001$), primavera ($\chi^2=13.78$, $p=0.0002$) y verano ($\chi^2=8.01$, $p=0.005$) que en el otoño, cuando no se encontraron larvas en las siembras de maíz. En las siembras de tomate de la localidad de Gargiulo no se encontraron larvas de *H. zea* durante el invierno y el otoño. Asimismo, en esta localidad se encontró que el número de larvas de *H. zea* fue significativamente menor en siembras de tomate en el invierno, que en siembras de tomate en la primavera ($\chi^2=5.77$, $p=0.0163$) y que en siembras de sandía en el verano ($\chi^2=4.31$, $p=0.0378$) (Figura 22A).

Cuando se comparó entre localidades se encontró que en invierno, el número de larvas fue significativamente más alto en Mycogen ($\chi^2=17.40$, $p<0.0001$) y Pioneer ($\chi^2=15.40$, $p<0.0001$)

que en Gargiulo (Figura 22B). Asimismo, en la primavera el número de larvas fue significativamente más alto en Mycogen ($\chi^2=4.24$, $p=0.0395$) y Pioneer ($\chi^2=4.13$, $p=0.042$) que en Gargiulo (Figura 22B). En el verano no hubo diferencias significativas en el número de larvas entre las localidades, mientras que durante el otoño el número de larvas de *H. zea* en el maíz fue significativamente más alto en la localidad de Mycogen que en Pioneer ($\chi^2=14.35$, $p=0.0002$).

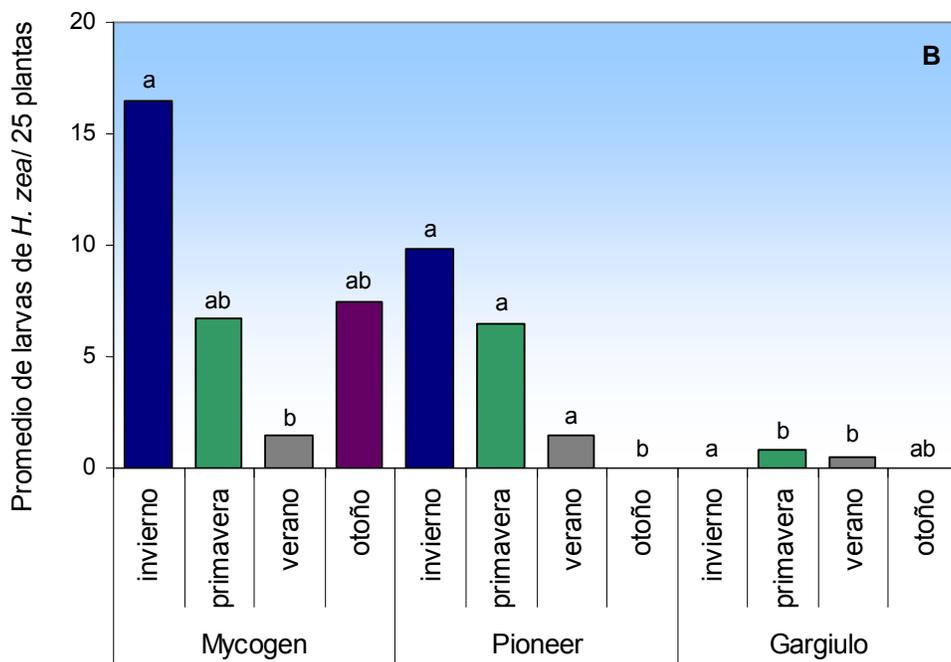
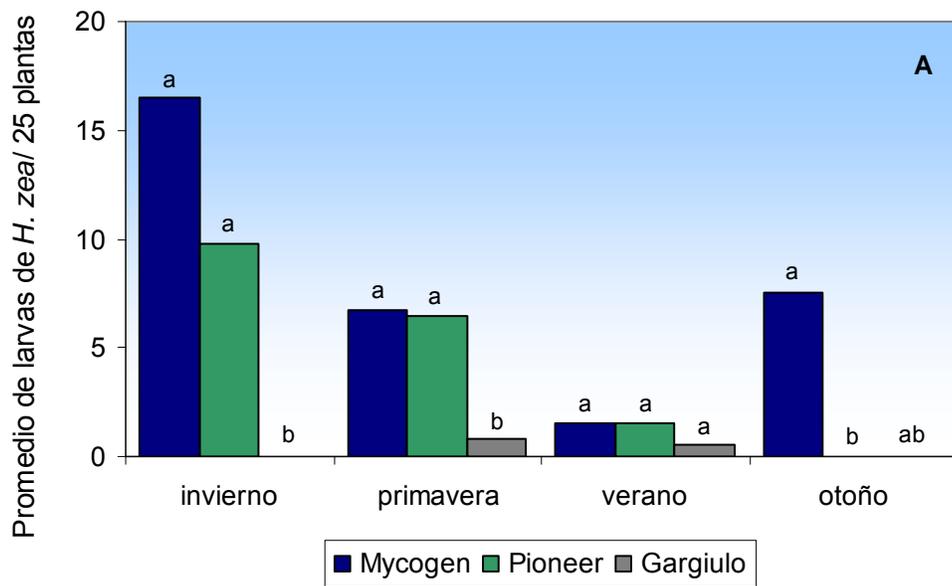


Figura 22 A-B. (A) Promedio de larvas de *H. zea* en siembras de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y en siembras de tomate y sandía en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de larvas de *H. zea* en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre épocas por cada localidad (A) o entre localidades en cada época (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

En Mycogen, se obtuvo un promedio de 15.8, 54.4, 2.6 y 7.8 adultos de *H. zea* por trampas de feromonas en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. El mayor número de adultos en Mycogen se encontró en el muestreo realizado el 25 de marzo de 2004 (Figura 23). En Pioneer se obtuvo un promedio de 5.5, 27.7, 5.5 y 0 adultos de *H. zea* por trampa de feromonas en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. El mayor número de adultos en Pioneer se encontró en el muestreo realizado el 2 de abril de 2004 (Figura 24) Mientras, en la localidad de Gargiulo se obtuvo un promedio de 19.8, 1.2, 40.8 y 10.5 adultos de *H. zea* en trampas de feromonas en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. El mayor número de adultos en la localidad de Gargiulo se encontró en el muestreo del 20 de mayo de 2004 (Figura 25).

En la localidad de Mycogen, el número de adultos de *H. zea* fue significativamente más alto en el invierno ($\chi^2=5.92$, $p=0.0149$) y primavera ($\chi^2=13.99$, $p=0.0002$) que en el verano (Figura 26A). Además, en esta localidad el número de adultos fue significativamente más alto en la primavera que en el otoño ($\chi^2=7.00$, $p=0.0081$). En Pioneer, el número de adultos de *H. zea* fue significativamente más alto en la primavera que en el invierno ($\chi^2=5.03$, $p=0.0249$), verano ($\chi^2=5.03$, $p=0.0249$) y otoño ($\chi^2=30.44$, $p<0.0001$) (Figura 26A). En esta localidad también se capturó un número significativamente mayor de adultos de *H. zea* en el invierno ($\chi^2=19.27$, $p<0.0001$) y en el verano ($\chi^2=19.27$, $p<0.0001$) que en el otoño. En la localidad de Gargiulo se encontró un número significativamente mayor de adultos de *H. zea* en siembras de tomate en invierno ($\chi^2=11.88$, $p=0.0006$) y otoño ($\chi^2=4.29$, $p=0.0384$) y en siembras de sandía en verano ($\chi^2=16.85$, $p<0.0001$) que en siembras de tomate en primavera (Figura 26A).

En invierno no se encontró diferencias entre el número de adultos de *H. zea* entre las tres localidades (Figura 26B). Sin embargo, en la primavera el número de adultos de *H. zea* fue significativamente mayor en las localidades de Mycogen ($\chi^2=18.84$, $p<.0001$) y Pioneer ($\chi^2=14.18$, $p=0.0002$) que en Gargiulo. En contraste, durante el verano se encontró un número

mayor de adultos en las trampas ubicadas en el cultivo de sandía en la localidad de Gargiulo que en las trampas asociadas al cultivo del maíz en las localidades de Mycogen ($\chi^2=12.02$, $p=0.0005$) y Pioneer ($\chi^2=7.33$, $p=0.0068$). Mientras que en el otoño, el número de adultos fue significativamente más alto en las localidades de Mycogen ($\chi^2=21.73$ $p<0.0001$) y Gargiulo ($\chi^2=18.51$ $p<0.0001$) que en la localidad de Pioneer.

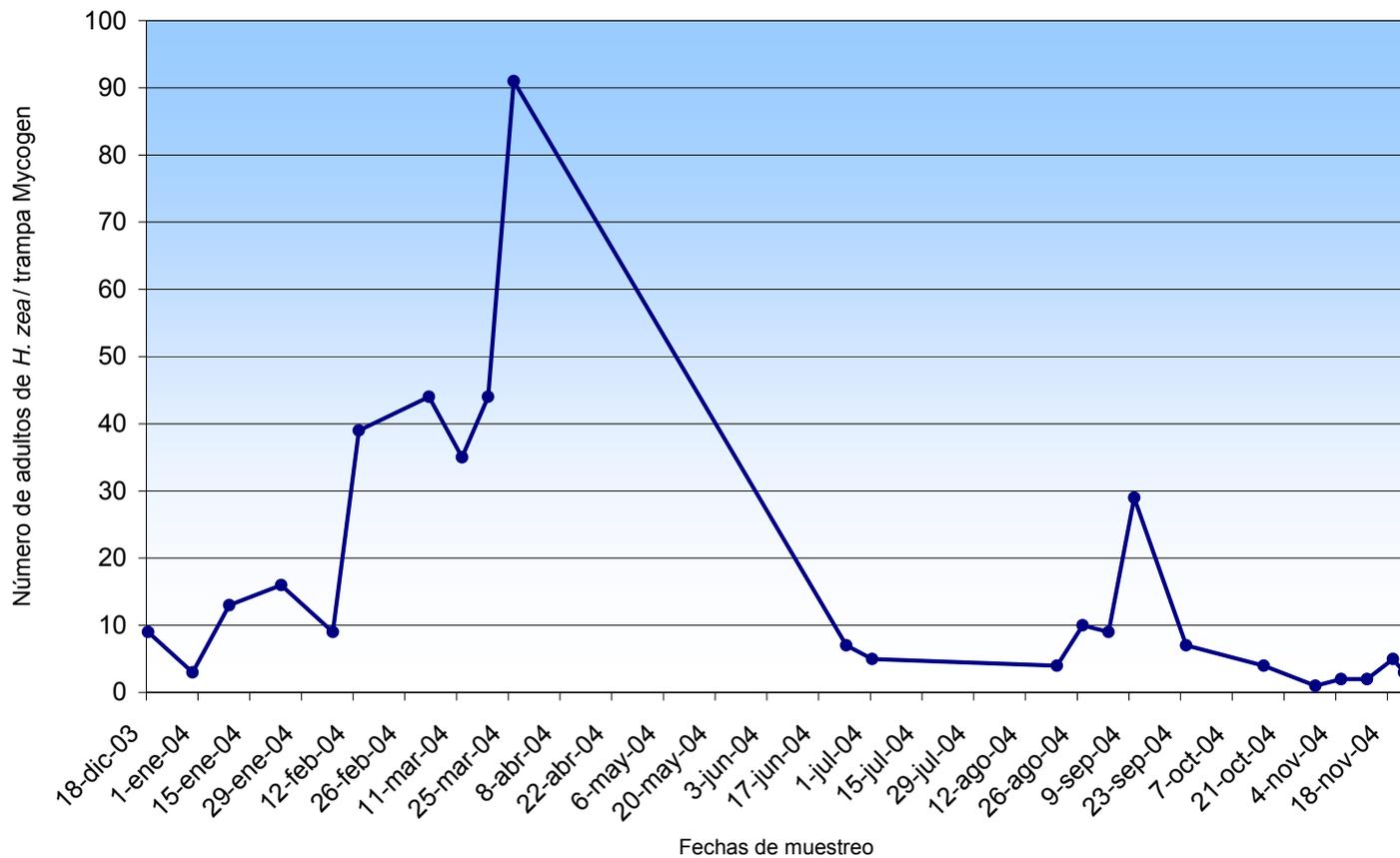


Figura 23. Número de adultos de *H. zea* en la localidad de Mycogen.

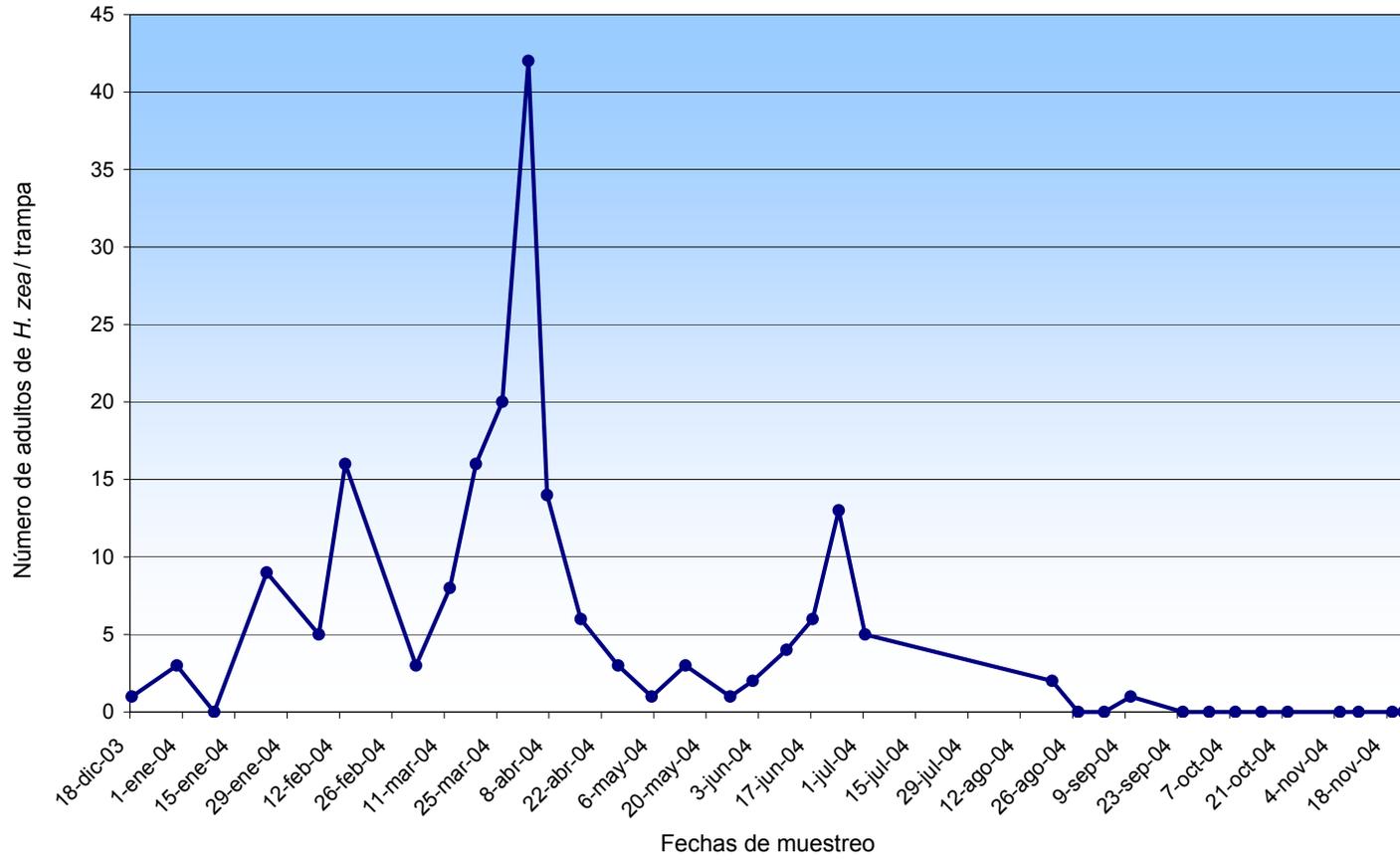


Figura 24. Número de adultos de *H. zea* en la localidad de Pioneer.

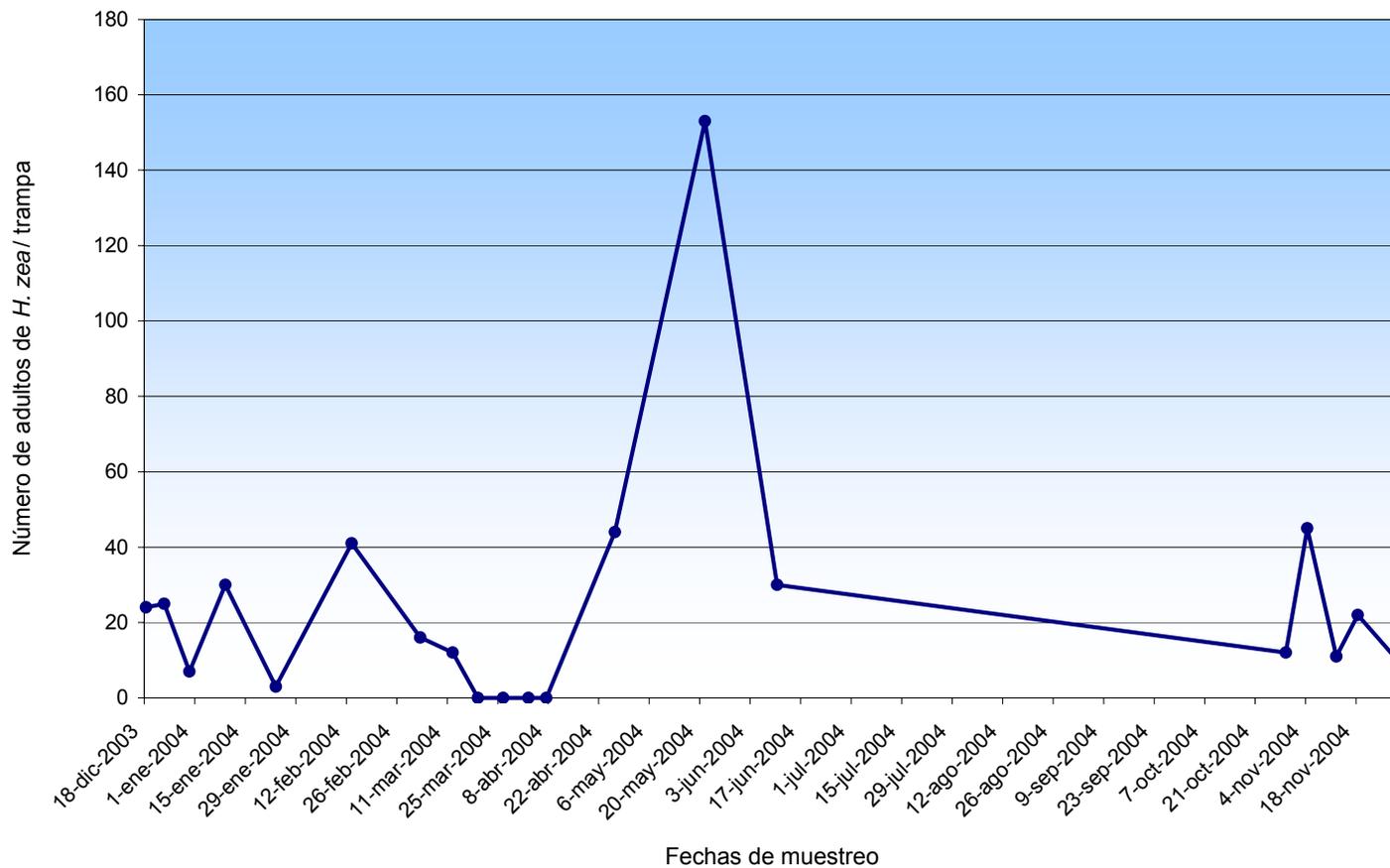


Figura 25. Número de adultos de *H. zea* en la localidad de Gargiulo.

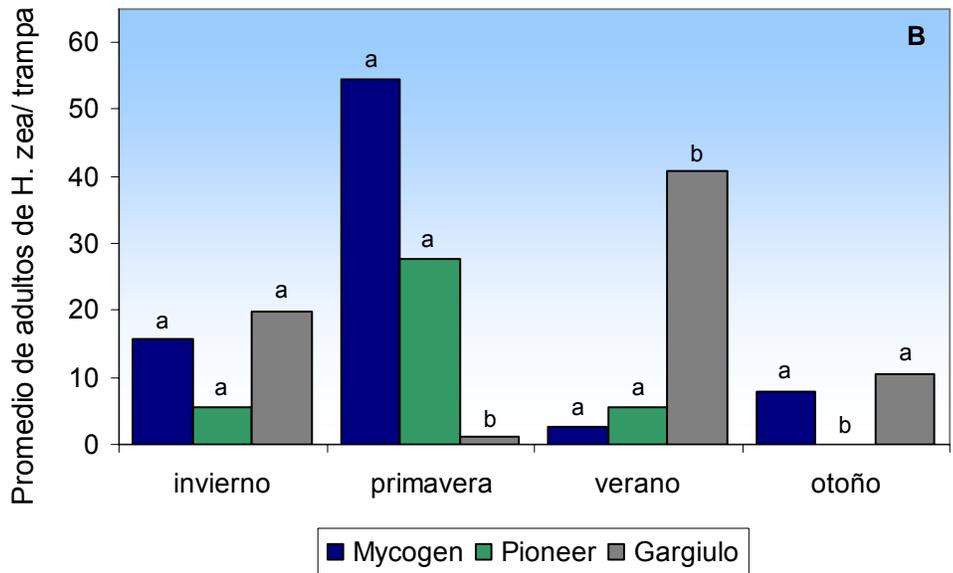
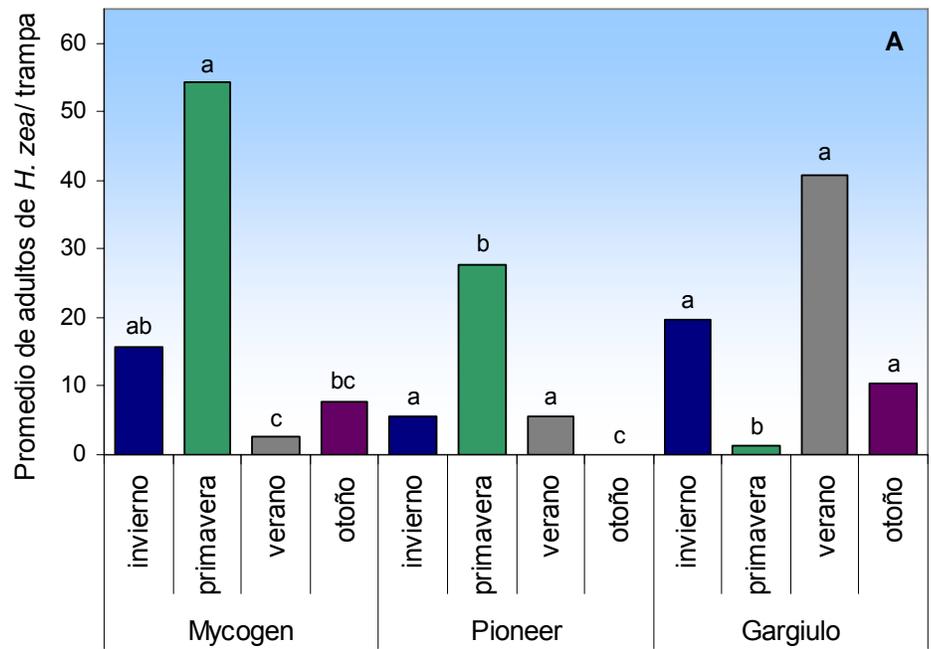


Figura 26 A-B. (A) Promedio de adultos de *H. zea* por trampas de feromonas (*Heliothis trap*[®]) en las localidades de Mycogen, Pioneer y Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de adultos de *H. zea* en cuatro épocas del año en tres localidades, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre épocas por cada localidad (A) o entre localidades en cada época (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

1.2. Comparación por etapa fenológica de los cultivos

La Figura 27A muestra el número promedio de huevos de *H. zea* en las distintas etapas fenológicas de maíz (Mycogen y Pioneer) y tomate (Gargiulo). En Mycogen se obtuvo un promedio de 5.3, 175.3, 41.1 y 0 huevos por 25 plantas de maíz en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, respectivamente. En Pioneer, el promedio de huevos por 25 plantas de maíz fue de 13.5, 80, 31.6 y 0.1 en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, respectivamente. Mientras en la localidad de Gargiulo el promedio de huevos por 25 plantas de tomate fue de 0.1, 3.9, 1.2 y 8.5 en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia del tomate, respectivamente.

En las siembras comerciales de maíz de la localidad de Mycogen se observó una mayor oviposición de *H. zea* en las etapas reproductiva y de maduración. El número promedio de huevos fue significativamente más alto en la etapa reproductiva que en las etapas vegetativa ($\chi^2=13.23$, $p=0.0003$) y de senescencia ($\chi^2=33.69$, $p<0.0001$), este número también fue significativamente más alto en la etapa de maduración que en las etapas vegetativa ($\chi^2=5.74$, $p=0.0166$) y de senescencia ($\chi^2=26.68$, $p<0.0001$). En la etapa vegetativa, el número de huevos de *H. zea* fue más alto que en la de senescencia ($\chi^2=15.87$, $p<0.0001$), etapa en la que no se encontraron huevos del insecto (Figura 27A). Del mismo modo, en las siembras comerciales de maíz de la localidad de Pioneer se encontró un número significativamente mayor de huevos en la etapa reproductiva que en las etapas vegetativa ($\chi^2=4.56$, $p=0.0326$) y de senescencia ($\chi^2=25.82$, $p<0.0001$); y en las etapas de maduración ($\chi^2=21.11$, $p<0.0001$) y vegetativa ($\chi^2=16.62$, $p<0.0001$) que en la etapa de senescencia (Figura 27A). En contraste, en las siembras comerciales de tomate de la localidad de Gargiulo la oviposición más alta de *H. zea* ocurrió en la etapa de senescencia. En esta localidad el número de huevos fue significativamente más alto en la etapa de senescencia que en la etapa vegetativa ($\chi^2=14.13$,

p=0.0002) y de maduración ($\chi^2=4.95$, p=0.0260); y en las etapas reproductiva ($\chi^2=9.98$, p=0.0016) y de maduración ($\chi^2=4.44$, p=0.0352) que en la etapa vegetativa (Figura 27A).

Cuando se comparó entre localidades en la etapa vegetativa se encontró un número significativamente mayor de huevos en las hojas del cultivo de maíz en las localidades de Mycogen ($\chi^2=11.60$, p=0.0007) y Pioneer ($\chi^2=16.62$, p<0.0001) que en trifolios de tomate en la localidad de Gargiulo (Figura 27B). Similarmente, en la etapa reproductiva se encontró un número significativamente mayor de huevos en los filamentos de las mazorcas de maíz muestreadas en las localidades de Mycogen ($\chi^2=14.82$, p=0.0001) y Pioneer ($\chi^2=10.65$, p=0.0011) que en trifolios de tomate muestreadas en la localidad de Gargiulo (Figura 27B). En la etapa de maduración se encontró un número significativamente mayor de huevos en las mazorcas de maíz en las localidades de Mycogen ($\chi^2=12.99$, p=0.0003) y Pioneer ($\chi^2=11.59$, p=0.0007) que en los trifolios de tomate en la localidad de Gargiulo (Figura 27B). En contraste, para la etapa de senescencia se encontró un número significativamente mayor de huevos en trifolios de tomate en la localidad de Gargiulo que en los filamentos de maíz de las localidades de Mycogen ($\chi^2=18.42$, p<0.0001) y Pioneer ($\chi^2=14.13$, p=0.0002) (Figura 27B).

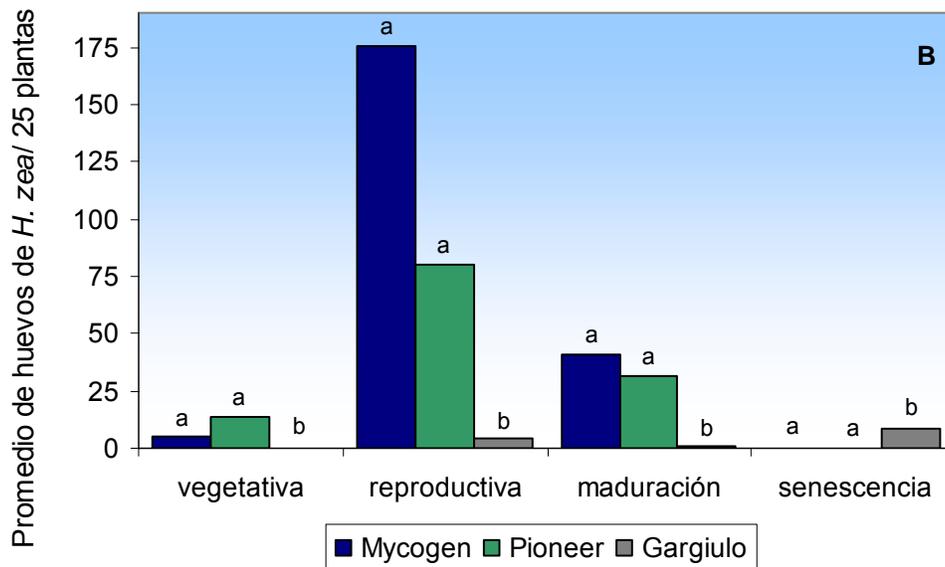
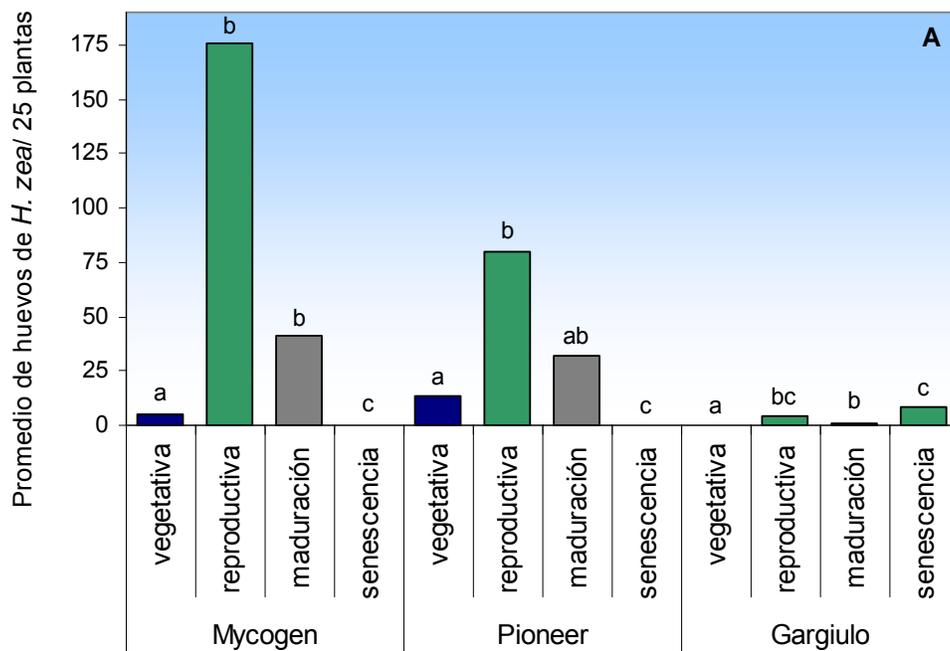


Figura 27 A-B. (A) Promedio de huevos de *H. zea* por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de huevos de *H. zea* por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre etapas de desarrollo por cada localidad (A) o entre localidades en cada etapa (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

La Figura 28A muestra el promedio en el número de larvas de *H. zea* por etapa de desarrollo en cada localidad. En Mycogen se obtuvo un promedio de 0.1, 8.2, 24 y 7.9 larvas por 25 plantas de maíz en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, respectivamente. En Pioneer se obtuvo un promedio de 0, 8.4, 15.7 y 4.5 larvas por 25 plantas de maíz en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, respectivamente. En contraste, en la localidad de Gargiulo se observó una tendencia ascendente en el número de larvas de *H. zea* por 25 plantas de tomate, con promedios de 0, 0.1, 0.4 y 1.8 en las etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, respectivamente.

En las siembras comerciales de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, se observó una tendencia a un mayor número de larvas en la etapa de maduración y un menor número en la etapa vegetativa. En la localidad de Mycogen, el número de larvas fue significativamente más alto en las etapas reproductiva ($\chi^2=16.22$, $p<0.0001$), maduración ($\chi^2=22.82$, $p<0.0001$) y senescencia ($\chi^2=15.98$, $p<0.0001$) que en la vegetativa (Figura 28A). Igualmente, en la localidad de Pioneer el número de larvas fue significativamente más alto en las etapas reproductiva ($\chi^2=20.91$, $p<0.0001$), maduración ($\chi^2=24.76$, $p<0.0001$) y senescencia ($\chi^2=16.97$, $p<0.0001$) que en la etapa vegetativa (Figura 28A). En las siembras de tomate de la localidad de Gargiulo, se encontró un número significativamente mayor de larvas en la etapa de senescencia que en las etapas reproductiva ($\chi^2=7.06$, $p=0.0079$) y vegetativa ($\chi^2=11.32$, $p=0.0008$). En esta localidad también se encontró un número mayor de larvas en la etapa de maduración que en la vegetativa ($\chi^2=4.24$, $p=0.0395$) (Figura 28A).

El número mayor de larvas se encontró en la etapa de maduración del maíz. En esta etapa se halló un número mayor de larvas en las mazorcas de maíz de las localidades de Mycogen ($\chi^2=17.75$, $p<0.0001$) y Pioneer ($\chi^2=15.13$, $p=0.0001$) que en trifolios y frutos de tomate en la localidad de Gargiulo (Figura 28B). Igualmente, en la etapa reproductiva se encontró un número mayor de larvas en los filamentos de las mazorcas de maíz en las localidades de

Mycogen ($\chi^2=16.22$, $p<0.0001$) y Pioneer ($\chi^2=16.37$, $p<0.0001$) que en frutos de tomate en la localidad de Gargiulo (Figura 28B). No se observaron diferencias significativas entre las tres localidades en las etapas vegetativa y de senescencia; sin embargo, se observó una tendencia hacia un mayor número de larvas en las mazorcas secas de maíz en Mycogen y Pioneer que en frutas de tomate en Gargiulo.

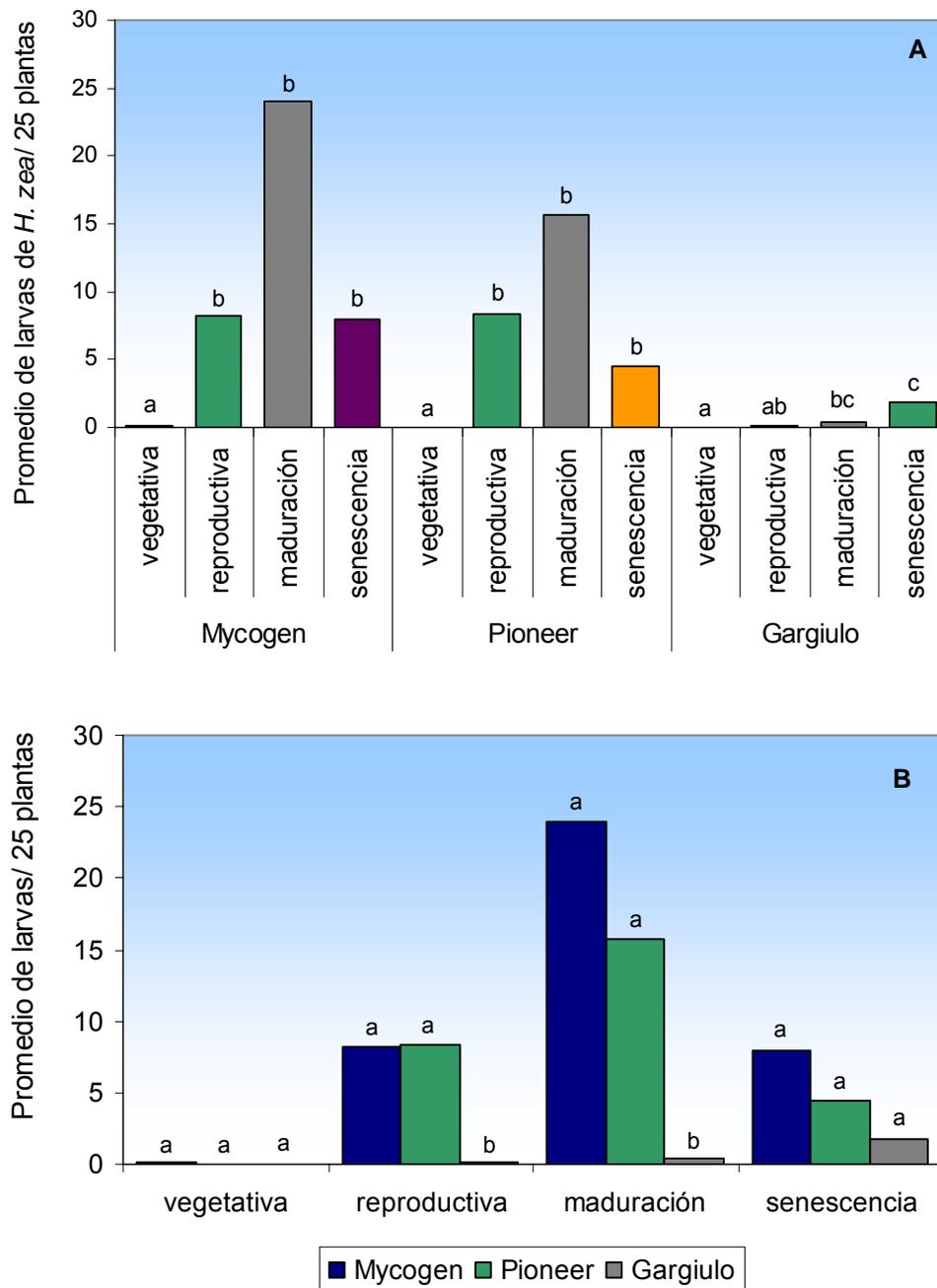


Figura 28 A-B. (A) Promedio de larvas de *H. zea* por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de larvas de *H. zea* por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre etapas de desarrollo por cada localidad (A) o entre localidades en cada etapa (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

La Figura 29A muestra el promedio en el número de adultos de *H. zea* por trampas tipo Heliothis, por etapa de desarrollo en cada localidad. En Mycogen se capturó un promedio de adultos por trampas asociadas a siembras en etapa vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia de 23.7, 13.1, 8.9 y 16.7, respectivamente. En Pioneer, el número de adultos por trampas asociadas a siembras en etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia fue de 2.2, 15.4, 9.1 y 2.0, respectivamente. Mientras que en la localidad de Gargiulo el número de adultos por trampas asociadas a siembras en etapas vegetativa, reproductiva, maduración y senescencia, fue de 13.7, 19.1, 33.7 y 11.7 respectivamente.

En la localidad de Mycogen no se observaron diferencias significativas en el número de adultos de *H. zea* entre las cuatro etapas de desarrollo del cultivo de maíz (Figura 29A). En la localidad de Pioneer, las poblaciones de adultos de *H. zea* fueron significativamente más bajas en la etapa vegetativa que en la reproductiva ($\chi^2=10.70$, $p=0.0011$) y de maduración ($\chi^2=5.97$, $p=0.0146$) (Figura 29A). En esta localidad también se observaron menos adultos en la etapa de senescencia que en las etapas reproductiva ($\chi^2=11.53$, $p=0.0007$) y de maduración ($\chi^2=6.67$, $p=0.0098$) (Figura 29A). Por el contrario, en la localidad de Gargiulo no se encontraron diferencias entre los adultos capturados en las cuatro etapas de desarrollo del cultivo de tomate, aunque se observó una tendencia ascendente en su número desde la etapa vegetativa a la de maduración (Figura 29A).

Cuando se comparó entre localidades en la etapa vegetativa se encontró un menor número de adultos de *H. zea* en la localidad de Pioneer que en las localidades de Mycogen ($\chi^2=15.11$, $p=0.0001$) y Gargiulo ($\chi^2=9.57$, $p=0.0020$) (Figura 29B). Del mismo modo, en la etapa de senescencia se encontró un menor número de adultos de *H. zea* en la localidad de Pioneer que en las localidades de Mycogen ($\chi^2=12.35$, $p=0.0004$) y Gargiulo ($\chi^2=5.63$, $p=0.0176$) (Figura 29B). En la etapa de maduración se encontraron más adultos de *H. zea* en las siembras de tomate de la localidad de Gargiulo que en las siembras de maíz de las localidades de Mycogen

($\chi^2=5.71$, $p=0.0169$) y Pioneer ($\chi^2=5.54$, $p=0.0186$) (Figura 26B). En la etapa reproductiva no se encontraron diferencias entre el número de adultos capturados en las tres localidades (Figura 26B).

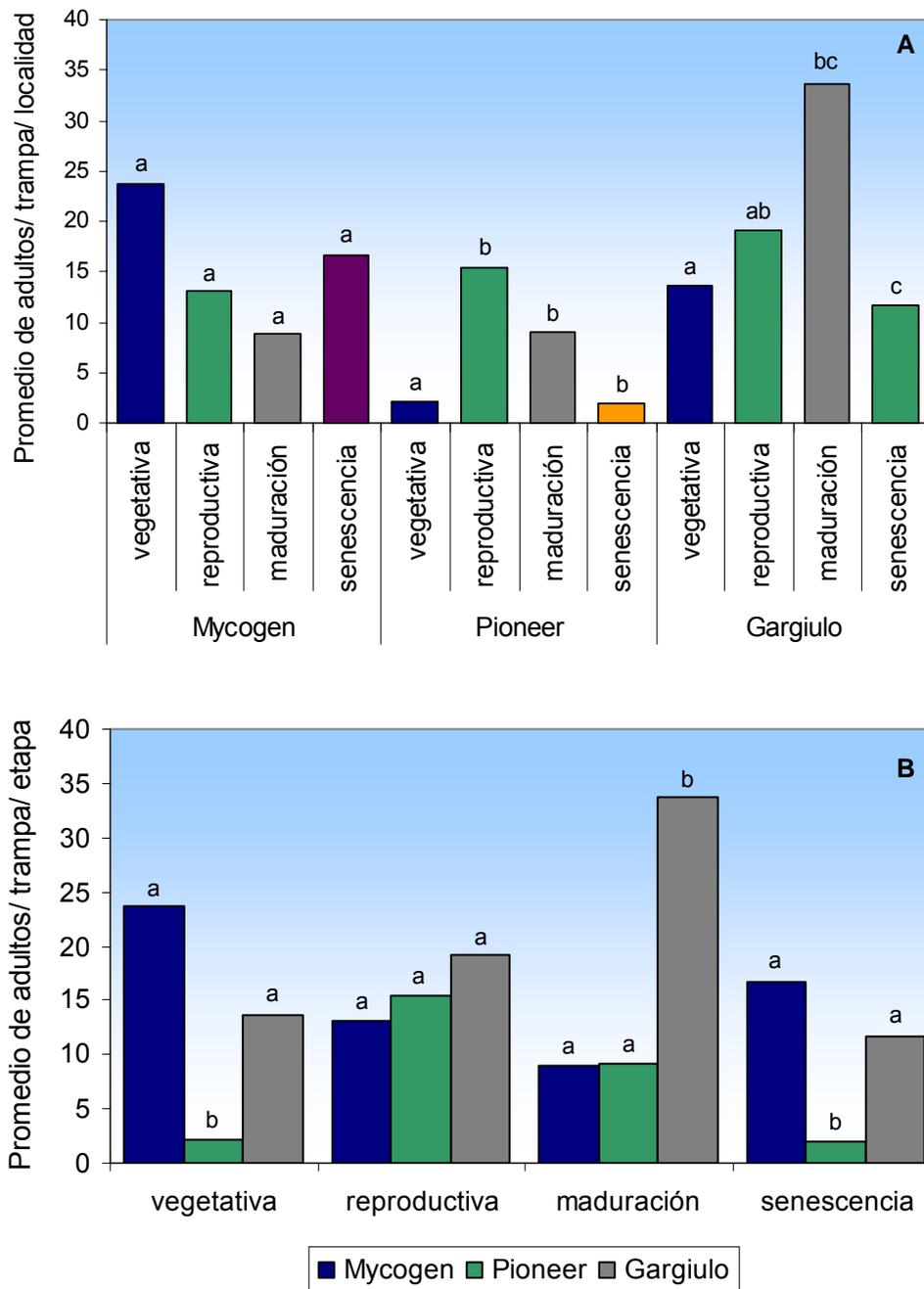


Figura 29 A-B. (A) Promedio de adultos de *H. zea* por etapas de desarrollo de maíz en las localidades de Mycogen y Pioneer, y de tomate en Gargiulo, 2003-04. (B) Promedio de adultos de *H. zea* por localidad en cuatro etapas de desarrollo de los cultivos, 2003-04.

Letras distintas sobre cada barra indican diferencias significativas entre etapas de desarrollo por cada localidad (A) o entre localidades en cada etapa (B) por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

2. Siembras experimentales

2.1. Experimento I

2.1.1. Relación fenológica entre *H. zea* y los cultivos de tomate y maíz

El número de huevos del gusano de la fruta en el cultivo de tomate aumentó conforme el cultivo alcanzaba la etapa de maduración, para disminuir a partir de los 95 días después de la siembra (DDS) (Figura 30). Sin embargo, solo se observaron diferencias significativas en el muestreo de los 80 DDS, donde el número de huevos de *H. zea* fue mayor en las plantas de tomate en etapa de maduración del tratamiento donde el maíz se sembró dos semanas después que el tomate (Cuadro 3; Figura 30) que en los tratamientos en donde el maíz se sembró una semana después que el tomate y en donde ambos cultivos se sembraron a la vez ($F=4.02$, $p=0.0455$).

En el cultivo de maíz solo se observaron diferencias significativas en el número de huevos a los 74, 88, 95 y 102 DDS (Cuadro 4). En los muestreos de los 74 y 88 DDS se observó una mayor cantidad de huevos en las plantas de maíz en etapa reproductiva del tratamiento en donde ambos cultivos fueron sembrados a la vez, que en las plantas de maíz en etapa reproductiva de los tratamientos en donde el maíz fue sembrado una y dos semanas después del tomate ($F=11.17$, $p<0.0001$ y $F=50.77$, $p<0.0001$; respectivamente) (Cuadro 4; Figura 31). Mientras, que en el muestreo de los 95 DDS se observó una mayor cantidad de huevos en las plantas de maíz en etapa de maduración de los tratamientos en donde ambos cultivos fueron sembrados a la vez o el maíz una semana después que el tomate, que en plantas de maíz en etapa reproductiva en donde el maíz fue sembrado dos semanas después ($F=24.42$, $p<0.0001$) (Cuadro 4; Figura 31). Por el contrario, en el muestreo de los 102 DDS el número de huevos del insecto fue significativamente mayor en las plantas de maíz en etapa reproductiva del tratamiento en donde el maíz se sembró dos semanas después del tomate que en plantas de maíz en etapa de maduración de los tratamientos donde ambos cultivos se

sembraron a la vez o el maíz una semana más tarde ($F=12.42$, $p<0.0001$) (Cuadro 4; Figura 31).

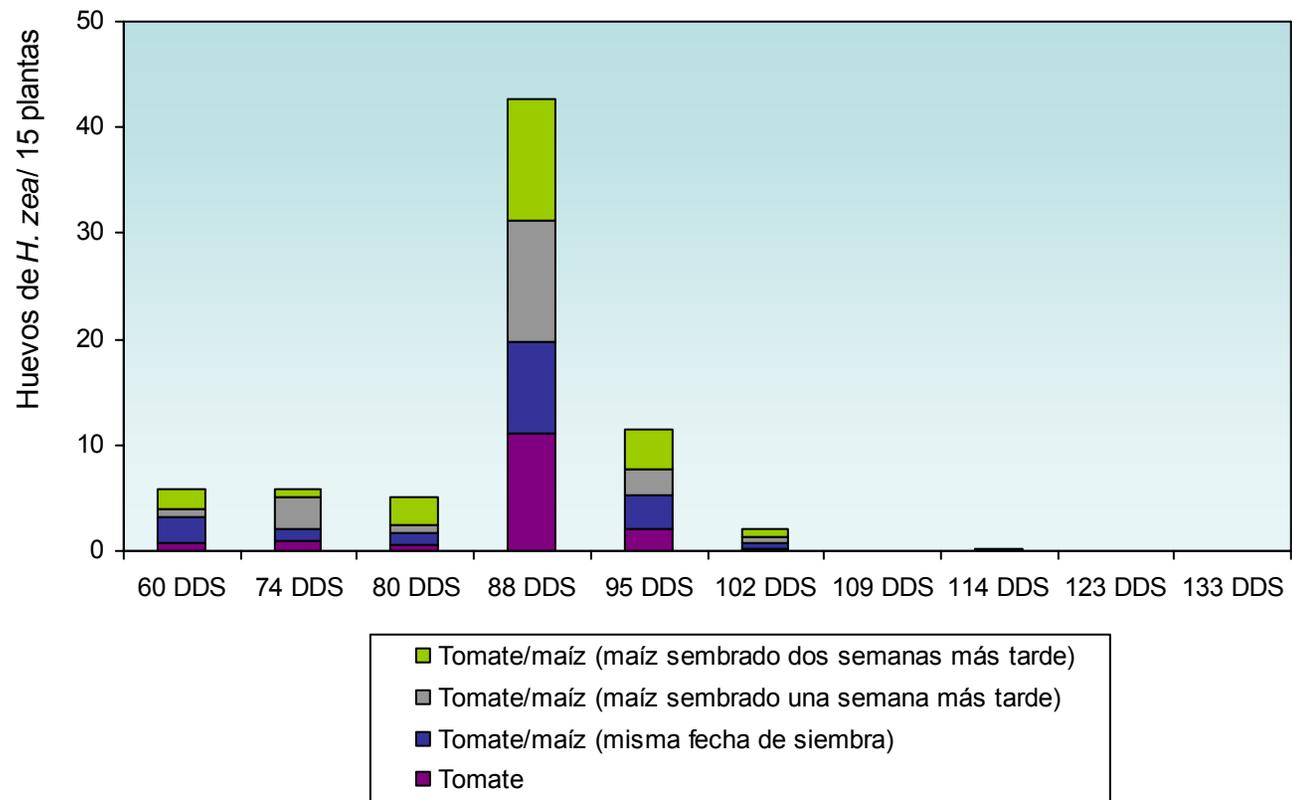


Figura 30. Promedio de huevos de *H. zea* en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

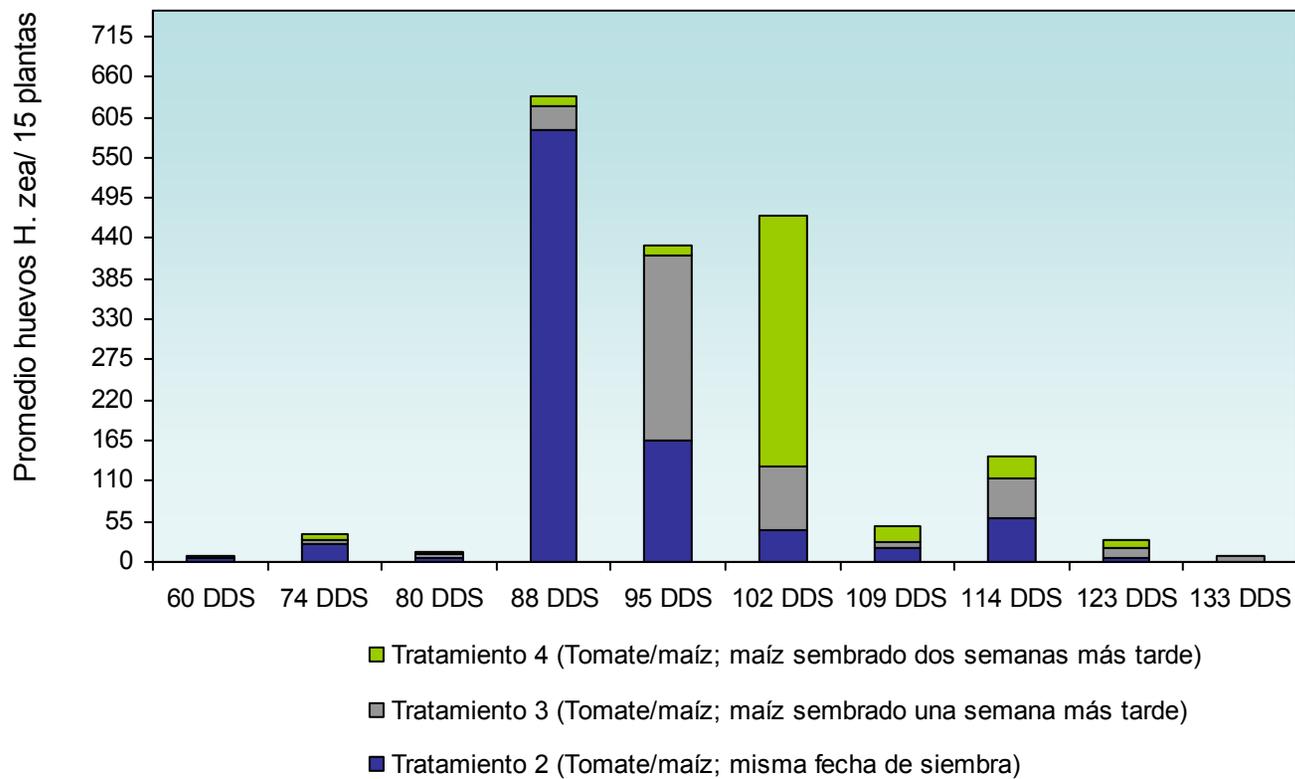


Figura 31. Promedio de huevos de *H. zea* en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Cuadro 3. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de huevos de *H. zea* por tratamiento en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Promedio de huevos de <i>H. zea</i> ± Error Estándar						
DDS	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	F	p
60	0.23a (±0.08)	0.42a (±0.19)	0.19a (±0.12)	0.33a (±0.19)	0.41	0.7477
74	0.24a (±0.14)	0.27a (±0.10)	0.51a (±0.18)	0.19a (±0.12)	0.87	0.4934
80	0.12a (±0.12)	0.35ab (±0.04)	0.23a (±0.08)	0.51b (±0.10)	4.02	0.0455
88	1.07a (±0.05)	0.88a (±0.17)	1.04a (±0.12)	1.05a (±0.12)	0.61	0.6249
95	0.48a (±0.00)	0.53a (±0.19)	0.42a (±0.19)	0.61a (±0.14)	0.25	0.8578
102	0.08a (±0.08)	0.12a (±0.12)	0.12a (±0.12)	0.23a (±0.08)	1.25	0.3469
109	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
114	0.00a (±0.00)	0.08a (±0.08)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	1.00	0.4363
123	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
133	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--

Los valores al lado de las medias representan el error estándar. Letras distintas en cada hilera indican diferencias significativas por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

Cuadro 4. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de huevos de *H. zea* por tratamiento en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Promedio de huevos de <i>H. zea</i> ± Error Estándar					
DDS	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	F	p
60	0.06a (±0.02)	0.03a (±0.02)	0.04a (±0.02)	0.46	0.6310
74	0.29a (±0.04)	0.11b (±0.03)	0.12b (±0.03)	11.17	<0.0001
80	0.08a (±0.02)	0.09a (±0.02)	0.04a (±0.01)	2.27	0.1059
88	1.09a (±0.11)	0.29b (±0.05)	0.20b (±0.03)	50.77	<0.0001
95	0.77a (±0.07)	0.69a (±0.08)	0.18b (±0.04)	24.42	<0.0001
102	0.38a (±0.05)	0.50a (±0.06)	0.86b (±0.09)	12.42	<0.0001
109	0.14a (±0.04)	0.08a (±0.03)	0.19a (±0.04)	2.26	0.1073
114	0.23a (±0.06)	0.34a (±0.06)	0.23a (±0.05)	1.36	0.2591
123	0.05a (±0.03)	0.11a (±0.04)	0.08a (±0.03)	0.96	0.3859
133	0.01a (±0.01)	0.05a (±0.03)	0.01a (±0.01)	2.10	0.1250

Los valores al lado de las medias representan el error estándar. Letras distintas en cada hilera indican diferencias significativas por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

En el cultivo de tomate se observó que el número de larvas aumentó conforme los cultivos alcanzaban la etapa de maduración (entre los 102 y 114 DDS), para disminuir al llegar a la etapa de senescencia (Figura 32). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para el número de larvas presentes este cultivo en ningún otro muestreo (Cuadro 5; Figura 32).

En el cultivo de maíz, se observaron diferencias significativas en el número de larvas en los muestreos realizados a los 88, 95, 102 y 133 DDS (Cuadro 6). En el muestreo de los 88 DDS se observaron más larvas en plantas de maíz en etapa reproductiva de los tratamientos en donde ambos cultivos se sembraron a la vez o el maíz se sembró una semana más tarde, que en plantas de maíz en la misma etapa del tratamiento en que este cultivo fue sembrado dos semanas más tarde ($F=30.99$, $p<0.0001$) (Cuadro 6; Figura 33). En el muestreo de los 95 DDS se observaron más larvas en plantas de maíz en etapa de maduración de los tratamientos en donde ambos cultivos se sembraron a la vez o el maíz una semana más tarde, que en plantas de maíz en etapa reproductiva del tratamiento en que este cultivo fue sembrado dos semanas más tarde ($F=15.16$, $p<0.0001$) (Cuadro 6; Figura 33). Asimismo, en el muestreo realizado a los 102 DDS se observó un mayor número de larvas de *H. zea* en plantas de maíz en etapa de maduración de los tratamientos donde ambos cultivos se sembraron a la vez o el maíz una semana más tarde que el tomate, que en mazorcas de maíz en la misma etapa del tratamiento en que el maíz fue sembrado dos semanas más tarde ($F=12.34$, $p<0.0001$) (Cuadro 6; Figura 33). Finalmente, en el muestreo realizado a los 133 DDS se encontró un mayor número de larvas del insecto en plantas de maíz en etapa de maduración del tratamiento en donde el maíz se sembró dos semanas después que el tomate, que en plantas de maíz en etapa de senescencia del tratamiento en donde ambos cultivos se sembraron a la vez.

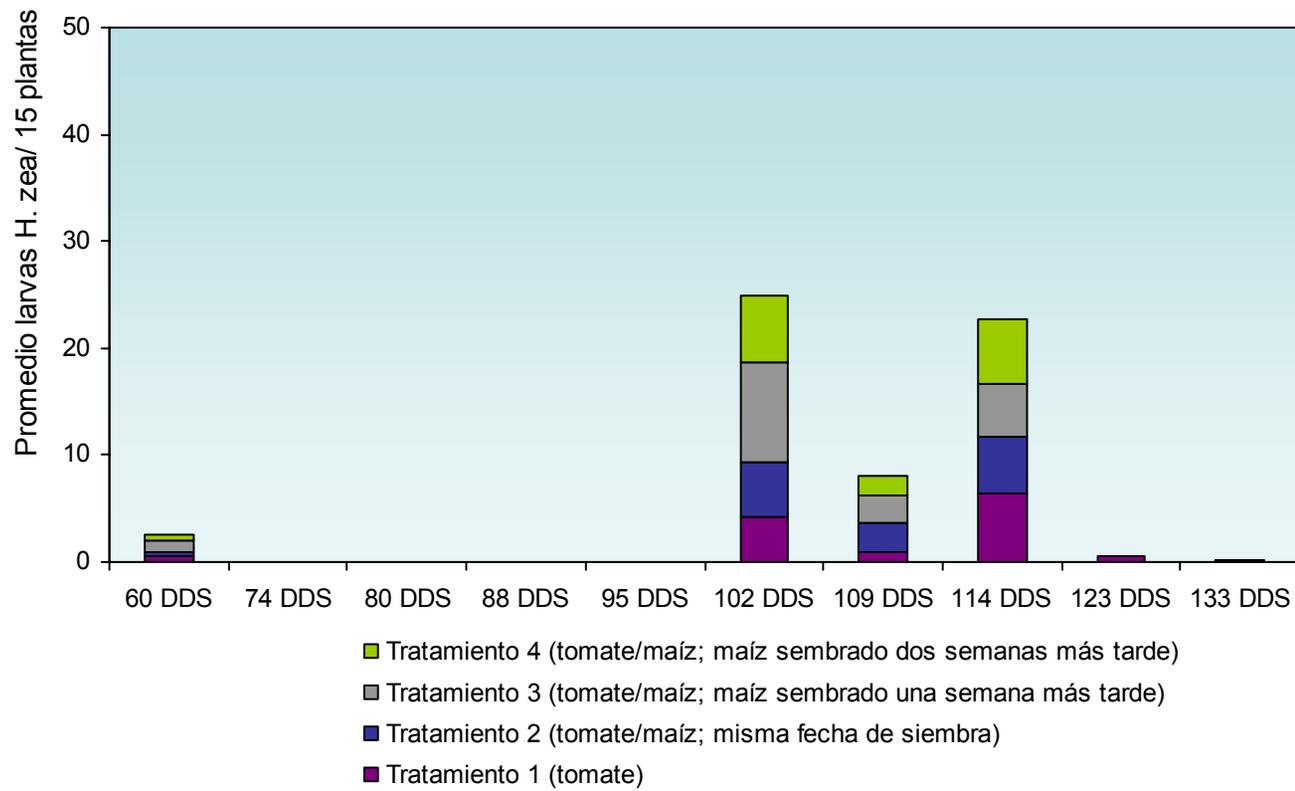


Figura 32. Promedio de larvas de *H. zea* en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).

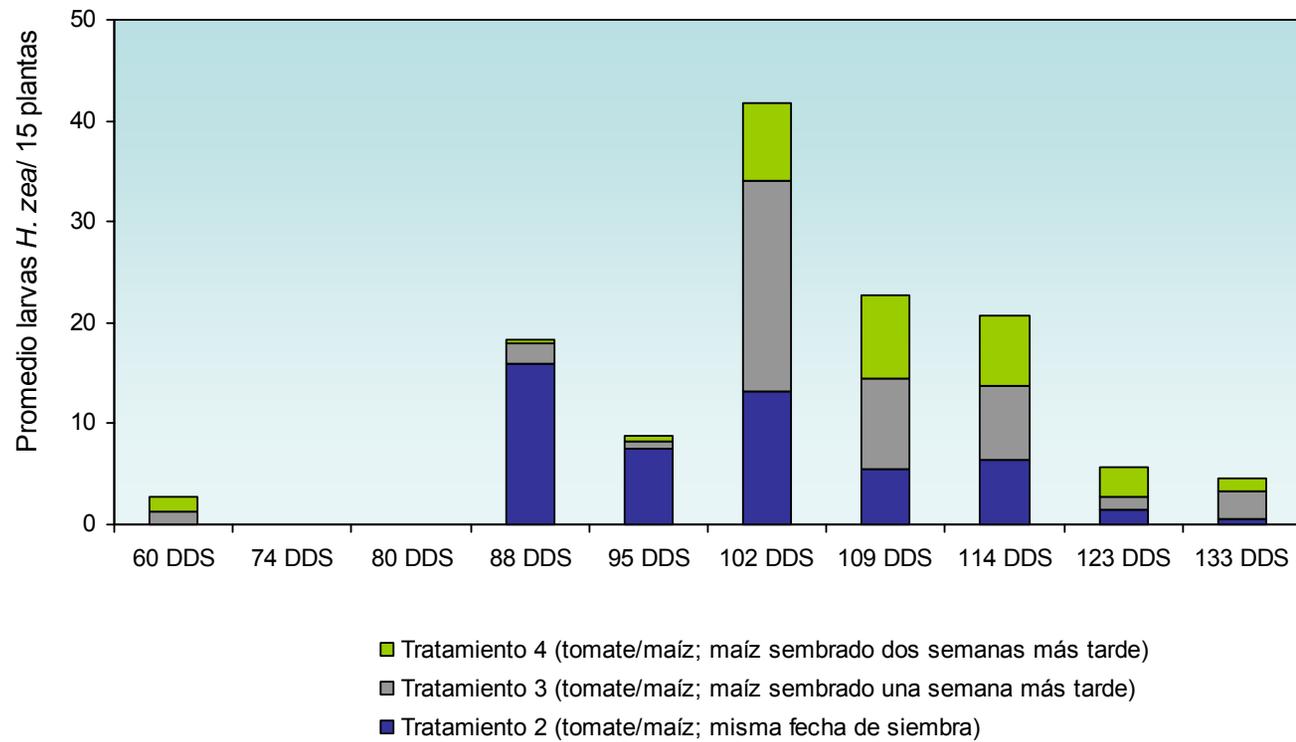


Figura 33. Promedio de larvas de *H. zea* en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).

Cuadro 5. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de larvas de *H. zea* por tratamiento en el cultivo de tomate en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Promedio de larvas de <i>H. zea</i> ± Error Estándar						
DDS	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	F	p
60	0.15a (±0.09)	0.15a (±0.09)	0.23a (±0.14)	0.15a (±0.09)	0.16	0.9219
74	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
80	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
88	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
95	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
102	0.66a (±0.14)	0.73a (±0.12)	1.02a (±0.03)	0.85a (±0.05)	2.42	0.1335
109	0.24a (±0.14)	0.52a (±0.13)	0.53a (±0.08)	0.40a (±0.10)	2.48	0.1275
114	0.86a (±0.06)	0.76a (±0.11)	0.75a (±0.10)	0.84a (±0.05)	0.74	0.5554
123	0.12a (±0.12)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	1.00	0.4363
133	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.08a (±0.08)	0.00a (±0.00)	1.00	0.4363

Los valores al lado de las medias representan el error estándar. Letras distintas en cada hilera indican diferencias significativas por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

Cuadro 6. Valor transformado a una escala de log (x+1) del promedio de larvas de *H. zea* por tratamiento en el cultivo de maíz en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero- abril 2004).

Promedio de larvas de <i>H. zea</i> ± Error Estándar					
DDS	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	F	p
60	0.00a (±0.00)	0.02a (±0.01)	0.03a (±0.01)	2.37	0.0963
74	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
80	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	0.00a (±0.00)	--	--
88	0.23a (±0.03)	0.03b (±0.02)	0.01b (±0.01)	30.99	<0.0001
95	0.12a (±0.03)	0.02b (±0.01)	0.01b (±0.01)	15.16	<0.0001
102	0.22a (±0.03)	0.32b (±0.03)	0.14c (±0.02)	12.34	<0.0001
109	0.10a (±0.02)	0.16a (±0.02)	0.15a (±0.02)	1.76	0.1758
114	0.13a (±0.02)	0.13a (±0.02)	0.13a (±0.02)	0.04	0.9636
123	0.03a (±0.01)	0.03a (±0.01)	0.06a (±0.01)	1.40	0.2499
133	0.01a (±0.01)	0.06b (±0.02)	0.03ab (±0.01)	4.03	0.0195

Los valores al lado de las medias representan el error estándar. Letras distintas en cada hilera indican diferencias significativas por comparación de contrastes a $\alpha = 0.05$.

Se capturaron más adultos en el muestro realizado a los 74 DDS (Figura 34). El Cuadro 7 muestra el número de adultos capturado en las trampas de feromonas localizadas en cada uno de los cuatro puntos cardinales del experimento.

Cuadro 7. Número de adultos capturados en las trampas de feromonas (Heliothis trap®) localizadas en cada uno de los cuatro puntos cardinales del experimento.

DDS	Norte	Este	Oeste	Sur
60	4	9	5	7
74	18	11	9	11
80	abierta	1	2	abierta
88	8	3	5	4
95	6	10	1	0
102	5	4	0	2
109	1	1	0	1
114	0	3	1	0
123	2	1	6	1
133	abierta	0	4	3

Trampa abierta indica que la misma no estuvo en funcionamiento para esa fecha de muestreo (porque se despegó la parte superior de la trampa a causa del viento).

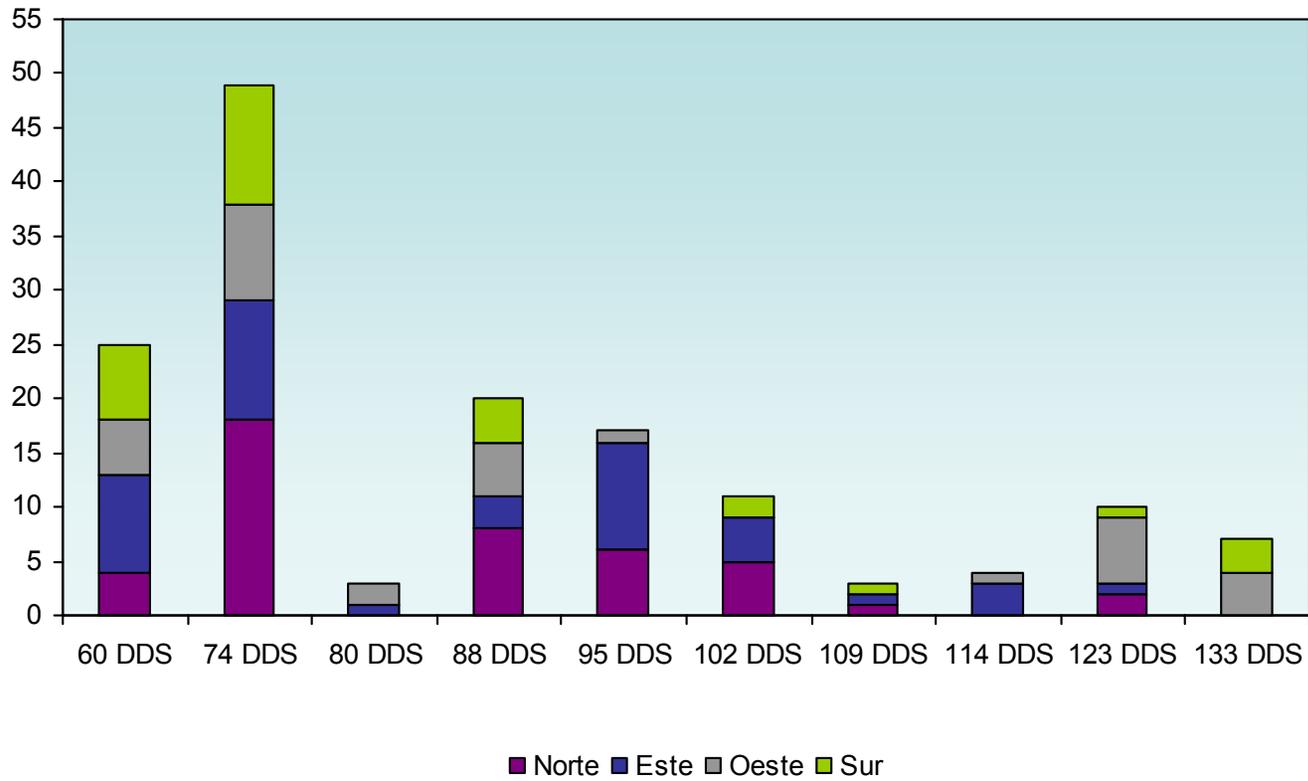


Figura 34. Número de adultos de *H. zea* en trampas *Heliothis trap*[®] en Juana Díaz, Siembra Experimental I (febrero-abril 2004).

2.2. Experimento II

No se capturaron adultos en las trampas de feromonas durante la duración del experimento. Tampoco se encontraron huevos ni larvas de *H. zea* en el cultivo de tomate mientras, que en el maíz sólo se observaron huevos y larvas en el muestreo del 24 de febrero de 2005, a los 106 DDS (Cuadro 8).

Cuadro 8. Número de huevos y larvas de *H. zea* en maíz, Juana Díaz, Siembra Experimental II (24 de febrero del, 2005).

Tratamiento	Huevos de <i>H. zea</i>	Larvas de <i>H. zea</i>
Tomate/ maíz (misma fecha de siembra)	0	1
Tomate/ maíz (maíz sembrado una semana más tarde)	0	5
Tomate/ maíz (maíz sembrado dos semanas más tarde)	2	3

2.2.1. Rendimiento de frutos comerciales de tomate y por ciento de daño ocasionado por larvas de lepidópteros

La Figura 35 muestra el promedio de la producción de tomate en kilogramos para cada uno de los tratamientos. No se encontraron diferencias entre los tratamientos respecto a la producción de frutos comerciales de tomate, ni al por ciento del peso de frutos dañados por larvas de lepidópteros (Figuras 35 y 36). Se encontraron larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) (Figura 37A-B) alimentándose en el follaje y los frutos de tomate. Estas larvas se diferencian de otras del género *Spodoptera* por tener el área lateral del primer segmento abdominal interrumpida por un parcho oscuro (Stehr, 1987).

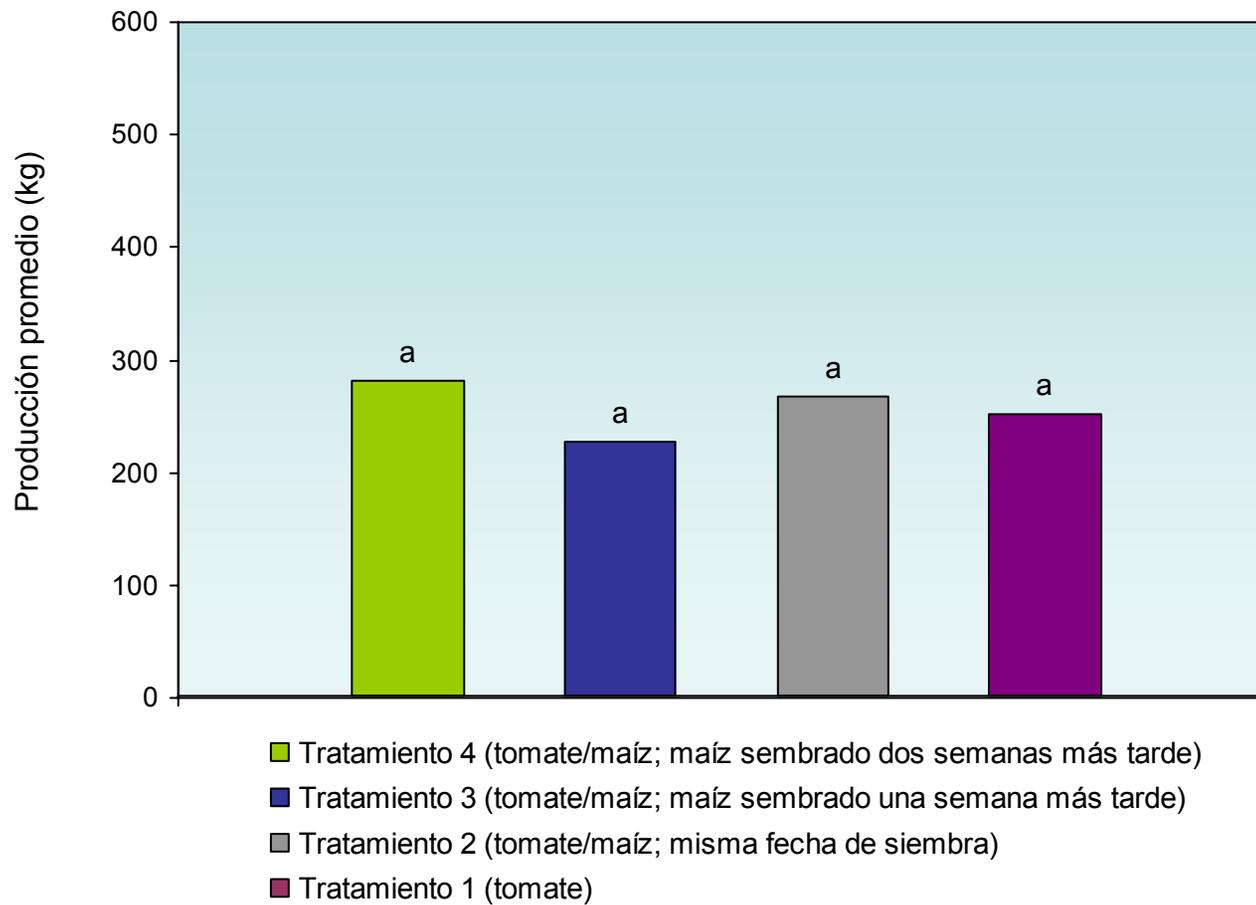


Figura 35. Producción promedio de frutos comerciales de tomate en intercalados tomate/ maíz, Juana Díaz, Siembra Experimental II (noviembre 2004- marzo 2005).

Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes (DMS $P < 0.05$).

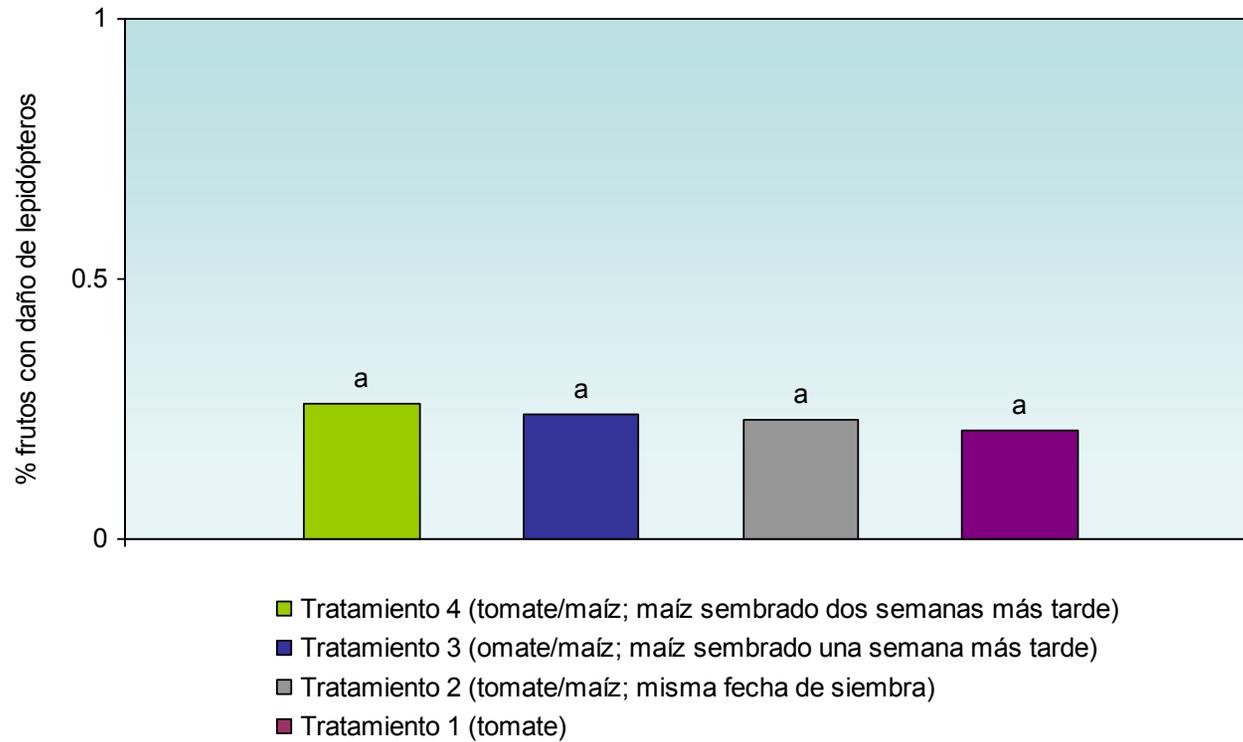


Figura 36. Frutos de tomate con daño (%) de lepidópteros transformado a arcsen, Juana Díaz, Siembra Experimental II (noviembre 2004-marzo 2005).

Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes (DMS $P < 0.05$).



Figura 37 A-B. Larva de *Spodoptera eridania* (Cramer) en hoja (A) y fruto de tomate (B).

VI. DISCUSIÓN

Los índices de dispersión obtenidos para las etapas de huevo y larva de *Helicoverpa zea* indican una distribución moderadamente agregada en filamentos y mazorcas de maíz o en trifolios y frutos de tomate. Esto coincide con Martínez (2003), Dawson et al. (2006) y Hoffmann et al. (1991a) quienes reportaron que *Helicoverpa* tiene una distribución agregada en los cultivos de maíz y tomate. El arreglo espacial agregado en trifolios de tomate y en las mazorcas de maíz puede estar relacionado con la falta de lugares apropiados para la oviposición o la alimentación, luego de la aplicación de plaguicidas o a la preferencia del herbívoro por ciertas partes del cultivo como las flores y frutos. De acuerdo a Dawson et al. (2006) las plantas hospederas, las prácticas culturales y la presencia o ausencia de enemigos naturales son otros factores que pueden afectar la dispersión espacial. La importancia de conocer la distribución espacial en la unidad muestreada estriba en seleccionar el número de muestras adecuado para tomar decisiones de control efectivas. En el caso de huevos y larvas de *H. zea*, habría que aumentar el número de muestras a tomar, particularmente cuando sus poblaciones son bajas. Este tipo de muestreo ofrece un estimado de la población de *H. zea* presente en el cultivo en un momento determinado. Mientras que el número de adultos capturado no significa necesariamente que hayan estado asociados al cultivo puesto que pueden haber sido atraídos a la trampa desde sitios lejanos al mismo. Sin embargo, un aumento en las capturas de adultos en las trampas de feromonas puede ser útil para predecir aumentos en la población.

Los resultados de las siembras comerciales demuestran que la densidad poblacional de *H. zea* está relacionada con las épocas del año y la disponibilidad de hospederos en las localidades de los municipios de Salinas y Santa Isabel. Esto, porque se encontró un mayor número de huevos y larvas en las siembras de maíz en las épocas de invierno y primavera, cuando la mayoría de los predios están dedicados al cultivo de éste, su principal hospedero según reportado por King & Coleman (1984). Además, el número de larvas en el maíz fue

mayor que el encontrado en el tomate confirmando la preferencia del insecto por el primero, previamente reportada por Martin (1976a). El promedio de larvas por cada 25 plantas de maíz en siembras comerciales sugiere que durante la época de invierno pueden encontrarse valores cercanos a una larva por mazorca, lo cual sobrepasa los niveles de daño económico establecidos en Figueroa- Silvestri (1983) quien señaló que una larva por mazorca es suficiente para permitir la entrada de otros insectos y patógenos a la misma, disminuyendo su valor comercial. En las siembras comerciales de la localidad de Gargiulo se observó la presencia de huevos y larvas de *H. zea* en las flores de sandía (Figura 38), cultivo que no ha sido reportado como hospedero alterno en Puerto Rico, pero sí en el estado de Florida (Capinera, 2001).



Figura 38. Larva de *Helicoverpa zea* en flor de sandía.

La disminución en el número de larvas en el verano ofrece una ventana para interrumpir su ciclo de vida y reducir el daño que pudieran causar en la temporada siguiente. Según Kennedy y Storer (2000) los cambios dentro del área de producción y en las fechas de siembra y

cosecha pueden alterar la relación fuente/refugio de los cultivos con respecto a las poblaciones de la plaga. Estos autores reportaron que los cambios en el agroecosistema durante las diferentes estaciones del año pueden afectar la habilidad de las plagas polífagas para moverse y utilizar diferentes zonas como habitats determinados. De acuerdo a los resultados obtenidos, el mayor número de adultos fue capturado en la primavera en las siembras comerciales de maíz y en verano en las siembras comerciales de sandía o en predios en barbecho. Estos resultados demuestran que los adultos de *H. zea* pasan a colonizar otros cultivos luego de finalizada la época de siembra del maíz.

En términos regionales en la zona sur de Puerto Rico existe un “monocultivo” para el insecto ya que la abundancia de hospederos durante todo el año facilita que complete su ciclo de vida y tenga un mayor número de generaciones por año. La presencia continua de maíz en etapa de floración y la siembra de hospederos alternos durante el verano mantienen los recursos disponibles para que el insecto se desarrolle y llegue a infestar al tomate temprano en su temporada de siembra, en este caso el invierno. Los resultados del presente estudio reflejan que las poblaciones de *H. zea* están relacionadas a la fenología de sus hospederos, especialmente a la floración del maíz. Además, existen reportes en la literatura que indican que la fenología de las siembras de maíz en la región circundante puede ocasionar un aumento en la densidad poblacional del insecto en el cultivo de tomate (Hofmann et al., 1991b).

En las siembras comerciales de maíz se obtuvo una mayor cantidad de huevos y larvas en los filamentos y en las mazorcas, en las etapas reproductiva y de maduración respectivamente, coincidiendo con Johnson et al. (1975) quienes reportaron la preferencia del insecto por flores y frutos. Sin embargo, en las siembras comerciales de tomate de la localidad de Gargiulo el número de huevos y larvas aumentó en la etapa de senescencia. Esto puede explicarse porque es en esta etapa cuando el productor discontinúa la aplicación de plaguicidas haciendo el ambiente más favorable para la colonización y desarrollo de las etapas inmaduras de *H. zea*. El número de adultos de *H. zea* capturados en trampas de feromonas aumentó en la etapa

vegetativa de la localidad de Mycogen, en la etapa reproductiva en la localidad de Pioneer y en la etapa de maduración de la localidad de Gargiulo, posiblemente por el efecto de los compuestos volátiles emitidos por las plantas hospederas o por las prácticas agronómicas llevadas a cabo por el productor. Aunque este estudio no contempla los efectos antes descritos, Landolt y Phillips (1997) y Raina et al. (1992) señalan que el etileno liberado por los filamentos de maíz y los frutos de tomate en maduración estimulan la actividad reproductiva de *H. zea*. Según estos investigadores, la ubicación de trampas de feromonas en predios de maíz o tomate en etapas reproductiva y de maduración podría atraer a un mayor número de machos adultos a las trampas cebadas.

La preferencia de *H. zea* por colonizar el cultivo de maíz en etapa reproductiva demuestra el potencial del maíz para su uso como cultivo trampa en siembras de tomate. En el Experimento I, el número de huevos del insecto alcanzó niveles máximos en todos los tratamientos tomate/maíz en forma escalonada con una semana de separación conforme al orden en que fue sembrado. Estos resultados sugieren que al sembrar el maíz de forma escalonada, a siete días de separación, se mantiene al mismo en etapa susceptible a través de las etapas reproductivas y de maduración del tomate. Sin embargo, antes de poner en práctica la siembra de maíz como cultivo trampa hay que establecer cómo se comporta este esquema en siembras comerciales con un mejor manejo de ambos cultivos. Además, habría que considerar la aplicación de plaguicidas en el cultivo trampa para permitir el control de la plaga y a la vez evitar que este se convierta en fuente de la misma. Según Shelton y Badenes-Perez (2006) la implantación de estas prácticas requiere de la coordinación regional de otras prácticas agrícolas y la cooperación de los diferentes productores agrícolas del área. La diferencia observada entre las poblaciones de *H. zea* en las dos siembras experimentales localizadas en Juana Díaz podría explicarse por cambios en las variedades del cultivo utilizadas, la diferencia entre la fuente de emigración de los colonizadores, los hospederos presentes en los predios cercanos a las siembras experimentales, y la diferencia entre factores climatológicos no

contemplados en la investigación como velocidad y dirección del viento. Específicamente, Hoffmann et al. (1991b) indican que los factores ambientales pueden influenciar en el modo en que los machos responden a las trampas de feromonas. Para disminuir la probabilidad de subestimar las poblaciones de adultos es recomendable aumentar el número de observaciones de una a dos veces por semana, aumentando la precisión del muestreo. Los cambios en las siembras comerciales de la zona sur de Puerto Rico durante las diferentes estaciones del año pueden afectar la habilidad de *H. zea* para colonizar diferentes habitats. Es por esto que antes de poner en práctica algún método de control hay que tomar en cuenta los cambios dentro del área de producción además de las fechas de siembra y cosecha, ya que estos pueden alterar la relación fuente/refugio de los cultivos con respecto a las poblaciones de la plaga.

VII. CONCLUSIONES

- Las poblaciones de *H. zea* en la zona entre los municipios de Santa Isabel a Salinas está directamente relacionada a la abundancia del cultivo de maíz, su principal hospedero
- Las poblaciones de *H. zea* fluctúan de acuerdo a la fenología de los cultivos de tomate y maíz, siendo las etapas de senescencia del tomate y las etapas de reproducción y maduración del maíz las preferidas para la oviposición y el desarrollo de las larvas del insecto
- Los muestreos de huevos y larvas de *H. zea* deben comenzar en la etapa reproductiva de los cultivos de tomate y maíz
- Aunque el cultivo de maíz es el principal hospedero de *H. zea*, en el cultivo del tomate este insecto se encuentra en niveles poblacionales suficientes para ocasionar daños significativos
- La existencia de fuentes continuas de maíz en etapa de floración podría reducir las poblaciones de *H. zea* en el cultivo de tomate, sirviendo además el maíz como un hábitat de acopio donde se podrían aplicar medidas alternativas de control
- El número de huevos y larvas por unidad muestreada ofrece una aproximación más práctica a la densidad poblacional de la plaga que la utilización de trampas de feromonas para la captura de adultos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Verificar las trampas de feromonas a intervalos de tiempo más cortos con el fin de tener una aproximación más real a la densidad poblacional en tiempo y espacio.
- Estudiar la relación del maíz como cultivo trampa en el tomate bajo diferentes condiciones de cultivo.
- Desarrollar planes de muestreo secuencial para los huevos y larvas de *H. zea* en los cultivos de tomate y maíz, facilitando el manejo de la plaga y economizando tiempo y dinero.
- Mantener un período de veda de siembra de los hospederos principales, maíz y sorgo, de al menos 40 días.

IX. LITERATURA CITADA

- Abate, T., A. Van Huis y J. K. O. Ampofo. 2000.** Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Ann. Rev. Entomol.* 45:631–659.
- Ali, M. I., S. Y. Young y R. C. McNew. 2004.** Host plant influence on activity of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) against lepidopterous pests of crops. *J. Entomol. Sci.* 39 (3): 311-317.
- Alvarado, A. N. 2005.** Comunicación personal. Base de datos de plaguicidas con registro de uso en Puerto Rico. 2005-2007. Servicio de Extensión Agrícola de Puerto Rico.
- Alvarado-Rodríguez, B., T. F. Leigh y W. H. Lange. 1982.** Oviposition site preference by the tomato fruitworm (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato, with notes on plant phenology. *J. Econ. Entomol.* 75: 895-898.
- Armstrong, A. M. 1990.** Insectos que afectan el cultivo del tomate en Puerto Rico y métodos para su control. Memorias, Foro Técnico: Cultivo, producción y elaboración de Tomate. Estación Experimental Agrícola. Universidad de Puerto Rico. Río Piedras, P. R. _ 31-33 p.
- Beirne, B. P. 1971.** Pest insects of annual crops in Canada. I. Lepidoptera, II. Diptera, III. Coleoptera. *Mem. Entomol. Soc. Canada.* 78. 124 pp.
- Blanchard, R. A. 1942.** Hibernation of the corn earworm in the central and northeastern parts of the United States. *US Dep. Agric. Tech. Bull.* 838.
- Blauth, S. L., G. A. Churchill y M. A. Mutschler . 1998.** Identification of quantitative trait loci associated with acylsugar accumulation using intraspecific populations of the wild tomato, *Lycopersicon pennellii*. *Theor. Appl. Genet.* 967: 458-67.
- Brendler., R. A., B. B. Fischer, D. H. Hall, D. M. May y N. C. Toscano. 1990.** Integrated pest management for tomatoes, 3rd ed. University of California Statewide Integrated Pest Management Project, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3274.
- Buntin, G. D., K. L. Flanders, y R. E. Lynch. 2004.** Assessment of Experimental Bt events against fall armyworm and corn earworm in field corn. *J. Econ. Entomol.* 97 (2): 259-264.
- Cabrera, I. y A. Vélez. 2003.** *Helicoverpa zea* (Boddie) afecta severamente los frutos de pimiento, tomate y berenjena en la costa sur de Puerto Rico. Memorias Reunión Científica Anual SOPCA. 44 p.
- Capinera, J. L. 2000.** Corn Earworm, *Helicoverpa* (=Heliopsis) *zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). Entomology and Nematology Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/IN302>. Última revisión noviembre del 2005.
- Capinera, J. L. 2001.** Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego. 729 pp.
- Chapman, P. J. y S. E. Lienk. 1981.** Flight periods of adults of cutworms, armyworms, loopers and others (family Noctuidae) injurious to vegetable and field crops. New York Agricultural Experiment Station Search: Agricultural Bulletin 14. 43 pp.

Davis, R. M., G. Hamilton, W. T. Lanini, T. H. Spreen y C. Osteen. 1998. The importance of pesticides and other pest management practices in U.S. tomato production. Report of Project funded by United States Department of Agriculture and National Agriculture Pesticide Impact Assessment: Program, Document Number 1 CA-98. U. S. Gov. Print Office, Washington, DC. 263 pp.

Dawson, J., A. J. Hamilton y C. Mansfield. 2006. Dispersion statistics and a sampling plan for *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) on fresh-market tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Aust. J. Entomol. 45: 91-95.

Ditman, L. P. y E. N. Cory. 1931. The corn earworm biology and control. Maryland Agricultural Experiment Station Bulletin 328. 482 pp.

Departamento de Agricultura de Puerto Rico (DAPR). 2005. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Cifras Preliminares 2004-2005.

De Toledo F. R., J. C. Barbosa y P. T. Yakamoto. 2006. Distribuição espacial de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) na cultura de citros. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP. 28 (2) 194-198.

Diver, S. 2002. Appropriate technology transfer for rural areas. Phenology web links: (1) Sequence of bloom, floral calendars, what's in bloom; (2) birds, bees, insects, and weeds. <http://www.attra.org/attra-pub/phenology.html>. Última revisión abril 2002

Elliot, J. M. 1979. Some Methods for the Statistical Analysis of Samples of Benthic Invertebrates. 2nd ed. Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 25. Titus Wilson and Son, Ltd., Kendal, United Kingdom.

FAO. 2006. FAOSTAT Statistical Data. <http://FAO.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>. Última revisión diciembre 2006.

Figuroa-Silvestri, E. 1983. Ciclo de vida y enemigos naturales de *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 110 pp.

Fitt, G. P. 1989. The ecology of *Heliothis* species in relation to agro-ecosystems. Ann. Rev. Entomol. 34: 17-52.

Fitt, G. P. 1994. Cotton pest management. Part 3. An Australian perspective. Ann. Rev. Entomol. 39: 543-562.

Fuentes-López, M. R. 1994. Progreso en selección recurrente recíproca en cuatro poblaciones de maíz y su comportamiento agronómico en relación al gusano de la mazorca y el cogollero (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 85 pp.

Gallardo, F., D. J. Boethel, J. R. Fuxa y A. Richter. 1990. Susceptibility of *Heliothis zea* (Boddie) larvae to *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson: effects of alpha-tomatine at the third trophic level. J. Chem. Ecol. 16:1751-59.

Gempler's 2006. TRECE Corn Earwork Lure. <http://www.gemplers.com/a/shop/product.asp?UID=200606111816361713804728&T1=T3138>.

- Gentile, A. G. y A. K. Stoner. 1968.** Resistance in *Lycopersicon* and *Solanum* species to potato aphid. J. Econ. Entomol. 61: 1152- 54.
- Goffreda, J. C. , M. A. Mutschler . 1989.** Inheritance of potato aphid resistance in hybrids between *Lycopersicon esculentum* and *L. Pennellii*. Theor. Appl. Genet. 78: 210- 16.
- Goffreda, J. C., J. C. Steffens y M. A. Mutschler . 1990.** Association of epicuticular sugars with aphid resistance in hybrids with wild tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 161- 65.
- Graham, H. M., N. S. Hernandez, Jr. y J. R. Llanes. 1972.** The role of host plants in the dynamics of populations of *Heliothis* spp. Environ. Entomol. 1: 424-431.
- Hamm, J. J. y B. R. Wiseman. 1986.** Plant resistance in a nuclear polyhedrosis virus for suppression of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol. 69:541–549.
- Hardwick, D. F. 1965.** The corn earworm complex. Mem. Entomol. Soc. Canada. 40: 1- 247.
- Hardwick, D. F. 1968.** A brief review of the principles of light trap design with a description of an efficient trap for collecting noctuid moths. Journal of the Lepidopterists' Soc. 22: 65- 75.
- Harrell, E. A., W. D. Perkins y B. G. Mullinix. 1979.** Effects of temperature, relative humidity, and air velocities on development of *Heliothis zea*. Ann. Entomol. Soc. Amer. 72: 222-223.
- Hazzard, R. 2004.** Corn earworm (tomato fruitworm) in tomato crops. Vegetable notes for vegetable farmers in Massachusetts. University of Massachusetts Amherst. Volume 15 (16). http://www.umassvegetable.org/newsletters/archive/2004/2004_08_12.pdf. Última revisión agosto 2004.
- Hedin, P. A., F. G. Maxwell, y J. N. Jenkins. 1974.** Insect plant attractants, feeding stimulants, repellents, deterrents, and other related factors affecting insect behavior, pp. 494-527. En F. G. Maxwell y F. A. Harris [eds.], Proc., Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Diseases. University Press of Mississippi. Jackson, MS. 647 pp.
- Hill, D. 1983.** Agricultural insects pest of the tropics and their natural control. Cambridge University Press, London, England. 746 pp.
- Hoffmann, M. P., L. T. Wilson, F. G. Zalom y R. J. Hilton. 1991a.** Dynamic sequential sampling plan for *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in processing tomatoes: parasitism and temporal patterns. Environ. Entomol. 20: 1005-1012.
- Hoffmann, M. P., L. T. Wilson, y F.G. Zalom. 1991b.** Area-Wide pheromone trapping of *Helicoverpa zea* and *Heliothis phloxiphaga* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sacramento and San Joaquin Valleys of California. J. Econ. Entomol. 84(3): 902-911.
- Hsiao, S. H. 1978.** Circadian activity of *Heliothis zea* at different temperatures studies with an acoustic actograph. Ann. Entomol. Soc. Amer. 71:115-120.
- InfoStat/Estudiantil. 2002.** Software Estadístico Versión 2.0. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC). Estadística y Diseño.

- Johnson, M. W., R. E. Stinner y R. L. Rabb. 1975.** Ovipositional response of *Heliothis zea* (Boddie) to its major hosts in North Carolina. *Environ. Entomol.* 4: 291-297
- Kennedy, G. G. 2003.** Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Ann. Rev. Entomol.* 48: 51-72.
- Kennedy, G. G. y N. P. Storer. 2000.** Life systems of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems. *Ann. Rev. Entomol.* 2000. 45:467-493
- King, E. G. y R. J. Coleman. 1989.** Potential for the biological control of *Heliothis* species. *Ann. Rev. Entomol.* 34: 53-75.
- Knutson, H. 1944.** Minnesota Phalaenidae (Noctuidae), the seasonal history and economic importance of the more common and destructive species. *Minnesota Agric. Exp. Stn. Bull.* 165. 128 pp.
- Landolt, P. J. y T. W. Phillips. 1997.** Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 371-391.
- Lingren, P. D., W. B. Warner, J. R. Raulston, M. Kehat, T. J. Henneberry, S. D. Pair, A. Zvirgzdins, y J. M. Gillespie. 1988.** Observations on the emergence of adults from natural populations of corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Environm. Entomol.* 17: 254-258.
- Martin, P. B., P. D. Lingren y G. L. Greene. 1976a.** Relative abundance and host preferences of cabbage looper, soybean looper, tobacco budworm, and corn earworm on crops grown in northern Florida. *Environ. Entomol.* 5:878-882.
- Martin, P. B., P. D. Lingren, G. L. Greene y R. L. Ridgway. 1976b.** Parasitization of two species of *Plusiinae* and *Heliothis spp.* after releases of *Trichogramma pretiosum* in seven crops. *Environ. Entomol.* 5:991-995.
- Martínez, E. L. 2003.** Distribución y abundancia de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) en siembras comerciales de maíz en Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 63 pp.
- Martorell, L. F. 1976.** Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. Agricultural Experimental Station, University of Puerto Rico, Mayagüez. 303 pp.
- Medina-Gaud, S., L. F. Martorell y J. Maldonado-Capriles. 2003.** Catálogo de los nombres comunes de insectos y acarinos de importancia económica en Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Estación Experimental Agrícola Río Piedras, Puerto Rico. 149 pp.
- Metcalf, R. L. 1987.** Plant volatiles as insect attractants. *CRC Critical reviews in Plant Science* 5: 251-301.
- Meyer, J. R. 2003.** Chapter 19: Pest Control Tactics. <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/text19/cultural.html>. Última revisión noviembre 2003.

Mohamed, A. K. A., P. P. Sikorowski y J. V. Bell. 1977. Susceptibility of *Heliothis zea* larvae to *Nomuraea rileyi* at various temperatures. J. Invertebr. Pathol. 30: 414- 417.

Mohamed, A. K. A., P. P. Sikorowski y J. V. Bell. 1978. Histopathology of *Nomuraea rileyi* in larvae of *Heliothis zea* and in vitro enzymatic activity. J. Invertebr. Pathol. 31: 345-352.

Neunzig, H. H. 1963. Wild host plants of the corn earworm and the tobacco budworm in eastern North Carolina. J. Econ. Entomol. 56: 135-139.

Nilakhe, S. S., R. B. Chalfant, S. C. Phatak y B. Mullinix. 1982. Tomato fruitworm: development of sequential sampling and comparison with conventional sampling in tomatoes. J. Econ. Entomol. 75 (3): 416-421.

Okumura, G. T. 1962. Identification of lepidopterous larvae attacking cotton with illustrated key (primarily California species). California Department of Agriculture Bureau of Entomology, Special Publication 282. 80 pp.

Oliver, A. D. y J. B. Chapin. 1981. Biology and illustrated key for the identification of twenty species of economically important noctuid pests. Louisiana Agricultural Experiment Station Bulletin 733. 26 pp.

Parajulee, M. N., J. E. Slosser y E. P. Boring III. 1998. Seasonal activity of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) detected by pheromone traps in the rolling plains of Texas. Environ. Entomol. 27 (5): 1203-1219.

Pedigo, L. P. 1999. Entomology and Pest Management. 3d ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 691 pp.

Perez C. J., P. Alvarado, C. Narvaez, F. Miranda, L. Hernandez, H. Vanegas, A. Hruska y A. M. Shelton. 2000. Assessment of insecticide resistance in five insect pests attacking field and vegetable crops in Nicaragua. J. Econ. Entomol. 93(6):1779-87.

Pernezny, K., D. Schuster, P. Stansley, G. Simone, V. Waddill, J. Funderburk, F. Johnson, R. Lentini y J. Castner. 1996. Florida Tomato Scouting Guide with Insect and Disease Identification Keys. UF/IFAS. Gainesville, Florida. 48 pp.

Picanço, M., G. L. D. Leite, R. N. C. Guedes y E. A. Silva. 1998. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. Crop Protection 17:447-452.

Price, P. W., C. E. Bouton, P. Gross, B. A. McPherson, J. N. Thompson y A. J. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annu. Rev. Ecol. Syst. 11:41-65.

Prostak, D. J. 1995. Corn earworm, *Helicoverpa zea* (Boddie). Pp. 75-79 en Admas, R. G., y J. C. Clark (eds.) Northeast sweet corn production and integrated pest management manual. Coop. Ext. Serv., University of Connecticut, Storrs.

Purcell, M., M. W. Johnson, L. M. Lebeck y A. H. Hara. 1992. Biological control of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) with *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) in corn used as a trap crop. Environ. Entomol. 21:1441-1447.

- Rabb, R. L. 1979.** Regional research on insect movement: Initial considerations, pp. 2-12. En Rabb R. L. y G. G. Kennedy [eds.], Movement of highly mobile insects: Concepts and methodology in research. University Graphics. North Carolina State University, Raleigh, NC. 465 pp.
- Raina, A. K., T. G. Kingan y A. K. Mattoo.1992.** Chemical signals from host plant and sexual behavior in a moth. *Science*. 255:592–94.
- Raulston, J. R., S. D. Pair, J. Lorea y H. E. Cabanillas. 1992.** Prepupal and pupal parasitism of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Steinernema sp.* in cornfields in the Lower Rio Grande Valley. *J. Econ. Entomol* 85: 1666-1670.
- Raulston, J. R., S. D. Pair, P. D. Lingren, W. H. Hendrix III y T. N. Shaver. 1998.** The role of population dynamics in the development of control strategies for adult *Helicoverpa zea* and other Noctuidae. *South. Entomol.* 21:25-35.
- Roach, S. H. 1975.** *Heliothis* spp.: larvae and associated parasites and diseases on wild host plants in the Pee Dee area of South Carolina. *Environmental Entomology* 4:725-728.
- Sequeira, R. V., J. L. McDonald, A. D. Moore, G. A. Wright y L. C. Wright. 2001.** Host plant selection by *Helicoverpa spp.* in chickpea-companion cropping systems. *Entomol. Exp. Appl.* 1001: 1-7.
- Shelton, A.M. y F.R. Badenes-Perez. 2006.** Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 51:285–308.
- Smith, J. W., E. G. King y J. V. Bell. 1976.** Parasites and pathogens among *Heliothis* species in the central Mississippi Delta. *Environ. Entomol.* 5: 224-226.
- Stehr, W. F. 1987.** Immature Insects. Kendall Hunt Publishing Company. Iowa USA. 754 pp.
- Stinner, R. E., R. L. Rabb y J. R. Bradley. 1977.** Natural factors operating in the population dynamics of *Heliothis zea* in North Carolina. *Proc. 15 th Int. Congr. Entomol.*, Washington, DC, pp. 622-642.
- Storer, N. P., J. W. Van Duyn y G. G. Kennedy. 2001.** Life history traits of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) on non- Bt and Bt transgenic corn hybrids in eastern North Carolina. *J. Econ. Entomol.* 94:1268-1279.
- Sudbrink, D. L. Jr. y J. F. Grant. 1995.** Wild host plants of *Helicoverpa virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in eastern Tennessee. *Environmental Entomology* 24:1080-1085.
- Tabashnik, B. E. 1994.** Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 47-79.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2004.** Borror and Delong's introduction to the study of insects. Seven edition. Thomson Brooks/ Cole. California, United States of America p. 637- 639.

Washburn, J. O., J. F. Wong y L. E. Volkman. 2001. Comparative pathogenesis of *Helicoverpa zea* S- nucleopolyhedrovirus in noctuid larvae. J. Gen. Virol. 82: 1777- 1784.

Witz, J. A., A. W. Hartstack, E. G. King, W. A. Dickerson y J. R. Phillips. 1985. Monitoring and prediction of *Heliothis spp.* Southwest. Entomol. Suppl. 8: 56-70.

Zalom, F. G., L. T. Wilson y R. Smith. 1983. Oviposition patterns by several lepidopterous pests on processing tomatoes in California. Environ. Entomol. 12: 1133-1137.

Zalom, F. G., J. T. Trumble, C. G. Summers y N. C. Toscano. 2000. UC IPM Pest Management Guidelines: Tomato. UC ANR Publication 3470. Insects and Mites. <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r783300111.html>. Actualizado diciembre 2003.

X. APÉNDICE

Apéndice 1:

Ingredientes activos de insecticidas para el control de *Helicoverpa zea* en los cultivos de tomate y maíz en Puerto Rico revisados en diciembre de 2005 (Alvarado, 2005).

Ingrediente activo	Cultivo	Fecha expiración de registro ¹
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Tomate y maíz	septiembre 2006 y enero 2007
Carbaryl	Tomate y maíz	mayo 2005, febrero 2006, junio 2006, agosto 2006 y enero 2007
Cyfluthrin	Tomate y maíz	abril 2006
Cyromazine	Tomate	mayo 2007
Diazinon	Tomate y maíz	junio 2006
Esfenvalerate	Tomate y maíz	febrero 2006, septiembre 2006 y enero 2007
Imidacloprid	Tomate	junio 2006
Indoxacarb	Tomate y maíz	enero 2007
Malathion	Tomate y maíz	junio 2006, agosto 2006, septiembre 2006 y enero 2007
Methomyl	Tomate y maíz	enero 2007
Neem Oil	Tomate y maíz	septiembre 2006
Oxamyl	Tomate	enero 2007
Permethrin	Tomate y maíz	agosto 2006 y enero 2007
Pymetrozine	Tomate	Sin fecha de expiración de registro
Pyrethrins	Tomate	febrero 2006
Petroleum Oil	Tomate y maíz	febrero 2006 y enero 2007
Thiamethoxam	Maíz	mayo 2007

¹ Las distintas fechas de expiración corresponden a diferentes compuestos comerciales.