



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico del Valle de Morelia



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA

"EFECTO DE LA EDAD DEL PARASITOIDE *Campoletis sonorensis* EN SU DESEMPEÑO SOBRE *Spodoptera frugiperda*"

QUE PRESENTA:

MARÍA OBDULIA GARCÍA HERNÁNDEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGRONOMÍA

ASESOR:

M.C. FRANCISCO JAVIER JARA GARCÍA

MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE DE 2020

Km 6.5 Carretera Morelia - Salamanca, C.P. 58100 Morelia, Mich.

Tel: 01 (443) 350 06 60,

E-mail: dir_vmoria@tecnm.mx

www.vmorelia.tecnm.mx



RSGC990



2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria

ANEXO III FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Morelia, Mich. **23/enero/2020**

Área: Ciencias
Agropecuarias
Oficio: DCA/73/2020
Expediente: Titulación

Asunto: Liberación de Proyecto
para Titulación
Integral

ALBERTO MILLÁN MONTAÑEZ
JEFATURA DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Estudiante:	del	María Obdulia García Hernández
Carrera:		Ingeniería en Agronomía
N° de Control:		9850042
Nombre del Proyecto:		"Efecto de la edad del parasitoide <i>Campoletis sonorensis</i> en su Desempeño sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> ".
Producto:		Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica.
"HOMBRE, TIERRA Y CIENCIA HACIA EL PROGRESO"

Adriana Fernández Pérez
ADRIANA FERNÁNDEZ PÉREZ
JEFATURA DE INGENIERÍAS
(CIENCIAS AGROPECUARIAS)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

FRANCISCO JAVIER JARA GARCÍA	JOSÉ EDUARDO YEPEZ TORRES	ORNELLA BARRETO BARRIGA	SEBASTIAN SÁNCHEZ SUÁREZ
NOMBRE Y FIRMA ASESOR	NOMBRE Y FIRMA SECRETARIO	NOMBRE Y FIRMA VOCAL	NOMBRE Y FIRMA VOCAL SUPLENTE

ccp. Archivo



AGRADECIMIENTOS

A ti Dios, gracias por haberme permitido concluir este proyecto en mi trayecto académico, porque a pesar de las dificultades que he tenido siempre has estado conmigo.

A mis padres, José García Arreola y Esperanza Hernández Hernández por el enorme apoyo y su comprensión para concluir mis estudios.

Al Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, por darme la oportunidad de ser una integrante más del plantel, además de todos los conocimientos adquiridos dentro de las aulas de estudio.

Al Campus-UNAM Morelia, por haberme aceptado y formar parte de un gran equipo de trabajo.

A la Dra. Ek del Val, por el apoyo y comprensión en el laboratorio de agroecología.

A la Dra. Ornella, por su apoyo, paciencia, comprensión y sus sugerencias para concluir el presente trabajo.

Al personal del laboratorio de agroecología, por la comprensión y disponibilidad de material.

Al M.C. Francisco Javier Jara García, por su disponibilidad de tiempo, sugerencias y opinión en la elaboración de la tesis.

M.C José Eduardo Yépez Torres, quien se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos, en los temas que corresponden a mi profesión.

M.C Sebastián Sánchez Suarez, por ser un gran ser humano gracias por su calidad profesional, por su guía, confianza y apoyo brindado en todo momento a lo largo del trabajo..... muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres:

José García y Esperanza Hernández, por haberme dado la fuerza y fortaleza de seguir adelante con mis estudios.

A mis amigos:

Ester Leal Camacho y Miguel Calderón García, gracias por formar parte de mi vida y por estar en momentos difíciles cuando más los he necesitado.

A mi esposo:

René Figueroa García, tu ayuda ha sido fundamental, has estado con migo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no ha sido fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían
Te agradezco mucho.

RESUMEN

En nuestro país, el maíz es el principal cultivo y la base de la alimentación de los mexicanos. Sin embargo, anualmente, este cultivo presenta importantes pérdidas económicas debido a los daños que ocasiona *Spodoptera frugiperda* al alimentarse en las plantas de maíz. Actualmente, para el manejo de esta plaga, se lleva a cabo el control químico, lo que ha ocasionado graves problemas ambientales. Por lo tanto, se deben buscar alternativas sustentables al control químico de plagas, como el control biológico (CB) con el parasitoide *Campoletis sonorensis*. Sin embargo, para hacer CB con *Campoletis sonorensis*, todavía se desconocen muchos aspectos de su biología como, por ejemplo, el efecto de la edad de la hembra, en el desempeño de este parasitoide. En este contexto, la pregunta de investigación que abordó este trabajo fue ¿Cómo afecta la edad de la hembra parasitoide el desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda*? Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con estructura de tratamientos factorial (15x6) para el factor edad de la hembra del parasitoide. Se estudiaron 15 diferentes edades, que correspondieron a los tratamientos. Se realizaron 6 réplicas por tratamiento (N=90). En el presente trabajo, se encontró que para *C. sonorensis*, la edad de la hembra parasitoide, afecta el porcentaje de sexos de la descendencia ($F_{1,13} = 15.62$; $p = 0.0017$) (Fig.11) y el porcentaje de parasitismo ($F_{14,118} = 3.31$; $p = 0.0002$) (Fig.12) sobre *S. frugiperda*. Además, que, para *C. sonorensis* la edad de la hembra parasitoide, se correlacionó negativamente con el porcentaje de hembras en la descendencia (coeficiente de correlación = -0.74, Fig.11), pero no con el porcentaje de parasitismo ($r = -0.05$) (Fig.12). Es decir, que en *C. sonorensis*, al aumentar la edad de la hembra parasitoide, disminuye el porcentaje de hembras en la descendencia, pero no el parasitismo. En este contexto, en este trabajo, los resultados del porcentaje de sexos, indican que el desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda*, depende de la edad de la hembra parasitoide. En particular, se encontró que, este desempeño, considerando el porcentaje de hembras de la descendencia, disminuye (20%) conforme aumenta la

edad de la hembra parasitoide de *C. sonorensis*. Además, que para *C. sonorensis*, este descenso en el porcentaje de hembras en la descendencia, fue más significativo a partir de que las hembras tenían 17 días de edad. Se concluye que la eficiencia de *Campoletis sonorensis* para controlar a *S. frugiperda* disminuye conforme aumenta la edad de la hembra parasitoide. Además, que las edades óptimas para parasitar con las hembras de este parasitoide, son entre 2 a 16 días de edad, porque a estas edades, se obtienen principalmente hembras en la descendencia. Para hacer aún más eficiente, el control que ejerce *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz, también, se podrían liberar hembras de *C. sonorensis* de estas edades, con ello se incrementarían el número de hembras en los cultivos de maíz y así, el parasitismo.

SUMMARY

In our country, the grown of corn is basic for the human being, but in the last few years one of the economic problems it faces is the presence of the winded worn plague, *Spodoptera frugiperda* which results in a low performance of this crop. Nowadays a chemical control is carried out to reduce the plague, through the use of insecticides giving as a result the degradation of soil and health problems in humans. In this context the use of parasitoids as a way to control of plagues in crops has shown to be efficient, such is the case of *Campoletis sonorensis* (Cameron) to control de winded worm from corn. But biological information of this species is still lacking, mainly in its life spam. Therefore, an experiment was performed in UNAM-Morelia with the objective to evaluate the importance of the age in the biological parameters of the wasp (*Campoletis sonorensis*).A completely random experimental design was applied with 15 treatments taking into account the age of the female feeding the host with a semisynthetic diet by Poitout y Bues (1974) which consists in a mixture of cornstarch, wheat germ, beer yeast and water. According to the results, significant differences were found in both the percentage of parasitization ($F_{14,118}= 3.31$; $p=0.0002$) and the percentage of females ($F_{1,13}= 15.62$; $p=0.0017$) between the different ages of the females of *C. sonorensis*. Besides a negative correlation was found between the age of the female and the percentage of females of her offspring, particularly it was found that the females in the offspring diminish when the age rises of the *Campoletis sonorensis* (correlation coefficient= -0.73819). Particularly, it was found that the younger the female at the moment of parasitize the larva of *S. frugiperda* this results in females which is useful for the experiment performed, the bigger the wasp the result will be.

ÍNDICE

HOJA DE FIRMAS.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	V
SUMMARY.....	VIII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DE EL PROBLEMA.....	3
3. DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	5
4.1 Objetivo general.....	5
4.1.1 Objetivos específicos.....	5
4.2 Hipótesis.....	5
5. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	6
5.1 Maíz.....	6
5.2 Principales plagas del maíz.....	6
5.4 Descripción taxonómica de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
5.5 Huevos.....	7
5.6 Larvas.....	8
5.7 Pupas.....	8
5.8 Daños por <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
5.9 Control biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
5.10 Control biológico con parasitoides.....	9
5.11 Control natural de <i>Spodoptera frugiperda</i> con parasitoides.....	11
5.12 Biología de los insectos parasitoides.....	11
5.13 Clasificación de los parasitoides.....	12
5.14 Importancia y descripción de <i>Campoletis sonorensis</i>	12
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
6.1. Ubicación geográfica.....	15
6.2 Material en laboratorio.....	16
6.2.2 Material biológico.....	16

6.3 Metodología	16
6.4 Diseño Experimental	21
Relación de tratamientos.....	21
Arreglo completamente al azar con 15 tratamientos modelo matemático:	21
$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + EE$	21
6.4 Variables a evaluar.....	22
6.5 Análisis estadístico.....	22
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
8. CONCLUSIONES.....	29
9. RECOMENDACIONES.....	30
10. BIBLIOGRAFÍA.....	31
11 ANEXOS.....	38
Datos originales de promedio y error estándar sin transformar y transformados, para el ANOVA y el LSD.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		pág.
1.A	Porcentaje de hembras en la descendencia de <i>Campoletis sonorensis</i>	38
2.A	Análisis de varianza para el factor porcentaje de hembras parasitoides en la descendencia.....	43
3.A	Regresión simple - porcentaje de hembras vs edad.....	44
4.A	Porcentaje de parasitismo de <i>Campoletis sonorensis</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	45
5.A	Análisis de Varianza para el factor porcentaje de parasitismo.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Ciclo de vida de las especies de <i>campoletis sonorenses</i>	14
2. Localización geográfica de la Universidad Autónoma de México (UNAM)-Campus Morelia.....	15
3. Cría del parasitoide <i>Campoletis sonorensis</i> en las jaulas de reproducción.....	17
4. Bolsas de papel y charolas de plástico donde se mantuvo la cría de <i>spodoptera</i>	17
5. Hembra de <i>C. sonorensis</i> mostrando su ovipositor.....	20
6. Unidad experimental, conteniendo las larvas de <i>S. frugiperda</i> y los adultos de <i>C. sonorensis</i>	20
7. Individualización de las larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> parasitadas con trozos de dieta semisintética.....	20
8. Capullo de <i>C. sonorensis</i> formado en el vaso donde se individualizó la larva parasitada.....	20
9. Pupa de <i>spodoptera frugiperda</i>	21
10. Liberación en las jaulas de cría, de los adultos de <i>Campoletis sonorensis</i> , emergidos de los experimentos.....	21
11. Efecto de la edad de la hembra de <i>Campoletis sonorensis</i> sobre: a) Porcentaje de hembras y b) machos de la descendencia.....	27
12. Efecto de la edad de la hembra de <i>Campoletis sonorensis</i> sobre: Porcentaje de parasitación de hembras de <i>Campoletis sonorensis</i> sobre larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	28

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país el maíz, es el principal cultivo, representa el 38.6% de la superficie cultivada del territorio mexicano (Salinas *et al.* 2010). La producción de maíz, en México, principalmente se lleva a cabo en Sinaloa, Jalisco, Estado de México y Michoacán, de esta producción, depende un alto porcentaje de la población rural, cuyo cultivo practican bajo diferentes condiciones agroclimáticas, condiciones de humedad, temporal y riego, así como en los dos ciclos productivos primavera-verano y otoño- invierno (Vega y Ramírez, 2004). Sin embargo, anualmente, este cultivo presenta importantes pérdidas económicas debido a los daños que ocasionan diversos insectos plaga, entre los que destaca, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Fuente y Juárez, 2008). Este insecto, se encuentra distribuido en todo México causando severos daños en el maíz, se alimenta de los meristemos apicales del cogollo de las plantas de maíz, evitando su crecimiento, y en infestaciones altas *Spodoptera frugiperda* puede llegar a causar la pérdida total del cultivo (Domínguez y García 1995).

El control de *Spodoptera frugiperda* en maíz, se ha realizado con el uso de insecticidas químicos, lo que ha ocasionado graves problemas ambientales, tales como la contaminación de los recursos naturales, daños en la salud de los agricultores, y la eliminación de la biodiversidad. Por lo tanto, se deben buscar alternativas sustentables al control químico de plagas, por ejemplo, el control biológico (CB) con parasitoides. Al respecto, en México en los cultivos de maíz, se han registrado varias especies de parasitoides, que ejercen un control natural muy importante sobre *Spodoptera frugiperda*, entre estas especies destaca *Campoletis sonorensis* (cameron) (Hymenoptera:Ichneumonidae), por su abundancia y su parasitismo (30%) sobre *Spodoptera frugiperda* (Bahena 2009). Por ello, esta especie, es una candidata idónea para ser estudiada y evaluar su potencial como agente de control biológico (CB). Respecto a la biología de *Campoletis sonorensis*, se sabe que es una especie oligófaga, que parasita diversas especies de la familia

Noctuidae, entre ellas *Spodoptera frugiperda*. Además, es un endoparásitoide solitario, es decir que oviposita un huevo dentro de un hospedero.

Campoletis sonorensis se considera un koinobionte porque la larva hospedera parasitada continúa su desarrollo (Bahena, 2008). Asimismo, *Campoletis sonorensis* se reproduce por arrenotoquia (Charnov 1978, Heinz 1996, y Bahena 2008), con esta forma de reproducción partenogenética, las hembras de *Campoletis sonorensis* descienden de huevos fertilizados, mientras que los machos de huevos no fertilizados (Bahena, 2008).

Además, se ha reportado que diversos factores ambientales, como la temperatura, la nutrición del hospedero, y la dieta, afectan los indicadores del desempeño de *C. sonorensis*, como son el porcentaje de parasitismo y de sexos (Isenhour 1985 y 1989, Barreto *et al.* 2017). Sin embargo, todavía se desconocen muchos otros aspectos de la biología de *Campoletis sonorensis* para que pudiera ser utilizada esta especie como un agente de CB. Por ejemplo, se desconoce, el efecto de la edad de la hembra en el desempeño de este parasitoide. Sobre este tema, aunque la mayoría de los estudios, han reportado que, en los parasitoides, tanto el parasitismo como el porcentaje de hembras en la descendencia, disminuyen, cuando aumenta la edad de la hembra parasitoide, algunos han reportado otros efectos (Hu *et al.* 1986, Hu 2012, Kant *et al.* 2013 y Iqbal *et al.* 2016). Por ello, es necesario hacer estudios específicos con cada una de las especies de parasitoides. En este contexto la pregunta de investigación que abordó este trabajo fue ¿Cómo afecta la edad de la hembra parasitoide el desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda*.

2. PLANTEAMIENTO DE EL PROBLEMA

Se desconocen muchos aspectos de la biología de *Campoletis sonorensis*, por ello no se ha logrado su reproducción masiva en laboratorio, ni tampoco se ha utilizado como un agente de control biológico en los cultivos de maíz para controlar a *Spodoptera frugiperda*.

3. DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El conocimiento generado con esta investigación contribuirá a incrementar el conocimiento sobre la biología de *Campoletis sonorensis* para lograr su reproducción masiva en laboratorio. De este modo, se podría implementar un programa de manejo integrado de plagas donde se liberase este parasitoide en los cultivos de maíz para controlar *Spodoptera frugiperda*.

4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar el efecto de la edad de la hembra parasitoide en el desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *S. frugiperda*.

4.1.1 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de la edad de la hembra parasitoide en el parasitismo de *Campoletis sonorensis* sobre *S. frugiperda*.
- ✓ Determinar el efecto de la edad de la hembra parasitoide en el porcentaje de sexos de la descendencia de *Campoletis sonorensis*.

4.2 Hipótesis

H₀: El desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda* no depende de la edad de la hembra de este parasitoide.

H₁: El desempeño de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda* depende de la edad de la hembra de este parasitoide.

Regla de decisión:

Sí $F_c < F_{t01}$, se rechaza H_0 y se acepta H_A , caso contrario se acepta H_0 y se rechaza H_A .

5. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

5.1 Maíz

El maíz es el cereal más cultivado del mundo, solamente detrás del trigo y el arroz, se puede desarrollar en una gran variedad de climas, que van desde el trópico hasta los climas templados, desde el nivel del mar hasta alrededor de 300 msnm latitudes ecuatoriales entre 23° norte y 23° sur desde el ecuador.

5.2 Principales plagas del maíz

El maíz guarda una relación trófica con los herbívoros o parásitos naturales, los cuales, al encontrar un ambiente favorable, aumentan su densidad poblacional convirtiéndose en plagas. Las plagas atacan en diferentes edades a las plantas de maíz, si no se controlan, pueden reducir considerablemente el rendimiento, ocasionando por consecuencia, una disminución en la producción potencial del cultivo. Las plagas más importantes del maíz son los insectos debido a que, además de causar daño en la planta, son portadores de enfermedades. Las especies de insectos plaga que ocasionan mayores daños en el maíz junto con el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* son: la gallina ciega, *Phyllophaga* sp. (coleóptera); el gusano de alambre, *Elatridae* (coleóptera); *Melanotus* sp. (Coleoptera); el gusano trozador, *Agrotis ipsilon* (Lepidóptera); las chicharritas, *Dalbulus elimatus* (Homoptera: Cicadellidae); trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera); gusanos barrenadores del tallo, *Zea diatraea lineolata* (lepidóptera); los frailecillos, *Macrodactylus infuscatus*, *M. mexicanus* y *M. marinus* (Coleoptera); y el gusano elotero, *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera) (SARH-INIFAP-CIAPAC, 1993).

5.3 El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*

Desde hace más de tres siglos *Spodoptera frugiperda*, ha sido reconocida como una plaga causante de serios problemas en maíz y otros cultivos en el Sureste de Estados Unidos, México, Centro y Sudamérica (Wiseman y Davis 1979, Pashley 1988, Wiseman *et al.* 1983, Ashley 1989, Simmons y Wiseman 1993). A este insecto, en México se le localiza principalmente en las regiones tropicales y subtropicales, registrándose los mayores daños en los estados de Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Veracruz, Quintana Roo, Yucatán, Coahuila, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Valle de México, Durango, Guanajuato, Baja California Norte, Baja California Sur y Colima.

Ciclo de vida

Spodoptera frugiperda es un insecto holometábolo que presenta las fases de huevo, larva, pupa y adulto (Alfaro 1988.) Su ciclo de vida tiene una duración de 25 a 45 días (Elizabeth 2009).

5.4 Descripción taxonómica de *Spodoptera frugiperda*

5.5 Huevos

Los huevos de esta especie son de color blanco amarillento, con cierto brillo cuando están recién puestos; posteriormente toman una coloración marrón rojiza. Cada huevo es de forma semiesférica, achatado en la parte superior y mide aproximadamente 0.5 milímetro (mm) de diámetro, y son colocados en masas, formadas por capas cubiertas por una secreción y escamas de las hembras (Labrador).

5.6 Larvas

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* pasan por 6 o 7 instares o mudas, siendo los dos primeros los de mayor importancia para tomar las medidas de control. Las larvas de primer estadio miden de 2-3 mm, el cuerpo es de color blanquecino vidrioso, el dorso del primer segmento torácico y la cabeza, son de color negro. Las larvas de los estadios II, III y IV a diferencia de las de primer estadio, son de color pardo grisáceo en el dorso y verde en el lado ventral, sobre el dorso y la parte superior de los costados tienen tres líneas blancas cada una con una hilera de pelos blancos amarillentos que se disponen longitudinalmente, sobre cada segmento del cuerpo aparecen cuatro manchas negras que vistas desde arriba semejan la forma de un trapecio isósceles (Gutiérrez 2002). En su último instar, las larvas pueden alcanzar hasta 35 mm, presentan una coloración bastante variable, existiendo larvas de color verde olivo, y otras de gris oscuro a negro, el cuerpo está formado por trece segmentos con numerosas setas, la cabeza es de color gris oscuro, con una sutura frontal muy visible en forma de Y invertida y un escudo detrás de la cabeza, de color marrón oscuro. Posee rayas longitudinales de color claro en el dorso del antepenúltimo segmento abdominal, con cuatro puntos negros en forma de media luna (Chávez 2000).

5.7 Pupas

Es una pupa típica de insectos de la familia Noctuidae, del tipo obtecta, con 18 mm de longitud, de color marrón caoba, con el tórax y abdomen visibles. El abdomen posee 12 espiráculos relativamente grandes, colocados por pares en cada segmento, a partir del segundo segmento. La porción terminal del último segmento abdominal posee, dos estructuras o espinas conspicuas (Gavarrete-Araica *et al.* 2002).

5.8 Daños por *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* se alimentan del cogollo o verticilo de las plantas de maíz en desarrollo. Comúnmente, este insecto inicia su ataque cuando las plantas tienen alrededor de 5 a 6 hojas libres y a medida que progresa la edad de la planta, las poblaciones del insecto también progresan hasta alcanzar el punto de máxima infestación, y este se presenta cuando la planta tiene 10 hojas libres. Sin embargo, el ataque por *S. frugiperda* puede llevarse a cabo en cualquier etapa vegetal del maíz (Wiseman y McMillian 1989). Las pérdidas del área foliar causadas por el ataque de *S. frugiperda* en cultivos de maíz afectan la actividad fotosintética de las plantas, manifestándose estos daños de manera indirecta como una disminución del rendimiento por hectárea (Dávila-Borge 2006).

5.9 Control biológico de *Spodoptera frugiperda*

Es un método de control de plagas que consiste en la utilización de organismos naturales, modificados, genes o productos de genes, para regular la población de los insectos plaga y reducir sus efectos, entre los organismos utilizados en el CB se encuentran los parasitoides, virus, bacterias, protozoarios, hongos y nematodos (Sharma 2013).

5.10 Control biológico con parasitoides

En el caso del CB con parasitoides, este ha sido muy exitoso en nuestro país y en el mundo (Pedigo y Rice 2006) para controlar las poblaciones de diversos insectos herbívoros. Los parasitoides se han utilizado por medio de tres estrategias de control biológico: clásico, de conservación y por incremento. En el CB clásico, se introducen especies de parasitoides exóticas y se espera que se establezcan y controlen permanentemente al insecto plaga de forma natural. En el caso del CB por conservación, éste tiene como objetivo proteger y conservar las poblaciones de enemigos naturales, particularmente de los depredadores y parasitoides en los agro

ecosistemas. Para ello, se realizan diversas acciones que mejoran el ambiente para los parasitoides, (Pedigo y Rice 2006). Por su parte, el CB por incremento, es una estrategia que se realiza con la finalidad de aumentar el número y, por lo tanto, el efecto de los enemigos naturales nativos o exóticos existentes en los sistemas (Pedigo y Rice 2006). Para ello se requiere de la reproducción masiva y liberación periódica de los enemigos naturales (Bale 2008).

La liberación de los enemigos naturales en los sistemas, como agentes de CB, se realiza tanto por el método de incremento como por el clásico. Sin embargo, en el CB por incremento se espera que las liberaciones controlen temporalmente a la plaga y no permanentemente como sucede en el CB clásico (Pedigo y Rice 2006, Nicholls 2008).

Las liberaciones periódicas de agentes de CB por incremento se realizan de manera inoculativa o inundativa. En las liberaciones inoculativas, los agentes de control biológico liberados y su descendencia controla a la plaga por un tiempo determinado (Batra 1982, Bale *et al.* 2008). Algunos de los programas más exitosos de control biológico en el mundo han utilizado este enfoque con depredadores y parasitoides. Por ejemplo, en los Estados Unidos se han realizado liberaciones inoculativas de las especies de *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) contra el piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae), en 4,450 hectáreas. También se han liberado especies de *Trichogramma* para controlar varias plagas de lepidópteros en más de 100,000 hectáreas de cultivos (Pedigo y Rice 2006).

En México, utilizando parasitoides se ha logrado el control exitoso de varias especies de plagas importantes en la agricultura. Por ejemplo, el parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) que es producido por millones como parte del programa MOSCAFRUT, ha logrado controlar eficazmente la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) una plaga devastadora de los cítricos (Marcelo 2013). Otro ejemplo, es el de *Tamarixia radiata*

Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), este parasitoide se produce de forma masiva en el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) de la SAGARPA, y liberado en todo el país para combatir el *Psílido* asiático de los cítricos *Diaphorinacitri* Kwayama (Hemiptera: Psylidae), el cual es vector de la enfermedad Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp), la enfermedad más destructiva para los cítricos en el mundo (García 2009).

5.11 Control natural de *Spodoptera frugiperda* con parasitoides

En México, se tienen registradas más de 40 especies de parasitoides, que controlan de forma natural a las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, entre ellas, las más frecuentes y destacadas son los himenópteros: *Chelonus insularis* Creeson (Braconidae), *Meteorus laphygmae* Viereck (Braconidae), *Cotesia* spp. (Braconidae), *Diaeretiella rapae* (Braconidae), *Pristomerus spinator* Fabricius (Ichneumonidae), *Eiphosoma vitticolle* Cresson (ichneumonidae), *Copidosoma densantisi* Annecke y Mynhardt (Encyrtidae) y *Campoletis sonorensis* (ichneumonidae). También se registra el díptero *Archytasmarmoratus* (Tachinidae) (Bahena 2008).

En particular, *Campoletis sonorensis*, es una de las especies que sobresale por su frecuencia, distribución y porcentajes de parasitismo, en los estados de Durango, Colima, Chiapas, Jalisco, Nayarit, Puebla y Veracruz (Bahena-Juárez *et al.* 2012, Jourdiey *et al.* 2008 y 2010, García-Gutiérrez 2013). Además, este parasitoide ocurre con mayor frecuencia en climas templados y muy raramente en los trópicos (Bahena- Juárez 2012).

5.12 Biología de los insectos parasitoides

Los parasitoides, son insectos que se desarrollan como larvas en los tejidos de otros artrópodos, a los cuales terminan matando (Lobato 2015). Los parasitoides

difieren de los verdaderos parásitos en que matan a sus huéspedes cuando completan su desarrollo, mientras que los parásitos pueden vivir alimentándose del huésped, sin causar su muerte. Por otra parte, los parasitoides tienen capacidad de manipular el estado fisiológico del hospedero para que se desarrollen exitosamente sus huevos y larvas. Sin embargo, en ocasiones el parasitismo no es tan exitoso, debido a aquellos hospedero tiene un sistema de defensa, el cual depende de la edad y estado nutricional del hospedero, y que puede impedir que el parasitoide se desarrolle (Duran 2000). En el caso de los parasitoides adultos, estos se alimentan del néctar de las flores, polen, o de los fluidos del cuerpo del hospedero herido por la punción de su ovopositor (Cisneros 1995, Duran 2000).

5.13 Clasificación de los parasitoides

En general, existen dos formas de clasificar a los parasitoides, por el lugar donde se desarrolla la larva del parasitoide en el hospedero (interna o externamente) y por la estrategia de vida. Al respecto, el parasitoide que se desarrolla externamente sobre el huésped se le denomina ectoparasitoide, mientras que aquel que se desarrolla dentro del cuerpo es un endoparasitoide (Godfray 1994).

Respecto a la estrategia de vida, en los parasitoides se observan dos estrategias de vida diferentes, una es la “idiobionte”, que se presenta en las especies que paralizan permanentemente a sus hospederos, evitando que continúen su desarrollo, después de haber sido parasitados; la otra, es la “Koinobionte”, en la que el parasitoide paraliza temporalmente a la víctima, permitiéndole continuar su crecimiento y eliminándola solo cuando ha alcanzado un tamaño o un estadio de desarrollo determinado (Duran 2000).

5.14 Importancia y descripción de *Campoletis sonorensis*

El género *Campoletis* son un conjunto de especies de himenópteros pertenecientes a la familia Ichneumonidae, subfamilia Campopleginae, la cual

agrupa al menos 68 géneros y numerosas especies, todas ellas parasitoides, la mayoría endokoinobiontes solitarios de lepidópteros, aunque algunas cuantas especies parasitan coleópteros; sus miembros son de distribución cosmopolita. En particular, las especies de este género, parasitan larvas en los primeros estadios de lepidópteros pertenecientes a la familia Noctuidae, que son de importancia económica. Por ejemplo, *Campoletis grioti* Blanchard parasita a *S. frugiperda* y *Heliothis virescens* Fabricius en Uruguay (Morey 1971), *Campoletis perdistinctus* Viereck parasita a *Heliothis virescens* Fabricius, en algodón en Virginia, USA (Cheslavo y Korytkowski, 1966), *Campoletis chloridae* Uchida encontrado como parasitoide de *Helicoverpa armigera* Hub, en algodón, en el distrito de Changsha, provincia de Hunan (You *et al.*, 2002). En México *C. sonorensis* Cameron parasita larvas de *S. frugiperda*, en maíz; los adultos de *C. sonorensis* miden 4.50 y 4.70 mm de longitud en machos y hembras respectivamente, con una expansión alar de 10.24 a 10.30 mm en machos y hembras, respectivamente (Bahena 2008). Además, se ha documentado que, el parasitoide *C. sonorensis*, presenta durante todo el ciclo del cultivo del maíz, pero que presenta una mayor población en los meses de marzo y abril. Además, que, se aprecia que la población de *C. sonorensis* se presenta más abundantemente al inicio de la infestación de *S. frugiperda*, con porcentajes de parasitismo que oscilan entre 30% y 35% de parasitismo (calculado en base a palomillas y parasitoides adultos emergidos) (Bahena 2010).

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *C. sonorensis* inicia cuando una hembra adulta oviposita un huevo en el interior de una larva de un noctuido, de 2 a 6 días de edad, posteriormente, de este huevo emerge una larva del parasitoide, que se desarrolla en el interior del hospedero. Los hospederos dejan de comer de 3 a 4 días después de haber sido parasitados y mueren antes de llegar al cuarto instar. Al terminar su desarrollo la larva del parasitoide mata a su hospedero y emerge para pupar, formando un capullo blancuzco (Bahena, 2008).

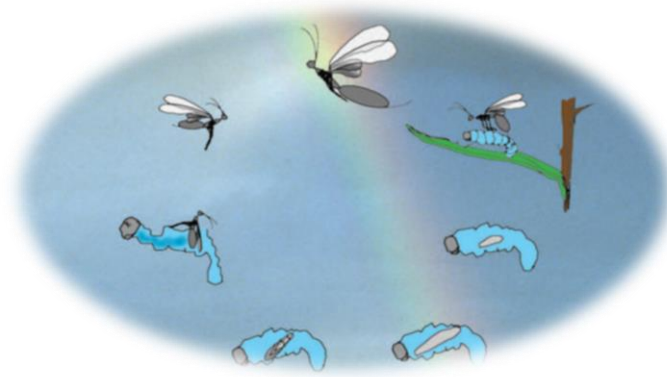


Figura 1. Ciclo de vida de las especies de *Campoplex sonorensis*

En la literatura se menciona que, las hembras himenópteras pueden regular el sexo de su descendencia debido a su sistema genético haplodiploide, en el cual los huevos fertilizados dan origen a hembras mientras los no fertilizados originan machos. En las poblaciones naturales, la proporción de la himenóptera, es alrededor de 1:1 Sin embargo, ha sido demostrado que la proporción de sexos de los parasitoides himenóptera es afectada por muchos factores biológicos y ambientales como la temperatura, humedad, tipo de hospedero, tamaño del hospedero, la dieta del hospedero y la edad del parasitoide, el cual destaca entre estos factores como responsable de la asignación del sexo en los parasitoides (Isenhour 1989, Akman y Gülel, 2005, Mohamad y Ramadan 2015).

En relación al efecto de la edad del parasitoide, aunque la mayoría de los estudios, han reportado que, en los parasitoides, el parasitismo o el porcentaje de hembras en la descendencia, disminuye, cuando aumenta la edad de las hembras progenitoras, algunos han reportado otros efectos, por ejemplo, que las hembras en la descendencia aumentan con la edad (Hu et al. 1986, Kant *et al.* 2013, Iqbal et al. 2016).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación geográfica

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que se encuentra en la siguiente dirección Antigua carretera a Pátzcuaro, número 8701, colonia ex hacienda de san José de la huerta, Morelia, Michoacán.



Figura 2. Localización geográfica de la Universidad Autónoma de México (UNAM) Campus Morelia.

6.2 Material en laboratorio

- Alcohol
- Trigo, sorgo, harina de maíz
- H₂O
- Frascos
- Bolsas
- Charolas de plástico
- Plumones
- Autoclave
- Computadora
- Miel de abeja
- Libreta
- Tijeras

6.2.2 Material biológico

- Avispas parasitoides nativas (*Campoletis sonorensis*)

Larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

6.3 Metodología

Colecta y establecimiento de la cría de S. frugiperda y C. sonorensis

Previo a la realización de los experimentos de esta investigación con *C. sonorensis*, se estableció la cría de este parasitoide en laboratorio. Para ello, se colectaron 400 larvas de segundo y tercer estadio larvario de *S. frugiperda* en cultivos de maíz, *Zea mays*, en localidades de Indaparapeo, Michoacán. Una vez en

el laboratorio las larvas, se alimentaron con hojas de maíz. Con los primeros adultos de *C. sonorensis* (25 hembras y 25 machos), considerados como la generación cero (G0), que emergieron de las larvas parasitadas se inició la cría de este parasitoide en laboratorio.

Cría de *Spodoptera frugiperda* y *Campoletis sonorensis*

La cría de *C. sonorensis*, se mantuvo en jaulas de madera 30x30x10 con paredes de tela de tergal y plástico, que contenían 40 hembras y 50 machos, bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de humedad relativa y un fotoperiodo de 12:12 h (Luz: Oscuridad). Para reproducir a *C. sonorensis*, se expusieron 20 larvas de *S. frugiperda* mudando de segundo al tercer estadio al parasitoide en un vaso de plástico (4 cm de altura x 6 cm de diámetro) por dos horas. Las larvas parasitadas de *S. frugiperda*, se alimentaron con trozos de dieta semisintética, los cuales se revisaron diariamente.

En el caso de la cría de *S. frugiperda*, los adultos de este insecto para su reproducción y alimentación se mantuvieron en bolsas de papel que contenían dos bebederos con miel al 100%. Las larvas de *S. frugiperda* se mantuvieron en cajas de plástico ventiladas (32 x 22 x 6 cm) con dieta semisintética hecha a base de sémola de maíz y germen de trigo (Poitout y Bues 1974).



Figura 3. Cría del parasitoide *Campoletis Sonorensis* en las jaulas de reproducción.



Figura 4 Bolsa de papel y charolas de plástico donde se mantuvo la cría de *Spodoptera frugiperda*.

Experimento. Efecto de la edad de la hembra parasitoide en los parámetros biológicos de *Campoletis sonorensis*

Este experimento se realizó bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de humedad relativa y un fotoperiodo de 12:12 h (Luz: Oscuridad). Los adultos de *C. sonorensis* parasitados en este experimento fueron de la tercera y cuarta generación de laboratorio.

Parasitación

Para evaluar el efecto de la edad de la hembra del parasitoide, se consideraron 15 diferentes edades de las hembras de *C. sonorensis*: 2, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 28 y 30 días de edad. Cada edad correspondió a un tratamiento. Para cada uno de los tratamientos, la unidad experimental donde se parasitó consistió en un vaso de plástico (12 cm de diámetro x 7.5 cm de altura) que contenía 20 larvas mudando de segundo estadio a tercero, 5 trozos (0.5 x 0.5) de dieta semisintética hecha a base de sémola de maíz y germen de trigo (Poitout y Bues 1974), dos hembras (sin experiencia de ovoposición) y un macho de la edad correspondiente al tratamiento, así como una gota de miel. Las larvas se parasitaron por dos horas. Inmediatamente transcurrido el tiempo de parasitación, las hembras de *C. sonorensis*, se extrajeron, y las larvas se individualizaron en vasos de plástico (4 cm de altura x 6 cm de diámetro) junto con un trozo de dieta semisintética para que se alimentaran.

Para registrar el desarrollo de las larvas individualizadas, los vasos se etiquetaron con los datos de la fecha de parasitación, edad de la hembra con la que se parasitó y número de repetición. Además, las larvas individualizadas se revisaron diariamente para reemplazar los trozos de dieta en malas condiciones

(deshidratados) y limpiar con alcohol al 100% las heces de las larvas en el interior de cada vaso de plástico, y seguir el desarrollo de las larvas. A los 20 días de la parasitación de las larvas de *Spodoptera frugiperda*, se formaron los capullos de *Campoletis sonorensis*. Los capullos se reconocieron por su forma de pupa de insecto y su color blanco, se colocó una gota de miel en las tapas de los vasos donde se encontraban los capullos de *Campoletis sonorensis* para que cuando emergieran los adultos del parasitoide se alimentaran. Los adultos de *Campoletis sonorensis* emergieron 8 días después de que se formaron los capullos y se registraron los porcentajes de machos y hembras de la descendencia. Las hembras se diferenciaron de los machos por su ovopositor.

El parasitismo se obtuvo con la siguiente fórmula (larvas sanas x las larvas parasitadas) /100. Como larvas parasitadas se consideraron los capullos de *C. sonorensis*. Las larvas sanas fueron aquellas que siguieron su desarrollo normal hasta formar pupas de *S. frugiperda*. Para cada tratamiento, se realizó de la misma manera antes mencionada.

Los adultos emergidos de *Campoletis sonorensis* de este experimento se incorporaron a la cría de este parasitoide en el laboratorio, para ello, se liberaron en las jaulas de reproducción. De igual forma las pupas de *Spodoptera frugiperda* obtenidas en este experimento, que provenían de las larvas no parasitadas se incorporaron a la cría de este insecto.



Figura 5 Hembra de *C. sonorensis*.
Mostrando su ovipositor. Foto
tomada de www.insectimage.org



Figura 6. Unidad experimental
contenido las larvas de *S. frugiperda*
y los adultos de *C. sonoriense*.
MOGH.



Figura 7. Individualización de las
Larvas de *spodoptera frugiperda*
parasitadas junto con trozos de dieta
semisintética.



Figura 8. Capullo de *C. sonorienses*
formado en el vaso donde se
individualizo, la larva parasitada.



Figura 9. Pupa de *Spodoptera frugiperda*.



Figura 10. Liberación en las jaulas de la cría de los adultos de *Campolletis sonorensis* emergidos de los experimentos.

6.4 Diseño Experimental

Para evaluar el efecto de la edad de la hembra del parasitoide sobre los parámetros de desempeño de *C. sonorensis*, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con estructura de tratamientos factorial (15x6) para el factor edad de la hembra del parasitoide. Se estudiaron 15 diferentes edades: 2, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 28 y 30. Cada edad correspondió a un tratamiento, en total se tuvieron 5 tratamientos. Se realizaron 6 réplicas por tratamiento (N=90).

Relación de tratamientos

Hembras de *Campolletis sonorensis* de (2, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 28 y 30 días de edad) + 20 larvas de *S. frugiperda* en estadio (L2-L3).

Arreglo completamente al azar con 15

tratamientos modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + EE$$

Dónde

Y_{ij} = Variable en estudio

μ = Efecto de la media

general α_i = Efecto del i -ésimo factor A

EE = Efecto del error experimental

6.4 Variables a evaluar

- ✓ Porcentaje de parasitación

- ✓ Porcentaje de sexos

6.5 Análisis estadístico

Para analizar las diferencias entre tratamientos se utilizaron ANOVA de una vía utilizando las variables de respuesta: porcentaje de parasitación y proporción de sexos. Las medias se compararon con la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD). Se usó el programa Statgraphics® XV y el test de Levene's para verificar la homogeneidad de varianza y un alfa de 0.05. Los datos para porcentaje de parasitismo se transformaron con la formula arcoseno. Para medir la intensidad de asociación entre las variables estudiadas: edad de la hembra parasitoide, porcentaje de parasitismo y porcentaje de sexos en la descendencia, se realizó un análisis de correlación de Pearson.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo, se encontró que para *Campoletis sonorensis*, la edad de la hembra, afecta el porcentaje de sexos de la descendencia ($F_{1,13}= 15.62$; $p=0.0017$) (Fig.11a y b) y el porcentaje de parasitismo ($F_{14,118}= 3.31$; $p=0.0002$) (Fig.12) sobre *S. frugiperda*. Además, para *C. sonorensis*, la edad de la hembra, se correlacionó negativamente con el porcentaje de hembras en la descendencia (coeficiente de correlación = -0.74, Fig.11) a y b, pero no con el porcentaje de parasitismo ($r = -0.05$) (Fig.12). Es decir, que en *C. sonorensis*, al aumentar la edad de la hembra parasitoide, disminuye el porcentaje de hembras en la descendencia, pero no el parasitismo. En particular, el parasitismo, aunque varió entre algunas edades (2, 6, 8, 16 y 23) se mantuvo alrededor del 70%, por lo que no tuvo tanto impacto en el desempeño. En este contexto, en este trabajo, los resultados sobre todo del porcentaje de hembras en la descendencia, indican que el desempeño de *C. sonorensis* sobre *S. frugiperda*, depende de la edad de la hembra parasitoide. Además que, este desempeño, considerando el porcentaje de hembras de la descendencia, disminuye con el aumento de la edad de la hembra parasitoide (Fig. 11), en particular, disminuye 20% en las hembras de mayor edad. Este descenso en el porcentaje de hembras en la descendencia de *C. sonorensis*, es más significativo desde que las hembras tienen 17 días de edad. A partir de esa edad, las hembras en la descendencia de *C. sonorensis*, de 60% decaen progresivamente hasta 40%. Por ello, las edades óptimas para parasitar con las hembras de *C. sonorensis*, son de 2 a 16 días de edad. En este trabajo, contrario a lo que sucedió con las hembras de la progenie de *C. sonorensis*, los machos se incrementaron (20%) con mayor edad de la hembra progenitora. Esto mismo, ha sido reportado por otros autores, quienes mencionan que, la proporción de sexos de la prole parasitoide, es normalmente 60-70% hembras, pero declina a 22% con mayor edad de la hembra parasitoide (Cave y Acosta, 1999).

En el presente trabajo, para *C. sonorensis*, el descenso de las hembras, en la descendencia en relación con la edad, pudo deberse a que, los machos de mayor edad, les transfirieron a las hembras, menor cantidad y calidad de esperma para fecundarlas. En consecuencia, el esperma, en la espermática de las hembras apareadas de *C. sonorensis* de mayor edad, fue imitado al final de la oviposición (Hu et al. 2012). Otro factor, que pudo influir en el porcentaje de hembras, en la descendencia de *C. sonorensis*, es el número de copulas entre machos y hembras (Akman y Gülel, 2005). En particular, el hecho de que, en el presente trabajo, para *C. sonorensis*, a partir de los 17 días de edad, las hembras redujeran su descendencia de hembras, podría deberse a que, a esa edad, estas inician el periodo de decline de su fecundidad, el cual, de acuerdo a la literatura, empieza cuando las hembras han ovipositado el 60% de su potencial oviposición y termina con su muerte (Iqbal et al. 2016).

Respecto a los hallazgos de otras investigaciones, la mayoría de los estudios, han reportado que, para los parasitoides, con el aumento de la edad de la hembra parasitoide, disminuyen tanto el porcentaje hembras en la descendencia como el parasitismo, sólo algunos han reportado otros efectos. En este sentido, de forma similar, con el presente trabajo, con *C. sonorensis*, Hu et al. (1986), Kant et al. (2013) y Iqbal et al. (2016), reportan que las hembras parasitoides producen menos hembras en su descendencia hacia el final de su vida, pero a diferencia de nuestro estudio, mencionan que el parasitismo también disminuye con la edad. Esto ha sido reportado para los parasitoides: *Glyptapanteles flavicoxis* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae), *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) sobre áfidos del repollo (Hemiptera: Aphididae) (Hemiptera), *Aenasius bambawalei* Hayat (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), y *Ascogaster quadridentata* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Cydia pomonella* L. (Tortricidae). Además, resulta interesante que, tanto para el parasitoide *Ascogaster quadridentata* Wesmael como para *C. sonorensis*, el porcentaje de hembras en la descendencia, disminuye más significativamente, cuando las hembras parasitoides progenitoras tienen alrededor de 17 días de edad (Mohamad y Ramadan 2015).

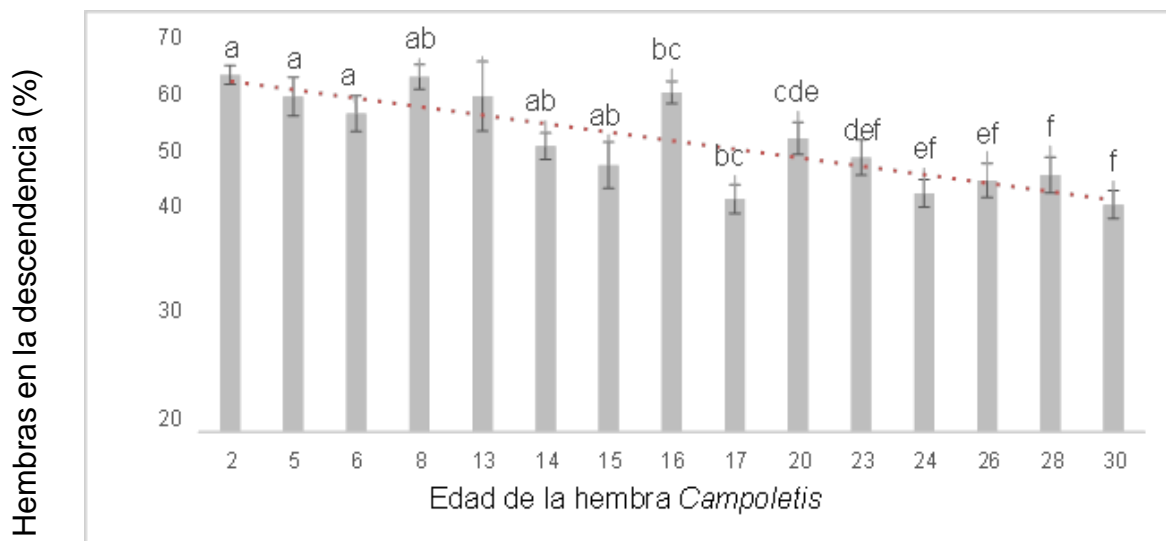
Otros estudios difieren completamente con el presente, en relación con el efecto de la edad de la hembra parasitoide, en el porcentaje de sexos y el parasitismo. Por ejemplo, Hu et al. (2012), en relación con el porcentaje de sexos, reportan que, en el parasitoide *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera, Pteromalidae), conforme aumenta la edad de la hembra parasitoide, las hembras en su descendencia también aumentan, en lugar de disminuir como sucedió con *C. sonorensis*, en el presente trabajo. Tampoco, los resultados, del trabajo de Zhang et al. (2015) coinciden con los del presente, con *C. sonorensis*. Estos autores, reportan que, para el parasitoide, *Metaphycus parasaissetiae* (Hymenoptera: Encyrtidae), en el rango de edades de 2 a 8 días de edad, las hembras producen mayores porcentajes de hembras en su descendencia (55.2%) cuando tienen 5 días de edad. En cambio, en el presente trabajo, con *C. sonorensis*, las hembras en la descendencia no aumentan a esta edad, sino que van disminuyendo.

Por su parte, los trabajos de Hernández et al. (1998), Bellows, Jr. (1985) y Amalin et. al. (2005), también contrastan con el presente, pero en el parasitismo. Estos autores, reportan que con el aumento de la edad de las hembras parasitoides, disminuye el parasitismo. En particular, Hernández et al. (1998), reportan que, el parasitismo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Trichogrammatidae), disminuyó con la edad, este en hembras de 1, 2 y 3 días de edad, sobre el hospedero *Spodoptera frugiperda* fue de 49, 22 y 17%, respectivamente. De igual forma, Bellows, Jr. (1985) reporta este efecto. En su estudio, las hembras parasitoides jóvenes de *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae), de 1-6 días de edad, parasitaron a los hospederos coleópteros brúquidos: *Calosobruchus chinensis* (L.) y *C. maculatus* (F.), dos veces más que aquellas mayores, de 7-14 días de edad. De forma similar, Amalin et. al. (2005) reportan que, para el parasitoide *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), las hembras jóvenes (de 1 a 2 días de edad), presentaron un mayor parasitismo que aquellas de mayor edad (3 a 9 días).

Posiblemente, las diferencias entre los resultados obtenidos en nuestro estudio con los otros, se relacionan con la variación en la biología entre las especies de parasitoides y con el rango de edades estudiadas.

Con esto en mente y para llevar a cabo un programa exitoso de control biológico de *Spodoptera frugiperda* con *Campoletis sonorensis*, se debe parasitar con hembras de este parasitoide, que tengan, entre 2 a 16 días de edad. Parasitar con hembras de estas edades, nos permitirá obtener mayor cantidad de hembras, y de esta forma, incrementar la cría de *Campoletis sonorensis* en laboratorio, en menor tiempo y con menor gasto de recursos. Además, para hacer aún más eficiente, el control que ejerce *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz, también, se podrían liberar hembras de este parasitoide de estas edades, con ello se incrementarían el número de hembras en los cultivos de maíz y así, el parasitismo.

(a)



(b)

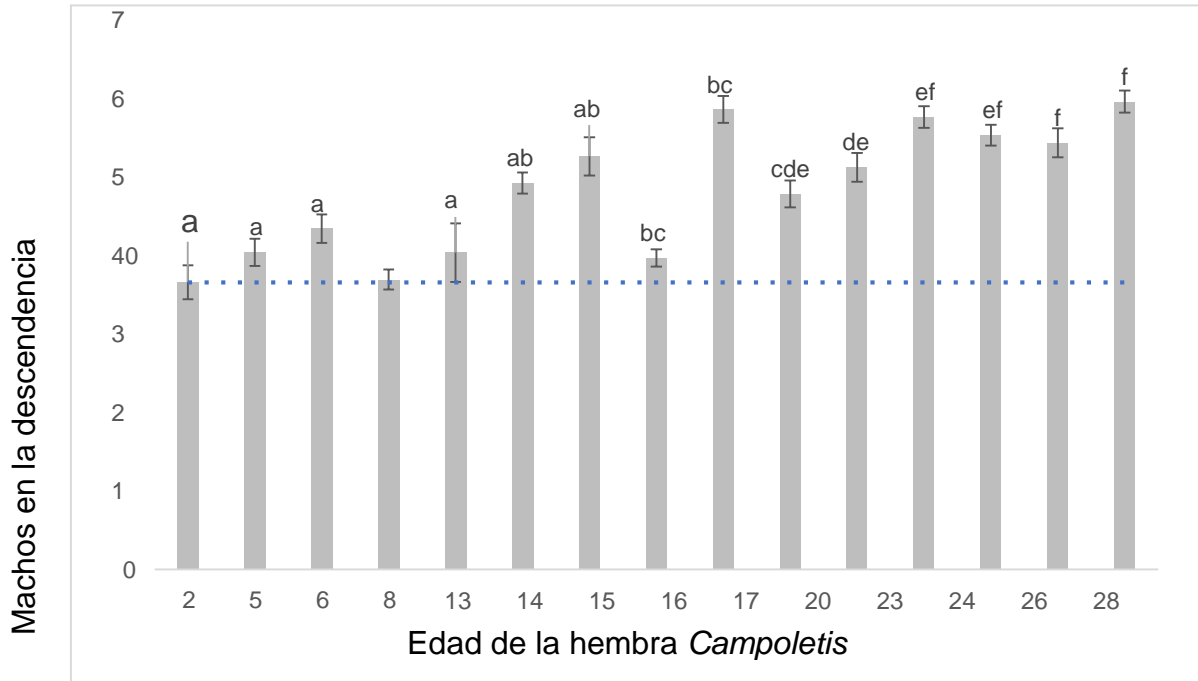


Figura 11. Efecto de la edad de la hembra de *Campoletis sonorensis* sobre: a) Porcentaje de hembras y b) machos de la descendencia de este parasitoide. Barras con la misma letra, no difieren significativamente (LSD) ($P < 0.05$). Coeficiente de Correlación = -0.738719 , entre la edad de la hembra y el porcentaje de hembras en la descendencia.

(c)

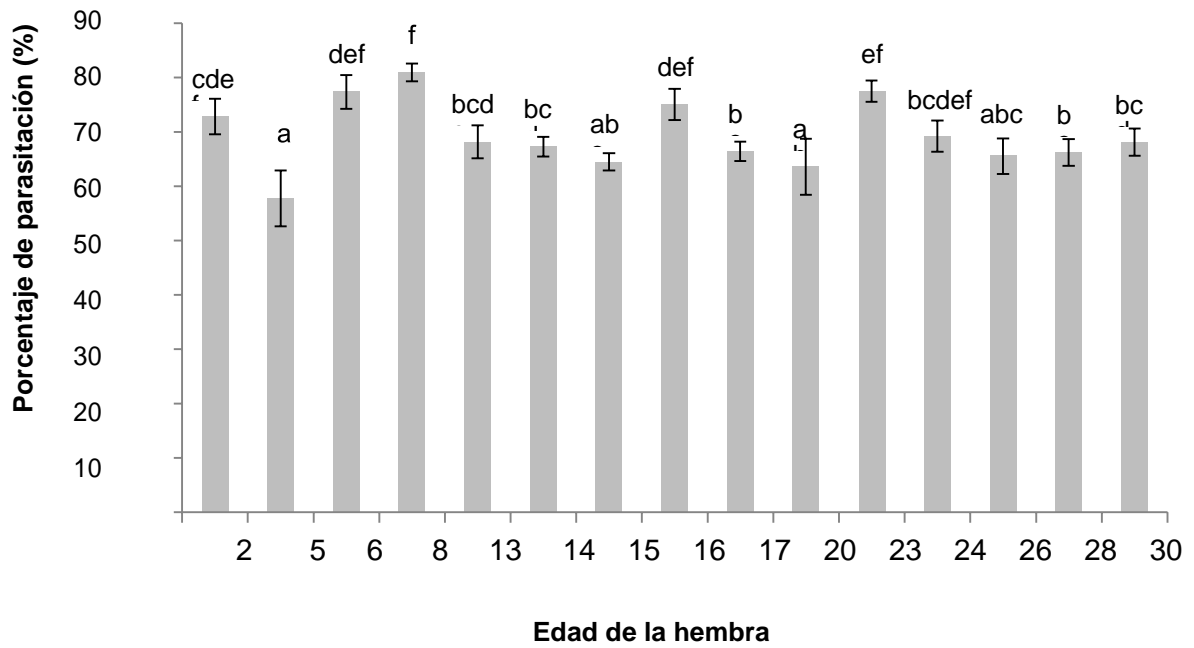


Figura 12. Efecto de la edad de la hembra de *Campoletis sonorensis* sobre: Porcentaje de parasitación de hembras de *Campoletis sonorensis* sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (promedio \pm EE). Barras con la misma letra, no difieren significativamente (LSD) ($P < 0.05$)

8. CONCLUSIONES

El desempeño o la eficiencia de *Campoletis sonorensis* para controlar a *S. frugiperda* disminuye conforme aumenta la edad de la hembra parasitoide. Además, las edades óptimas para parasitar con las hembras de este parasitoide, son entre 2 a 16 días de edad, porque a estas edades, se obtienen principalmente hembras en la descendencia y el parasitismo no se afecta

9. RECOMENDACIONES

Para incrementar el éxito reproductivo de *Campoletis sonorensis*, se recomienda parasitar con hembras de este parasitoide, que tengan entre 2 a 16 días de edad. Asimismo, para hacer aún más eficiente, el control que ejerce *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz, también, se podrían liberar hembras de este parasitoide de estas edades, con ello se incrementarían el número de hembras en los cultivos de maíz y así, el parasitismo.

Se podrían realizar otros estudios, complementarios a este dónde se evalúen otros factores que podrían afectar el parasitismo de *Campoletis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda*. Por ejemplo, estudiar diferentes variedades de maíz, insecticidas químicos, la presencia de otras especies de parasitoides, otras condiciones ambientales, realizar experimentos en invernadero y de campo. Esto con la finalidad de lograr en un mediano plazo reproducir a *Campoletis sonorensis* de forma masiva en laboratorio y realizar liberaciones en cultivos de maíz en el Valle Morelia- Queréndaro.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, D. C. 1998. Estados inmaduros de insectos de las órdenes coleóptera, Díptera y Lepidóptera. Centro tropical, agronómico y de enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. *Manual técnico* No. 27.
- Akman G. E, Gülel A. 2005. Investigation of fecundity and sex ratio in the parasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in relation to parasitoid age. *Turkish Journal of zoology* 29: 291–294.
- Bahena, J. F., y Velázquez, G. J de J. 2012. Manejo agroecológico en plagas de maíz para una agricultura de conservación en el valle Morelia – Queréndaro, Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Uruapan, Michoacán. *Folleto Técnico* No. 27.
- Bahena, J. F. 2005. Alternativas agroecológicas para el control del gusano cogollero, plaga primaria del maíz en México. p. 319 – 348. En: Sánchez-Brito, C. *et al.* (ed.). Avances de investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. *Libro técnico # 3*. CENAPROS-INIFAP, Morelia, Michoacán, México.
- Bahena, J. F. 2008. Enemigos Naturales de las Plagas Agrícolas del maíz y otros cultivos, Libro Técnico Núm. 5 SAGARPA-INIFAP: Uruapan, Michoacán México 180 p-66.
- Bahena, J. F. 2011. Manejo agroecológico de plagas en labranza de conservación. www.somas.org.mx/.../5FBahena_MAPA_y_LC_Maiz_SOMAS-2011.pdf. (Accesada el 27 de marzo del 2014).
- Bahena, J. F., De Lange, E., Farnier, K., Cortez, M., E., Sánchez, M. R., García, P.

- F., Miranda, S. M., Degen, T., Gaudillat, B., y Aguilar, R. R. 2010. Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el centro de México. *Proceedings: XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico*. Uruapan, Michoacán, México. pp. 204-209.
- Barreto, B. O., Larsen, J., Bahena J. F., y del Val, Ek. 2017. Influence of male presence and host diet on *Campoletis sonorensis*. *Biocontrol Science and technology* 27(11):1-13.
- Bellow, T. S. 1985. Effects of host and parasitoid age on search behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguendus* Forster (Hymenoptera: Pteromalidae). *Res. Popul. Ecol.* 27: 65–76.
- Cave, R. D., y N. M. Acosta. 1999. *Telenomus remus* Nixon: un parasitoide en el control biológico del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Ceiba magazine*, 40(2): 215-227.
- Collier, T.R. 1995. Host feeding, egg maturation, resorption, and longevity in the parasitoid *Aphytismelinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Annals of the Entomological Society of America* 88: 206-214.
- Cruz, S. E. 2009. Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional, del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR). Maestría en ciencias y aprovechamiento de recursos. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. 47pp.
- Daane, K. M., Wang, X., Duerr, S. S., Kuhn, E. J., Son, Y., y Yokota, G. Y. 2013. Biology of *Habrobracon gelechia* (Hymenoptera: Braconidae), as a parasitoid of the Oblique banded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae).

Environmental entomology, 42(1): 107- 115.

Dávila - Borge, R. C. 2006. Evaluación de niveles de daños por el cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) y severidad de enfermedades foliares del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), y su efecto en el rendimiento, Tisma, Masaya, 2004. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 53 pp.

De Polanía, I. Z., Arévalo, H. A., y Mejía, R. 2007. El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) y algunas plantas transgénicas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(1): 103-113.

Durán, 2000. F. Control Biológico de plagas Grupo. Latino editores.

Fadamiro, H. Y., y G. E. Heimpel. 2001. Effects of partial sugar deprivation on lifespan and carbohydrate mobilization in the parasitoid *Macrocentrus grandis* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America* 94(6): 909-91.

García, D. C. S. 2009. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae), vector de la bacteria que causa el Huanglongbing (HLB – Greening). Ministerio de la producción. Buenos Aires, Argentina. p 13.

Gavarrete Araica, G. R., Torres, Z., y Francisco, J. 2002. Evaluación preliminar de veinte líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), por su reacción a plagas y enfermedades. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 53 pp.

Godfray, H. C. J. (1994). Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology.

Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Hernández, D. y Díaz, F. 1998. Efecto de la edad del parasitoide *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) sobre su capacidad de ovipostura y proporción sexual de la descendencia. 9º Jornada de investigación del decanato de Agronomía de la universidad centroccidental. Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.

Hernández D. 2010. Some biological aspects of *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) a parasitoid of *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidóptera: Crambidae). *Entomotropica* 25(2): 69-81.

Hu, Cui, Barbosa, P., y Martinat, P. J. 1986. Influence of age of female *Glyptapanteles flavicoxis* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae) and its periodicity of oviposition activity on levels of parasitism and reproductive output. *Annals of the Entomological Society of America*, 79(2), 280–282. <https://doi.org/10.1093/aesa/79.2.280>

Hu, H. Y., Chen, Z. Z., Duan, B. S., Zheng, J. T., and Zhang, T. X. 2012. Effects of female diet and age on offspring sex ratio of the solitary parasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 56:259– 262.

Iqbal, M.S., Zain-ul-Abdin, Arshad, M., Abbas, S. K., Tahir, M., Jamil, A., y Manzoor, A. 2016. The role of parasitoid age on the fecundity and sex ratio of the parasitoid, *Aenasius bambawalei* (Hayat) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Pakistan Journal of Zoology Pakistan* 48(1):67-72.

Kant, R., Minor, M., Sandanayaka, M., Trewick, S. 2013. Effects of mating and oviposition delay on parasitisation rate and sex allocation behaviour of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) *Biological Control* 65(2):265-

270.

Mangelsdorf, P. C., y Reeves, R. G. 1959. The origin of corn: III. Modern Races, the Product of Teosinte Introgression. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 18(9), 389- 411.

Mohamad F., Mansour M., Ramadan A., 2015. Effects of biological and environmental factors on sex ratio in *Ascogaster quadridentata* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Cydia pomonella* L. (Tortricidae). *Journal of Plant Protection Research*, 55: 151-155.

Murillo, H., D. W. A., Hunt, y S. L. Van Laerhoven. 2012. Fecundity and life table parameters of *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an endoparasitoid of the Cabbage Looper *Trichoplusia ni* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology* 22(2): 125-134.

Pedigo, L.P y rice, M.E. 2006. Entomology and Pest management. Editorial Pearson Prentice Hall. Estados Unidos de América.

Pérez-M. E., 2000. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. Departamento de manejo de plagas, INISAV.

Poitout, S. y Bues, R. 1974. Elevage de chenilles de vingt-huit espèces de lépidoptères Noctuidae et de deux espèces d'Arctiidae sur milieu artificiel simple. Particularités de l' élevage selon les espèces. *Annales de Zoologie Ecologie Animale* (6): 431–441.

Ríos- Velasco, C, G., Gallegos -Morales, J., Cambero-Campos, E., Cerna-Chávez,

- M. C. Del Rincón-Castro., y Valenzuela-García, R. 2011. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) in Coahuila, México. *Florida Entomologist* 94: 723-726
- SAGAR, 1999. Sistema de producción del gusano cogollero (Lepidóptera: Noctuidae) y su parasitoide *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae). *Ficha técnica* CB-17. Tecomán, Colima.
- Salinas, M. Y. J., Soria, R., y Espinosa, E. T. 2010. Aprovechamiento distribución min de maíz azul en el Estado de México. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, México. *Folleto Técnico* (42): 50
- Sharma, A., Diwevidi, V. D., Singh S., Kumar, P. K., Jerman, M., Singh, L.B., Singh S., y Srivastawa, D. 2013. Biological control and its important in iagriculture. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research* 4(3): 175-180.
- Wiseman, B. R., Widstrom, N. W., y McMillian, W. W. 1989. Movement of corn earworm larvae on ears of resistant and susceptible corns. *Environmental Entomology*, 7(5): 777-779. Zhang, Fangping., Zhu, Junhong., Han, Dongyin., Li, Le., Niu, Liming., Fu, Yueguan. Factors influencing the parasitism of *Metaphycus parasaissetiae* (Hymenoptera: Encyrtidae) [J]. 2015. *Acta Ecologica Sinica* 35(21): 7255-7262.

Citas electrónicas

- INEGI 2017. Localización de las instalaciones de la UNAM, Campus Morelia, Mich. <https://maps.google.com/>. (Consultada en enero, 2018).

Lobato, V. I. 2015. ¿Qué son y por qué son útiles los insectos parasitoides?

<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/09/27/insectos-parasitoides/>. (Consultada el 8 de septiembre, 2018).

11 ANEXOS

Datos originales de promedio y error estándar sin transformar y transformados, para el ANOVA y el LSD.

Tabla 1A. Porcentaje de hembras en la descendencia de *Campoletis sonorensis*.

Procedimiento para la transformación de datos de porcentaje de parasitismo con la fórmula del arcoseno \sqrt{x} .

Edad (día)	% hembras	$\div 100$	$\sqrt{\text{Raíz cuadrada}}$	Arcoseno	Grados
2	63.15	0.6315	0.79466974	0.91846334	52.62407314
2	4.85	0.0485	0.22022716	0.22204734	12.72237527
2	73.33	0.7333	0.85632938	1.02811954	58.90691027
2	60	0.6	0.77459667	0.88607712	50.76847952
2	55	0.55	0.74161985	0.83548187	47.86958524
2	63.15	0.6315	0.79466974	0.91846334	52.62407314
2	66.66	0.6666	0.81645576	0.95524591	54.731559
2	61.11	0.6111	0.78172885	0.89743331	51.41914126
2	65	0.65	0.80622577	0.93774449	53.72880156
5	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45
5	56.25	0.5625	0.75	0.84806208	48.59037789
5	78.94	0.7894	0.88848185	1.09402635	62.68309261
5	42.85	0.4285	0.65459911	0.71365221	40.88925964
5	56.25	0.5625	0.75	0.84806208	48.59037789
5	68.75	0.6875	0.8291562	0.97759655	56.01215642

5	60	0.6	0.77459667	0.88607712	50.76847952
5	68.75	0.6875	0.8291562	0.97759655	56.01215642
5	64.28	0.6428	0.80174809	0.93021439	53.2973584
5	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45
6	62.5	0.625	0.79056942	0.91173829	52.23875609
6	60	0.6	0.77459667	0.88607712	50.76847952
6	57.14	0.5714	0.75591005	0.85704308	49.10495137
6	58.82	0.5882	0.76694198	0.87406211	50.08006988
6	44.44	0.4444	0.66663333	0.72968293	41.80775254
8	56	0.56	0.74833148	0.8455431	48.44605129
8	61.11	0.6111	0.78172885	0.89743331	51.41914126
8	66.66	0.6666	0.81645576	0.95524591	54.731559
8	63.15	0.6315	0.79466974	0.91846334	52.62407314
8	68.42	0.6842	0.82716383	0.97404186	55.80848747
13	50	0.5	0.7071067	0.7853981	45
13	75	0.75	0.8660254	1.04719755	60
13	63.63	0.6363	0.79768415	0.92344534	52.90952038
13	75	0.75	0.8660254	1.04719755	60
13	66.66	0.6666	0.81645576	0.95524591	54.731559
13	61.11	0.6111	0.78172885	0.89743331	51.41914126
13	21.05	0.2105	0.45880279	0.47664734	27.30988067
13	64.7	0.647	0.8043631	0.93460272	53.54879134
14	47.05	0.4705	0.68593003	0.75588102	43.30879235
14	47.36	0.4736	0.68818602	0.75898588	43.48668772
14	58.82	0.5882	0.76694198	0.87406211	50.08006988
14	57.14	0.5714	0.75591005	0.85704308	49.10495137
14	43.75	0.4375	0.66143783	0.72273425	41.40962211
14	57.14	0.5714	0.75591005	0.85704308	49.10495137
14	47.05	0.4705	0.68593003	0.75588102	43.30879235

14	36.84	0.3684	0.60695964	0.65222933	37.36998805
14	57.14	0.5714	0.75591005	0.85704308	49.10495137
14	55.55	0.5555	0.74531872	0.84101277	48.18648219
15	58.82	0.5882	0.76694198	0.87406211	50.08006988
15	61.53	0.6153	0.78441061	0.90174529	51.66619941
15	62.5	0.625	0.79056942	0.91173829	52.23875609
15	53.33	0.5333	0.73027392	0.81872283	46.90936275
15	46.15	0.4615	0.67933791	0.74686002	42.79192687
15	33.33	0.3333	0.5773214	0.61544435	35.26236395
15	50	0.5	0.7071067	0.7853981	45
15	21.42	0.2142	0.46281746	0.48117092	27.56906293
15	46.66	0.4666	0.68308125	0.75197327	43.08489488
15	40	0.4	0.63245553	0.6847192	39.23152048
16	63	0.63	0.79372539	0.91690926	52.53503107
16	69.23	0.6923	0.83204567	0.98278539	56.30945501
16	62.5	0.625	0.79056942	0.91173829	52.23875609
16	68	0.68	0.82462113	0.96953211	55.55009801
16	57	0.57	0.75498344	0.85562887	49.02392312
16	57	0.57	0.75498344	0.85562887	49.02392312
16	57	0.57	0.75498344	0.85562887	49.02392312
16	53	0.53	0.72801099	0.81541619	46.71990638
16	52	0.52	0.72111026	0.8054035	46.14622139
16	70	0.7	0.83666003	0.99115659	56.78908924
16	55	0.55	0.74161985	0.83548187	47.86958524
17	31.25	0.3125	0.55901699	0.59319978	33.98784358
17	5.21	0.0521	0.22825424	0.23028421	13.19431357
17	27.77	0.2777	0.52697249	0.55503434	31.80112514
17	52.94	0.5294	0.72759879	0.81481513	46.6854681
17	43.75	0.4375	0.66143783	0.72273425	41.40962211

17	44.44	0.4444	0.66663333	0.72968293	41.80775254
17	47.05	0.4705	0.68593003	0.75588102	43.30879235
17	40	0.4	0.63245553	0.6847192	39.23152048
17	35.29	0.3529	0.59405387	0.63608898	36.44521396
17	50	0.5	0.7071067	0.7853981	45
20	54.54	0.5454	0.73851202	0.83086078	47.60481608
20	55.55	0.5555	0.74531872	0.84101277	48.18648219
20	57.14	0.5714	0.75591005	0.85704308	49.10495137
20	73.34	0.7334	0.85638776	1.02823261	58.91338865
20	42.1	0.421	0.64884513	0.70606572	40.45458595
20	42.85	0.4285	0.65459911	0.71365221	40.88925964
20	46.66	0.4666	0.68308125	0.75197327	43.08489488
20	46.66	0.4666	0.68308125	0.75197327	43.08489488
20	52.62	0.5262	0.72539644	0.81161017	46.50183724
20	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45
23	47.36	0.4736	0.68818602	0.75898588	43.48668772
23	55.55	0.5555	0.74531872	0.84101277	48.18648219
23	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45
23	44.44	0.4444	0.66663333	0.72968293	41.80775254
23	55	0.55	0.74161985	0.83548187	47.86958524
23	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45
23	52.38	0.5238	0.72374028	0.80920716	46.36415502
23	57.89	0.5789	0.76085478	0.86462933	49.53961168
23	26.31	0.2631	0.51293274	0.53859773	30.85937657
24	42.85	0.4285	0.65459911	0.71365221	40.88925964
24	40	0.4	0.63245553	0.6847192	39.23152048
24	50	0.5	0.70710678	0.78539816	45

24	43.75	0.4375	0.661438	0.722734	41.40962
24	35.26	0.3526	0.593801	0.635775	36.42723
26	46.15	0.4615	0.679338	0.74686	42.79193
26	33.33	0.3333	0.577321	0.615444	35.26236
26	64.28	0.6428	0.801748	0.930214	53.29736
26	50	0.5	0.707107	0.785398	45
26	33.33	0.3333	0.577321	0.615444	35.26236
26	40	0.4	0.632456	0.684719	39.23152
26	35.29	0.3529	0.594054	0.636089	36.44521
26	50	0.5	0.707107	0.785398	45
26	44.44	0.4444	0.666633	0.729683	41.80775
26	50	0.5	0.707107	0.785398	45
28	37.5	0.375	0.612372	0.659058	37.76124
28	35.71	0.3571	0.597578	0.640478	36.69666
28	29.41	0.2941	0.54231	0.573184	32.84102
28	62.5	0.625	0.790569	0.911738	52.23876
28	46.66	0.4666	0.683081	0.751973	43.08489
28	40	0.4	0.632456	0.684719	39.23152
28	43.75	0.4375	0.661438	0.722734	41.40962
28	53.33	0.5333	0.730274	0.818723	46.90936
28	35.29	0.3529	0.594054	0.636089	36.44521
28	46.15	0.4615	0.679338	0.74686	42.79193
28	53.33	0.5333	0.730274	0.818723	46.90936
28	64.28	0.6428	0.801748	0.930214	53.29736
30	57.14	0.5714	0.75591	0.857043	49.10495
30	42.85	0.4285	0.654599	0.713652	40.88926
30	50	0.5	0.707107	0.785398	45
30	35.29	0.3529	0.594054	0.636089	36.44521
30	35.29	0.3529	0.594054	0.636089	36.44521

30	35	0.35	0.591608	0.633052	36.2712
30	35.29	0.3529	0.594054	0.636089	36.44521
30	40	0.4	0.632456	0.684719	39.23152
30	33.33	0.3333	0.577321	0.615444	35.26236
30	40	0.4	0.632456	0.684719	39.23152

*Los datos se transformaron con el arcoseno y fueron normales

Tabla 2A. *Análisis de Varianza para el factor porcentaje de hembras parasitoides en la descendencia*

Tabla ANOVA para porcentaje de hembras por edad por día_

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	489.533	1	489.533	15.62	0.0017
Residuo	407.53	13	31.3485		
Total (Corr.)	897.063	14			

Pruebas de Múltiple Rangos para grados por edad _día_

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>edad _día_</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
30	10	39.4326	X
17	10	39.9641	X
24	5	40.5915	XX
26	10	41.9099	XX
28	12	42.4681	XX
15	10	43.3834	XXX
23	9	44.2349	XXX
14	10	45.4465	XXX
20	10	46.2825	XXXX
6	5	48.8	XXXX
13	8	50.6149	XXX
5	10	50.6843	XX
16	11	51.0209	XX

8	5	52.6059	X
2	9	52.8341	X

Resumen Estadístico para porcentaje hembras

<i>edad_día_</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Error Estándar</i>
2	9	63.425	1.66365
5	10	59.607	3.41707
6	5	56.58	3.15796
8	5	63.068	2.18339
13	8	59.6437	6.19179
14	10	50.784	2.33811
15	10	47.374	4.12283
16	11	60.3391	1.97295
17	10	41.3878	2.54276
20	10	52.146	2.8748
23	9	48.77	3.13848
24	5	42.372	2.41372
26	10	44.682	3.05324
28	12	45.6592	3.16474
30	10	40.419	2.44083

Tabla 3A. Regresión Simple - porcentaje de hembras vs. Edad

Variable dependiente: porcentaje de hembras

Variable independiente: edad

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

Coefficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	62.2566	3.17739	19.5936	0.0000
Pendiente	-0.679021	0.171831	-3.95169	0.0017

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	489.533	1	489.533	15.62	0.0017
Residuo	407.53	13	31.3485		
Total (Corr.)	897.063	14			

Coefficiente de Correlación = -

0.738719 R-cuadrada = 54.5706

por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 51.0761

por ciento Error estándar del est. = 5.59897

Error absoluto medio = 4.03282

Estadístico Durbin-Watson = 2.86361

(P=0.9348) Autocorrelación de residuos en

retraso 1 = -0.4539

Tabla 4A. Porcentaje de parasitismo de *Campolepis sonorensis* sobre *Spodoptera frugiperda*

Procedimiento para la transformación de datos de porcentaje de parasitismo con la fórmula del arcoseno

edad (día)	% parasitismo	Cambiar los 100	entre 100	Raíz cuadrada	Arcoseno	grados
2	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.0790336
2	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.5807159
2	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.6830926
2	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.3847318
2	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.3847318
2	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.3847318
2	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.0186756

2	94.73	94.73	0.9473	0.97329	1.33917	76.72855
2	61.9	61.19	0.6119	0.78224	0.89825	51.46616
5	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
5	76.19	76.19	0.7619	0.87287	1.06105	60.79375
5	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.01868
5	80.95	80.95	0.8095	0.89972	1.11913	64.12157
5	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
5	76.19	76.19	0.7619	0.87287	1.06105	60.79375
5	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
5	94.73	4.73	0.0473	0.21749	0.21924	12.56139
5	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
5	70.58	70.58	0.7058	0.84012	0.9975	57.15269
6	84.21	84.21	0.8421	0.91766	1.16215	66.58636
6	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
6	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
6	94.44	94.44	0.9444	0.9718	1.33276	76.36142
6	94.73	94.73	0.9473	0.97329	1.33917	76.72855
8	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
8	94.73	94.73	0.9473	0.97329	1.33917	76.72855
8	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
8	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
8	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
13	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
13	76.19	76.19	0.7619	0.87287	1.06105	60.79375
13	64.7	64.7	0.647	0.80436	0.9346	53.54879
13	94.11	94.11	0.9411	0.9701	1.32566	75.95445
13	83.33	83.33	0.8333	0.91285	1.15022	65.9026
13	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
13	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.01868
13	94.44	94.44	0.9444	0.9718	1.33276	76.36142
14	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
14	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
14	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474
14	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
14	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
14	73.68	73.68	0.7368	0.85837	1.03209	59.13412
14	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
14	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.01868
14	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
14	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.56505

15	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
15	72.22	72.22	0.7222	0.84982	1.01565	58.19248
15	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
15	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
15	81.25	81.25	0.8125	0.90139	1.12296	64.34109
15	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
15	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
15	94.44	94.44	0.9444	0.9718	1.33276	76.36142
15	75	75	0.75	0.86603	1.0472	60
15	83.33	83.33	0.8333	0.91285	1.15022	65.9026
16	89	89	0.89	0.9434	1.23273	70.63029
16	65	65	0.65	0.80623	0.93774	53.7288
16	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
16	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.01868
16	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
16	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
16	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
16	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
16	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
16	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
16	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.07903
17	84.21	84.21	0.8421	0.91766	1.16215	66.58636
17	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
17	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.56505
17	80.95	80.95	0.8095	0.89972	1.11913	64.12157
17	94.11	94.11	0.9411	0.9701	1.32566	75.95445
17	85.71	85.71	0.8571	0.9258	1.18314	67.78884
17	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
17	75	75	0.75	0.86603	1.0472	60
17	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474

17	70	70	0.7	0.83666	0.99116	56.7890892
20	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.5807159
20	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.5650512
20	82.35	82.35	0.8235	0.90747	1.13722	65.1578974
20	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.6830926
20	95	95	0.95	0.97468	1.34528	77.0790336
20	19.88	19.88	0.1988	0.44587	0.46215	26.4790105
20	80.95	80.95	0.8095	0.89972	1.11913	64.1215729
20	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.0647379
20	52.38	52.38	0.5238	0.72374	0.80921	46.364155
20	85.71	85.71	0.8571	0.92580	1.18314	67.7888373
23	90.47	90.47	0.9047	0.95116	1.25696	72.0186756
23	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.5650512
23	94.73	94.73	0.9473	0.97329	1.33917	76.7285486
23	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.5650512
23	94.74	94.74	0.9474	0.97334	1.33939	76.741376
23	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.5807159
23	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.5807159
23	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.5807159
24	82.35	82.35	0.8235	0.90747	1.13722	65.1578974
24	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.3847318
24	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.5650512
24	76.19	76.19	0.7619	0.87287	1.06105	60.7937475
24	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.0647379
26	61.9	61.9	0.619	0.78677	0.90555	51.8842644
26	85.71	85.71	0.8571	0.92580	1.18314	67.7888373
26	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.8691351
26	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.8691351
26	94.73	94.73	0.9473	0.97329	1.33917	76.7285486

26	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
26	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474
26	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
26	85.71	85.71	0.8571	0.9258	1.18314	67.78884
26	58.82	58.82	0.5882	0.76694	0.87406	50.08007
28	76.19	76.19	0.7619	0.87287	1.06105	60.79375
28	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
28	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474
28	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
28	88.23	88.23	0.8823	0.93931	1.22061	69.93571
28	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.38473
28	80	80	0.8	0.89443	1.10715	63.43495
28	71.42	71.42	0.7142	0.8451	1.00676	57.68303
28	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474
28	65	65	0.65	0.80623	0.93774	53.7288
28	75	75	0.75	0.86603	1.0472	60
28	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072
30	73.68	73.68	0.7368	0.85837	1.03209	59.13412
30	77.77	77.77	0.7777	0.88187	1.07982	61.86914
30	73.68	73.68	0.7368	0.85837	1.03209	59.13412
30	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
30	89.47	89.47	0.8947	0.94589	1.24031	71.06474
30	95.23	95.23	0.9523	0.97586	1.35062	77.38473
30	85	85	0.85	0.92195	1.1731	67.2135
30	78.94	78.94	0.7894	0.88848	1.09403	62.68309
30	90	90	0.9	0.94868	1.24905	71.56505
30	100	98.75	0.9875	0.99373	1.45876	83.58072

Los datos se transformaron con el arcoseno y fueron normales.

Tabla 5A. Análisis de Varianza para el factor porcentaje de parasitismo

Tabla ANOVA para porcentaje de parasitación por edad _día_

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4226.79	14	301.914	3.31	0.0002
Intra grupos	10778.0	118	91.3391		
Total (Corr.)	15004.8	132			