

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA ESPERANZA DE VIDA  
DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda*  
(J. E. Smith) EN EL AGROECOSISTEMA DE MAÍZ**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA:  
JUAN CARLOS ARELLANO REYES**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. GUADALUPE ALFONSO LÓPEZ URQUÍDEZ**

**CODIRECTOR DE TESIS:  
DR. CARLOS ALFONSO LÓPEZ ORONA**

**CULIACÁN, SINALOA, NOVIEMBRE DE 2023**



Dirección General de Bibliotecas  
Ciudad Universitaria  
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios  
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.  
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57  
dgbuas@uas.edu.mx

## UAS-Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional Buelna

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial  
Compartir Igual, 4.0 Internacional





## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE DE CUADROS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	5
III. HIPÓTESIS.....	7
IV. OBJETIVOS .....	7
4.1 Objetivo general.....	7
4.2 Objetivos específicos.....	7
V. REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
5.1 Generalidades del maíz .....	8
5.1.1 Descripción taxonómica.....	8
5.1.2 Descripción botánica .....	9
5.2 Insectos plaga del maíz .....	10
5.2.1 Gusano cogollero.....	10
5.2.2 Clasificación taxonómica del gusano cogollero.....	11
5.2.3 Ciclo de vida y morfología del gusano cogollero.....	11
5.3 Control biológico mediante enemigos naturales.....	15
5.4 Depredación .....	16
5.4.1 Depredadores.....	17
5.4.2 Parasitoides.....	18
5.5 Canibalismo .....	19
5.6 Curvas de supervivencia.....	19
5.7 Tablas de vida .....	21
5.8 Estado del arte .....	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
6.1 Localización de áreas de investigación .....	28
6.2 Evaluación del canibalismo de gusano cogollero.....	30
6.3 Trabajo a campo abierto bajo condiciones controladas .....	32
6.4 Trabajo a campo abierto .....	33
6.5 Depredación .....	35

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
7.1 Esperanza de vida de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio .....	38
7.2 Campo abierto bajo condiciones controladas .....	41
7.3 Orientación y desplazamiento del gusano cogollero en condiciones de campo abierto .....	42
7.4 Sobrevivencia de gusano cogollero en condiciones de campo abierto.....	45
7.5 Combinación de depredadores para el control de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio .....	47
VIII. CONCLUSIONES.....	52
IX. RECOMENDACIONES.....	53
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
XI. ANEXO .....	62

## DEDICATORIA

A mis padres, Héctor Cesar Arellano Salazar y María Clementina Reyes López

A mi pareja y mi hija, Dafne Elizabeth Salazar Osuna y Ana Julia Arellano Salazar

A mi Hermano Héctor Cesar Arellano Reyes

A mis sobrinos

A mis maestros y asesores

A mis compañeros de clase en maestría

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado durante estos 2 años, con el cual fue posible llevar a cabo esta investigación.

Al Colegio en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa por la oportunidad otorgada, que me permitió formarme como profesional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, por darme la oportunidad de trabajar en sus espacios, tanto en sus campos experimentales como en laboratorios.

A las agrícolas cooperantes del valle de Culiacán, y del ejido Buenavista en Guasave Sinaloa. Por la confianza y la oportunidad de permitirme trabajar en sus campos.

A mis padres por todo el apoyo incondicional y la confianza que me mostraron, por los consejos que siempre me dieron, y ojalá, por mucho tiempo más, me sigan dando.

A mi pareja por el apoyo mostrado en esta etapa de formación, lo que me permitió enfocarme completamente en la investigación, y a mi hija, por ser siempre mi inspiración y por quien nunca me daré por vencido.

Al Dr. Guadalupe Alfonso López Urquídez, director de esta tesis, por todo su tiempo, y la paciencia mostrada en este proceso de mi formación académica, por todo el conocimiento adquirido, muchas gracias Doctor.

A mi codirector y asesores, Dr. Carlos Alfonso López Orona, Dr. Jesús Enrique Retes Manjarrez, Dra. Lorena Molina Cárdenas y M.C. Eder Caro López, por su dedicación y aportaciones en esta investigación.

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica del maíz .....	8
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación taxonómica de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	11
<b>Cuadro 3.</b> Enemigos naturales .....	36
<b>Cuadro 4.</b> Duración de cada fase de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	38
<b>Cuadro 5.</b> Promedios de las 12 tablas de vida bajo condiciones de laboratorio .....	39
<b>Cuadro 6.</b> Resultados de la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis a las 17 combinaciones .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución geográfica del gusano cogollero hasta mayo del 2020 .....	1
<b>Figura 2.</b> Producción y rendimiento de maíz a nivel nacional .....	2
<b>Figura 3.</b> Huevecillos de gusano cogollero .....	12
<b>Figura 4.</b> Cambio de coloración en huevecillos de gusano cogollero .....	12
<b>Figura 5.</b> Larvas de gusano cogollero.....	13
<b>Figura 6.</b> Cápsulas cefálicas encontradas de diferentes instares de gusano cogollero.....	14
<b>Figura 7.</b> Pupa de gusano cogollero .....	14
<b>Figura 8.</b> Adulto de gusano cogollero .....	15
<b>Figura 9.</b> <i>Cycloneda sanguinea</i> .....	18
<b>Figura 10.</b> <i>Hippodamia convergens</i> .....	18
<b>Figura 11.</b> <i>Coleomegilla maculata</i> .....	18
<b>Figura 12.</b> <i>Chrysoperla carnea</i> (Estado adulto y larva) .....	18
<b>Figura 13.</b> Curvas de supervivencia .....	20
<b>Figura 14.</b> Tabla de vida de tipo cohorte utilizada para gusano cogollero .....	21
<b>Figura 15.</b> Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en el Ejido Buenavista Guasave.....	28
<b>Figura 16.</b> Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en Facultad de Agronomía .....	29
<b>Figura 17.</b> Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en el valle de Culiacán .....	30
<b>Figura 18.</b> Contenedores con oviposturas de gusano cogollero en laboratorio .....	31
<b>Figura 19.</b> Estructura tipo casa sombra .....	32
<b>Figura 20.</b> Marcación de posturas en campo abierto .....	33
<b>Figura 21.</b> Escala de Davis para daño de gusano cogollero en maíz .....	33
<b>Figura 22.</b> Contenedores con posturas de gusano cogollero a nivel de laboratorio .....	35
<b>Figura 23.</b> Tendencia de la expectativa de vida del gusano cogollero en los 12 contenedores $\pm$ error estándar .....	39
<b>Figura 24.</b> Tendencia de la probabilidad de vida del gusano cogollero en los 12 contenedores $\pm$ error estándar .....	40
<b>Figura 25.</b> Diferencia del fruto dentro y fuera de las estructuras respectivamente .....	41
<b>Figura 26.</b> Pupa encontrada dentro de la estructura .....	42
<b>Figura 27.</b> Daño y presencia de cogollero en etapa reproductiva de maíz .....	42
<b>Figura 28.</b> Orientación de desplazamiento de las larvas de gusano cogollero posterior a la eclosión .....	43
<b>Figura 29.</b> Distancia recorrida por las larvas con respecto al número de huevecillos por postura .....	44
<b>Figura 30.</b> Daño en aumento en plantas de maíz con referencia a la postura encontrada... 44	44
<b>Figura 31.</b> Distancia recorrida por larvas en relación al número de huevecillos por postura 45	45
<b>Figura 32.</b> Larvas sobrevivientes en campo abierto .....	45
<b>Figura 33.</b> Cantidad de larvas sobrevivientes en relación al número de huevecillos por postura .....	46
<b>Figura 34.</b> Porcentaje de sobrevivientes en relación al número de huevecillos por postura 46	46
<b>Figura 35.</b> Daño provocado por depredadores .....	47
<b>Figura 36.</b> Aplicación de análisis de regresión a cada combinación de depredadores.....	51

## RESUMEN

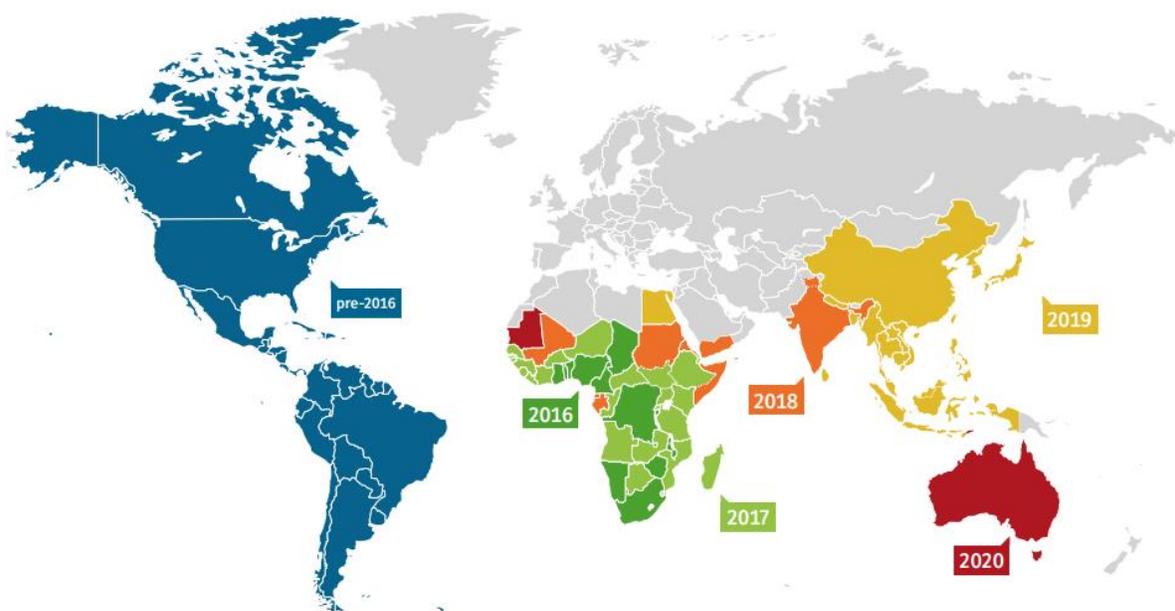
El gusano cogollero es una de las principales plagas del maíz en Sinaloa y en gran parte del mundo. Su presencia puede causar severos daños y reducir el rendimiento. Una alternativa para disminuir sus poblaciones es el control biológico. Sin embargo, para su implementación, es necesario conocer los factores bióticos que regulan su población. Por ello, en esta investigación se buscó determinar el efecto de las relaciones ecológicas de depredación y canibalismo en el tamaño de las poblaciones del gusano cogollero en las primeras etapas de su vida. Además, se estimó la sobrevivencia del gusano cogollero, al mismo tiempo que, se analizaron patrones de orientación y desplazamiento en campo abierto. Para ello, se construyó una tabla de esperanza de vida y la curva de sobrevivencia de este. Por otra parte, se calculó el porcentaje de depredación causado por combinaciones de enemigos naturales de esta plaga. Para ello, se colectaron masas de huevecillos y se depositaron por separado en contenedores de plástico, con tapadera perforada, y cubierta de malla, y se mantuvieron en laboratorio a una temperatura de 25 °C y humedad relativa 70 %. Se registró la mortalidad en cada etapa de desarrollo desde huevecillo hasta adulto. Con ello, se realizó el cálculo de la esperanza de vida, la probabilidad de sobrevivencia bajo condiciones controladas y se definió la mejor combinación de depredación. En campo abierto, se marcaron posturas para el análisis de orientación y distancia de desplazamiento de las larvas, como también, la sobrevivencia del mismo. Se encontró que la esperanza de vida del gusano cogollero descendió conforme avanzaban las etapas de su ciclo; que el gusano cogollero tiene una alta mortalidad en las primeras etapas de vida, y que esta es causada por el canibalismo. La mejor combinación de enemigos naturales resultó *Coleomegilla maculata* y *Chrysoperla carnea* en estado larva, se observó un consumo de huevecillos en todas las repeticiones mayor al 90 %. En campo abierto se observó una relación positiva directa entre el tamaño de la ovipostura, y la distancia a la que se presentó el daño. También se encontró que, a mayor cantidad de huevos por ovipostura, la cantidad de sobrevivientes aumentó, y también, a mayor cantidad de huevos por ovipostura, el porcentaje de muerte aumentó.

## ABSTRACT

The fall armyworm is one of the main pests of maize in Sinaloa and in much of the world. Its presence can cause severe damage and reduce yields. One alternative to reduce their populations is biological control. However, for its implementation, it is necessary to know the biotic factors that regulate its population. Therefore, in this research we sought to determine the effect of ecological relationships of predation and cannibalism on the population size of the fall armyworm in the early stages of its life. In addition, the survival of the fall armyworm was estimated, while orientation and displacement patterns in the open field were analyzed. For this purpose, a life expectancy table and the survival curve of this pest were constructed. On the other hand, the percentage of predation caused by natural enemy combinations of this pest was calculated. For this purpose, masses of eggs were collected and placed separately in plastic containers with perforated lids and mesh covers and kept in the laboratory at a temperature of 25 °C and relative humidity of 70 %. Mortality was recorded at each stage of development from egg to adult. This was used to calculate life expectancy, the probability of survival under controlled conditions and to define the best predation combination. In the open field, postures were marked for the analysis of orientation and distance of larval displacement, as well as larval survival. It was found that the life expectancy of the fall armyworm decreased as the stages of its cycle progressed; that the fall armyworm has a high mortality in the first life stages and that this is caused by cannibalism. The best combination of natural enemies was *Coleomegilla maculata* and *Chrysoperla carnea* in the larval state; egg consumption greater than 90% was observed in all repetitions. In the open field, a direct positive relationship was observed between the size of the oviposition and the distance at which the damage occurred. It was also found that, with a greater number of eggs per oviposition, the number of survivors increased, and also, with a greater number of eggs per oviposition, the percentage of death increased.

## I. INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) es un insecto nativo de América, del que, hasta el año 2015, se reportaban ataques en el sur de EE. UU., México y algunos países de Sudamérica, pero a partir del 2016, esta plaga comenzó a dispersarse a otras partes del mundo, llegando al continente africano, donde se detectó por primera vez en las regiones de África Occidental y Central. En el 2017, se extendió a casi toda África subsahariana. En el 2018, esta plaga se reportó en Sudán, Somalia, Yemen y la India. En el 2019, se tuvieron daños en Egipto, y en varios países asiáticos como Bangladesh, Sri Lanka, Tailandia, Myanmar, China, Indonesia, Filipinas, Malasia, Viet Nam, Camboya, Corea y Japón. En mayo de 2020, se reportaron daños en Australia y Mauritania y continúa esparciéndose por el resto del mundo. Por lo anterior, la FAO (2020) (**Figura 1**) ha catalogado a este insecto como la principal plaga del maíz a nivel mundial.

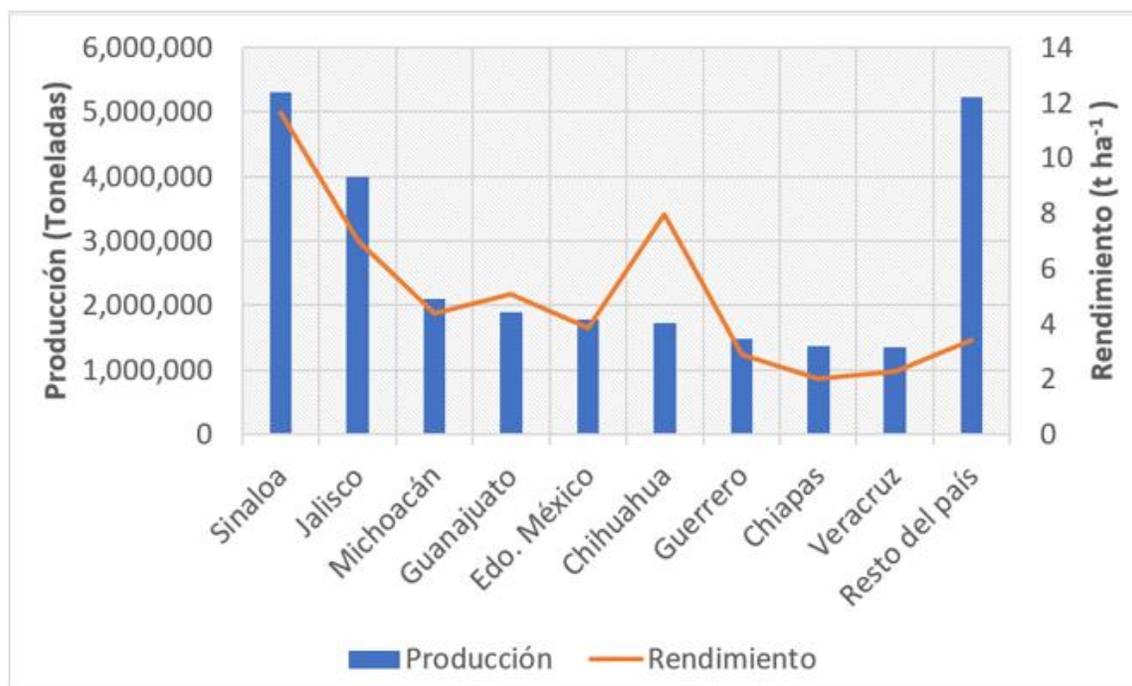


**Figura 1. Distribución geográfica del gusano cogollero hasta mayo del 2020**

Fuente: FAO (2020)

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran importancia alimentaria, industrial, económica, cultural y social en México, utilizado ampliamente para la preparación

de platillos tradicionales, así como también, es empleado en la dieta animal. En Sinaloa este grano se produce en 2 ciclos agrícolas: primavera–verano y otoño–invierno. En 2022 en Sinaloa se sembraron 456 869 ha, en las que se produjeron 5 309 195 t, con un rendimiento promedio de 11.62 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2022). Lo que posiciona al Estado como el principal productor de maíz en el País (**Figura 2**).



**Figura 2. Producción y rendimiento de maíz a nivel nacional.**

Fuente: Datos de SIAP (2022)

Aunque el maíz es ampliamente conocido, la presencia y manejo de sus plagas continúa siendo un grave problema para el productor, ya que los ataques de estas, se presentan desde la siembra hasta la cosecha. Ante ello, el productor tiene como principal método de control la aplicación de insecticidas químicos (González-Maldonado *et al.*, 2015). Sin embargo, el uso inadecuado de estos, ha provocado la contaminación en el agua, suelo y otros elementos del medioambiente, liberando sustancias tóxicas a los sistemas lagunares, vía drenes, lluvia, entre otros (García y Rodríguez, 2012).

De acuerdo con Salas y Salazar-Solís (2003), desde fines del siglo XX, se ha incrementado el interés de agricultores, instancias gubernamentales, y del público en general, en el uso del control biológico de plagas, por ser una opción de bajo impacto en el medioambiente, y un método seguro para productores y consumidores. Uno de esos métodos, es utilizar agentes de control biológico incluyendo parasitoides y depredadores (Carballo, 2002).

Los enemigos naturales par, son útiles para regular las poblaciones de plagas en el maíz, y en particular, del gusano cogollero (Rodríguez-del-Bosque, 2007). Por consecuencia, es necesario conservar y, de ser posible, reproducir este tipo de insectos, tomando en cuenta algunos criterios, por ejemplo, especies que tengan mayor capacidad de depredación (Salas y Salazar-Solís, 2003), es decir, el consumo de más presas por depredador, en el que la presa está viva cuando el depredador la ataca por primera vez. Por otra parte, el gusano cogollero es capaz de regularse por sí mismo, debido a la conducta caníbal de esta plaga y de otras especies de lepidópteros en su etapa larval (Chapman, 1999). El canibalismo puede beneficiar directamente a esta plaga asegurando la supervivencia de las larvas más fuertes, eliminando a sus competidores, estableciéndose finalmente dentro de una planta donde la larva seguirá alimentándose hasta cumplir esta etapa del ciclo biológico (Morrill y Greene, 1973).

Los insectos tanto plagas, como benéficos, son influenciados por la variación de factores abióticos, principalmente la temperatura y la humedad, ya que sus funciones básicas de desarrollo, comportamiento, alimentación y reproducción, dependen de estos (Bale *et al.*, 2002). La capacidad para los insectos de completar su ciclo de vida, depende de la adaptación de estos con el entorno ambiental en el que se encuentran. El conocimiento de los requerimientos ambientales para el desarrollo de una especie, es fundamental para pronosticar la distribución y abundancia de la plaga. En este caso, la temperatura óptima para el desarrollo de gusano cogollero, objeto de esta investigación, es de 25 a 28 °C. A temperaturas más bajas, la actividad y el desarrollo cesan, y cuando ocurre la congelación, el insecto en cualquier etapa muere (Early *et al.*, 2018).

El comprender los parámetros demográficos de una población de insectos, permite definir el potencial de cualquier plaga, para asentarse y prosperar en cualquier ambiente. Además, proporciona elementos clave para reproducir y estudiar crías bajo condiciones controladas. Las tablas de vida, por su gran utilidad, han sido aplicadas en diversos estudios, permitiendo conocer las razones del porqué, una cantidad de insectos varia a través del tiempo y el espacio, ya que sintetizan de manera fácil de entender, cambios generacionales de una población insectil (Duarte y Polanía, 2009).

Conocer la esperanza de vida en cada una de las etapas del ciclo biológico del gusano cogollero en el cultivo de maíz, permitirá plantear alternativas de control que beneficie a los agricultores y al medioambiente. Esto se puede lograr construyendo una tabla de esperanza de vida aplicada a esta plaga. En esta investigación se estudió la tasa de mortalidad de las poblaciones del mismo, y con ello, se plantean las bases para elaborar un adecuado control biológico, sacando el máximo provecho a los enemigos naturales de la plaga antes mencionada.

## II. JUSTIFICACIÓN

El gusano cogollero en México y específicamente en Sinaloa, favorecido por la presencia del maíz en la mayor parte del Estado, además esta gramínea se siembra en los dos ciclos agrícolas del año (primavera-verano, otoño-invierno), debido a que esta plaga no tiene etapas de diapausa. Durante los años agrícolas del 2010 al 2020 en Sinaloa, se sembraron anualmente alrededor de 500 000 ha con maíz (SIAP, 2022). Esto significa una gran cantidad de plantas hospederas, y suficiente alimento para insectos plaga. Para contrarrestar el ataque de dichos insectos, se utilizan ampliamente insecticidas perjudiciales para el medioambiente. Sin embargo, esta medida, también afecta a otras especies benéficas que, en condiciones naturales, controlan las poblaciones de plagas, por lo tanto, erradicar insectos benéficos, provoca que otras plagas del maíz aumenten.

Según García-Gutiérrez *et al.* (2012) El maíz en Sinaloa, es atacado por diversas plagas que coinciden durante las etapas fenológicas de este cultivo, entre las que sobresale el gusano cogollero. Para el control de esta plaga, se utilizan principalmente insecticidas altamente tóxicos, los cuales tienen efectos perjudiciales sobre el medioambiente cercano al lugar donde se aplican.

El uso de insecticidas químicos de alto impacto, causa la contaminación inmediata del medioambiente, como también, la muerte de varios organismos a los que no se quería dañar, como los insectos que son enemigos naturales de las plagas, considerados por el hombre como benéficos. Los insecticidas químicos, se han utilizado desde la década de los 40 del siglo pasado, las cuatro categorías principales de estos son, organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides, siendo este último, el más usado (Zhong *et al.*, 2013). Los insecticidas piretroides más empleados para el control de plagas agrícolas son la deltametrina, permetrina y cipermetrina, siendo esta última, la más aplicada, y de manera excesiva desde su lanzamiento al mercado en la década de los 60, presentando desde entonces efectos residuales a largo plazo en el medioambiente (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2021). Para tener una idea sobre la cantidad utilizada de insecticida

químico en un ciclo de cultivo de maíz, y de acuerdo con la ficha técnica de la cipermetrina, se recomienda aplicar una dosis de 0.25 L ha<sup>-1</sup> para el control de gusano cogollero, esto multiplicado por las 456 869 ha sembradas en Sinaloa, de acuerdo con el SIAP (2022), se emplea un total de 121 717 L para una sola aplicación, sin embargo, se llegan hacer hasta tres aplicaciones en cada ciclo de maíz.

Por otra parte, Garza y Cervantes (2015), afirman que el sector agrícola en México aumentó la aplicación de insecticidas para el control de plagas, y que la cantidad real utilizada, no fue registrada. A principios del año 2001, el 85 % de los plaguicidas producidos en el país, se aplicaron en el sector agrícola, Por tanto, quienes se dedican a esta actividad, son más susceptibles a sufrir intoxicaciones (Altamirano *et al.*, 2004).

Por lo anteriormente expuesto, se requiere de la elaboración de un plan de manejo integrado de plagas, lo que incluye, el establecimiento del cultivo en la fecha de siembra adecuada; la aplicación de insecticidas biorracionales, que permitan la presencia y actividad de los insectos benéficos; el control biológico. Esto permitirá disminuir el tamaño de las poblaciones de insectos fitófagos, así como también, reducir significativamente el daño al medioambiente (Cortez-Mondaca, 2014). Para la elaboración de dicho plan, es importante conocer la esperanza de vida de los insectos en cada una de sus etapas de desarrollo.

Por todo lo mencionado anteriormente, se optó por estudiar la esperanza de vida de cada una de las etapas del ciclo de vida del gusano cogollero. Esto permitirá tener los elementos para diseñar estrategias de control más eficientes, que permitan disminuir la incidencia de esta plaga, reducir costos de producción y disminuir la contaminación ambiental.

### **III. HIPÓTESIS**

Los factores bióticos y abióticos son determinantes para la esperanza de vida del gusano cogollero en el cultivo de maíz.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general**

Determinar la esperanza de vida del gusano cogollero en el agroecosistema maíz.

#### **4.2 Objetivos específicos**

- a) Estimar la esperanza de vida de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio.
- b) Determinar el efecto del canibalismo en la esperanza de vida del gusano cogollero.
- c) Estimar la sobrevivencia de gusano cogollero bajo condiciones de campo abierto.
- d) Estimar la orientación y desplazamiento del gusano cogollero en condiciones de campo.
- e) Definir la mejor combinación de depredadores para el control de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio.
- f) Analizar el efecto de los insectos benéficos en la esperanza de vida del gusano cogollero.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Generalidades del maíz

El maíz, es una planta gramínea productora de uno de los granos alimenticios más antiguos conocidos, su domesticación comenzó aproximadamente hace 10 000 años. Perteneciente a la familia de las Poáceas, el desarrollo de esta planta se lleva a cabo durante 2 fases fisiológicas, la fase vegetativa y la fase de reproducción (FAO, 2001). Su centro de origen está en América central, específicamente México, formándose a través de la fusión de plantas que crecían de manera silvestre, como el teosinte, posteriormente se difundió a todo el mundo con la llegada de los europeos, esparciéndose en diferentes regiones del mundo, pues esta especie es capaz de soportar diferentes climas (ASERCA, 2018).

#### 5.1.1 Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica del maíz se muestra en el **cuadro 1** a continuación:

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del maíz.

Taxonomía	
Reino	Vegetal
Orden	Graminales
Familia	Poaceae
Tribu	Maydeae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: (Acosta, 2009)

### 5.1.2 Descripción botánica

De acuerdo con Kato *et al.* (2009), el maíz es una planta de porte erecto, vigoroso, rápido crecimiento, y producción anual. A continuación, se hace su descripción botánica de acuerdo con dicho autor.

#### Raíz

La planta desarrolla dos tipos de raíces, principales y de anclaje. Las raíces principales son fibrosas y pueden alcanzar longitudes de 1 a 2.5 cm. Las raíces de anclaje nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, su función es mantener erguida a la planta.

#### Tallo

El tallo es recto, robusto, sin ramificaciones, y puede llegar a medir hasta 5 m, similar a la caña de azúcar, formado por nudos y entrenudos sólidos, donde la cantidad de nudos por planta puede variar entre 8 y 26 (Castañeda, 1990).

#### Hojas

La vaina de la hoja se forma de manera casi cilíndrica debido a sus extremos desunidos, abrazando al tallo. De coloración usualmente verde, presentando vellosidades por el haz. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25 (Parsons, 2008).

#### Flor

El maíz, tiene las flores masculinas y femeninas en el mismo tallo, las masculinas son en forma de espiga y se encuentran en la parte superior de la planta. Las femeninas se encuentran en el interior de la mazorca, surgiendo posteriormente como un brote lateral modificado, con las flores cubiertas por las hojas tiernas del jilote, del que sobresalen los estigmas receptores del polen, y se conocen como pelos de elote. Su fecundación es cruzada, las anteras ubicadas en la flor masculina, cuando maduran, dejan caer granos de polen, los cuales son

transportados por el viento, cayendo en los estigmas para su polinización (Lesus, 2005).

### Fruto y semilla

El fruto está formado en su parte central por el raquis, o también llamado corazón de la mazorca, al que se adhieren posteriormente los granos. Cada grano es independiente, creciendo en forma de hileras, y la cantidad total de granos por mazorca varía según la especie. El fruto y la semilla componen un solo cuerpo en forma de una cariósida, generalmente amarilla, pero también existen otras coloraciones. La semilla se compone de 3 partes, el pericarpio, el endospermo y el embrión, llegando a pesar aproximadamente 0.3 g (Ortigoza *et al.*, 2019).

## **5.2 Insectos plaga del maíz**

Desde la siembra, el maíz está expuesto al ataque de diversas plagas de insectos, algunos factores que favorecen la aparición de estos insectos son: condiciones de clima, preparación del terreno, rotación de cultivos y control de maleza. Se estima que las plagas ocasionan pérdidas en rendimiento de hasta un 50 %, surgiendo desde el establecimiento del cultivo hasta el almacenamiento del grano (Valdez *et al.*, 2010). Además, la clasificación que obtiene una plaga depende del tipo de daño que esta provoque en la planta, por ejemplo, existen plagas de follaje, raíz, mazorca y grano (Turrent *et al.*, 2010).

### **5.2.1 Gusano cogollero**

El gusano cogollero es una plaga de importancia económica, y considerada la principal en el cultivo de maíz, actualmente presente en todos los estados de México. Las infestaciones de esta plaga, ocasionan daños graves en los cultivos, provocando pérdidas significativas en la producción, en un rango desde el 30 % y puede llegar a más del 50 % (Bautista y Morales, 2016).

El gusano cogollero, ataca de diferentes maneras a la planta de maíz, perfora el tallo de las plantas a la altura del cuello de la raíz, provocando el marchitamiento, también actúa como barrenador del tallo, daña los estigmas, las espigas, y el elote. Está presente durante la mayor parte del desarrollo del cultivo, pero el daño más considerable, lo ocasiona desde que la planta emerge hasta la formación del jilote, y el daño es mayor entre menor sea la edad de la planta (Ayala *et al.*, 2013).

### 5.2.2 Clasificación taxonómica del gusano cogollero

La clasificación taxonómica del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) se muestra en el **Cuadro 2**.

**Cuadro 2.** Clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda*.

Taxonomía	
Reino	Animal
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidoptera
Familia	Noctuidaea
Género	<i>Spodoptera</i>
Especie	<i>frugiperda</i>
Nombre científico	<i>Spodoptera frugiperda</i>

Fuente: Jeger (2017), Delbianco (2020), Kenis (2023).

### 5.2.3 Ciclo de vida y morfología del gusano cogollero

El gusano cogollero tiene un ciclo biológico de metamorfosis completa, el cual presenta cuatro estadios: huevo, larva (seis instares), pupa y adulto (Casmuz *et al.*, 2010). La duración del ciclo de vida estimada oscila entre 34 y 76 días, y está determinada por factores abióticos, principalmente la temperatura (FAO, 2017).

De acuerdo con Zumbado y Azofeifa (2018); Bajracharya *et al.*, (2019); Bhavani (2019); Ramírez y Mena (2019); Nandita y Sonali (2020); la morfología del gusano cogollero es la siguiente:

Una hembra adulta es capaz de ovipositar alrededor de 1000 huevecillos durante su periodo de reproducción. Habitualmente realizan este proceso por las noches, colocando los huevecillos en el envés de la hoja, en grupos que pueden variar desde los 50 hasta los 250 huevecillos aproximadamente. Estos eclosionan después de tres a cinco días. Los huevos en forma de esfera, son de color blanquecino a beige (**Figura 3**), midiendo alrededor de 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura.



**Figura 3. Huevecillos de gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia

La coloración de los huevecillos, varía según el grado de madurez, antes de la eclosión cambian a una tonalidad grisácea (**Figura 4**).



**Figura 4. Cambio de coloración en huevecillos de gusano cogollero antes de la eclosión**

Fuente: Elaboración propia

Las larvas de gusano cogollero, al nacer se alimentan del área foliar alrededor de la postura (**Figura 5**), pero en los días siguientes, los sobrevivientes de canibalismo, hábito común de esta plaga, se dispersan a otras plantas. A partir del tercer instar, generalmente se encuentra una larva por planta, específicamente, en el cogollo. Pasan por seis estadios de desarrollo en un rango de 13 a 20 días aproximadamente. En los primeros instares, las larvas son de color amarillo verdoso, con bandas longitudinales de tonos claros y la cabeza negruzca. En los últimos instares, las larvas cambian de coloración a tonalidades marrones grisáceas, con líneas longitudinales más destacadas. En la cabeza presentan líneas que forman la letra “Y” vista desde el dorso, y sobre el último segmento abdominal, presentan cuatro puntos negros con forma de trapecio.



**Figura 5. Larvas de gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia

Es posible identificar cada instar por el tamaño de las cápsulas cefálicas, siendo las medidas 0.35, 0.45, 0.75, 1.3, 2.0 y 2.6 mm de ancho (**Figura 6**). En cuanto a la longitud, la larva llega a medir 1.7, 3.5, 6.4, 10.0, 17.2 y 34.2 mm del instar 1 al 6, respectivamente.



**Figura 6. Cápsulas cefálicas encontradas de diferentes instares de gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia

La pupa del cogollero es de tono marrón, mide desde 13 a 19 mm de longitud, y alrededor de 4.5 mm de diámetro, esta se desarrolla enterrada en el suelo, en un periodo de 8 a 14 días aproximadamente (**Figura 7**), después emerge el adulto.



**Figura 7. Pupa de gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia

El cuerpo del adulto mide aproximadamente 1.8 cm de longitud y 4 cm de envergadura, la coloración varía entre machos y hembras. Los machos son de tonalidades marrón claro (**Figura 8**), poseen una mancha elíptica clara en el centro, y a un lado de esta, una franja diagonal dirigida al centro del ala. Las hembras son de tonalidades marrón anaranjado, y tienen una mancha elíptica en el margen costal delimitado por una línea clara.



**Figura 8. Adulto de gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Control biológico mediante enemigos naturales**

Todo ser vivo que devora a otro, es considerado comúnmente como su enemigo natural. Estos son fundamentales para la erradicación de plagas y, además, se presentan de forma natural en los cultivos. Debido a la abundancia, distintos hábitos, ciclos de vida de los insectos benéficos, cada una de las plagas puede ser controlada por múltiples depredadores o parasitoides (Hernández-Velázquez *et al.*, 2011).

El control biológico de plagas, es una estrategia sustentable, pues es compatible con el medioambiente. La inclinación en los últimos años a la aplicación de agentes de control biológico, es debido al aumento en la demanda de estos organismos, ya que han sido creados centros especializados para la reproducción y crianza de insectos benéficos. Las distintas maneras como actúan los agentes de control, evitando se desarrolle resistencia en plagas a lo largo de varias generaciones, no dañan el medioambiente, al contrario de las aplicaciones irracionales de químicos de alto impacto y, por último, no provocan pérdidas de la calidad e inocuidad en los cultivos (Chulze, 2023), son razones que demuestran la viabilidad, en el empleo de insectos benéficos, tanto depredadores como parasitoides y entomopatógenos, con

la finalidad de controlar las poblaciones de insectos plaga, en magnitudes que no causen pérdidas económicas, ni daño al medioambiente (Hernández-Trejo *et al.*, 2019).

La identificación precisa del insecto plaga, y de su enemigo natural, es el primer paso para el planteamiento de un control biológico. Como ocurre con todas las técnicas de control, los insectos benéficos deben ser empleados en función de su fiabilidad, de lo contrario, una desacertada planificación en la aplicación de un método de control biológico, tiene consecuencias financieras (Salas y Salazar-Solís, 2003).

#### **5.4 Depredación**

Todo organismo dentro de un ecosistema cumple diferentes roles, donde algunos siempre estarán ocupados, es decir, hay organismos que producen, otros que consumen y los que descomponen, siendo estos los que ocupan el lugar inferior de la cadena trófica. En un ecosistema, la biodiversidad forma las piezas que están ligadas a la circulación de la materia, y al flujo de energía, lo que permite el funcionamiento del mismo. Lo anterior depende de una compleja red de relaciones tróficas formadas por varios organismos ecológicos (Sánchez-Ruiz, 1997).

La depredación, es una interacción directa entre dos o más especies, depredador y presa, o también, la que devora y la que es devorada. Como fuente de mortandad, una población de depredadores tiene capacidad para controlar, o eliminar el crecimiento de la población de su presa. Y a su vez, la disponibilidad de presas, puede regular poblaciones de depredadores (Smith y Smith, 2007). La estructura de las comunidades animales depende en gran medida del equilibrio que existe entre depredadores y depredados o entre los parásitos y sus huéspedes. En ocasiones una especie en particular es incapaz de colonizar un lugar debido a la presencia de diferentes enemigos (Dowdeswell, 1966).

### 5.4.1 Depredadores

Los depredadores en un ecosistema, son animales que cazan y se alimentan de su presa, necesitando grandes cantidades de presas para prosperar. En los insectos, las especies más utilizadas en control biológico para la regulación de plagas, pertenecen a los órdenes Coleóptera, Hemíptera, Díptera y Neuróptera (Greco y Rocca, 2020).

Entre los Coleópteros, la familia Coccinellidae es la que dispone de un mayor número de especies de enemigos naturales de plagas, con capacidad para el control de las mismas. Los coccinélidos más conocidos son a los que se les llama vulgarmente en algunos países como catarinas (Aranda *et al.*, 2016). El orden Hemíptera, cuenta con especies de insectos caracterizados por una peculiar pieza bucal picadora-chupadora, que les permite tener una gran variedad de presas (Pacheco-Chaves, 2010). En el orden Neuróptera, se incluyen especies a las que vulgarmente se le conocen como crisopas, cuyas larvas se alimentan de diversas plagas, entre las que destacan los pulgones, mientras que los adultos pueden ser depredadores o palino-glicófagos, es decir, insectos que consumen polen o sustancias ricas en azúcares. Adultos y larvas poseen un aparato bucal masticador, aunque tienen aparatos bucales modificados para perforar y extraer el contenido de sus presas. Se alimentan de diversos artrópodos como áfidos, moscas, cochinillas, trips y varias especies de lepidópteros (Contreras-Ramos y Rosas, 2014).

Para el caso de Sinaloa, de acuerdo con Cortez-Mondaca *et al.* (2008) y Hernández-Trejo *et al.* (2018), las principales especies de insectos depredadores de las plagas del maíz encontradas en el estado y con las cuales se trabajó en esta investigación, son las siguientes: Catarina roja *Cycloneda sanguinea* (L.) (**Figura 9**), Catarina naranja *Hippodamia convergens* (**Figura 10**), catarina rosada *Coleomegilla maculata* (**Figura 11**) y *Chrysoperla carnea* (Estado adulto y larva) (**Figura 12**).



**Figura 9.** *Cycloneda sanguinea*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 10.** *Hippodamia convergens*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** *Coleomegilla maculata*  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 12.** *Chrysoperla carnea*  
(Estado adulto y larva)  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.2 Parasitoides

Los parasitoides, son insectos que, durante su estado larvario se alimentan y desarrollan dentro, o sobre otro insecto, el cual, se convierte en hospedero, y termina muriendo a los pocos días. Es decir, es un organismo que establece una relación directa y estrecha con su hospedero, imprescindible para completar su ciclo, vivirá a costa de este, al terminar de alimentarse y desarrollarse, como consecuencia, el hospedero muere.

## **5.5 Canibalismo**

El canibalismo es un comportamiento común en gran variedad de especies, esta conducta de alimentarse con organismos de la misma especie, es causante de la mortalidad que repercute en la dinámica poblacional y en la estructura de una población determinada (Polis, 1981). En los insectos, y en particular, lepidópteros en estado larvario, se practica comúnmente este comportamiento por diferentes razones, dependiendo del entorno en el que se encuentre el insecto, como la competencia por el escaso alimento, alta densidad poblacional, estrés, entre otras (Fox, 1975).

Las plantas de maíz son el hospedero preferido de las larvas de gusano cogollero, estas se alimentan frecuentemente de las hojas en desarrollo de la planta, posiblemente porque en su interior, están mejor protegidas de sus enemigos naturales, por lo que altas densidades de larvas dentro de la planta, sea desfavorable para esta plaga por la competencia del alimento. Lo que se considera, puede ser un indicio del porque esta plaga recurre al canibalismo. Aquellos organismos que disminuyen la densidad poblacional de sus semejantes mediante el canibalismo, pueden aumentar la probabilidad de supervivencia (Chapman *et al.*, 1999).

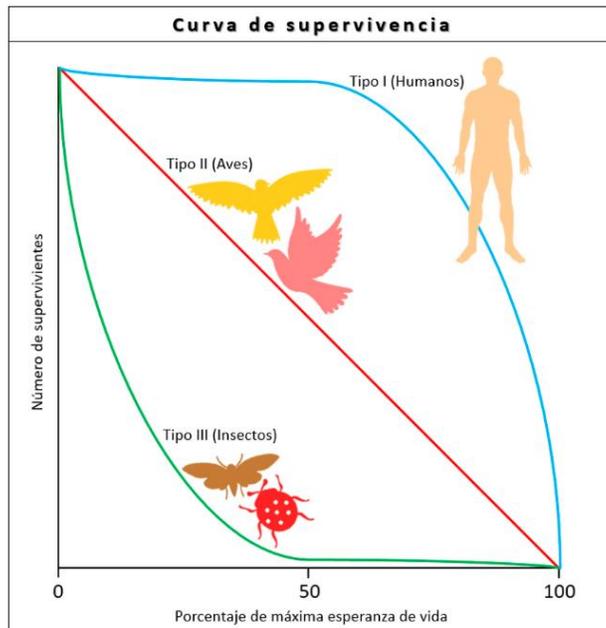
Pese a ser un comportamiento habitual en el gusano cogollero, el canibalismo persiste aún bajo condiciones controladas y bastante alimento, provocando porcentajes de mortalidad que varían del 40 al 60 % (Chapman *et al.*, 2000).

## **5.6 Curvas de supervivencia**

Cuando una población se encuentra bajo estudio y, además, se pretende eliminar, el interés en calcular la tasa de supervivencia es mayor, que el interés en calcular la tasa de mortandad. La tasa de supervivencia representa la proporción de

individuos nacidos vivos que sobreviven hasta ciertas edades o mueren conforme el tiempo avanza (Morláns, 2014).

Una curva de supervivencia muestra de manera gráfica, la cantidad de sobrevivientes de un grupo o una cohorte de una edad a la siguiente. Todos los seres vivos tienen curvas de supervivencia de diversas formas. En general, existen tres tipos de curvas de supervivencia (**Figura 13**).



**Figura 13. Curvas de supervivencia**  
Fuente: Elaboración propia a partir de Begon (2006)

Las curvas Tipo I se presentan en los humanos y la mayoría de los primates. En este tipo de curva, los organismos sobreviven a sus etapas de vida, es decir, la mortalidad se manifiesta usualmente en la etapa final. En la curva Tipo II, se ejemplifica con las aves. En esta curva, hay un número constante de muertes, desde el inicio hasta el final de las etapas, es decir, los seres vivos bajo esta curva, mueren casi por igual en cada intervalo de edad. En la curva Tipo III se muestran mortalidades altas en edades tempranas, por ello, quienes sobreviven aseguran un alto porcentaje de supervivencia, ejemplo de esto, los insectos, peces y árboles (Arribalzaga, 2007).

## 5.7 Tablas de vida

La tabla de vida, es el instrumento apropiado para analizar la mortalidad de cualquier población, convirtiéndose en la herramienta ideal para realizar estudios por parte de demógrafos, biólogos, entre otros. A esta tabla, también se le llama tabla de mortalidad, siendo esta, un resumen de las estadísticas de sobrevivencia, mortandad, entre otros parámetros a medir de una población en función de una edad o cohorte, permitiendo obtener probabilidades y otras medidas convencionales de mortalidad, permitiendo el cálculo del número de supervivientes de una población para conjuntarlo con probabilidades de otros grupos o cohortes, y así, obtener resultados más precisos (Ortega 1987).

De acuerdo con Rossi *et al.* (2016) la tabla de vida permite calcular parámetros como: total de individuos vivos disponibles ( $n_x$ ), cohorte que sobrevive ( $l_x$ ), proporción de la cohorte original sobreviviendo al siguiente estadio ( $d_x$ ), tasa de mortalidad ( $q_x$ ), potencia de mortalidad ( $p_x$ ), promedio de vida en cada etapa ( $L_x$ ), tiempo vivido ( $T_x$ ) y expectativa de vida ( $e_x$ ). El subíndice  $x$  corresponde a la cohorte que se estudia, para el caso de esta investigación, la cohorte corresponde a la cantidad de huevecillos de gusano cogollero. Para un ejemplo de esto, se muestra la figura 14.

Tabla de vida gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )								
Cohorte (X)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$p_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
Huevo								
L1								
L2								
L3								
L4								
L5								
L6								
Pupa								
Adulto								

**Figura 14. Tabla de vida de tipo cohorte utilizada para gusano cogollero**

Fuente: Elaboración propia a partir de Rossi *et al.* (2016)

Las tablas de vida son fundamentales para el desarrollo de programas de control biológico, como también, son primordiales para comprender cómo son las dinámicas poblacionales, por otra parte, permiten implementar medidas en el manejo y conservación de especies consideradas en peligro (Polo-Urrea, 2009).

## 5.8 Estado del arte

Murúa y Virla (2004) desarrollaron un estudio bajo condiciones controladas sobre los parámetros poblacionales de gusano cogollero, con una dieta de maíz y los dos pastos más comunes en Tucumán (Argentina): Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y gramón (*Cynodon dactylon* L. Pers.). Su objetivo fue determinar cambios en distintos factores como duración del ciclo de vida, número de etapas larvales, proporción de sexos, esperanza de vida, fertilidad y fecundidad. Considerando la duración del ciclo de vida, las diferencias significativas entre las plantas huésped fueron registradas entre los distintos estados de desarrollo. Las hembras mostraron una fertilidad del 92.1 %, 96,4 % y 99.8 % cuando fueron alimentadas con maíz, pasto guinea y gramón, respectivamente. La producción diaria promedio de huevos varió entre 99.4 para hembras con dieta a base de gramón y 187.8 para las alimentadas con pasto guinea. La producción promedio total de huevos también varió según la alimentación suministrada, el máximo valor fue registrado para las hembras que durante el estadio larval fueron alimentadas con hojas de pasto guinea ( $0\ 1282.7 \pm 38.6$  huevos/hembras). Los resultados arrojados en esta investigación, muestran que los individuos alimentados con las pasturas antes mencionadas, desempeñan un rol importante en el comportamiento de la dinámica poblacional del gusano cogollero, afectando cultivos de maíz en la región del Noreste Argentino.

Chen *et al.* (2022) estudiaron la correlación entre las temperaturas ambientales y las plantas hospederas, fundamentales para la dinámica poblacional de las especies invasoras. A pesar de las importantes investigaciones sobre los efectos de las temperaturas, las plantas hospederas también influyen en el comportamiento de

plagas. Se analizaron los efectos de temperaturas en el rango de 20, 25 y 30 °C, como las plantas hospederas maíz, sorgo y coix, sobre la mortalidad, el desarrollo, la reproducción y los parámetros poblacionales del gusano cogollero, utilizando una tabla de vida de dos sexos por etapas de edad. Los resultados de la investigación demostraron que la temperatura y la especie de planta hospedera influyen significativamente en el incremento de esta plaga. La dieta a base de maíz a 30 °C provocó menor tasa de mortalidad, un menor tiempo de desarrollo y longevidad. Sin embargo, a 20 °C, la planta hospedera eliminó el sinergismo mediado por la temperatura en el rendimiento del gusano, que no alcanzó significación estadística a 20 °C. También se obtuvieron resultados semejantes inducidos por una temperatura relativamente baja (20 °C) en diferentes plantas hospederas en las curvas de supervivencia específica por edad y valor reproductivo del gusano cogollero.

Pannuti *et al.* (2015) realizaron un estudio de maíz en dos etapas, R1 y R3, en cuatro zonas de la planta (borla, encima de la mazorca, zona de la mazorca y debajo de la mazorca) en el campo de Concord, Nebraska, EE. UU., y en el campo e invernadero de Botucatu, São Paulo, Brasil, con el objetivo de estudiar el movimiento larvario en la planta. También se analizó bajo condiciones de laboratorio, los efectos de diferentes tejidos del maíz (borla abierta, borla cerrada, seda, grano y hoja). También, se evaluaron dos escenarios de secuencia de alimentación y una dieta artificial sobre la supervivencia y el desarrollo larvario. Observaron que la zona de la espiga tiene un efecto significativo sobre la selección del lugar de alimentación y la supervivencia de las larvas del gusano cogollero, independientemente de la etapa reproductiva del maíz. La elección del lugar de alimentación la realiza el primer estadio. Las hojas de maíz de las plantas reproductoras no eran las apropiadas para el desarrollo del primer estadio, pero la seda y los tejidos del grano tuvieron un efecto positivo sobre la supervivencia y el desarrollo larvario del gusano cogollero en el maíz en etapa reproductiva.

Huang *et al.* (2021) Llevaron a cabo una investigación sobre las características vitales del gusano cogollero en hojas de maíz a 19, 22, 25, 28 y 31 °C bajo un fotoperiodo de LD 15:9 h. El gusano cogollero se desarrolló en las hojas de maíz con períodos más cortos, altas tasas de sobrevivencia de larvas y pupas, tasas muy altas en el apareamiento y fertilidad. La fase de desarrollo pupal fue significativamente más larga en los machos que en las hembras a todas las temperaturas, lo que condujo al fenómeno de protoginia. El peso de la pupa fue mayor tras lapsos de desarrollo larvario más cortos, a una temperatura más alta (25 °C); Por lo tanto, no se observó correlación entre la temperatura y el tamaño en el gusano cogollero. Las hembras fueron más pequeñas que los machos, lo que indica un dimorfismo sexual del tamaño. Un pequeño número de hembras retrasaron su periodo de oviposición, iniciándolo entre los días siete y nueve, posterior a la aparición de los adultos. Hubo correlaciones positivas entre el peso pupal y el tiempo de desarrollo larvario y, entre el peso adulto y la fertilidad. Hubo correlación negativa entre fertilidad y longevidad.

Li-Mei *et al.* (2021) estudiaron al gusano cogollero bajo dietas a base de canola, soya y girasol, plantados en China y compararon los parámetros poblacionales resultantes aplicando tablas de vida de dos sexos por etapas de edad, la supervivencia de las larvas con dieta a base de soya, fue significativamente menor que las larvas alimentadas con canola y girasol. El periodo de desarrollo de las larvas alimentadas con soya fue también el más largo (23.3 días). La mayor tasa de pupación se registró en el girasol. La mayor masa pupal (0.19 g) se alcanzó en canola, significativamente más alta que en las otras plantas hospederas; el peso más bajo resultó en soya (0.15 g). En soya, canola y girasol, respectivamente, la media del ciclo de vida fue 42, 21, 39, 10 y 40, 44 días; la tasa intrínseca de incremento fue de 0.0844, 0.1041 y 0.1134; la tasa finita de incremento fue de 1.0881, 1.1098 y 1.1202. La planta hospedera más adecuada en general fue el girasol, sin embargo, esta plaga completó su ciclo de vida y aumentó su población en las tres plantas hospederas. Resultando que, tanto la soya como la canola y el girasol fueron plantas hospederas adecuadas para esta plaga.

Wen-Hua *et al.* (2023) estudiaron los efectos del pasto de napier (*Pennisetum purpureum*), la hierba natal (*Melinis repens*) y el cáñamo de sol (*Crotalaria juncea*) sobre el desarrollo, la reproducción, la supervivencia y el crecimiento poblacional de gusano cogollero en condiciones de laboratorio. De acuerdo con los resultados, el ciclo de vida fue significativamente más corto cuando el gusano cogollero se crió en cáñamo de sol, mientras que fue más larga en hierba natal. Además, las hembras adultas criadas sobre hierba nodriza tuvieron un periodo de preoviposición de adultos, un periodo total de preoviposición, un periodo de oviposición, una longevidad, una fecundidad y una tasa neta de reproducción más elevados (Ro: 465.12). De las tres plantas estudiadas, el cáñamo tuvo la tasa intrínseca de incremento más alto (0.1993), la tasa finita de incremento (1.2206) y el tiempo medio del ciclo de vida más corto (29.98). Con los resultados obtenidos, los investigadores sugieren que todas las plantas hospederas pueden contribuir al desarrollo de gusano cogollero, en ausencia de su hospedero principal, sin embargo, el cáñamo de sol resultó ser planta hospedera relativamente más adecuada para este insecto. Las posibilidades de crecimiento y desarrollo del gusano cogollero cambian en base a la planta hospedera.

Maharani *et al.* (2021) compararon el período de desarrollo, la supervivencia, la reproducción y la tabla de vida de gusano cogollero en cultivos de maíz y el arroz. El estudio se realizó bajo condiciones de laboratorio con dos tratamientos: larvas con dieta a base de maíz y larvas con dieta a base de arroz, replicados tres veces, con un número total de 300 individuos observados. Los resultados mostraron que el tipo de planta hospedadora afectó significativamente a la biología y el ciclo biológico del gusano cogollero. Las larvas alimentadas con maíz tuvieron un tamaño corporal mayor que las alimentadas con arroz. La tabla de vida de esta plaga, tanto en maíz como en arroz fue de 32.24 y 37.90 días respectivamente. Mientras tanto, la longevidad de las hembras a 25,7 C desde el huevo hasta la muerte en maíz y arroz fue de 44.55 y 50.25 días, y de 43.79 y 48.61 días para los machos, respectivamente. La fecundidad fue mayor para las larvas alimentadas con maíz, con 261.88 huevos por hembra a diferencia de las alimentadas con arroz, con

172.36 huevos por hembra. La tasa intrínseca fue significativamente diferente entre los dos hospedadores, con una tasa más alta de 0.209 individuos por progenitor y día en las larvas con dieta a base maíz en comparación con las que tenían dieta a base de arroz, con 0.154 individuos por progenitor y día. De acuerdo con los resultados, los responsables de este estudio, indicaron que el maíz resulta más favorable para la vida de esta plaga.

Russianzi *et al.* (2021) estudiaron la biología y las estadísticas demográficas del gusano cogollero en cultivos de maíz en la ciudad de Bogor. El ciclo biológico y la tabla de vida, se realizaron mediante observaciones diarias de 132 larvas de cogollero, desde la etapa de huevecillo hasta la muerte. Las estadísticas poblacionales del cogollero se calcularon utilizando el método Jackknife a partir de los datos arrojados por la tabla de vida. La actividad de apareamiento ocurrió entre las 06.00 pm y las 04.00 am, mientras que la oviposición se produjo entre las 06.00 pm y las 10.00 pm. Generalmente las eclosiones se produjeron entre las 00.00 am y las 02.00 am. El gusano cogollero tiene 6 instares larvarios y no existió diferencia en el estadio entre las larvas que fueron macho y hembra, que es de unos 15 días. El estadio de pupa macho fue más largo que el de pupa hembra,  $8.78 \pm 0.12$  días y  $7.81 \pm 0.15$  días. Los adultos macho y hembra tuvieron el mismo ciclo de vida de 10 días. El ciclo biológico del cogollero fue de  $32.26 \pm 0.41$  días, con un período de preoviposición de  $2.56 \pm 0.45$  días. La fecundidad del gusano alcanzó  $1012.62 \pm 99.12$  huevos por hembra. La población de gusano cogollero en Bogor tuvo una tasa de crecimiento intrínseca de  $0.154 \pm 0.001$  individuos/día, con una tasa de reproducción bruta de  $0.154 \pm 0.001$  individuos por generación y una tasa de reproducción neta de  $104.781 \pm 0.155$  individuos por adulto por generación y un ciclo de vida de  $30.114 \pm 0.002$  días.

Yong-Ping *et al.* (2023) Estudiaron la dispersión de larvas de gusano cogollero bajo condiciones controladas, utilizando láminas adhesivas colocadas alrededor de la planta de maíz bajo estudio, y una fuente de flujo de aire unidireccional. El arrastre y el vuelo en globo fueron las formas de dispersión larvaria, dentro de las plantas

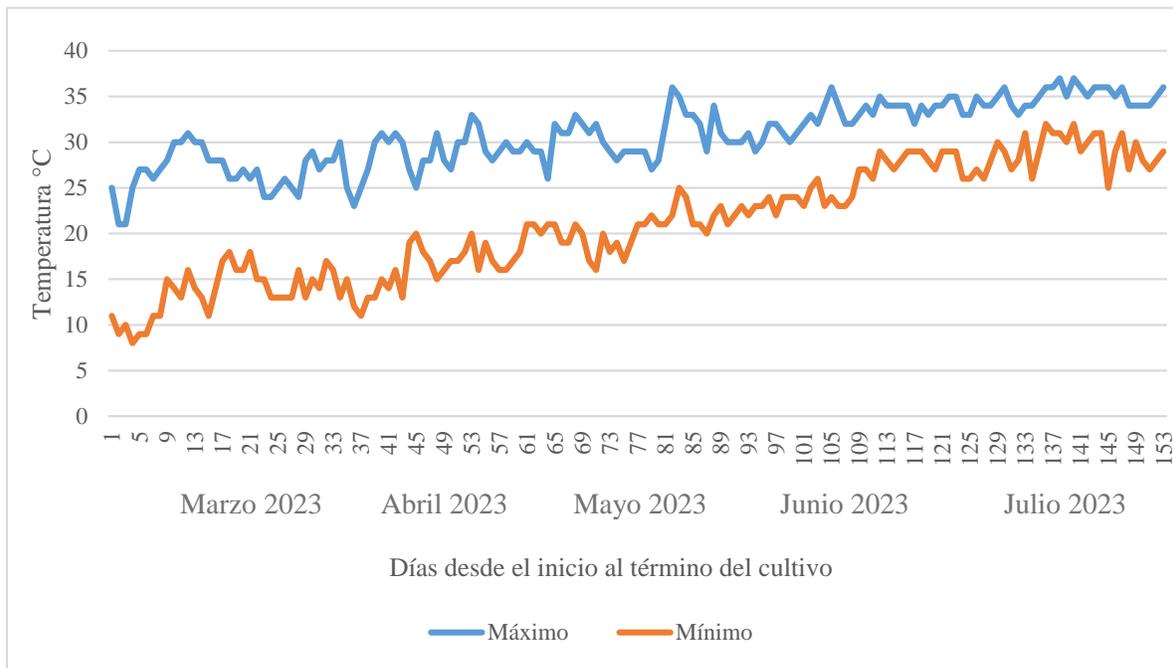
de maíz como entre ellas. Todos los estadios larvarios (L1 – L6) pudieron propagarse arrastrándose, siendo este el único mecanismo de dispersión para los estadios de L4 a L6. Mediante el arrastre, las larvas podían alcanzar todas las partes aéreas de las plantas de maíz, así como las plantas de maíz contiguas en las que se solapaban las hojas. El modo de vuelo en globo, fue utilizado principalmente por las larvas de etapas L1 a L3, y el número de estas larvas que utilizaron tal mecanismo, disminuyó con la edad. La interacción de la larva con el flujo de aire determinó en gran medida el vuelo en globo. La corriente de aire influyó en la dirección y la distancia del vuelo en globo de las larvas. Con una velocidad del flujo de aire de aproximadamente 0,05 m/s, las larvas de primer estadio podían desplazarse hasta 1.96 m de la planta bajo estudio, lo que indica que la propagación larvaria a larga distancia depende del mecanismo vuelo en globo.

Hoballah *et al.* (2004) Reportaron estudios de campo, sobre los enemigos naturales comunes del gusano cogollero, en una región productora de maíz en México. Recolectaron larvas en campos de maíz en Poza Rica, Veracruz, durante enero y febrero de 1999, 2000 y 2001. Las plantas de maíz se infestaron de manera natural por esta plaga, y con larvas criadas bajo condiciones de laboratorio. Diez especies de parasitoides surgieron de las larvas colectadas y ocho especies de depredadores que se sabe, se alimentan de larvas y huevos de gusano cogollero, fueron observados en las plantas. *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae) fue la especie parasitoide dominante. Para el caso de los depredadores, el coccinélido *Coleomegilla* sp. Y una especie de crisópido (Chrysopidae) sin identificar, tuvieron mayor predominancia en el control de gusano cogollero.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Localización de áreas de investigación

Se realizó un muestreo en tres zonas representativas productoras de maíz en Sinaloa. Una de ellas fue en el ejido Buenavista del municipio de Guasave, Sinaloa ubicado a una longitud de:  $-108.558^{\circ}$  una latitud de:  $25.473^{\circ}$  N y a una altitud de 10 m. El clima del lugar es semiárido con un promedio de precipitaciones de 400 mm y temperatura media anual de  $24^{\circ}\text{C}$  (INEGI 2010). El comportamiento diario de la temperatura máxima y mínima, que ocurrió desde el establecimiento del cultivo hasta la cosecha en el ejido Buenavista se muestra en la **figura 15**.

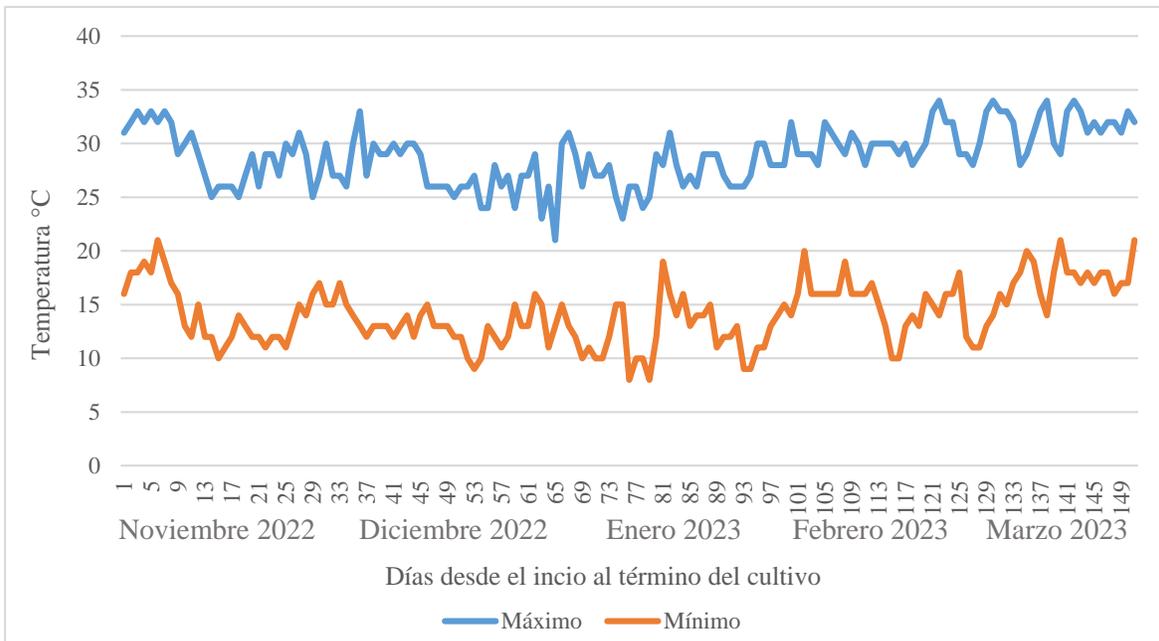


**Figura 15. Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en el Ejido Buenavista Guasave**

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se trabajó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizado en el kilómetro 17.5 de la carretera Culiacán-Eldorado, ubicado en la latitud  $24^{\circ}37'29''$  N, longitud  $-107^{\circ}26'36''$  y una altitud de 36 m. La temperatura media anual del área de estudio es de  $24.6^{\circ}\text{C}$  y precipitación promedio anual de 680 mm (López *et al.*, 2013). El comportamiento

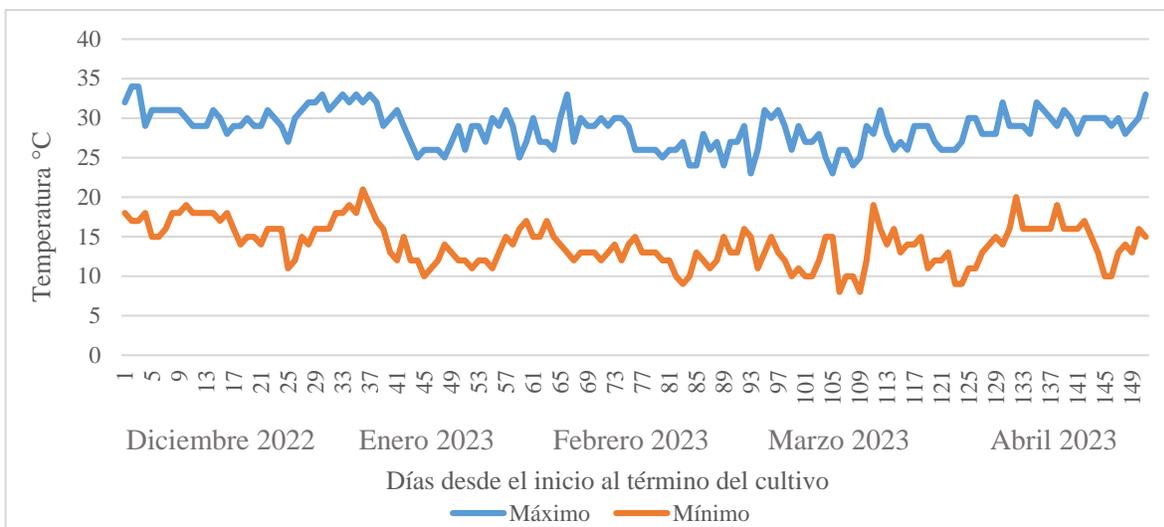
diario de la temperatura máxima y mínima, que ocurrió desde el establecimiento del cultivo hasta la cosecha en la Facultad de Agronomía se muestra en la **figura 16**.



**Figura 16. Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en Facultad de Agronomía**

Fuente: Elaboración propia

El tercer muestreo se realizó en el valle de Culiacán, en una unidad de producción ubicada a una latitud de 24°27'27.64'' N, longitud -107°16'1.45'' y una altitud de 40 m. El Clima de la región se describe como seco estepario, una temperatura media anual de 26.8 °C y una precipitación media anual de 525.8 mm (López-Urquidez *et al.*, 2021). El comportamiento diario de la temperatura máxima y mínima, que ocurrió desde el establecimiento del cultivo hasta la cosecha en el valle de Culiacán se muestra en la **figura 17**.



**Figura 17. Temperatura máxima y mínima durante el cultivo de maíz en el valle de Culiacán**

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Evaluación del canibalismo de gusano cogollero

Para evaluar el canibalismo del gusano cogollero, se realizó un experimento con un tratamiento y 12 repeticiones. Este se desarrolló bajo condiciones y en ambiente controlado en laboratorio con una temperatura constante de 25 °C y una humedad relativa de 70 %. Se recolectaron oviposturas de gusano cogollero, las cuales fueron confinadas en 12 contenedores de plástico (7 de 20x20x8 cm, 3 de 40x20x10 cm y 2 de 20x17x8 cm), con tapadera perforada y cubierta de malla (**Figura 18**). En los contenedores se introdujeron plántulas de maíz cada 2 días para la alimentación de las larvas emergentes. Las revisiones fueron constantes de cada contenedor contabilizando el número de larvas con relación al número de huevecillos. En esta situación se partió del supuesto que la disminución de la población fue causada por el canibalismo de gusano cogollero.



**Figura 18. Contenedores con oviposturas de gusano cogollero en laboratorio**

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, para cada contenedor se consideró una repetición y se construyó una tabla de esperanza de vida tipo cohorte, donde la edad fue cada una de las etapas de desarrollo del gusano cogollero desde la etapa de huevecillo hasta adulto, tomando en cuenta que en la etapa de larva se desarrollaron seis instares. El cálculo de los parámetros de la tabla de vida se realizó de acuerdo con Rossi *et al.* (2016), aplicando el siguiente procedimiento: número de gusanos entrando a cada etapa de su ciclo ( $n_x$ ); proporción de la cohorte original sobreviviendo al comienzo de cada etapa ( $l_x = n_x / n_0$ ); proporción de la cohorte original que muere durante cada estadio ( $d_x = n_x - n_{x+1}$ ); tasa de mortalidad ( $q_x = d_x / n_x$ ); potencia de la mortalidad ( $p_x = 1 - q_x$ ); promedio de vida en cada etapa ( $L_x = (n_x + n_{x+1})/2$ ); tiempo vivido ( $T_x = \sum nL_i$ ); y expectativa de vida ( $e_x = T_x / n_x$ ). El subíndice  $x$  corresponde a la cohorte o cantidad de huevecillos de gusano cogollero que se estudió por contenedor.

Con los datos de las tablas de vida se realizó un análisis estadístico mediante la aplicación de la prueba T de “Student” de una muestra con doce repeticiones para cada etapa de vida de del gusano cogollero, obteniendo el promedio de cada uno de ellos  $\pm$  su intervalo de confianza medido en etapas. En este caso se partió de la

hipótesis alternativa de que la media de cada etapa fenológica era diferente de 0 (cero). Para ello se utilizó el programa XLSTAT, versión 2022 3.1. (Addinsoft, 2023).

### 6.3 Trabajo a campo abierto bajo condiciones controladas

Se construyeron siete estructuras de madera tipo casa sombra, cubiertas con tela de organza (**Figura 19**), seis de ellas midieron 2.6 m de largo, ancho y base y una fue de una dimensión de 5.2 m de largo por 2.6 m de ancho y alto. Previo a su instalación, se procedió a la localización de oviposturas de gusano cogollero por medio de muestreo visual en plantas de maíz. Posteriormente, una vez localizada la ovipostura, se procedió a la instalación de las estructuras sobre ellas en los sitios correspondientes, con el fin de proteger la misma de factores bióticos y abióticos. Una vez instalada la estructura sobre la ovipostura, se eliminaron todos los insectos presentes dentro de la misma, tanto plagas como benéficos, para que estos, no afectaran lo que se buscó investigar. Dentro de estas, se midió la temperatura y humedad relativa diaria, mediante un registrador de temperatura y humedad de la marca Avaly, también se midió el desplazamiento de las larvas de gusano cogollero posterior a la eclosión, con la finalidad de medir el daño que estas provocaron en las plantas de maíz, el cual se calculó de acuerdo con la escala de Davis.



**Figura 19. Estructura tipo casa sombra**

Fuente: Elaboración propia

## 6.4 Trabajo a campo abierto

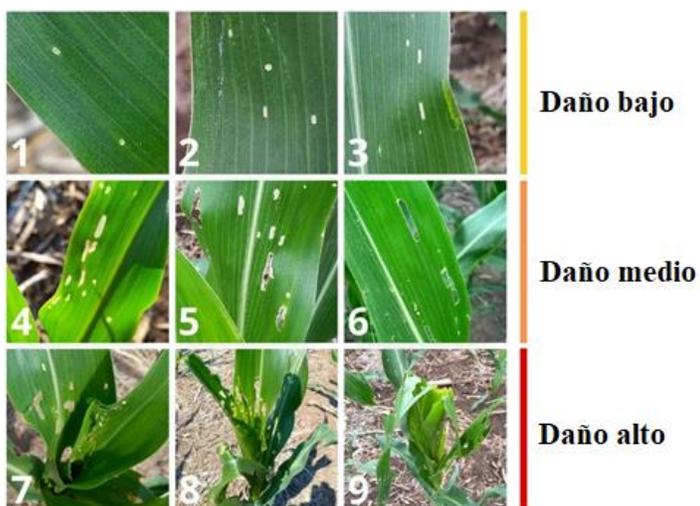
Para medir este parámetro, se realizó una revisión para localizar las plantas que tuvieran ovipositoras de gusano cogollero. Una vez ubicadas, se procedió a la colocación de estacas de madera tipo bandera (**Figura 20**), las cuales se revisaron periódicamente con la finalidad observar: a) la orientación del desplazamiento de las larvas posterior a la eclosión; b) la distancia del desplazamiento; c) así como también la sobrevivencia del mismo.



**Figura 20. Marcación de posturas en campo abierto**

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, mediante la escala de Davis (**Figura 21**), se midió el nivel de daño que este ocasionó en la planta de maíz. También se registró temperatura y humedad relativa con el uso del registrador Avaly.



**Figura 21. Escala de Davis para daño de gusano cogollero en maíz**

Fuente: Adaptado de Davis and Williams (1992).

Con los datos obtenidos, se realizaron análisis de regresión lineal, se evaluaron los siguientes patrones de comportamiento del gusano cogollero en campo abierto, tales: a), la distancia recorrida por las larvas; b) la cantidad de larvas sobrevivientes; c); d) la distancia recorrida por larvas; e) el porcentaje de sobrevivientes. Todos ellos con relación al número de huevecillos por postura. También se evaluó el rumbo que tomaron las larvas con respecto a la hoja donde se realizó la ovipostura. Para ello, se hizo un análisis de asociación elaborando una tabla de contingencia 2x2.

**Tabla de contingencia 2 \* 2**

	Norte planta	Sur planta
Orientación sur	a	b
Orientación norte	c	d

Donde:

a = Postura en planta fue hacia el norte, pero el desplazamiento larval fue hacia el sur.

b = Postura en planta fue hacia el sur, al igual que el desplazamiento larval.

c = Postura en planta fue hacia el norte, al igual que el desplazamiento larval.

d = Postura en planta fue hacia el sur, pero el desplazamiento larval fue hacia el norte.

Para analizar el nivel de asociación se aplicó la prueba de independencia  $\chi^2$ , mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

*f<sub>o</sub>*: frecuencia observada

*f<sub>e</sub>*: frecuencia esperada

## 6.5 Depredación

Se recolectó un aproximado de 17 466 huevecillos de gusano cogollero de un total de 115 posturas, las cuales se confinaron en 115 contenedores de plástico con tapa perforada (**Figura 22**) y se mantuvieron en el laboratorio de entomología de la Facultad de Agronomía, a una temperatura constante de 25 °C y humedad relativa de 70 %.



**Figura 22. Contenedores con posturas de gusano cogollero a nivel de laboratorio.**

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron combinaciones (**Cuadro 3**) entre las posturas y sus enemigos naturales, también se realizaron conteos de los huevecillos depredados durante 3 días, esto debido a que, en la gran mayoría de los contenedores los huevecillos eclosionaron al día cuatro.

### Cuadro 3. Enemigos naturales

Combinaciones de especies de depredadores
1 <i>Coleomegilla maculata</i> + 1 <i>Chrysoperla carnea</i> larva
2 <i>Coleomegilla maculata</i>
1 <i>Coleomegilla maculata</i> + 1 <i>Hippodamia convergens</i>
<i>Coleomegilla maculata</i>
1 <i>Coleomegilla maculata</i> + 1 <i>Chrysoperla carnea</i> adulto
<i>Chrysoperla carnea</i> larva
2 <i>Cycloneda Sanguinea</i>
2 <i>Chrysoperla carnea</i> larva
1 <i>Hippodamia convergens</i> + 1 <i>Chrysoperla carnea</i> adulto
<i>Chrysoperla carnea</i> adulto
1 <i>Cycloneda Sanguinea</i> + 1 <i>Coleomegilla maculata</i>
1 <i>Cycloneda Sanguinea</i> + 1 <i>Hippodamia convergens</i> + 1 <i>Chrysoperla carnea</i> adulto
1 <i>Cycloneda Sanguinea</i> + 1 <i>Hippodamia convergens</i>
<i>Cycloneda Sanguinea</i>
1 <i>Cycloneda Sanguinea</i> + 1 <i>Chrysoperla carnea</i> adulto
<i>Hippodamia convergens</i>
2 <i>Hippodamia convergens</i>

Para el cálculo de depredación se realizó un análisis de varianza, donde los resultados no presentaron una distribución normal, por lo que se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un  $\alpha = 0.05$  y las comparaciones múltiples se realizaron mediante la prueba de Dunn. para determinar si había diferencia entre las combinaciones de insectos.

Hipótesis:

H0:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$  no hay diferencias entre las medias de las k poblaciones.

HA: al menos difieren dos medias: existen diferencias entre las medias de la k poblaciones.

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{n} - 3(n+1)$$

Donde:

n: Número de la muestra.

r: Suma de rangos de elementos de todos los elementos de la muestra.

k: Número de muestras.

n: n1 +n2+n3.....+nk número total de observaciones.

También, se aplicó un análisis de regresión lineal con un intervalo de confianza de 95 % para cada combinación de insectos benéficos estudiada. Con ello se obtuvo el porcentaje de depredación de cada enemigo natural. El análisis de regresión lineal se dio a partir de una ecuación de la relación entre la variable independiente (tiempo en días) y la variable dependiente (cantidad de huevecillos consumidos por los depredadores). Esta ecuación tiene la siguiente forma:

$$Y = a + bX$$

Donde:

Y= valor de la variable dependiente

a= intercepción de la línea de regresión con el eje Y.

b= inclinación en la línea de regresión o pendiente de la recta.

X= valor de la variable independiente.

Para calcular los valores de **b** y **a** respectivamente, se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$b = \frac{(\Sigma XY) - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{(\Sigma X^2) - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

Para obtener el coeficiente de determinación  $R^2$  se aplicó la siguiente fórmula y se elevó al cuadrado:

$$R = \frac{(\Sigma XY) - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{\sqrt{\left[ (\Sigma X^2) - \frac{(\Sigma X)^2}{n} \right] * \left[ (\Sigma Y^2) - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} \right]}}$$

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Esperanza de vida de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio

Para obtener los resultados de cada contenedor se calculó una tabla de vida, donde se midió la duración de cada etapa del ciclo de vida del gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio. Se observó que el ciclo de vida duró en promedio de  $33.75 \pm 0.75$  días (**Cuadro 4**).

**Cuadro 4.** Duración de cada fase de *Spodoptera frugiperda*

<b>Etapa</b>	<b><math>\bar{X} \pm I.C.*</math></b>
Huevo	$2.17 \pm 0.25$
Instar I	$3.17 \pm 0.37$
Instar II	$2.42 \pm 0.33$
Instar III	$1.92 \pm 0.50$
Instar IV	$2.08 \pm 0.33$
Instar V	$2.17 \pm 0.25$
Instar VI	$3.83 \pm 0.37$
Pupa	$7.50 \pm 0.33$
Adulto	$8.50 \pm 0.33$
Ciclo de vida	$33.75 \pm 0.75$

*Prueba T* para una muestra ( $P \leq 0,05$ ) con un nivel de confianza del 95%

\*I.C. = intervalo de confianza

Los promedios de las 12 tablas de vida arrojadas bajo condiciones de laboratorio se muestran en el **Cuadro 5**. Donde en la columna  $n_x$ , (cantidad de larvas entrando a la siguiente etapa) solo llegaron a la etapa adulta un promedio de 2.67 larvas, lo que en porcentaje significa que solo el 1.43 % de larvas llegaron a la última etapa de su ciclo. En la columna  $e_x$  (Expectativa de vida) se observa que de la etapa L5 a la L6 hay un aumento de 1.58 a 1.60, esto debido a que en esta etapa las larvas sobrevivientes se alimentaron lo suficiente, lo que detuvo la competencia entre ellas, por lo que la expectativa de vida venía disminuyendo y al llegar a L5 hubo un leve aumento.

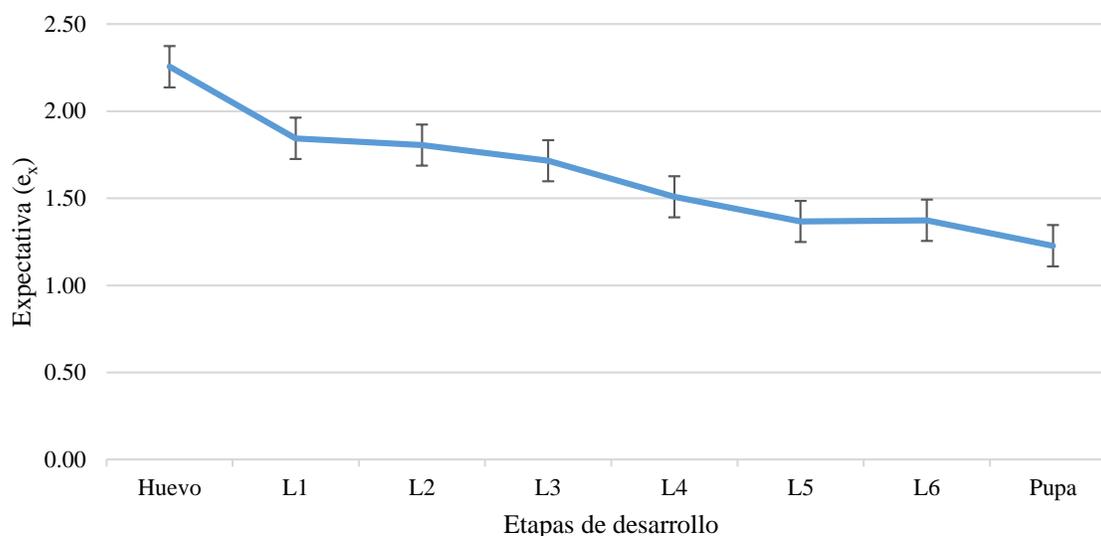
**Cuadro 5.** Promedios de las 12 tablas de vida bajo condiciones de laboratorio

Cohorte (X)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$p_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
Huevo	186.25	1.00	46.75	0.25	0.75	162.88	420.13	2.24
L1	139.50	0.75	58.17	0.42	0.58	110.42	257.25	1.80
L2	81.33	0.44	33.42	0.43	0.58	64.63	146.83	1.76
L3	47.92	0.25	18.92	0.44	0.56	38.46	82.21	1.66
L4	29.00	0.14	13.33	0.46	0.55	22.33	43.75	1.63
L5	15.67	0.08	8.42	0.49	0.51	11.46	21.42	1.58
L6	7.25	0.04	3.58	0.38	0.62	5.46	9.96	1.60
Pupa	3.67	0.02	1.00	0.22	0.78	3.17	4.50	1.28
Adulto*	2.67	0.02	2.67	1.00	0.00	1.33	1.33	0.50

\* 14 hembras y 18 machos

En la **Figura 23** se muestra la tendencia de la expectativa de vida, donde se puede observar que conforme avanzan los instares larvales del gusano cogollero, la expectativa baja, sin embargo, cuando se llega a la etapa L5, la expectativa se mantiene, probablemente debido a que en esta etapa las larvas sobrevivientes ya no compiten entre ellas.

Bajo condiciones de laboratorio, donde se tenía alimento para las larvas y no había enemigos naturales de gusano cogollero, conforme se avanzaba en la metamorfosis del insecto, disminuía el número de ejemplares. Esto sugiere que el canibalismo es un proceso ecológico que regula la población de gusano cogollero, como es el caso de otras especies de insectos (Fox, 1975 y Chapman *et al.*, 2000).

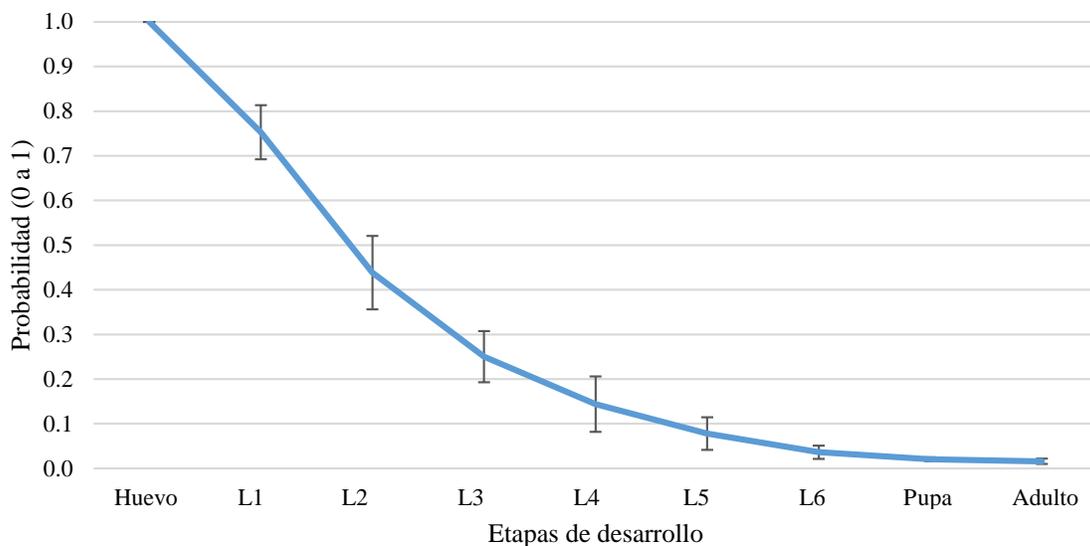


**Figura 23. Tendencia de la expectativa de vida del gusano cogollero en los 12 contenedores  $\pm$  error estándar**

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 24** se puede observar la tendencia para la probabilidad de supervivencia que tuvieron las larvas de gusano cogollero en los 12 contenedores bajo condiciones controladas desde el momento que eclosionaron. Se observa que la probabilidad más alta de supervivencia ocurre de huevecillo a L1. Esto podría indicar que las larvas caníbales prefieren larvas neonatas que a los huevecillos.

Las curvas de supervivencia, siguen la forma común que se da para los insectos (Tipo III). Esto significa el gusano cogollero tiene una alta mortalidad en las primeras etapas de su desarrollo.



**Figura 24. Tendencia de la probabilidad de vida del gusano cogollero en los 12 contenedores  $\pm$  error estándar**

Fuente: Elaboración propia

Bajo condiciones de laboratorio, la supervivencia de gusano cogollero en sus diferentes etapas de su metamorfosis, se ajusta al modelo de curva de supervivencia tipo III, en donde se observa un descenso pronunciado de la supervivencia, ajustándose al modelo de una jota invertida, el cual es común en los insectos, como se muestra en los trabajos de Macia *et al.*, (2016), Pérez *et al.*, (2015), Algarin *et al.*, (2008), Maharani *et al.*, (2021) y Russianzi *et al.*, (2021). En este caso se desprende que la causa de esta alta mortalidad es el canibalismo. Es decir, esta especie de insecto autorregula su población. Esto favorece a la evolución

de la especie pues los más fuertes eliminan a los más débiles, característica que se transmitirá de generación en generación (Kenneth, 1987).

## 7.2 Campo abierto bajo condiciones controladas

Con respecto a los resultados obtenidos de las siete estructuras tipo casa sombra posterior a la eclosión, se observó que las larvas no siguieron el patrón de orientación de la hoja donde se encontró la postura como se manifestó en campo abierto. En cuanto al desplazamiento de las larvas, no se percibió una propagación con alguna dirección en específico, diferente a la propagación en campo abierto, es decir, la larva llevó a cabo un desplazamiento de manera lineal pero también de manera lateral más frecuente que en campo abierto, esto pudiera ser debido a que las condiciones dentro de la estructura no son las condiciones propicias para un buen desarrollo de las plagas (temperatura, viento), así como de las plantas. En cuanto a las plantas, se observó un desarrollo normal de crecimiento, pero se encontró que en los frutos no hubo desarrollo adecuado por la deficiente polinización (**Figura 25**), debido a la temperatura y humedad, así como a la falta de corrientes de aire dentro de la estructura (Robayo-Avenidaño, 2014). En cuanto a larvas encontradas vivas dentro de las estructuras, el máximo de estas fue de 3 larvas variando de L4 a L6 observándose un daño menor en la escala de Davis, al daño común visto en campo abierto.



**Figura 25. Diferencia del fruto dentro y fuera de las estructuras respectivamente**

Fuente: Elaboración propia

Solamente en 0.28 estructuras, el gusano cogollero duplicó su ciclo de vida, ya que se logró encontrar la pupa de este (**Figura 26**) y, además, se observó el daño en la parte superior de la planta, cuando este insecto ataca al elote (**Figura 27**).



**Figura 26. Pupa encontrada dentro de la estructura**

Fuente: Elaboración propia

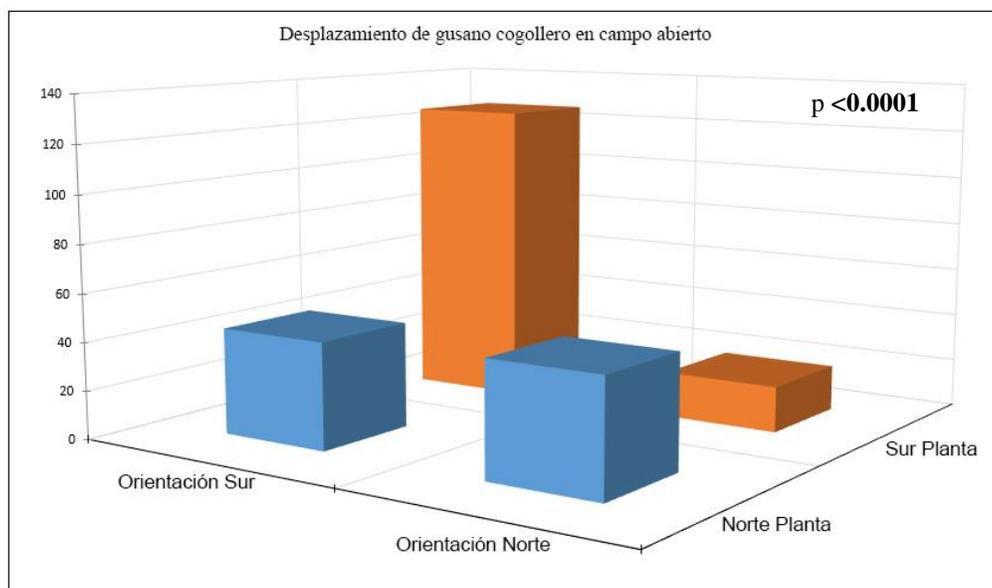


**Figura 27. Daño y presencia de cogollero en etapa reproductiva de maíz**

Fuente: Elaboración propia

### **7.3 Orientación y desplazamiento del gusano cogollero en condiciones de campo abierto**

Con los resultados obtenidos de las 35 posturas marcadas, al momento de la eclosión, generalmente las larvas siguieron la orientación de la hoja donde se encontraba la postura (**Figura 28**), probablemente de hacer más muestreos, pudiera existir un equilibrio en los resultados (Norte – Sur).



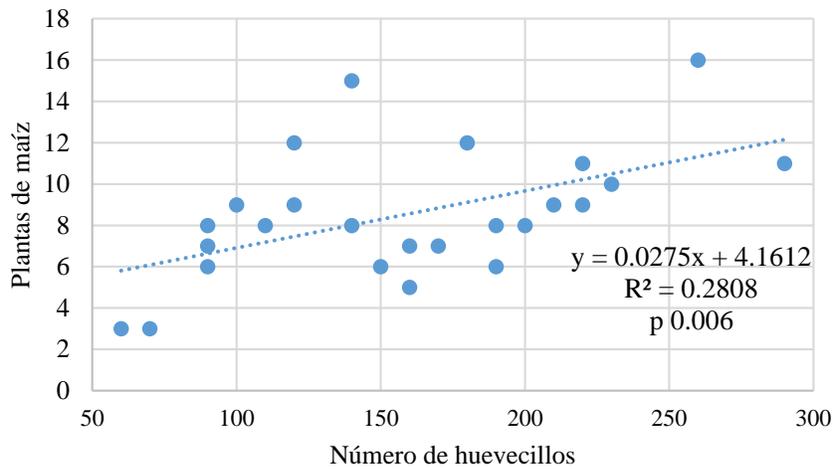
**Figura 28. Orientación de desplazamiento de las larvas de gusano cogollero posterior a la eclosión**

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior coincide con la investigación de Yong-Ping *et al.* (2023) quienes estudiaron la dispersión larval de gusano cogollero utilizando corrientes de aire en una sola dirección, este estudio fue realizado bajo condiciones controladas, pero demostró que mientras fluyan corrientes de aire, las larvas (L1 – L3) se dispersarán en una misma dirección mediante el mecanismo de vuelo de globo, y cuando las corrientes de aire son variables o no hay corrientes, la propagación parece no tener una dirección en específico (Estructuras de madera tipo casa sombra). Además, mediante imágenes de satélite, se logró observar que, en la zona de estudio, el sentido del viento en la mayor parte del año fluye de norte a sur (windfinder.com), lo que pudiera explicar la orientación del desplazamiento en la figura anterior **(Figura 28)**.

Para determinar la distancia recorrida por las larvas entre las plantas de maíz, se realizó un análisis de regresión con relación al número de plantas de maíz con el número de huevecillos por postura, el resultado indicó a mayor cantidad de huevecillos por postura, la larva avanzó a distancias mayores, es decir, por cada huevecillo que se incrementó en la postura, la larva avanzó 0.03 plantas, o bien, por

cada 100 huevecillos la larva avanzó 3 plantas más, como se indica en la **Figura 29**.



**Figura 29. Distancia recorrida por las larvas con respecto al número de huevecillos por postura**

Fuente: Elaboración propia

También se observó que en la mayoría de las plantas donde se encontró la ovipostura, esta no estaba dañada por gusano cogollero, sino que este iniciaba a la segunda o tercera planta siguiendo el patrón lineal de donde se encontraba la postura, y no siempre el daño ocurría entre plantas continuas.

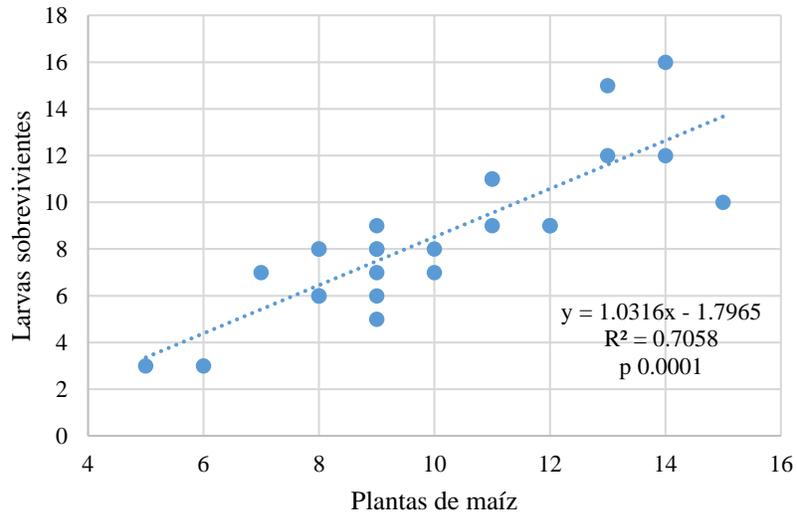
En cuanto al nivel de daño ocasionado por la larva, se observó que este iba en aumento (**Figura 30**) conforme la larva se alejaba de la planta donde se encontró la postura.



**Figura 30. Daño en aumento en plantas de maíz con referencia a la postura encontrada**

Fuente: Elaboración propia

Para el estudio de la distancia que recorrieron las larvas sobrevivientes, en el análisis de regresión se tomó en cuenta el número de larvas sobrevivientes con respecto al número de plantas de maíz que estas recorrieron, resultando que por cada larva que sobrevivió, se avanzó una planta más, como se indica en la **Figura 31**.



**Figura 31. Distancia recorrida por larvas en relación al número de huevecillos por postura**

Fuente: Elaboración propia

#### 7.4 Sobrevivencia de gusano cogollero en condiciones de campo abierto

Se observaron las plantas dañadas para determinar el número de larvas encontradas vivas, donde se notó que el instar larval de los sobrevivientes era de L4 a L6 (**Figura 32**) dentro del cogollo o sobre la planta, y con ello, determinar su esperanza de vida.

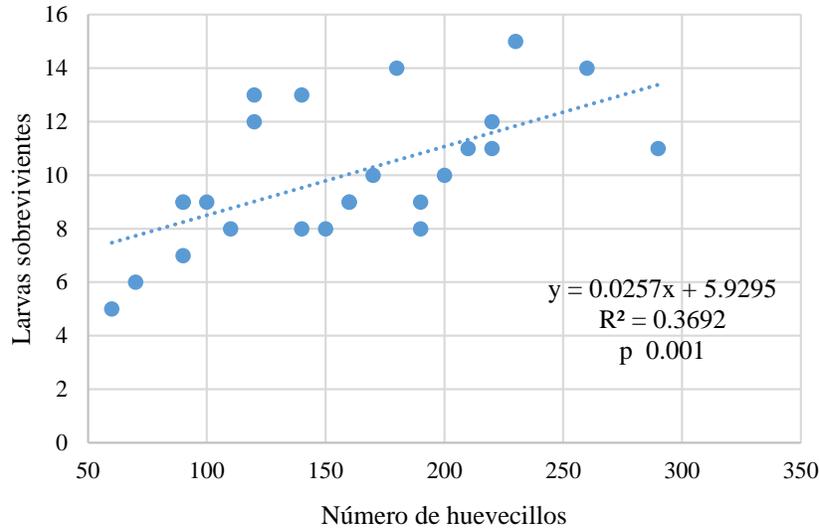


**Figura 32. Larvas sobrevivientes en campo abierto**

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la cantidad de larvas sobrevivientes, se realizó otro análisis de regresión con relación al número de larvas sobrevivientes con el número de

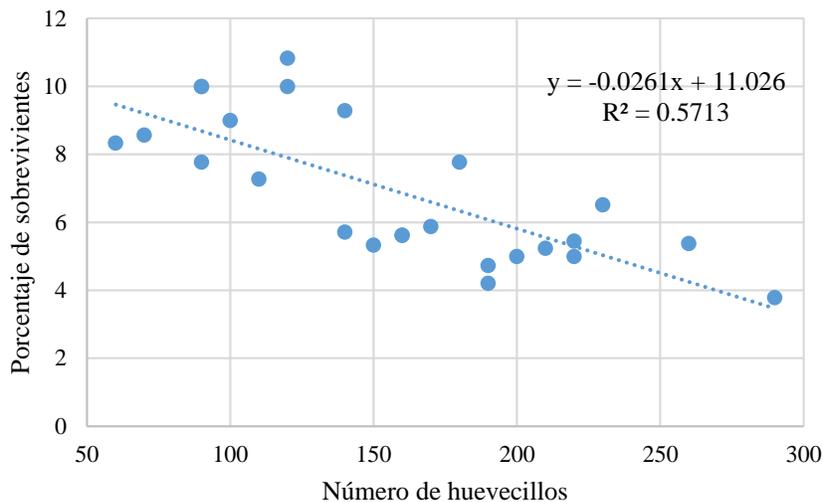
huevecillos por postura, el resultado de este análisis mostró que por cada huevecillo más en la postura, la cantidad de larvas que sobreviven fue de 0.3, como se observa en la **Figura 33**.



**Figura 33. Cantidad de larvas sobrevivientes en relación al número de huevecillos por postura**

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realizó un análisis de regresión, donde se calculó el porcentaje de sobrevivientes con respecto a la cantidad de huevecillos por postura, resultando que entre más huevecillos hubo por postura, el porcentaje de muerte fue mayor, es decir, la probabilidad de llegar a larva fue menor, como se indica en la **Figura 34**.



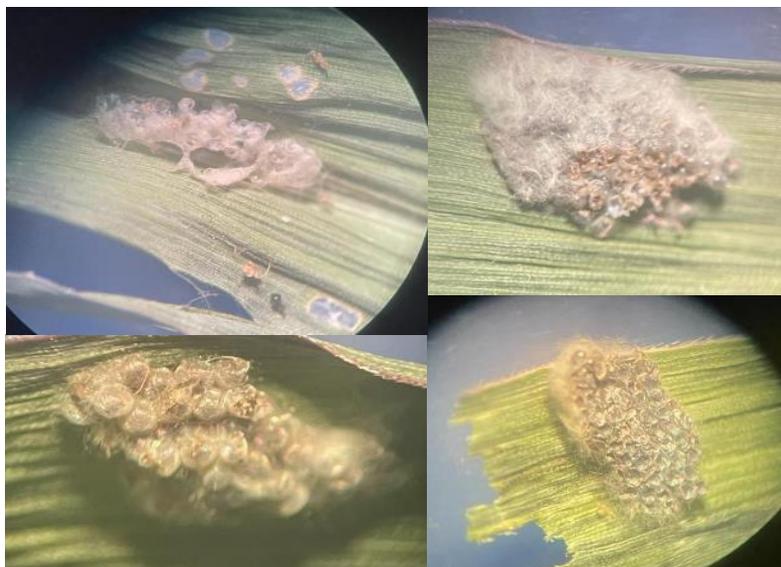
**Figura 34. Porcentaje de sobrevivientes en relación al número de huevecillos por postura**

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de supervivencia en esta investigación coincide con los resultados de Pannuti *et al.* (2015), quienes observaron al momento de la recuperación larvaria general en todos sus experimentos, un porcentaje bajo de larvas supervivientes. Desde el primero hasta el último de sus muestreos realizados, el porcentaje de las larvas supervivientes fue inferior al 10 %. La causa de la alta mortalidad larval puede tener muchas variaciones, en gran parte debido al pequeño tamaño de los primeros instares, como también por la intervención de enemigos naturales del gusano cogollero y la exposición a altas y bajas temperaturas, considerados todos los anteriores, como los factores más importantes en la mortalidad sobre todo para los primeros instares (Zalucki *et al.*, 2002).

### **7.5 Combinación de depredadores para el control de gusano cogollero bajo condiciones de laboratorio**

Con el fin de estimar qué combinación de enemigos naturales causó mayor depredación en gusano cogollero, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis a los 17 tratamientos (combinaciones) de enemigos naturales con los datos obtenidos de los conteos realizados durante 3 días, el conteo fue de los huevecillos depredados (**Figura 35**).



**Figura 35. Daño provocado por depredadores**

Fuente: Elaboración propia

Las combinaciones y los resultados se muestran a continuación (**Cuadro 6**). Con los resultados obtenidos con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se observó que, 1 *C. maculata* + 1 *Chrysoperla carnea* larva fue la combinación que obtuvo mayor depredación. En el resto de los tratamientos también se observó que hubo depredación. Destaca que *C. maculata*, se encuentra entre los mayores depredadores, al ocupar los primeros lugares del Cuadro 5.

**Cuadro 6.** Resultados de la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis a las 17 combinaciones

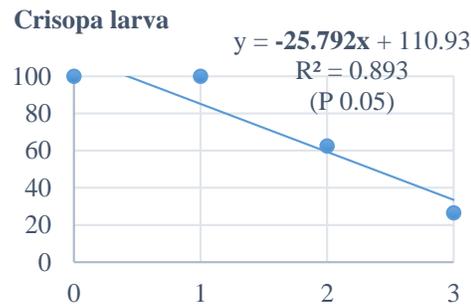
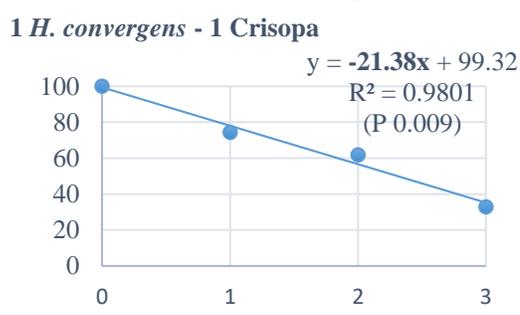
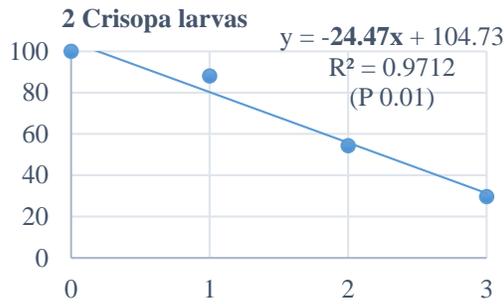
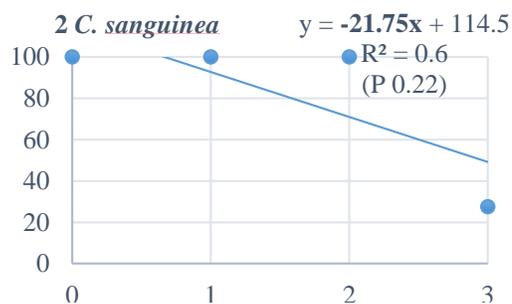
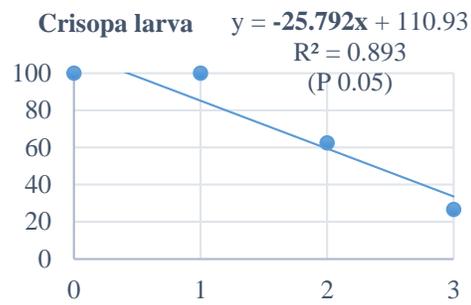
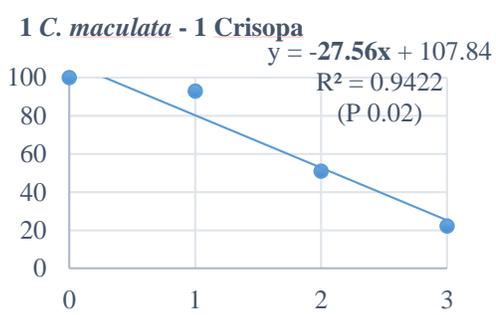
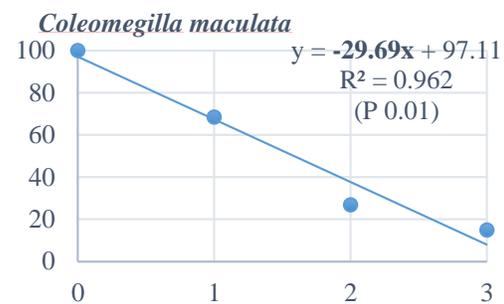
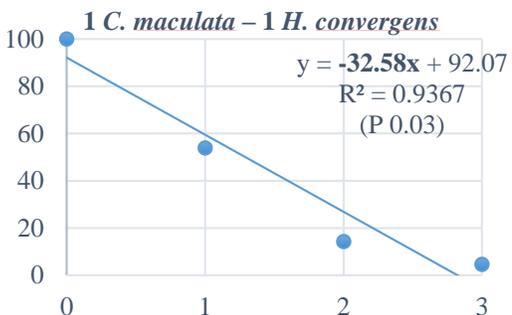
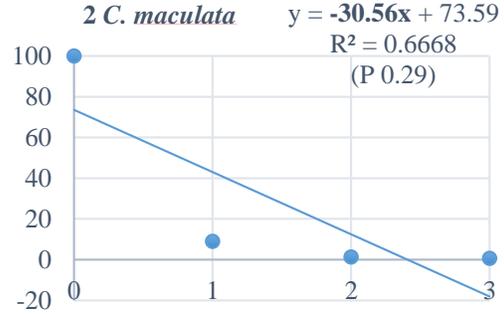
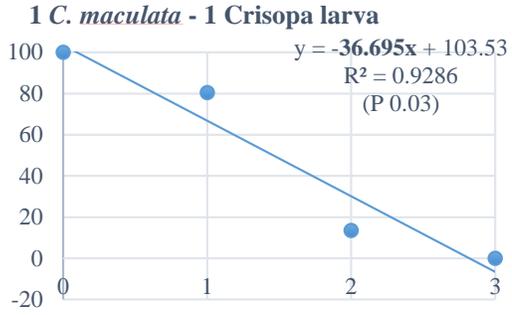
Combinación	Frecuencia	Suma de rangos	Media de rangos	Grupos
1 <i>C. maculata</i> - 1 <i>C. carnea</i> larva	18	306.00	17.00	A
2 <i>C. maculata</i>	18	666.00	37.00	A B
1 <i>C. maculata</i> - 1 <i>H. convergens</i>	18	960.00	53.33	A B C
<i>C. maculata</i>	18	1468.00	81.55	A B C D
1 <i>C. maculata</i> - 1 <i>C. carnea</i> adulto	18	1799.00	99.94	A B C D E
<i>C. carnea</i> larva	18	2089.00	116.05	A B C D E F
2 <i>C. Sanguinea</i>	18	2394.00	133.00	B C D E F G
2 <i>C. carnea</i> larva	18	2727.00	151.50	C D E F G
1 <i>H. convergens</i> - 1 <i>C. carnea</i> adulto	18	3088.00	171.55	D E F G H
<i>C. carnea</i> adulto	18	3110.00	172.77	D E F G H
1 <i>C. Sanguinea</i> - 1 <i>C. maculata</i>	18	3246.00	180.33	D E F G H
1 <i>C. Sanguinea</i> - 1 <i>H. convergens</i> - 1 <i>C. carnea</i> adulto	18	3557.50	197.63	E F G H
1 <i>C. Sanguinea</i> - 1 <i>H. convergens</i>	18	3703.00	205.72	F G H
<i>C. Sanguinea</i>	18	4179.00	232.16	G H
1 <i>C. Sanguinea</i> - 1 <i>C. carnea</i> adulto	18	4235.50	235.30	G H
<i>H. convergens</i>	18	4665.50	259.19	H
2 <i>H. convergens</i>	18	4777.50	265.41	H

Muestras (combinaciones) que no comparten una letra son significativamente diferentes.

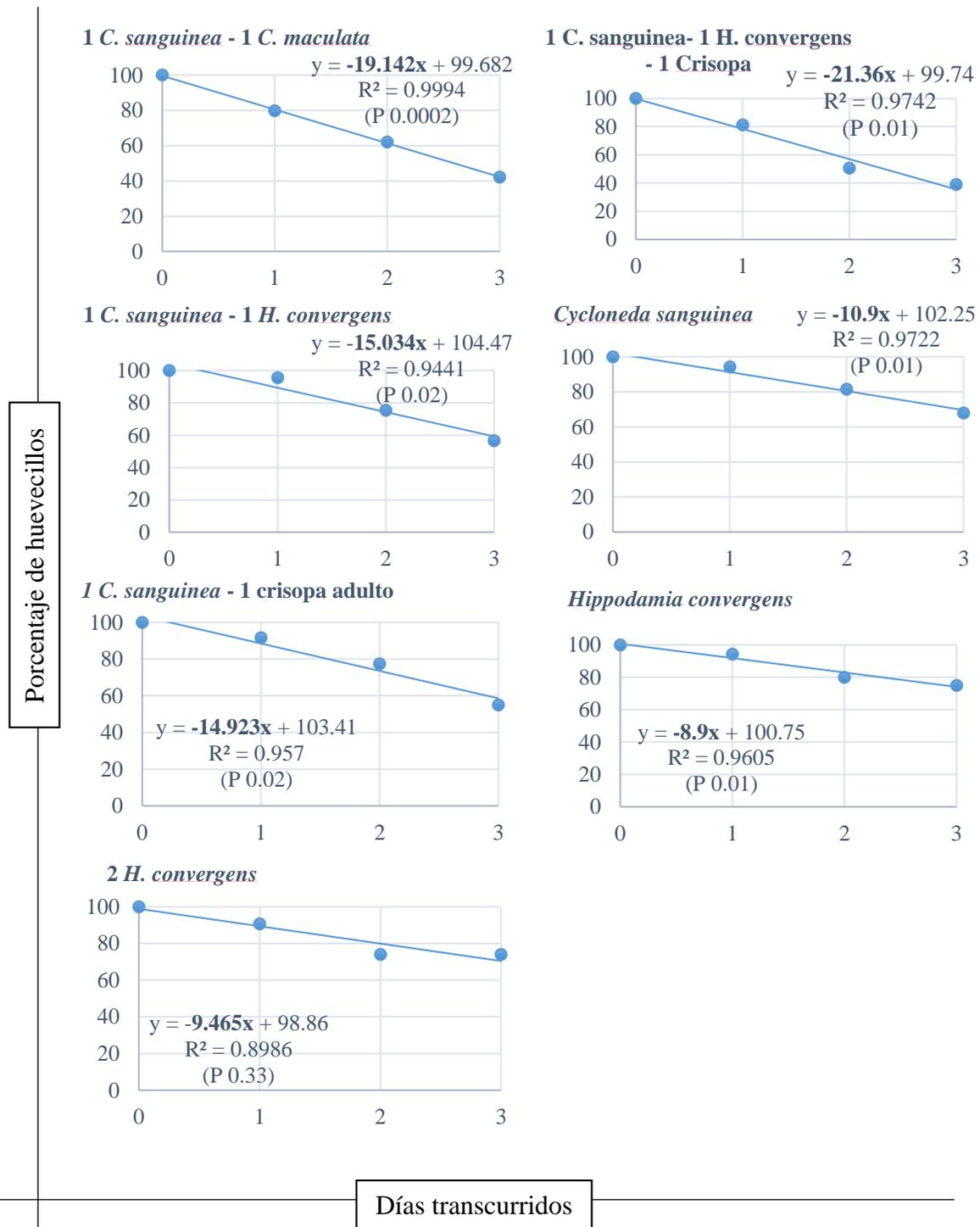
Por otra parte, con los datos de depredación obtenidos, se aplicó un análisis de regresión lineal a cada combinación, para observar el porcentaje de depredación conforme transcurrieron los días, este porcentaje es el primer dato mostrado en la ecuación de regresión de cada análisis. Los resultados se presentan a continuación (**Figura 36**) en el orden que fueron arrojados por la prueba de Kruskal-Wallis mostrados anteriormente.

Se observa que las mejores combinaciones consumen 36 huevecillos por día fue *Coleomegilla maculata* + *Crisopa* larva, mientras que la que menos consumió fue *Hipodamia convergens*, con 9 huevecillos diarios.

Porcentaje de huevecillos



Días transcurridos



**Figura 36. Aplicación de análisis de regresión a cada combinación de depredadores**

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior muestra que las especies de enemigos naturales de gusano cogollero evaluados presentan algún nivel de depredación de huevecillos. Aunque la mejor

combinación fue 1 *Coleomegilla maculata* + 1 *Crisopa* larva. Lo que coincide con los resultados de Hoballah *et al.* (2004), quienes reportaron en un estudio de campo, de entre 8 especies de depredadores de gusano cogollero, *Coleomegilla maculata* y una especie de crisópido (Chrysopidae) tuvieron mayor predominancia en ataque a gusano cogollero. Por lo tanto, se puede decir que las especies de depredador evaluadas en este estudio pudieran ser consideradas dentro de un plan de control biológico. Para ello, de acuerdo con Evans (2016), se puede introducir uno o varios enemigos naturales de la plaga a controlar. Por su parte Bale, Lenteren y Bigler (2008) plantean el control biológico por conservación, el cual consiste en generar las condiciones adecuadas para el desarrollo de los enemigos naturales, que ya se encuentran en el agroecosistema. Este procedimiento puede ser una alternativa, utilizando a las especies aquí estudiadas y que mostraron algún nivel de conservación.

## VIII. CONCLUSIONES

1. La curva de sobrevivencia de gusano cogollero se apega al modelo de curva de sobrevivencia tipo III, teniendo alta mortalidad en las primeras etapas de desarrollo. Esto es causado por el canibalismo que se presenta en esta especie.
2. La tendencia a la disminución de la esperanza de vida del gusano cogollero bajo condiciones controladas, se detuvo en la etapa larval L5, debido a que ya no se presentó el canibalismo.
3. El viento es un factor que influye en la orientación y la distancia de desplazamiento de las larvas de gusano cogollero con respecto a la ovipostura.
4. Existe una relación positiva directa entre la cantidad de huevecillos por ovipostura y la distancia a la que se manifiesta el daño causado por gusano cogollero.
5. A mayor cantidad de huevecillos por ovipostura, aumenta el número de sobrevivientes.

6. Entre mayor es la cantidad de huevecillos por postura, el porcentaje de muerte de gusano cogollero es más alto.
7. La mejor combinación de depredación para el control de gusano cogollero fue *Coleomegilla maculata* y *Chrysoperla carnea* en estado larval, observándose en todas las repeticiones un porcentaje de depredación mayor del 90 % en los huevecillos. El resto de insectos benéficos (*Cycloneda sanguínea*, *Hippodamia convergens* y *Chrysoperla carnea* en estado adulto) tuvieron un porcentaje bajo de depredación en condiciones de laboratorio y en campo abierto se observó otra preferencia de alimento de estas.

## IX. RECOMENDACIONES

En la generación de estrategias de control sustentable de gusano cogollero, se debe tomar en cuenta que la mayor parte de la población de esta plaga se autorregula en las primeras etapas de su desarrollo, debido al canibalismo. Junto con ello se puede evaluar las estrategias de control biológico, introduciendo una o todas las especies depredadoras evaluadas en esta investigación. También profundizar en el conocimiento del hábitat de estas especies evaluadas para generar las condiciones adecuadas que permitan su óptimo desarrollo.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, Rosa (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales, 30(2),113-120. ISSN: 0258-5936 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215047017>
- Addinsoft, (2023). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York. USA. <https://www.xlstat.com/es>
- Algarin, Claudia Milena, Marin, Mario Alejandro, Uribe, Sandra, & L. Freitas, Andre V. (2008). Tabla de vida de *Pseudodirphia pallida* (Lepidoptera: Saturniidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 116-120
- Altamirano, J. E., Franco, R., & Bovi Miltre, M. G. (2004). "Modelo epidemiológico para el diagnóstico de intoxicación aguda por plaguicidas." *Revista de Toxicología*, 21(2-3), 98-102. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91921307>
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios ASERCA (2018). *¿Conoces el origen del maíz?*
- Aranda, Susana G.; Silvia P. Córdoba; Francisco R. Sánchez (2016). Catálogo de los Tipos Primarios de Coleoptera depositados en la Colección Entomológica del Instituto – Fundación Miguel Lillo. *Acta zoológica lilloana* 60 (1): 10-46.
- Arribalzaga, Eduardo B. (2007). Interpretación de las curvas de supervivencia. *Revista chilena de cirugía*, 59(1), 75-83. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-40262007000100013>
- Ayala, R. O.; Navarro, F. and Virla, E. G. (2013). Evaluation of the attack rates and level of damages by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), affecting corn crops in the northeast of Argentina. *Rev. Fac. Cienc. Agr.* 45(2):1-12.
- Bajracharya, A. S. R., Bhat, B., Sharma, P., Shashank, P. R., Meshram, N. M., Hashmi, T. R. (2019). First record of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) from Nepal. *Indian J. Entomol.* 81 (4), 635-639. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8172.2019.00137.8>
- Bale, J., Masters, G., Hodkinson, I., Awmack, C., Bezemer, M., Brown, V., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J., Farrar, J., Good, J., Harrington, R., Hartley, S., Hefin, T., Lindroth, R., Press, M., Symrnioudis, I., Watt, A. & Whittaker, J. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8, 1-16.
- Bale, J. S., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363(1492), 761-776. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>
- Bhavani B, Chandra Sekhar V, Kishore Varma P, Bharatha Lakshmi M, Jamuna P, Swapna B. (2019). Morphological and molecular identification of an invasive insect pest, fall army worm, *Spodoptera frugiperda* occurring on sugarcane in Andhra Pradesh, India. *J Entomol Zool Stud*;7(4):12-18.

- Barranco Vega, Pablo (2003). Dípteros de interés agronómico. Agromicidas plaga de cultivos hortícolas intensivos. ARACNET 11 - Bol. S.E.A., nº 33: 293-307.
- Bautista MN, Morales GO. (2016). El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Una plaga de importancia. Agrosíntesis. En línea: <http://agrosintesis.com/una-plaga-de-granimportancia>.
- Begon, Michael (2006). Ecology: from individuals to ecosystems / Michael Begon, Colin R. Townsend, John L. Harper. — 4th ed. 759 p.
- Carballo, M. (2002). Manejo de insectos mediante parasitoides. En: Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo integrado de plagas y agroecología. Costa Rica. 66, 118-122
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E. y Gastaminza, G. (2010). Revisión de hospederos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina, 69: 209–231.
- Castañeda, Pedro (1990). El maíz y su cultivo. Primera edición. México. A.G.T Editor ISBN: 968-463-052-2
- Centro Nacional de Reserva Fitosanitaria CNRF (2021). Ficha Técnica: Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Disponible en:[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano\\_cogollero\\_en\\_ma\\_z\\_y\\_arroz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf).
- Chapman, J., Williams, T., Martínez, A. (2000). Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) reduce the risk of predation? *Behav Ecol Sociobiol* 48, 321–327. <https://doi.org/10.1007/s002650000237>
- Chen, Wen-Hua, Brandon Itza, Lekhnath Kafle, and Tsui-Ying Chang (2023). "Life Table Study of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae) on Three Host Plants under Laboratory Conditions" *Insects* 14, no. 4: 329. <https://doi.org/10.3390/insects14040329>
- Chen, Yi-Chai, De-Fei Chen, Mao-Fa Yang, and Jian-Feng Liu (2022). "The Effect of Temperatures and Hosts on the Life Cycle of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)" *Insects* 13, no. 2: 211. <https://doi.org/10.3390/insects13020211>
- Chulze, Sofia Noemí (2023). Agentes de control biológico de origen microbiano para reducir el impacto de hongos patógenos y toxicogénicos. Revista Argentina de Microbiología, Volume 55, Issue 1. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.02.001>.
- Contreras-Ramos, Atilano; Rosas María V. (2014). Biodiversidad de Neuroptera en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Volume 85, Supplement 1, Pages 264-270, ISSN 1870-3453, <https://doi.org/10.7550/rmb.32677>
- Cortez-Mondaca, E. (2008). Recomendaciones para el manejo de las principales plagas insectiles del maíz en el Norte de Sinaloa. En: Jornada de manejo sustentable del cultivo de maíz. Memoria de capacitación. Fundación Produce Durango. 41-51 pp.

- Cortez-Mondaca, E., J. R. Camacho-Báez., J. L. Meza-García., J. I. Valenzuela-Hernández y J. Ramírez Bojórquez (2008). En: Jornada de manejo sustentable del cultivo de maíz. Memoria de capacitación. Fundación Produce Durango. Entomofauna benéfica e insecticidas biorracionales en maíz. 53-65 pp.
- Cortez-Mondaca, E. (2014). Manejo integrado de insectos plaga del maíz. Primera edición: Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014. 24p
- Dowdeswell, W. H. (1966). Ecología animal. Editorial Alhambra S. A. Madrid, España. 221p.
- Duarte Gómez, William; Zenner de Polanía Ingeborg (2009). Tabla de Vida del Cucarrón Depredador *Eriopis connexa connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 12 (2): 147-155
- Early, R., González-Moreno, P., Murphy, S. & Day, R. (2018). Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm. NeoBiota, 40, 25-50.
- EFSA (European Food Safety Authority), Delbianco A, Kinkar M, Vos S, (2020). Pest survey card on *Spodoptera frugiperda*. EFSA supporting publication. EN-1895. 29 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2020.EN-1895
- EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Jeger M, Bragard C, Caffier D, Candresse T, Chatzivassiliou E, Dehnen-Schmutz K, Gilioli G, Gregoire J-C, Jaques Miret JA, Navarro MN, Niere B, Parnell S, Potting R, Rafoss T, Rossi V, Urek G, Van Bruggen A, Van der Werf W, West J, Winter S, Gardi C, Aukhojee M and MacLeod A, (2017). Scientific Opinion on the pest categorization of *Spodoptera frugiperda*. EFSA Journal 2017;15(7):4927, 32 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4927>
- Evans, E. W. (2016). Biodiversity, ecosystem functioning, and classical biological control. Appl. Entomol Zool. 51:173-184. DOI 10.1007/s13355-016-0401-z
- FAO (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Disponible: <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm#toc>.
- FAO (2017). Ciclo biológico del gusano cogollero en América Latina. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7424s.pdf>.
- FAO (2020). The Global Action for Fall Armyworm Control: Action framework 2020–2022. Working together to tame the global threat – Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9252en>
- Fox L.R. (1975). Cannibalism in natural populations. Annu Rev Ecol Syst 6:87-106
- García-Gutiérrez, Cipriano, & González-Maldonado, María Berenice, & Cortez- Mondaca, Edgardo (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Ra Ximhai, 8(3b),57-70. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177007>

- García-Gutiérrez, Cipriano, & Rodríguez-Meza, Guadalupe Durga (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3b),1-10. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177005>
- Garza González, B. I., & Cervantes Hernández, P. (2015). "Información Científica y Tecnológica Tendencia histórica del uso de plaguicidas en la producción agrícola de México." *Ciencia y Mar*, 9(57), 67–74.
- González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N. y Chaírez-Hernández, I. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 41(2):200-204.
- Greco, Nancy Mabel; Rocca, Margarita (2020). Control biológico de plagas en horticultura: experiencias argentinas de las últimas tres décadas; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2020); 33-74.
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- Hernández-Trejo, A., Osorio-Hernández, E., López-Santillán, J. A., Ríos-Velasco, C., Varela-Fuentes, S. E., & Rodríguez-Herrera, Y. R. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*, 11(1), 9-14.
- Hernández-Velázquez, V. Manuel, Cervantes Espíndola, Zito, Villalobos, Francisco J., García, Laura Lina, & Peña Chora, Guadalupe. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 591-599. Disponible: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372011000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000300007&lng=es&tlng=es).
- Hoballah, Maria & Degen, Thomas & Bergvinson, David & Savidan, Anita & Tamò, Cristina & Turlings, Ted. (2004). Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forestry Entomology*. 6. 10.1111/j.1461-9555.2004.00207.x.
- Huang L-L, Xue F-S, Chen C. (2021). Effects of temperature on life-history traits of the newly invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in Southeast China. *Ecol Evol*; 11:5255–5264. <https://doi.org/10.1002/ece3.7413>
- INEGI (2010). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Guasave, Sinaloa. Clave geoestadística 25011 Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/25/25011.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/25/25011.pdf).
- Jason W. Chapman and others (1999). Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, *Behavioral Ecology*, Volume 10, Issue 3, May 1999, Pages 298–303, <https://doi.org/10.1093/beheco/10.3.298>

- Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. (2009). Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F. ISBN: 978-607-02-0684-9
- Kenneth, Raffa. (1987). Effect of Host Plant on Cannibalism Rates by Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *Environmental Entomology*. 16. 672-675. 10.1093/ee/16.3.672.
- Kenis, Marc; Benelli, Giovanni; Biondi, Antonio; Calatayud, Paul-André; Day, Roger; Desneux, Nicolas; Harrison, Rhett D; Kriticos, Darren; Rwomushana, Ivan; van den Berg, Johnnie; Verheggen, François; Zhang, Yong-Jun; Agboyi, Lakpo Koku; Ahissou, Régis Besmer; Ba, Malick N; Wu, Kongming (2023). Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis* Volume 43 Number 2, p. 187–241. Doi: 10.1127/entomologia/2022/1659
- Jesus, Luis (2005). Manual del cultivo de maíz. Una guía paso a paso. México. Editorial Trillas. 80p ISBN: 968-24-7219-9
- Li-Mei He, Qiu-Lin Wu, Xi-Wu Gao, Kong-Ming Wu. (2021). Population life tables for the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* fed on major oil crops planted in China, *Journal of Integrative Agriculture*, Volume 20, Issue 3, Pages 745-754, ISSN 2095-3119. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63274-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63274-9).
- Li, Y.-P.; Yao, S.-Y.; Feng, D.; Haack, R.A.; Yang, Y.; Hou, J.-L.; Ye, H. (2023) Dispersal Behavior Characters of *Spodoptera frugiperda* Larvae. *Insects*, 14, 488. <https://doi.org/10.3390/insects14060488>
- López A. Jesús Enrique; González M. José Jesús; Ramón Lizárraga J.; Díaz V. Tomás; Partida R. Leopoldo; Armenta A. José Oscar (2013). Temperatura del Agua y su Efecto en el Funcionamiento Hidráulico de Cuatro Modelos de Goteros. *Revista de Ciencias Agrícolas* 30(2): 94 - 108.
- López-Urquídez, Guadalupe Alfonso, Cordero-Armenta, Juan Carlos, Martínez-Campos, Ángel Roberto, Edeza-Urías, Jorge Alberto, Tirado-Ramírez, Martín Abraham, & López-Orona, Carlos Alfonso. (2021). Efecto de la oscilación térmica en la calidad y rendimiento de cebolla blanca en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 671-684. Epub 21 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2678>
- Maharani, Yani & Puspitaningrum, Dhita & Istifadah, Noor & Hidayat, Syarif & Ismail, Ade. (2021). Biology and Life Table of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize And Rice. 26. 161-174.
- Morláns, C., & María, B. (2014). Introducción a la ecología de poblaciones. Recuperado de: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/012-poblacion.pdf>
- Morrill, W.L., & Greene, G.L. (1973). Distribution of Fall Armyworm Larvae. 1. Regions of Field Corn Plants Infested by Larvae. *Environmental Entomology*, 2, 195-198.

- Murúa, Gabriela, & Virla, Eduardo. (2004). Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). *Acta zoológica mexicana*, 20(1), 199-210. Recuperado: de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S006517372004000100015&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S006517372004000100015&lng=es&tlng=en).
- Nandita Paul and Sonali Deole. (2020). Biology of Fall Army Worm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize Crop at Raipur (Chhattisgarh). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 9(09): 1732-1738. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.215>
- Ortega A. (1987) Tablas de mortalidad. Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE) San José Costa Rica. 198 p.
- Ortigoza Guerreño, Javier; Lopez Talavera, Carlos; Gonzalez Villalba Jorge Daniel. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. San Lorenzo, Paraguay: FCA, UNA, 2019. 48 p. ISBN 978-99967-940-5-6
- Pacheco-Chaves, B. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. En: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 49 pág.
- Pannuti, L. E.R.; Baldin, E. L.L.; Hunt, Thomas E.; and Paula-Moraes, Silvana L. (2015), On-Plant Larval Movement and Feeding Behavior of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on Reproductive Corn Stages. *Faculty Publications: Department of Entomology*. 428. <http://digitalcommons.unl.edu/entomologyfacpub/428>
- Parsons B. David (2008). Maíz. Tercera edición. México, editorial Trillas. SEP Manuales para educación agropecuaria. Producción vegetal #10. 72p ISBN: 978-968-24-8101-7
- Pérez, Juan Carlos, Ramírez, Susana, & Suris, Moraima. (2015). Tabla de vida de *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae) sobre garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 30(1), 14-18.
- Polis G.A. (1981). The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annu Rev Ecol Syst* 12:225-251
- Polo-Urrea, Claudia S. (2009). Resumen de fórmulas para la construcción de tablas de vida. Life table formulae summary. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. ISSN: 1900-4699, Volumen 5, Número 1, Páginas 194-197.
- Ramírez-Cabral N. y Mena C. J. (2019). Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) JE Smith en Zacatecas. Folleto Técnico Núm 106. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 58 p.
- Ríos-Casanova, Leticia. (2011). ¿Qué son los parasitoides? *Revista: Ciencia-Academia Mexicana de Ciencias*. 62(2) 20-25 ISSN: 1405-6550

- Robayo-Avenidaño, Angélica, & Galindo-Mendoza, María G. (2014). Análisis de la probabilidad de dispersión de polen de maíz genéticamente modificado usando el modelo HYSPLIT. *Agrociencia*, 48(5), 511-523. Recuperado, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952014000500005&Ing=es&tIng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000500005&Ing=es&tIng=es).
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (2007). Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Rodríguez-Rodríguez, José Francisco, Cerna-Chávez, Ernesto, Beltrán-Beache, Mariana, Ochoa-Fuentes, Yisa María, Landeros-Flores, Jerónimo, & Guevara-Acevedo, Luis Patricio (2021). Selección de Resistencia y Efectos Subletales de Cipermetrina en la Palomilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella* L.). *Nova scientia*, 13(26), 00007. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i26.2539>
- Rossi Batiz, María F., & Maciá, A., & Marino De Remes Lenicov, Ana M. (2016). Tabla de vida y parámetros poblacionales de *Lacertinella australis* (Insecta-Hemiptera-Fulgoromorpha). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 75(3-4),117-126. ISSN: 0373-5680. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322049136002>
- Salas Araiza, Manuel Darío, & Salazar- Solís, Eduardo (2003). Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria*, 13(1),29-35. ISSN: 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613104>
- Sánchez-Ruiz, M., Fontal-Cazalla, F. M., Sánchez-Ruiz, A., & López-Colón, J. I. (1997). El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20, 141-149.
- SIAP (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <https://nube.siap.gob.mx/cierreaagricola/>. Consultado: 9 de junio de 2023.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria SENASICA (2021). Ficha técnica: Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Disponible: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano\\_cogollero\\_en\\_ma\\_z\\_y\\_arroz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf)
- Smith T. M. y Smith R. L. (2007). Ecología 6ta. Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 776 p.
- Turrent, F. A.; Cortes, F. J. I.; Espinosa, C. A.; Mejía, A. H. y Serratos, H. J. A. (2010) ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4):613-646.
- Valdez-Torres, J. B.; Soto-Landeros, F.; Osuna-Enciso, T. y Báez-Sañudo, A. M. (2010). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*. 46(2):399-410.
- Windfinder. Mapa del viento y del tiempo. Consultado el 15 de abril del 2023. Disponible en: <https://es.windfinder.com>

- W. Russiani, R. Anwar, & H. Triwidodo (2021). Biostatistics of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in maize plants in Bogor, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*. doi: 10.13057/biodiv/d220655
- Zalucki, M. P., A. R. Clarke, and S. B. Malcom (2002). Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 361–393. DOI: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145220
- Zhong, D., Chang, X., Zhou, G., He, Z., Fu, F., Yan, Z., & Cui, L. (2013). Relationship between knockdown resistance, metabolic detoxification, and organismal resistance to pyrethroids in *Anopheles sinensis*. PloS one, 8(2). DOI: 10.1371 / journal.pone.0055475
- Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

## XI. ANEXO