



Daño y dinámica poblacional del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en líneas élite de maíz¹

Damage and population dynamics of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in elite lines of corn

Daniel Ávila-Martínez², Francisco Cervantes-Ortiz², Gilberto Rodríguez-Pérez³, Alfredo Josué Gámez-Vázquez⁴, J. Guadalupe García-Rodríguez², Mariano Mendoza-Elos²

¹ Recepción: 25 de enero, 2023. Aceptación: 16 de mayo, 2023. Proyecto de investigación de tesis de Maestría en Ciencias en Producción y Tecnología de Semillas del primer autor, investigación financiada por el Tecnológico Nacional de México.

² Tecnológico Nacional de México, campus Roque. Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, C.P. 38110. Celaya, Guanajuato. México. daniel_avilamtz@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-4897-9604>); frcervantes@itroque.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2419-5896>); garcia_2956@yahoo.com.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2974-3652>); mmendoza66@hotmail.com (autor para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-8862-5819>).

³ Tecnológico Nacional de México, Valle del Yaqui, Av. Tecnológico, Block 611. Valle del Yaqui Bácum. Ciudad Obregón. Sonora. México. CP 85276. grodiguez263@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-2297-8598>).

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato, México. CP 38110. ajosueg@msn.com (<https://orcid.org/0000-0002-2453-0570>).

Resumen

Introducción. *Spodoptera frugiperda* tiene la capacidad de formar grandes poblaciones y su alta tasa de diseminación, convierten a esta especie en una plaga de impacto económico. Las pérdidas debido a plagas y enfermedades se estiman en un 37 % de la producción agrícola mundial, con un 13 % a causa de los insectos.

Objetivo. Evaluar el ataque, establecimiento y dinámica poblacional de orugas de cogollero en líneas de maíz.

Materiales y métodos. El estudio se realizó en laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y en el Instituto Tecnológico de Roque, ubicado en Celaya, Guanajuato, en 2019. Se estableció la siembra manual y cuando las plántulas alcanzaron V4, a los veinticinco días después de la siembra, se infestaron con larvas estadio IV. Para medir la dinámica poblacional, se realizaron muestreos a partir del día veintiséis, lo que cubrió todo el ciclo biológico (huevecillos, larva I, larva II, larva III, larva IV, larva V, pupa y adulto). Se empleó un diseño experimental completamente al azar con diez genotipos y diez repeticiones. **Resultados.** Los estadios de *S. frugiperda* que generaron mayor variabilidad en las líneas de maíz fueron larvas IV y V. La dinámica poblacional mostró diferencias entre genotipos tolerantes con una población acumulada de cuatro a siete orugas en estadio IV y V, mientras que los susceptibles presentaron siete a veintiuna larvas IV y catorce a veintiuna larvas estadio V. Las líneas sobresalientes de maíz presentaron un acumulado de dos a seis larvas IV y cuatro a cinco orugas en estadio V por planta. **Conclusión.** La variabilidad fue mayor en los estadios larvarios IV y V de *Spodoptera frugiperda*, que sucedió entre los 26 y 54 días después de la siembra. En los genotipos tolerantes de maíz se encontraron hasta siete larvas por planta, mientras que en los susceptibles presentaron veintiún orugas.

Palabras clave: genotipos susceptibles, genotipos tolerantes, larvas, umbral económico.



Abstract

Introduction. *Spodoptera frugiperda* has the ability to form large populations, and its high dissemination rate makes this species an economically impactful pest. Losses due to pests and diseases are estimated at 37 % of global agricultural production, with 13 % caused by insects. **Objective.** To evaluate the attack, establishment, and population dynamics of fall armyworm larvae in maize lines. **Materials and methods.** The study was carried out in the laboratories of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias and the Instituto Tecnológico de Roque, located in Celaya, Guanajuato, in 2019. Manual sowing was performed, and when the seedlings reached V4 stage, twenty-five days after sowing, they were infested with IV instar larvae. Population dynamics were measured starting from day twenty-six, covering the entire biological cycle (eggs, larva I, larva II, larva III, larva IV, larva V, pupa, and adult). A completely randomized experimental design with ten genotypes and ten replicates was employed. **Results.** *S. frugiperda* instar stages that showed the highest variability in maize lines were larvae IV and V. The population dynamics exhibited differences among tolerant genotypes, with an accumulated population of four to seven larvae in stages IV and V, while susceptible genotypes showed seven to twenty-one larvae in stage IV and fourteen to twenty-one in stage V. The outstanding maize presented an accumulation of two to six larvae in stage IV and four to five in stage per plant. **Conclusion.** The highest variability was observed in *S. frugiperda* larval stages IV and V, occurring between 26 and 54 days after planting. In the tolerant maize genotypes up to seven larvae were found per plant, while the susceptible ones showed twenty-one caterpillars.

Keywords: susceptible genotypes, tolerant genotypes, larvae, economic threshold.

Introducción

Una de las plagas de insectos de mayor importancia económica a nivel mundial y en México es el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). La literatura menciona que las larvas pueden alimentarse de veintiocho especies vegetales cultivadas, entre las cuales destacan sorgo, algodón, soya, higuera, tomate, caña de azúcar, ajonjolí, arroz, maní y maíz (Zenner de Polanía et al., 2007). Debido a sus hábitos de alimentación, prefiere las poáceas. Es el lepidóptero plaga del maíz más importante en México y otros países neotropicales, causa daños en alrededor del 60 % del rendimiento, daña tejidos jóvenes (Hernández-Trejo et al., 2018). Ataca este cultivo con niveles de densidad variables, pero siempre afecta la productividad. Cuando se alimenta de las plantas jóvenes, los daños pueden ser totales, mientras que si afecta las plantas en estados fenológicos avanzados, pueden reponerse de la defoliación y llegar a una producción normal (Wan et al., 2021).

S. frugiperda pertenece a un grupo de insectos holometábolos. En este caso hay cuatro estadios de desarrollo diferenciados (adulto, huevo, larva y pupa). Las larvas pasan por seis estadios o mudas, donde los dos primeros son los de mayor importancia para tomar las medidas de control. El daño ocasionado por las larvas durante los primeros días de desarrollo de la planta puede ser de dos tipos, corta la planta cerca del suelo (al actuar como oruga cortadora) o consume de forma parcial o total las láminas (oruga defoliadora), lo que puede causar la muerte de la planta si afecta al meristemo apical (Casmuz et al., 2010). El promedio máximo mensual de larvas de *S. frugiperda*, según Martínez-Jaime et al. (2018), alcanza los 39 adultos.

La infestación de *S. frugiperda* en plántulas de maíz puede causar la defoliación completa, ya que es un organismo plaga del maíz en México y causa daños de alrededor del 60 % en rendimiento, daña los tejidos jóvenes, así como el meristemo apical en desarrollo, debido a su comportamiento de alimentación voraz y rápido, y a su capacidad migratoria; amenaza la seguridad alimentaria de millones de personas (Hernández-Trejo et al., 2018; Wan et al., 2021).

La mayor reducción del rendimiento ocurre principalmente cuando la defoliación se presenta en etapas

vegetativas avanzadas y en las etapas reproductivas (Thomison & Nafziger, 2003). Además, *S. frugiperda* puede estar presente durante la mayor parte del desarrollo del cultivo y el daño es mayor cuando es menor la edad de la planta (García-Gutiérrez et al., 2012). De acuerdo con una investigación realizada por Dal Pogetto et al. (2012), el rendimiento de grano de maíz disminuyó por el ataque de *S. frugiperda*, ya que redujo el área fotosintética; sin embargo, ante el ataque moderado no se apreciaron diferencias en el rendimiento. Para la etapa de la emergencia vegetativa (VE) hasta la fase de seis hojas (V6), se reportó un umbral de acción del 10-30 % de las plántulas infestadas, así como en la etapa de espiga es del 30 al 50 % (Prasanna et al., 2018).

En algunas áreas tropicales las pérdidas pueden alcanzar el 100 % (Blanco et al., 2016), esto difiere a lo descrito por Lima et al. (2010), quienes mencionaron que las pérdidas ocasionadas por el ataque del gusano cogollero pueden alcanzar hasta 34 % del rendimiento de grano en maíz. Aunado a esto, las pérdidas de rendimiento dependen de varios factores, entre los cuales destacan la temporada de siembra, la región donde se establece el cultivo, el genotipo y en especial, las prácticas culturales que se lleven a cabo, de esta manera se puede contrarrestar el uso de productos químicos (de Almeida Sarmiento et al., 2002).

Las estrategias más utilizadas para su manejo, se basan en el uso de insecticidas químicos que contaminan al medio ambiente y, en algunos casos, la utilización de maíces transgénicos que expresan toxinas derivadas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner, denominados maíces *Bt*. (Mentaberry & Ghio, 2002; Hernández-Trejo et al., 2018). Sin embargo, al momento de planificar estrategias para el control de una plaga, es fundamental contar con información referida a aspectos biológicos básicos de la especie, como preferencia y/o selectividad por el hospedero, tasa de crecimiento poblacional, tolerancia a factores ambientales, distribución geográfica y espacial, patrones de dispersión, respuestas a insecticidas y/o a cultivos transgénicos (Casmuz et al., 2010; Yañez-López et al., 2019).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el ataque, establecimiento y dinámica poblacional de orugas de *S. frugiperda* en líneas de maíz.

Materiales y métodos

Descripción de área de estudio

El trabajo de la colecta del pie de cría, establecimiento de la cría, dieta artificial y mantenimiento de la cría de larvas de *S. frugiperda*, se realizaron durante 2019 en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Celaya, Guanajuato, México. En este mismo año, en el invernadero del Instituto Tecnológico de Roque, ubicado en Celaya, Guanajuato, México, se hizo la inoculación de las larvas en plántulas de maíz para medir la dinámica poblacional del insecto.

Material genético

Las líneas de maíz utilizadas en esta investigación fueron de germoplasma de grano blanco y amarillo de endospermo normal y de alto contenido de proteína (QPM), así como de diferente origen geográfico, este fue proporcionado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). De doscientos líneas ya evaluadas en campo, se seleccionaron diez contrastantes, de las cuales cinco son susceptibles y cinco tolerantes a *S. frugiperda* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de líneas elite de maíz (*Zea mays*) y su origen seleccionadas por su tolerancia y susceptibilidad al gusano cogollero (*S. frugiperda*) en México en el año 2019.

Table 1. Description of elite maize (*Zea mays*) lines and their origin, selected for tolerance and susceptibility to the fall armyworm (*S. frugiperda*) in Mexico in 2019.

Número	Nombre	Origen	Programa
1	CL02450Q**	QPM Elite-Yellow	Trópico
2	CLWQ236**	QPM Elite-White	Trópico
3	CLYQ265*	QPM Elite-Yellow	Trópico
4	CLRCYQ49*	QPM Elite-Yellow	Trópico
5	CLWN379**	Normal Elite-White	Trópico
6	CLWQ232*	QPM Elite-White	Trópico
7	CSL1648**	Normal-White	Subtrópico
8	CSL1665*	Normal-White	Subtrópico
9	CLRCW88**	Normal Elite-White	Trópico
10	CSL1649*	Normal-White	Subtrópico

QPM: alto contenido de proteína. / QPM: high protein content.

* Genotipos tolerantes, ** Genotipos susceptibles. / * Tolerant genotypes, ** Susceptible genotypes.

Obtención y cría de las larvas de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *S. frugiperda* fueron colectas proporcionadas por investigadores del INIFAP, el pie de cría del gusano cogollero se estableció en el laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Para esto, las poblaciones se mantuvieron en una cámara de cría en condiciones controladas de temperatura (25 ± 2 °C), humedad relativa (75 ± 5 %) y un fotoperiodo de 13 h luz y 11 h de oscuridad. Las larvas se colocaron en jaulas entomológicas de 1 m x 45 cm x 50 cm de tela organza, donde emergieron los adultos, después, con la ayuda de un tubo alpha, se transfirieron cuarenta individuos a una bolsa de poli-papel N. 16, la cual se cambió cada tercer día durante el periodo de oviposición. Luego se obtuvieron larvas neonatas, estas se alimentaron con una dieta artificial (Cuadro 2) (Sierra-Ruíz et al., 2022) y cuando alcanzaron el estadio IV se realizaron los bioensayos (inoculación) con las líneas tolerantes y susceptibles. A los diez días antes de realizar la infestación, se mantuvo al insecto dentro de la dieta con un trozo de hoja de maíz.

Establecimiento de líneas de maíz y estudio de la dinámica poblacional de la larva

El establecimiento del bioensayo se llevó a cabo bajo condiciones controladas, donde doscientos líneas elite de maíces fueron evaluadas en campo con infestación artificial y de acuerdo con la variable, ciclo biológico de *S. frugiperda*, se seleccionaron los genotipos más contrastantes, cinco susceptibles y cinco tolerantes, mismos que se muestran en el Cuadro 1.

Las plántulas de maíz fueron establecidas bajo condiciones controladas en invernadero. Para esto, se preparó sustrato a base de Peat Moss (Sunshine®) + perlita en una proporción 3:1. La mezcla se humedeció con agua y se llenaron macetas de plástico de 1000 g. La siembra de los genotipos se realizó al colocar una semilla por maceta a una profundidad de 4 cm. Como fuentes de fertilizantes se emplearon urea (46-00-00) y DAP (18-46-00), los riegos se realizaron cada cuatro días. Las temperaturas fueron registradas con un termómetro de Tmax y Tmin,

Cuadro 2. Dieta artificial para la producción y mantenimiento de las larvas de *S. frugiperda* utilizadas en el experimento de dinámica poblacional en México en el 2019.

Table 2. Artificial diet for the production and maintenance of *S. frugiperda* larvae used in the population dynamics experiment in Mexico in 2019.

Ingrediente	Cantidad
Harina de soya	71,9 g
Germen de trigo	31,7 g
Levadura	9,0 g
Sacarosa	13,0 g
Metil paramet	1,6 g
Ácido sórbico	1,0 g
Ácido ascórbico	4,3 g
Agar	14 g
Vitaminas	3,5 mL
Ácido acético 25 %	12 mL
Formalina 14 %	4,4 mL
Cloruro de colina 15 %	7,3 mL

marca Brannan, modelo BNN-12-430, de alta precisión, +/- 1 °C (entre 0 °C y 50 °C), rango de temperatura, -20 °C a 50 °C / °F (conmutable).

La infestación de las larvas fue en el estadio IV. Las macetas fueron separadas a 1 m de distancia entre ellas, para evitar la migración de larvas. Al final, antes de que *S. frugiperda* completara el estadio V, se retiraron y se contabilizaron las siguientes variables de estudio: peso final de las larvas y peso final de la plántula.

Variables evaluadas

Daño en la plántula. Esta característica se midió por diferencia, con base en el peso inicial de la plántula sin inocular (momento de la liberación de la larva, la plántula contaba con cuatro hojas, a los 26 días después de la siembra) y el peso final cuando la larva alcanzó el estadio V.

Aumento de peso de *S. frugiperda*. Este dato se obtuvo al tomar la lectura del peso inicial de la larva cuando se realizó la inoculación y el peso final de la oruga cuando alcanzó el estadio VI. Con estos datos se estimó el aumento del peso del insecto.

Daño causado por la larva. Esta variable fue medida por una escala del uno al cinco, donde uno considera la plántula sin daño (tolerante o resistente) y cinco como daño severo o total de la plántula.

Dinámica poblacional. Se realizaron muestreos y conteos de los estadios a partir de los 26 días después de la siembra (DDS), se abarcó el ciclo biológico del insecto (huevecillos, larva I, larva II, larva III, larva IV, larva V, pupa y adulto), a intervalos de cada siete días hasta los 54 DDS.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con diez tratamientos (líneas) y diez repeticiones por línea, con testigos que corresponden a cada una de las líneas evaluadas. Se realizó un ADEVA con el software

estadístico SAS 9.3 (Statistical Analysis System, 2018), cuando la prueba de F resultó significativa con p menor o igual a 0,05, se realizó una prueba de comparación de medias Tukey (DMSH).

Resultados

Los resultados del análisis de varianza al ataque y establecimiento de *S. frugiperda* en los genotipos evaluados en condiciones controladas se presentan en el Cuadro 3. Se observó en el factor genotipos (líneas) que existieron diferencias altamente significativas en daño de plántula (PSLN), aumento de peso de *S. frugiperda* (AUMGC) y daño causado por *S. frugiperda* (DGC). Estos valores indican que existió un comportamiento diferencial de los genotipos a través de las variables evaluadas, donde fue posible detectar líneas susceptibles y tolerantes al gusano cogollero.

Cuadro 3. Cuadrados medios de la respuesta de *S. frugiperda* en líneas de maíz (*Zea mays*) evaluadas en México en el año 2019.

Table 3. Mean squares of the response of *S. frugiperda* in maize (*Zea mays*) lines evaluated in Mexico in 2019.

F.V	G.L	Cuadrados medios		
		PSLN	AUMGC	DGC
Genotipo	9	0,019**	0,43**	0,37**
Error	69	0,004	0,08	0,11
C.V	---	0,64	6,4	11,24

F.V.: fuentes de variación; G.L: grados de libertad; PSLN: daño en la plántula; AUMGC: aumento de peso de *S. frugiperda*; DGC: daño causado por *S. frugiperda*; ** diferencia altamente significativa. / F.V.: sources of variation; G.L: degrees of freedom; PSLN: seedling damage; AUMGC: weight gain of *S. frugiperda*; DGC: damage caused by *S. frugiperda*; ** highly significant difference.

En los resultados de la prueba de medias para la variable daño en la plántula (PSLN), se encontró que CL02450Q fue el mejor genotipo, debido a que presentó menor daño al ataque de *S. frugiperda*, mientras que la línea CLWQ232 fue la que presentó mayor ataque del gusano cogollero, las plantas de esta línea alcanzaron un peso de 93 g y fueron atacadas en mayor grado (Cuadro 4). Los valores de aumento de peso de *S. frugiperda* (AUMGC) variaron de 10 mg a 17 mg, se observó el valor más alto para el genotipo CLWQ236, mientras que en la línea CSL1649, las larvas tuvieron menor ganancia de peso, lo que indica que la línea CLWQ236 fue más susceptible, debido a que fue más apetecible por la oruga, por lo tanto, la ganancia de peso fue mayor. El menor daño causado por *S. frugiperda* (DGC), lo presentó en CLWQ232 mientras que el genotipo más dañado durante el establecimiento y ataque de *S. frugiperda* fue CSL1649.

La fluctuación poblacional del número total de larvas estadios IV y V de *S. frugiperda* durante cinco fechas de muestreo (26, 33, 40, 47 y 54 DDS), mostró un mismo patrón de comportamiento (Figura 1). Los genotipos CLRCYQ49, CLWQ232, CLYQ265, CSL1649 y CSL1665, presentaron una respuesta positiva, ya que tuvieron la menor cantidad de larvas IV. El daño en plántula y el número de orugas fue menor en este grupo de líneas que fueron seleccionadas como tolerantes con respecto a las susceptibles.

En los genotipos tolerantes al ataque de orugas estadio V, CLRCYQ49, CLWQ232, CLYQ265, CSL1649 y CSL1665, se observó una fluctuación poblacional de uno hasta siete individuos en las cinco fechas de muestreo. Este mismo patrón de comportamiento se encontró en todas las evaluaciones, es decir, a medida que la planta creció y se desarrolló, también se incrementó el número de orugas (Figura 2).

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para las variables daño en plántula (PLSN), aumento de peso de cogollero (AUMGC) y daño causado por *S. frugiperda* (DGC) en maíz (*Zea mays*) evaluado en México en 2019.

Table 4. Comparison of means test for the variables seedling damage (PLSN), weight gain of fall army (AUMGC), and damage caused by *S. frugiperda* (DGC) in maize (*Zea mays*) evaluated in Mexico in 2019.

Genotipo	PLSN g	Genotipo	AUMGC (mg)	Genotipo	DGC
CL02450Q	97a	CLWQ236	17a	CLWQ232	5a
CSL1649	96a	CLRCYQ49	14b	CLYQ265	4ab
CLRCW88	96a	CLWN379	13bc	CSL1665	4ab
CSL1648	96a	CLYQ265	13bc	CLRCYQ49	4ab
CLWQ236	96a	CSL1648	13bc	CSL1648	3bc
CLWN379	96a	CLWQ232	13bc	CLWN379	3bc
CLRCYQ49	95ab	CL02450Q	12bc	CLWQ236	3bc
CSL1665	95ab	CSL1665	12bc	CL02450Q	3bc
CLYQ265	95ab	CLRCW88	11c	CLRCW88	3bc
CLWQ232	93b	CSL1649	10c	CSL1649	2c
DMSH	0,093	DMS	0,379	DMS	0,27

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p=0,05$). / Values with the same letter are statistically equal (Tukey $p=0,05$).

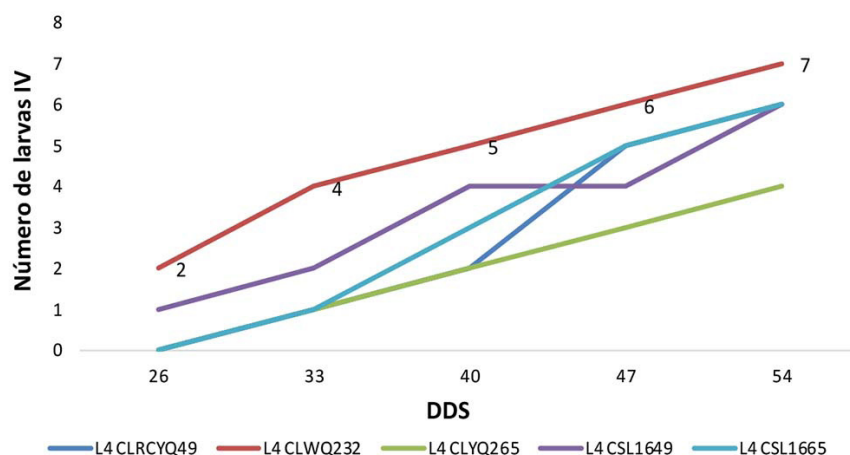


Figura 1. Dinámica poblacional de larvas del gusano cogollero (*S. frugiperda*) en estadio IV en líneas elite de maíz (*Zea mays*) tolerantes a esta larva, evaluadas en México durante el 2019.

Figure 1. Population dynamics of IV instar fall armyworm (*S. frugiperda*) larvae in elite maize (*Zea mays*) lines tolerant to this larva, evaluated in Mexico during 2019.

La fluctuación que se obtuvo en larvas IV con genotipos susceptibles (CLO2450Q, CLRCW88, CLWN379, CLWQ236 y CSL1648) al gusano cogollero, mostró la presencia de uno a veintidós individuos. Esta etapa de la oruga manifestó ser menos agresiva que el estadio V, en cuestión de número de orugas y daño en la plántula de maíz (Figura 3).

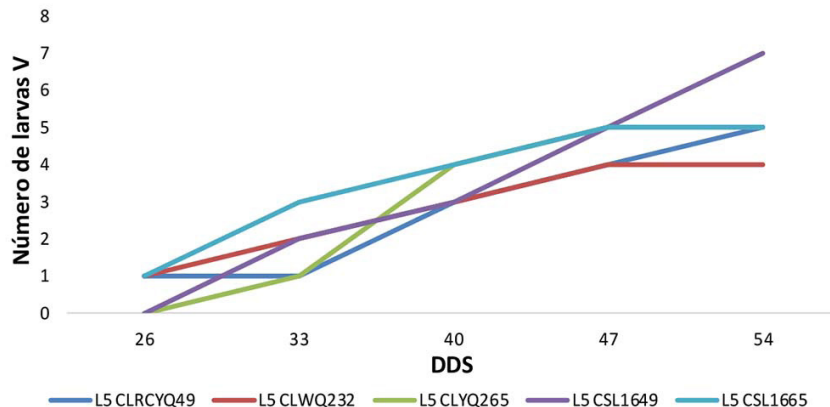


Figura 2. Dinámica poblacional de larvas del gusano cogollero (*S. frugiperda*) en estadio V en líneas de maíz (*Zea mays*) tolerantes a esta larva, evaluadas en México en 2019.

Figure 2. Population dynamics of V instar fall armyworm (*S. frugiperda*) larvae in maize (*Zea mays*) lines tolerant to this larva, evaluated in Mexico in 2019.

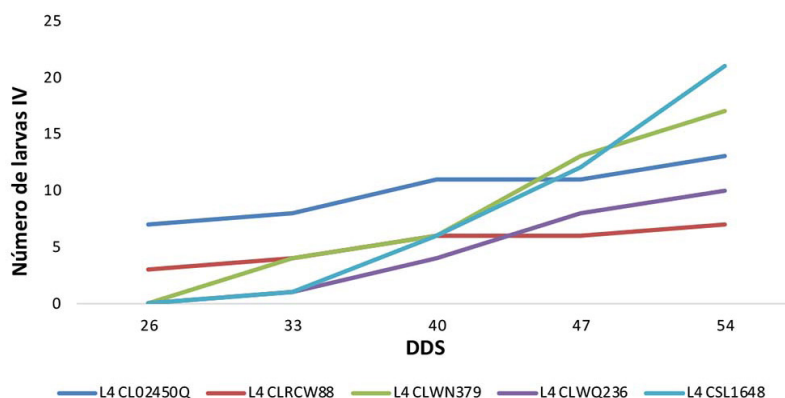


Figura 3. Dinámica poblacional de larvas de cogollero (*S. frugiperda*) en estadio IV en líneas elite de maíz (*Zea mays*) susceptibles a esta larva, evaluadas en México en 2019.

Figure 3. Population dynamics of fall armyworm (*S. frugiperda*) larvae at stage IV in elite maize lines (*Zea mays*) susceptible to this larva, evaluated in Mexico in 2019.

Los genotipos susceptibles a *S. frugiperda* evaluados (CLO2450Q, CLRCW88, CLWN379, CLWQ236 y CSL1648), presentaron un mayor índice de población de orugas con respecto a las líneas tolerantes, estos materiales mostraron de uno hasta veintidós individuos por planta durante las cinco fechas de evaluación (Figura 4).

Las unidades de color requeridas para que *S. frugiperda* pueda completar los estadios IV y V que son los de mayor importancia económica en maíz se describen en el Cuadro 5.

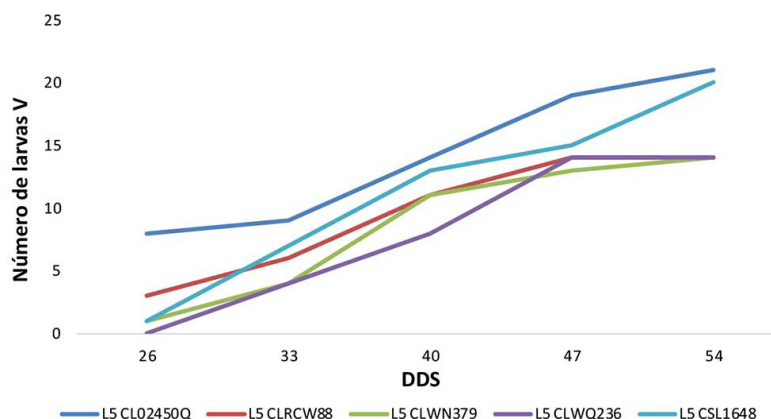


Figura 4. Dinámica poblacional de larvas de cogollero (*S. frugiperda*) en estadio V en líneas de maíz (*Zea mays*) susceptibles a esta larva, evaluadas en invernadero en México en 2019.

Figure 4. Population dynamics of fall armyworm (*S. frugiperda*) larvae at stage V in maize lines (*Zea mays*) susceptible to this larva, evaluated in a greenhouse in Mexico in 2019.

Cuadro 5. Unidades calor reportadas en los estadios IV y V para *S. frugiperda* durante su desarrollo en 2019 (Yañez et al., 2019).

Table 5. Heat units reported in stages IV and V for *S. frugiperda* during its development in 2019 (Yañez et al., 2019).

Estado biológico	Temperatura umbral °C	Unidades calor	DDS				
			26	33	40	47	54
IV	10,4	38,6	30,8	28,0	21,6	23,2	24,1
V	10,5	44,8	30,7	28,0	21,5	23,1	24,0

DDS: días después de la siembra. / DDS: days after sowing.

Discusión

La etapa fenológica del cultivo de maíz tiene que ver en gran medida con la magnitud y daño de la oruga del cogollero, se observó en general que a medida que avanzaba el desarrollo del cultivo también aumentó el número y peso de las larvas. La edad y la posición de las hojas afectadas son de gran importancia en la pérdida del rendimiento (Fasae et al., 2009). La infestación severa de *S. frugiperda* causó pérdidas en cultivos de maíz de 22 a 67 % en varios países, debido a la disminución del área foliar y retraso o inhibición en la emisión de las inflorescencias (Ramzan et al., 2021). Este dato se puede corroborar con el obtenido en la presente investigación, donde se evaluaron los genotipos de maíz en V4, aproximadamente 30 días después de la siembra, y se presentaron daños aproximados del 5 %.

En la dinámica poblacional de los estadios IV y V de orugas de cogollero, hubo variación en las líneas de maíz, lo cual, según la literatura, pudo deberse a que la aparición de poblaciones de insectos puede ocurrir de manera extensa y persistir por periodos cortos, los cuales pueden ser cíclicos o irregulares, su fluctuación depende de las condiciones ambientales; por ejemplo, las poblaciones pueden aumentar después de un periodo de sequía,

ya que al incrementarse la concentración de los contenidos nutricionales en las plantas, se satisfacen más fácil los requerimientos alimenticios del insecto (Coyle et al., 2013).

En esta investigación, al comenzar los muestreos las lluvias fueron escasas, mientras avanzaba el cultivo fueron más intensas y constantes, mismas que pudieron llegar hasta 34,4 mm. Lo anterior coincide con un estudio en el que se concluyó que durante la evaluación de curvas de crecimiento para *S. frugiperda* hubo una precipitación acumulada de 38,70 mm, lo cual se describió como importante en insectos que pupan en el suelo, ya que puede usarse en el manejo integrado, para pronosticar cuándo se tendrá la máxima emergencia de adultos (Martínez-Jaime et al., 2018) (Figura 1 y 2). Además, esta especie es de hábito migratorio, se caracteriza por presentar una amplia variación anual cuando se muestrea con trampa de luz y por lograr incrementos notables en sus poblaciones luego de varios años; también, *S. frugiperda* exhibe una capacidad de dispersión considerable y realiza migraciones de larga distancia, lo que dificulta su control (Ge et al., 2021).

En las líneas de maíz calificadas como susceptibles, también hubo variación en la dinámica poblacional de *S. frugiperda* en los estadios IV y V. Este resultado también puede estar relacionado a que muchas ocasiones se menciona que en condiciones naturales los insectos se encuentran expuestos a ciclos variables de temperatura, pero cuando las condiciones térmicas son constantes, el desarrollo de los insectos es diferente, ya que algunos muestran un ciclo de crecimiento más corto cuando la temperatura fluctúa, que cuando permanece uniforme (Auaud et al., 2015).

Los requerimientos de unidades calor para completar cada estadio de este insecto y con ello se asegura el 85 % de supervivencia de adultos fueron descritos por Sierra-Ruíz et al. (2022); durante el establecimiento de esta investigación las unidades calor por día de muestreo fueron similares en los estadios de mayor interés de larvas IV y V (Cuadro 5). Se ha indicado que la población compuesta iniciará su ciclo de reproducción en cuanto existan las condiciones apropiadas de temperatura y disponibilidad de hospedante. Los niveles poblacionales de estos estadios al final de cada ciclo determinarán el potencial de crecimiento de las poblaciones de gusano cogollero en el ciclo subsecuente (Yáñez et al., 2019).

En todos los casos, la capacidad predictiva de los estudios basados en los modelos de simulación se incrementará al ampliar el período de observación-simulación de manera que las condiciones que determinan altas poblaciones y probables daños severos en etapas tempranas a los cultivos se analicen en el ciclo actual, y a través de varios ciclos.

Conclusiones

Los genotipos de maíz tolerantes al ataque y establecimiento de *S. frugiperda* fueron CLRCW88 y CSL1649, mientras que los genotipos susceptibles fueron CLWQ236 y CLRCYQ49. En los genotipos tolerantes se encontró una población acumulada hasta de siete larvas, mientras que los susceptibles presentaron hasta veintiún orugas.

La dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda* de mayor variabilidad se determinó en los estadios larvarios IV y V, que sucedió entre los 26 y 54 días después de la siembra.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento y están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Auad, A. M., Silva, S. E. B., Santos, J. C., & Vieira, T. M. (2015). Impact of fluctuating and constant temperatures on key life history parameters of *Sipha flava* (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, 98(2), 424–429.
- Blanco, C. A., Chiaravalle, W., Dalla-Rizza, M., Farias, J. R., García-Degano, M. F., Gastaminza, G., Mota-Sánchez, D., Murúa, M. G., Omoto, C., Pieralisi, B. K., Rodríguez, J., Rodríguez-Maciel, J. C., Terán-Santofimio, H., Terán-Vargas, A. P., Valencia, S. J., & Willink, E. (2016). Current situation of pests targeted by Bt crops in Latin America. *Current Opinion in Insect Science*, 15, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2016.04.012>
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., & Gastaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 209–231. <https://www.biotaxa.org/RSEA/article/view/28610>
- Coyle, D. R., Pickering, J., Dyer, K. A., Lehman, F. R., Mohan, J. E., & Gandhi, K. J. K. (2013). Dynamics of an unprecedented outbreak of two native moth species, *Cissusa spadix* and *Phoebria atomaris* (Lepidoptera: Noctuidae), on oak trees (*Quercus* spp.) in the Southeastern United States. *America Entomologist*, 59(2), 82–94. <https://doi.org/10.1093/ae/59.2.82>
- Dal Pogetto, M. H. F. A., Prado, E. P., Gimenes, M. J., Christovam, R. S., Rezende, D. T., Aguiar-Junior, H. O., Costa, S. I. A., & Raetano, C. G. (2012). Corn yield with reduction of insecticidal sprayings against fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agronomy*, 11(1), 17–21. <https://doi.org/10.3923/ja.2012.17.21>
- de Almeida Sarmiento, R., de Souza Aguiar, R. W., de Almeida Sarmiento de Souza Aguiar, R., Januária Vieira, S. M., Gomes de Oliveira, H., & Holtz, A. M. (2002). Revisao da biologia, ocorrencia e controle de *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. *Bioscience Journal (Brazil)*, 18(2), 41–48. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6418>
- Fasae, O. A., Adu, F. I., Aina, A. B. J., & Elemo, K. A. (2009). Effects of defoliation time of maize on leaf yield, quality and storage of maize leaf as dry season forage for ruminant production. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4(3), 353–357. <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i3a19>
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., & Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8(3), 57–70.
- Ge, S. -S., He, L. -M., He, W., Yan, R., Wyckhuys, K. A. G., & Wu, K. -M. (2021). Laboratory-based flight performance of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 707–714. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63166-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63166-5)
- Hernández-Trejo, A., Osorio-Hernández, E., López-Santillán, J. A., Ríos-Velasco, C., Varela-Fuentes, S. E., Rodríguez-Herrera, R. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 11(1), 9–14. <https://bit.ly/3JbOTkV>
- Lima, M. S., Silva, P. S. L., Oliveira, O. F., Silva, K. M. B. & Freitas, F. C. L. (2010). Corn yield response to weed and fall armyworm controls. *Planta Daninha*, 28(1), 103–111. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100013>
- Mentaberry, A., & Ghio, S. (2002). Avances biotecnológicos en maíz. En P. Vaquero (Ed.), *Guía Dekalb del cultivo de maíz* (pp. 35–41). Monsanto Argentina S. A.

- Martínez-Jaime, A. O., Salas-Araiza, M. D., & Díaz-García, J. (2018). Curva de crecimiento poblacional de *Spodoptera frugiperda* en maíz en Irapuato, Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 315–323. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.27126>
- Prasanna, B. M., Huesing, J. E., Eddy, R., & Peschke, V. M. (2018). *Fall armyworm in Africa: A guide for integrated pest management*. CAB International.
- Ramzan, M., Ilahi, H., Adnan, M., Ullah, A., & Ullah, A. (2021). Observation on Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize under laboratory conditions. *Egyptian Acad Journal Biological Sciences*, 14(1), 99–104. <https://doi.org/10.21608/eajbsa.2021.152337>
- Statistical Analysis System Institute (2018). *The SAS system for Windows user's guide* (Release 9.3.). SAS Institute Inc.
- Sierra-Ruíz, M. L., García-Rodríguez, Y. M., Torres-Martínez, R., Delgado-Lamas, G., & Espinosa-García, F. J. (2022). Procedimientos para establecer y mantener una cría del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en condiciones de laboratorio. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(1), 134–154. <http://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.22>
- Thomison, P. R. & Nafziger, E. D. (2003). Defoliation affects grain yield, protein, and oil of TopCross high-oil corn. *Crop Management Research*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.1094/CM-2003-1027-01-RS>
- Wan, J., Huang, C., Li, C. -Y., Zhou, H. -X., Ren, Y. -L., Li, Z. -Y., Xing, L. -S., Zhang, B., Quiao, X., Liu, B., Liu, C. -H., Xi, Y., Liu, W. -X., Wang, W.- K., Qian, W. -Q., Mckirdy, S., & Wan, F. -H. (2021). Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Integrative Agriculture*, 20(3), 646–663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6)
- Yañez López, R., Vázquez Ortega, A., Arreguín Centeno, J. A., Soria Ruíz, J., & Quijano Carranza, J. A. (2019). Sistema de alerta contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 405–416. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.803>
- Zenner de Polanía, I., Arévalo, H. A., & Mejía, R. (2007). The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and some transgenic plants. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(1), 103–113. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1149