



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TESIS

CON EL TEMA:

**“EVALUACIÓN DE UN REPELENTE NATURAL MEDIANTE DOS MÉTODOS
DE APLICACIÓN PARA CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL
ESTIGMA DE MAÍZ”**

QUE PRESENTA:

ERICKA JAZMINE CADENA ESQUIVEL

ASESORA

DRA. SARAI MONSERRAT CUETO MEDINA

REVISORES

DR. PEDRO YESCAS CORONADO

ING. JOSUE ALEJANDRO MORENO MADRIGAL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN AGRONOMÍA

i
TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. ABRIL, 2026.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 13/Abril/2026

No. DE OFICIO: D.SA/DEP/469/2026

ASUNTO: Autorización de impresión definitiva y digitalización.

C. ERICKA JAZMINE CADENA ESQUIVEL
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL: OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"EVALUACIÓN DE UN REPELENTE NATURAL MEDIANTE DOS MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL ESTIGMA DE MAÍZ"** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- Minutario. -

MIBR/IGL/HMGG/mjhc*



2026
año de
Margarita Maza





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Tlajomulco

Dirección

Subdirección Académica

Departamento de Ciencias Agropecuarias

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 24/Marzo/2026

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/222/2026

ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

DR. HECTOR MIGUEL GASTELUM GONZALEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	ERICKA JAZMINE CADENA ESQUIVEL
NO. DE CONTROL:	21940158
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE UN REPELENTE NATURAL MEDIANTE DOS MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL ESTIGMA DE MAÍZ"

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



Diana Maria Rivera Rodriguez

DRA. DIANA MARIA RIVERA RODRIGUEZ
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
AGROPECUARIAS

 DRA. SARAI MONSERRAT CUETO MEDINA Nombre y firma del asesor	 DR. PEDRO YESCAS CORONADO Nombre y firma del revisor	 ING. JOSUE ALEJANDRO MORENO MADRIGAL Nombre y firma del revisor
---	--	---

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- Minutario. -

DMRR/mjhc*



2026
año de
Margarita Maza



KM. 10 carretera a San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández Gómez C.P.45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.
Tel. 33 29 02 11 30 e-mail: plan_tlajomulco@tecnm.mx www.tlajomulco.tecnm.mx

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
INDICE	iii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. HIPOTESIS	3
4. MARCO TEORICO	4
4.1. Antecedentes	4
4.2. Bases teóricas	10
4.2.1. Origen.....	10
4.2.2. Taxonomía.....	10
4.2.3. Morfología.....	10
4.2.4. Fenología.....	11
4.2.5. Fertirriego	13
4.2.6. Importancia económica del maíz	13
4.2.7. Patologías asociadas al cultivo	14
4.2.8. Inyección	22
4.2.9. Aspersión.....	23
4.2.10. Moléculas utilizadas.....	23
4.2.11. Repelentes de extractos naturales	23
4.2.12. Insecticidas	24
4.2.12.1. Mecanismo de acción	25

7.2.13	Fungicidas	25
5.	MATERIALES Y METODOS	26
5.1.	Localización del campo experimental	26
5.2.	Diseño experimental	26
5.3.	Polinización.....	28
5.4.	Englacinado	28
5.5.	Recorte de estigmas	28
5.6.	Cubrir espiga	29
5.7.	Bajar polen (polinización).....	29
5.8.	Aplicaciones.....	30
5.9.	Monitoreo en mazorca	34
5.10.	Toma de datos	35
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
6.1.	Análisis por repetición	37
6.2.	Análisis por tratamiento	38
7.	DISCUSIÓN.....	41
8.	CONCLUSIONES.....	44
9.	LITERATURA CITADA	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Representación de las etapas fenológicas respecto a los días después de la siembra (DDS).	16
Cuadro 2. Descripción de larvas del Gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>) según el instar	21
Cuadro 3. Comparativa de moléculas utilizadas.	28
Cuadro 4. Relación de mezclas aplicadas según el tratamiento y sus ingredientes activos según su dosificación.	37
Cuadro 5. Control de plaga en específico según el producto y su ingrediente activo.	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Huevo de mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>). b) Larva de mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>) en maíz. c) Pupa de mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>). d) Adulto de mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>). ...	15
Figura 3 a) Daño de larva en estigmas y punta de maíz. b) Grano maduro con daño ocasionado por larva. c) Daño de larva en toda la mazorca de maíz.....	16
Figura 4 a) Huevo de gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>). b) Larva de gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>) instar 5.c) Pupa de gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>). d) Adulto de gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>). (extraída de panorama AGROPECUARIO).....	18
Figura 5 a) Gusano elotero instar 1 en estigma. b) Daño por gusano elotero en el centro de la mazorca. c) Daño severo por gusano elotero.....	19
Figura 6 a) Presencia de micelio en estigma. b) Signo de estallido estelar en granos maduros. c) . Presencia de <i>Fusarium</i> spp. grano en proceso de momificación.	20
Figura 7 a) Grano decolorado o blanco. b) Presencia de moho blanco. c) Presencia de moho salmón, en proceso de pudrición. d) Pudrición por <i>Fusarium</i> spp. con grano germinado.	20
Figura 8 a) Mazorca en etapa lechosa con grano reventado y presencia de <i>Penicillium</i> spp. b) Presencia de micelio de <i>Penicillium</i> spp. en grano maduro.	21
Figura 9 a) Moho polvoriento verde en grano maduro. b) Momificación de granos con presencia de moho verde.	22
Figura 10 a) Ubicación del campo experimental. b) Ubicación en campo.....	26
Figura 11 Diseño experimental según repeticiones, tratamientos y variables a evaluar.	27
Figura 12 a) Englacinado e inicio de polinización. b) Polinización después de dos días del recorte. c) Espiga con 90% de floración. d) Cubierto de espiga en floración. e) Colocación de bolsa después de la polinización.	30

Figura 13 a) EPP necesario para manipulación de productos químicos. b) Bomba de inyección. c) Jeringa de inyección.....	33
Figura 14 a) Aplicador inyectando mazorca. b) Técnica de inyección. c) Moléculas utilizados para aspersión.	33
Figura 15 a) Bomba de aspersión con motor de combustible. b) Aspersión de repelente en repetición 2. c) Aspersión surco por surco en repetición 2.	34
Figura 16 Monitoreo de mazorca en zig-zag.....	35
Figura 17 a) Daño 5 en hongo, daño 2 gusano y daño 1 larva. b) Daño 4 de hongo, daño 0 gusano y daño 0 larva. c) Daño 1 de hongo, daño 3 gusano y daño 0 larva. d) Daño 0 hongo, daño 2 gusano y daño 0 larva. e) Daño 0 hongo, daño 1 gusano y daño 0 larva. d) Daño 0 para las tres variables (hongo, gusano y larva).	36
Figura 18 a) ANOVA por repeticiones para hongo. b) Tukey por repeticiones para hongo.	37
Figura 19 a) ANOVA por tratamientos para variable de hongo. b) . Tukey por tratamientos para variable de hongo.....	38
Figura 20 a) ANOVA por tratamientos para variable de gusano. b) Tukey por tratamientos para variable de gusano.	39
Figura 21 a) ANOVA por tratamientos para variable de mosca del estigma. b) Tukey por tratamientos para variable de mosca del estigma.	40

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial; sin embargo, su rendimiento se ve afectado por plagas y enfermedades que inciden directamente en el estigma y la mazorca. Entre las plagas más relevantes destacan la mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) y el gusano elotero (*Helicoverpa zea*), cuyas larvas dañan los estigmas y granos, favoreciendo además la proliferación de hongos como *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp. El manejo tradicional mediante insecticidas y fungicidas sintéticos cuya efectividad se ve limitada por resistencia, impacto ambiental y residualidad.

El presente estudio evaluó la eficiencia de un repelente natural a base de extracto de *Allium sativum* (ajo), aplicado por inyección y aspersión, comparado con tratamientos convencionales. El experimento se realizó en un campo experimental de la empresa Bayer en Acatlán de Juárez, Jalisco, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y dos repeticiones, evaluando tres variables: gusano elotero, larva de mosca del estigma y hongos fitopatógenos.

Los resultados mostraron que la aspersión con repelente redujo significativamente la incidencia de hongos. Aunque las diferencias en plagas no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento 3 (repelente + tradicional) presentó la menor presencia de gusano elotero y larva de mosca, indicando que el repelente puede utilizarse como complemento para el manejo integrado. Estos resultados sugieren que los extractos naturales son una alternativa sustentable para reducir el uso de agroquímicos sin comprometer la eficacia del control.

Palabras clave: maíz, repelente natural, *Fusarium*, *Helicoverpa zea*, manejo integrado.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays*) is one of the most economically important crops worldwide; however, its yield is affected by pests and diseases that directly impact the silk and the ear. Among the most relevant pests are the corn silk fly (*Euxesta stigmatias*) and the corn earworm (*Helicoverpa zea*), whose larvae damage the silks and developing kernels, also promoting the proliferation of fungi such as *Fusarium* spp. and *Penicillium* spp. Traditional management using synthetic insecticides and fungicides is increasingly limited by resistance, environmental impact, and residue concerns.

This study evaluated the efficiency of a natural repellent based on *Allium sativum* (garlic) extract, applied by injection and spraying, compared to conventional treatments. The experiment was conducted in an experimental field owned by Bayer in Acatlán de Juárez, Jalisco, using a completely randomized block design with four treatments and two repetitions, evaluating three variables: corn earworm, corn silk fly larvae, and pathogenic fungi.

Results showed that repellent spraying significantly reduced fungal incidence. Although differences in pest presence were not statistically significant, treatment 3 (repellent + conventional) showed the lowest incidence of both corn earworm and silk fly larvae, indicating that the repellent can be used as a complementary tool for integrated management. These findings suggest that natural extracts represent a sustainable alternative to reducing agrochemical use without compromising control effectiveness.

Keywords: maize, natural repellent, *Fusarium*, *Helicoverpa zea*, integrated management.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de gran importancia económica mundial y uno de los cereales más consumidos del mundo. Su cultivo se domesticó hace más de 9.000 años para su uso en la agricultura y permite múltiples aplicaciones, al ser utilizado para la alimentación animal y humana, y ser una materia primera básica de la industria de la transformación, a partir de la cual se produce almidón, aceite y otros productos alimenticios (FAO, 2021).

Entre las principales plagas y enfermedades que causan daño al cultivo se encuentran la mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) y el gusano elotero (*Helicoverpa zea*), cuyas larvas se alimentan de los estigmas y granos en desarrollo, viéndose afectada la calidad de las mazorcas. A su vez, las heridas ocasionadas y desechos alimenticios de las larvas generan condiciones favorables para la proliferación de hongos como *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp., provocando pudriciones, micotoxinas y pérdidas significativas en rendimiento y calidad comercial.

El control de estas plagas y enfermedades se ha basado históricamente en el uso de insecticidas y fungicidas sintéticos. No obstante, el uso de estas moléculas puede derivar en problemas de resistencia, riesgos para el ambiente y residualidad. Ante esta problemática, surge la necesidad de evaluar alternativas sustentables que permitan llevar un manejo de plagas integrado o sustituir prácticas convencionales. En este contexto, los repelentes de origen natural se presentan como opción viable, tales como los formulados a partir de extractos vegetales como *Allium sativum* (ajo). Asimismo, se evaluó la interacción del repelente con mezclas de insecticidas y fungicidas convencionales, con el fin de determinar el efecto en el manejo del cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de un repelente natural aplicado mediante dos métodos distintos para el control de larva de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) y gusano elotero (*Helicoverpa zea*), así como disminuir la propagación de *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp. en el maíz.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la efectividad de un repelente natural aplicado mediante aspersión en el control de plagas del estigma de maíz.
- Evaluar la efectividad de un repelente natural aplicado mediante inyección en el estigma de maíz.
- Comparar la efectividad entre los métodos de aplicación (aspersión vs inyección) del repelente natural.
- Evaluar la efectividad de mezclas de insecticidas y fungicidas en el control de plagas y enfermedades del estigma.
- Analizar la presencia y propagación de hongos fitopatógenos en estigma y mazorca de maíz.
- Evaluar el efecto de soluciones a base de insecticidas y fungicidas aplicadas mediante inyección en el estigma.

3. HIPOTESIS

La aplicación de un repelente natural mediante dos métodos (inyección y aspersión) influye significativamente en la reducción de la incidencia *Euxesta stigmatias* y *Helicoverpa zea*, así como en la disminución de la propagación de *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp. en el estigma y mazorca de maíz.

4. MARCO TEORICO

4.1. Antecedentes

Smith (2017) mencionó que, la aplicación de insecticidas como clorantraniliprol y lambdacialotrina en etapas VT tempranas, combinada con fungicidas triazólicos como prothioconazol en R1, redujo significativamente la severidad del daño y los niveles de DON (acumulación de deoxinivalenol). Los modelos predictivos indicaron que el riesgo de infección por *Fusarium graminearum* durante el periodo de floración es el principal factor asociado a la acumulación de DON, aunque la presencia de daño por *Striacosta albicosta* también contribuye. Se concluyó que la estrategia más eficiente para reducir DON en híbridos susceptibles es la aplicación conjunta de insecticida y fungicida en momentos fenológicos precisos, siendo el evento Vip3A el ideal para mitigar el daño larval.

Madege et al. (2018) evaluaron el efecto de fertilización (N, P y N+P) y protección química (endosulfan y triadimenol + tebuconazol) sobre la incidencia de daño por barrenador del tallo, síntomas de *Fusarium* y niveles de fumonisinas. Los resultados mostraron que la fertilización no tuvo efecto significativo sobre la incidencia de daño ni sobre la acumulación de micotoxinas, mientras que el uso de insecticida redujo significativamente el daño por barrenador del tallo y, en consecuencia, los síntomas de *Fusarium*. En 2014, los tratamientos con endosulfán y su combinación con fungicida lograron reducir los niveles de fumonisinas por debajo del umbral legal (2 mg/kg), mientras que el fungicida solo no mostró eficacia significativa. Observaron una correlación positiva entre el daño por barrenador y la pudrición de grano por *Fusarium*. Además, se identificó que el uso de fungicidas triazólicos puede inducir una mayor producción de fumonisinas en condiciones subóptimas, posiblemente por estrés fúngico o resistencia parcial.

Eboh et al. (2023) analizaron nueve tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar, incluyendo monocultivo de maíz, intercalado con frijol enano y caupí, y aplicaciones de insecticida sintético (cipermetrina) y emulsión

orgánica de ajo (*Allium sativum*). El tratamiento maíz-caupí con insecticida presentó el mayor rendimiento, seguido por maíz-caupí con emulsión de ajo, mientras que el control sin tratamiento obtuvo el menor rendimiento. La incidencia de *Spodoptera frugiperda* fue más alta en el control, y más baja en los tratamientos con caupí + insecticida o ajo. La severidad, medida por número de larvas por planta, también fue menor en los tratamientos con ajo o insecticida en comparación con el control. Además, los tratamientos con intercalado de leguminosas mostraron mejoras en altura de planta, grosor de tallo y número de hojas. Se concluyó que intercalar cultivos con leguminosas y el uso de extractos botánicos como el ajo constituyen alternativas sostenibles y eficaces frente al uso exclusivo de plaguicidas sintéticos, al reducir la presencia de plagas, mejorar el rendimiento y preservar la sostenibilidad ambiental.

Petter et al. (2013) en condiciones de laboratorio con cuatro repeticiones (108 tratamientos) evaluaron la compatibilidad física de mezclas en tanque entre seis insecticidas (metomil; clorpirifós; cipermetrina; tiametoxam + lambdacialotrina; teflubenzuron; triflumuron) y seis fungicidas (piraclostrobina/epoxiconazol; trifloxistrobina/tebuconazol; carbendazim; flutriafol; azoxistrobina/ciproconazol; flutriafol/tiofanato-metílico), con y sin reductores de pH (ácido piroleñoso y ácido bórico). Como resultados se obtiene que metomil fue ampliamente compatible con carbendazim, trifloxistrobina/tebuconazol, flutriafol y azoxistrobina/ciproconazol; mostró precipitación con piraclostrobina/epoxiconazol y flutriafol/tiofanato-metílico, mitigándose parcialmente con ácido bórico en la primera mezcla (recomendable agitación continua). Clorpirifós fue incompatible con todos los fungicidas, independiente del reductor. Cipermetrina sólo fue compatible con trifloxistrobina/tebuconazol y carbendazim. Tiametoxam/lambdacialotrina fue compatible únicamente con trifloxistrobina/tebuconazol. Teflubenzuron fue incompatible con todos los fungicidas. Triflumuron fue compatible con trifloxistrobina/tebuconazol y aceptable con carbendazim hasta 10 min; el resto, incompatibles. Las

incompatibilidades se asociaron a interacciones de formulación que favorecen floculación/precipitación. Como conclusiones se tiene que evitar mezclas en tanque de clorpirifós, teflubenzuron y triflumuron con los fungicidas evaluados; ácido piroleñoso y ácido bórico son alternativas útiles para ajustar pH y, en casos puntuales, reducir incompatibilidades; la compatibilidad física es la primera barrera de eficiencia y seguridad (evitar obstrucciones, fitotoxicidad y sub/sobredosificación).

Blandino (2022) evaluó un insecticida piretroide (alfa-cipermetrina) y un fungicida DMI (prothioconazol + tebuconazol) aplicado una sola vez entre GS63–GS87 sobre rendimiento, síntomas, infección por *Fusarium* y micotoxinas: Funomisinas (FBs), Moniliformina (MON), Deoxinivalenol (DON); el insecticida se programó según el pico de vuelo de *Ostrinia nubilalis*. Los principales resultados que se obtuvieron fueron: el insecticida aumentó el rendimiento 4% y redujo incidencia y severidad de barrenador europeo y de pudrición de mazorca, disminuyendo la infección por *Fusarium* sección Liseola (grupo taxonómico del género *Fusarium*) en grano y elevando la de Discolor (inversión de flora); redujo FBs y MON en 75% y 79%, respectivamente, pero incrementó DON en 60%, con eficacia sobre FBs mayor en 2011–2012 que en 2010. El fungicida, aplicado en cualquiera de las ocho ventanas, no modificó síntomas, infección ni niveles de FBs, MON o DON, ni aportó beneficios de rendimiento, incluso combinado con el insecticida. En sistemas templados sin Bt, el control oportuno de *O. nubilalis* en GS73 es la intervención agroquímica más efectiva para reducir pudrición de mazorca y contaminación por FBs y MON; la aplicación de DMI en espiga no ofrece control directo de micotoxinas y, al reducir Liseola, puede favorecer mayores niveles de DON por especies Discolor.

Moreno (2023) evaluó la eficacia de cuatro mezclas químicas en el control de larvas de gusano elotero (*Helicoverpa zea*), mosca pinta (*Euxesta stigmatias*) y *Fusarium* spp. en maíz. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, diez genotipos y cuatro tratamientos: T1 (Benzoato de

Emamectina), T2 (Benzoato de Emamectina + Azoxistrobin + Difenconazole), T3 (Benzoato de Emamectina + Tebuconazole + Trifloxystrobin) y T4 (Benzoato de Emamectina + Spinetoram + Azoxistrobin + Difenconazole). Las aplicaciones se realizaron mediante inyección directa a la mazorca, posterior a la polinización manual. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 fue el más efectivo, con menor incidencia de daño por plagas y hongos, mientras que T2 presentó mayor afectación en las muestras analizadas. El análisis de varianza confirmó diferencias significativas entre tratamientos, destacando que las mezclas de fungicidas con insecticidas no son efectivas para controlar las plagas y enfermedades y puede ser factor que promueva el desarrollo y establecimiento de insectos y hongos. Se observó que la técnica de inyección permitió un contacto directo con las larvas, mejorando el control y evitando el lavado por lluvias. En cuanto a *Fusarium* spp., los tratamientos con fungicidas no mostraron reducción significativa en la propagación del hongo.

Viteri (2022) este estudio evaluó cuatro insecticidas (beta-ciflutrin, clorantniliprol, benzoato de emamectina y spinetoram) aplicados en estigmas a tres tiempos: 3 h antes, 24 h y 48 h después de la polinización. Los resultados mostraron que aplicaciones a 48 h post-polinización optimizan el rendimiento y reducen el daño larval. En Lajas, benzoato de emamectina incrementó el número de granos y redujo el daño en mazorca a <0.5%, comparado con el control. En Isabela, clorantniliprol aplicado a 48 h también mejoró el rendimiento y eliminó el daño visible. Los bioensayos revelaron que benzoato de emamectina causó mortalidad larval de hasta 94% en *Spodoptera frugiperda* en Lajas, mientras que en *Helicoverpa zea* la eficacia fue menor (36%), posiblemente por resistencia local. Spinetoram mostró mortalidades intermedias (53–70%), y β -cyfluthrin y clorantniliprol fueron menos efectivos (<30%). Además, clorantniliprol y spinetoram redujeron significativamente el peso larval, indicando efectos subletales relevantes para el manejo integrado. La sincronización de aplicaciones insecticidas con la polinización es crítica para evitar interferencias en la

fertilización y maximizar la eficacia. Benzoato de emamectina es recomendado para infestaciones avanzadas, mientras que clorantraniliprol y spinetoram son adecuados para larvas en estadios tempranos.

Avila (1999) evaluó seis insecticidas (metomil + *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, esfenvalerato, carbaryl, spinosad, metomil y *Bacillus thuringiensis* cv. *aizawai*) aplicados por dos métodos (inyección y aspersión) para el control de *Helicoverpa zea* en maíz dulce. Las aplicaciones por inyección mostraron mayor eficacia en el control del gusano elotero, con solo 1.05% de mazorcas dañadas, frente al 6.86% en tratamientos por aspersión. Sin embargo, este método afectó negativamente la polinización, generando un 60.9% de mazorcas mal polinizadas, en contraste con el 39% en aspersión, lo que impactó el rendimiento comercial. Esfenvalerato fue el insecticida más efectivo, con solo 1.01% de daño promedio, y presentó la mayor rentabilidad neta en todos los escenarios de precios, con tasas de retorno marginal superiores al 900%. Spinosad mostró alta producción de mazorcas, aunque con menor control. Metomil + *B.t.* var. *kurstaki* tuvo el menor beneficio neto y control, posiblemente por resistencia. El análisis de residuos en tratamientos por inyección no detectó presencia de los insecticidas aplicados, lo que sugiere seguridad alimentaria.

Li et al. (2023) se evaluó la eficiencia de 14 insecticidas (9 sintéticos y 5 biológicos) aplicados en el estadio R1 (cinco días después del embuchamiento) para el control de *Helicoverpa armigera* y *Ostrinia furnacalis* en maíz dulce y ceroso en Beijing, China. Se determinó que la etapa de embuchamiento coincide con el pico poblacional de adultos, alcanzando hasta 765 individuos/ha, lo que representa el momento óptimo para la aplicación de químicos. Virtako + aceite mineral fue el tratamiento más eficaz, con eficiencias de control de 88% en maíz dulce y 87% en maíz ceroso, seguido por Indoxacarb + Chlorfenapyr (81% y 67%, respectivamente). El uso de aceite mineral como coadyuvante mejoró significativamente la persistencia y eficacia de los insecticidas, reduciendo la tasa de degradación de los ingredientes activos y aumentando el control en más de

15 puntos porcentuales. En cuanto a los bioplaguicidas, *Beauveria bassiana* + aceite mineral mostró eficiencias de 88% y 80%, superando a *B. bassiana* solo por 10% y 6%, respectivamente. El análisis de residuos reveló que todos los tratamientos mantuvieron niveles por debajo del límite europeo post-aplicación, siendo Virtako el único con residuos detectables en maíz ceroso. El costo-beneficio favoreció a Indoxacarb + Chlorfenapyr por su alta eficacia y bajo costo, mientras que Virtako + aceite, aunque más eficaz, presentó el costo más alto. Se concluye que la aplicación dirigida en la etapa R1, con coadyuvantes, optimiza el control de plagas en mazorca, reduce residuos y mejora la eficiencia económica, siendo Virtako + aceite y *B. bassiana* + aceite las opciones más recomendables para programas de manejo integrado en maíz dulce.

Mansfield et al. (2008) señalan la prevalencia y dinámica de cuatro micotoxinas producidas por especies de *Penicillium* spp., patulina (PAT), ácido micofenólico (MPA), ácido ciclopiazónico (CPA) y roquefortina C (ROC), en maíz fresco y ensilado). Los resultados mostraron que ROC fue la toxina más frecuente (60%), seguida de MPA (42%), CPA (37%) y PAT (23%), con concentraciones promedio de 0.38, 0.16, 0.12 y 0.08 µg/g, respectivamente. El 85% de las muestras presentó al menos una micotoxina, y el 10% contenía las cuatro. Se detectaron todas las toxinas en muestras frescas, lo que contradice la creencia de que su formación ocurre exclusivamente durante el almacenamiento. Las condiciones climáticas durante etapas reproductivas del cultivo (VT a R3) influyeron significativamente en la concentración de toxinas, destacando la correlación positiva entre la humedad relativa y la temperatura con MPA y ROC. En el ensilado, los niveles de PAT se asociaron positivamente con los ácidos propiónico e isobutírico. No se halló relación significativa entre las prácticas agronómicas y la presencia de toxinas. Se concluye que la producción de micotoxinas por *Penicillium* spp. puede iniciarse en campo y continuar tras el ensilado, lo que implica que las estrategias preventivas deben implementarse desde la etapa de cultivo.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen

El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo; investigaciones infieren que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teosinte. Antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes (Grupo semillas, 2012).

Se reconocen como centro de origen del maíz, las regiones centro y sur de México y centro América, ya que es aquí donde se encuentra la mayor fuente de variabilidad genética en forma silvestre. La teoría más aceptada de su origen es la que menciona que el maíz cultivado procede de un ancestro como el teocintle (*Zea mays mexicana*), (*Zea mays ssp. Parviglumis*) de acuerdo con Ortega y cols, 2013.

4.2.2. Taxonomía

Reino: Vegetal

Subreino: Embriobionta

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

4.2.3. Morfología

Según Maroto, J (1998) y Ávila *et. al*, (2014), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

El maíz es una planta herbácea, anual, monoica que inicia su desarrollo con la germinación del grano.

- **Raíz:** La plántula desarrolla raíces seminales laterales, seguidas por raíces adventicias en los nudos subterráneos que forman un sistema fibroso extenso. Luego, emergen raíces aéreas en los nudos superiores conocidas como adventicias para reforzar el anclaje.
- **Tallo:** El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, presenta una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.
- **Hojas:** Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- **Inflorescencias:** Es una planta monoica con inflorescencias masculinas y femeninas separadas en la misma planta. La masculina, ubicada en el ápice, es una espiga con flores que contienen 2 folículos, 3 estambres fértiles y 1 pistilo. La femenina, llamada jilote, presenta estilos amarillos que sobresalen de las brácteas o totomoxtle, dando inicio al desarrollo del grano, que puede alcanzar entre 200 y 1000 unidades.
- **Fruto:** Es un fruto cariósipide, está formado por el pericarpio es una cubierta dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano.

4.2.4. Fenología

El desarrollo del cultivo consiste en una sucesión de etapas fenológicas. Se le llama ciclo de desarrollo al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto (Cuadro 1).

El sistema para clasificación de etapas utilizado por la Universidad de Iowa (Iowa State University of Science and Technology) divide al desarrollo de la planta en vegetativo y reproductivo. Las subdivisiones del estadio vegetativo (V) son designadas como V1, hasta V(n), siendo (n) la última hoja antes de la espiga

(VT) (Ritchie *et al*, 1986). El número de hojas varía de acuerdo con el cultivo y el efecto ambiental.

DESARROLLO	DDS	ETAPAS	DESCRIPCIÓN
Vegetativo	5	VE Emergencia	Emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo.
	9	V1 Primera hoja	Es visible el cuello de la primera hoja.
	12	V2 Segunda hoja	Es visible el cuello de la segunda hoja.
		Vn n hojas	Es visible el cuello de la hoja "n". Última hoja antes de la espiga. El número de hojas generalmente depende de la variedad y/o el efecto ambiental.
	55	VT Espiga	Emerge la panoja inflorescencia masculina en la parte apical, comienza la liberación de polen.
Reproductivo	59	R1 Estigmas	Los estigmas sobresalen del totomoxtle. Ocurre la polinización.
	71	R2 Ampolla	El grano cuenta con un contenido acuoso de color blanquecino al que se le conoce como grano semi lechoso. Se puede observar el embrión.
	80	R3 Lechoso	El grano continúa desarrollándose sin embargo en la parte interna se aprecia una sustancia de consistencia lechosa y sólida en la base.
	90	R4 Masoso	El grano empieza a solidificarse su endospermo debido a la acumulación de almidón.
	102	R5 Dentado	Empieza hundirse la porción apical del grano, se empieza a observar una línea en la parte inferior de la corona del grano que divide la zona lechosa y masosa del grano
	112	R6 Madurez fisiológica	Es visible una capa negra en la base del grano indicando que ha llegado a su máximo tamaño y peso, el totomoxtle se encuentra seco.

Cuadro 1. Representación de las etapas fenológicas respecto a los días después de la siembra (DDS).

4.2.5. Fertirriego

Un balance adecuado en la nutrición del cultivo de maíz proporciona mayor resistencia a plagas y enfermedades. Los principales nutrientes que requiere el maíz para obtener una alta productividad son: Los macronutrientes; nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); los nutrientes secundarios calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) y microelementos como el hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (B), estos últimos, sobre todo, en suelos alcalinos, en donde se bloquea su asimilación (Borbón-García *et. al.*, 2011).

El sistema de riego que se utiliza es por goteo mediante cintilla, por lo tanto, permite una distribución uniforme y controlada del recurso hídrico, así mismo, la fertiirrigación, es decir, la aplicación de fertilizantes, asegurando la absorción de nutrientes.

4.2.6. Importancia económica del maíz

Dentro de los cereales, el maíz ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada, superado solamente por el trigo, sin embargo, posee el primer lugar en cuanto a la producción de grano entre todos los cereales cultivados (FAO, 2022).

Los países más importantes en cuanto a la superficie de siembra en el ciclo agrícola 2023, fueron: China, con una producción de 289 millones de toneladas, seguido, por Estados Unidos, Brasil y la India. México ocupó el sexto lugar en cuanto a la superficie de siembra con 6.44 millones de ha y el séptimo en cuanto a su producción con 27.55 millones de toneladas (FAOSTAT, 2025).

En el ciclo agrícola 2022-2023 los estados que destacan en cuanto a su superficie de siembra son: Chiapas, Veracruz, Jalisco, Sinaloa, Oaxaca, Guerrero, sin embargo, solo Sinaloa y Jalisco sobresalen en la producción en con 6.610 y 2.957 millones de toneladas respectivamente, destacando también los estados de: Michoacán, Guanajuato, y México (Ávila, *et. al.* 2014).

4.2.7. Patologías asociadas al cultivo

Mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*)

La “mosca del estigma” es color verde metálico medio a oscuro o negro, con patrones de alas distintivos y un comportamiento característico al batir las alas. Su estilo de vida generalmente saprófito. Completan su desarrollo en maíz dulce en el campo en 17 días en mayo a 34 días en diciembre, y los adultos viven entre 36 y 52 días, respectivamente (Nuessly, 2013).

Huevos: Las hembras no pueden penetrar en el tejido vegetal intacto con su ovopositor. En la mayoría de los casos, depositan huevos en el tejido vegetal dañado, agrietado o en descomposición. Los huevos se depositan principalmente en la punta de la mazorca, dentro de los estigmas, en el punto de emergencia de la mazorca, también alrededor de los agujeros o en el daño ocasionado por el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) o gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Los huevos miden aproximadamente 0.85 mm de largo y 0.16 mm de ancho. Son de color blanco y de forma cilíndrica [Figura 1a].

Larvas: Las larvas presentan forma cilíndrica y alargada, con cabeza puntiaguda provista de ganchos bucales y un extremo posterior romo donde se observan dos espiráculos oscuros. Su superficie ventral posee crestas y espinas gruesas. Miden aproximadamente 6.2 × 0.9 mm y completan su desarrollo en 10 a 16 días, atravesando tres estadios: los dos primeros de color blanquecino y el tercero de tono amarillo pálido [Figura 1b].

Pupa: La mayoría de las larvas pupan en los primeros 2 cm del suelo, aunque algunas lo hacen en los estigmas del maíz. Las pupas son claras, alargadas, cilíndricas y ligeramente aplanadas, con el extremo anterior romo, y miden aproximadamente 3.9 × 1.4 mm. El desarrollo pupal dura de cinco a siete días en mayo y de seis a ocho días en diciembre [Figura 1c].

Adulto: Son de color verde metálico oscuro a negro, con patas de color marrón a negro, y cuatro bandas de color marrón claro a oscuro en las alas delanteras [Figura 1d].

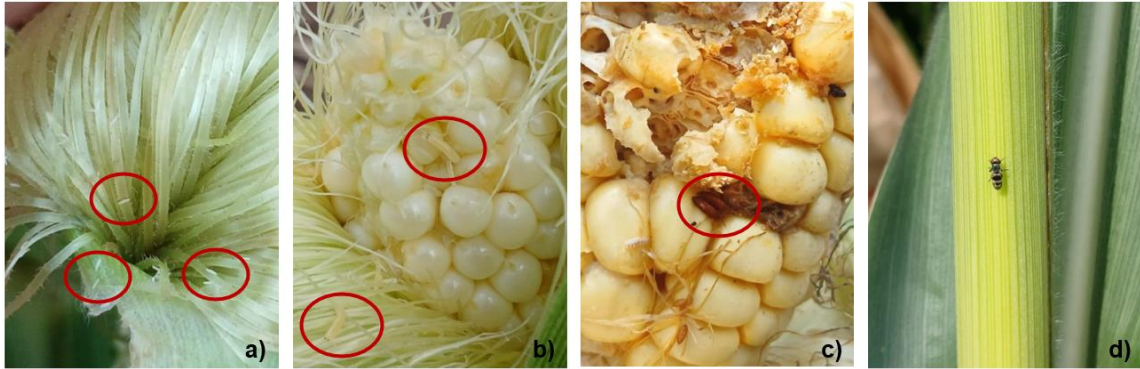


Figura 1. a) Huevo de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*). b) Larva de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) en maíz. c) Pupa de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*). d) Adulto de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*).

Daño

El daño ocasionado por la etapa larval en los estigmas del maíz interrumpe el proceso de polinización, lo que conlleva a un deficiente llenado de la mazorca, caracterizado por granos de tamaño irregular y disposición asimétrica. A lo largo del trayecto de alimentación larval, los estigmas adquieren una coloración marrón bronceada. En casos de infestación severa, todo el sedal puede ser seccionado dentro del canal de sedales. Además, las larvas se alimentan de la punta de la mazorca, resultando en puntas vacías [Figura 2a]. Aquellas que penetran en el interior de la mazorca cortan los granos en desarrollo, y dejándolos vacíos [Figura 2b]. Es común encontrar larvas alimentándose a lo largo de toda la longitud de la mazorca [Figura 2c].



Figura 2. a) Daño de larva en estigmas y punta de maíz. b) Grano maduro con daño ocasionado por larva. c) Daño de larva en toda la mazorca de maíz.

Distribución: Se encuentran en áreas tropicales y subtropicales del hemisferio occidental. Ocurren en toda Florida, Puerto Rico y las Islas del Caribe, México, América Central y América del Sur hasta Argentina y Chile.

Gusano elotero (*Helicoverpa zea*)

Según la Dirección General de Sanidad Vegetal y Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, en su ficha técnica *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), describe que: es una plaga polífaga con más de 100 plantas hospederas, es decir, se alimenta de distintos cultivos, entre los cuales destacan maíz, sorgo, tomate y algodón. El gusano elotero es una plaga del orden Lepidóptera y presenta cuatro fases de desarrollo durante su ciclo biológico, mismo que tiene una duración de 28 a 45 días.

Huevos: El ciclo comienza cuando la hembra de la polilla pone huevos en las hojas de las plantas hospedantes, como el maíz. Estos huevos son pequeños y de color blanco. Eclosionan de 2 a 5 días después [Figura 3a].

Larvas: El estado larval varía de cinco a siete mudas. Esta fase larval tiene una duración de 14 a 15 días, en este periodo se alimenta de los estigmas de las mazorcas y los granos del elote en estado lechoso y masoso [Figura 3b].

INSTAR	LONGITUD Y DIÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Primer instar (L1)	1.4 a 2.4 mm de longitud y 0.3 mm de diámetro.	Presenta cuerpo de color blanco con la cabeza negra
Segundo instar (L2)	2.5 a 8 mm de longitud y 0.97 mm de diámetro	Presenta el cuerpo de coloración marrón clara con la cabeza color ámbar. Siempre se encuentra dentro de la mazorca e inicia la alimentación sobre los granos.
Tercer instar (L3)	7 a 15 mm de longitud y diámetro promedio de 1.8 mm.	Presenta cuerpo marrón claro u oscuro, con cabeza ámbar o castaña, y una banda lateral blanca distintiva en ambos casos.
Cuarto instar (L4)	14 a 25 mm de longitud y diámetro de 3.2 mm.	Presenta variabilidad en la coloración del cuerpo y la cabeza: puede ser marrón claro con cabeza ámbar, marrón oscuro con cabeza castaña o completamente verde, pero siempre conserva una banda lateral blanca longitudinal distintiva.
Quinto instar (L5)	25 a 36 mm de longitud y 5.6 mm de diámetro	Presenta amplia variabilidad en la coloración corporal, con ejemplares completamente verdes o rojizos, y cabezas que pueden ser ámbar, castaño claro u oscuro, o gris oscuro, asociadas a cuerpos rosados, verdes, amarillos o grises. En todos los casos, se conserva una banda lateral blanca longitudinal bien definida.

Cuadro 2. Descripción de larvas del Gusano elotero (*Helicoverpa zea*) según el instar

Pupa: Las pupas de son de color marrón claro a oscuro, dependiendo de la madurez de esta y de aproximadamente 20 mm de largo, con dos espinas terminales distintas. Las pupas se encuentran de 5 a 15 cm de profundidad de la superficie del suelo (CABI, 2020), [Figura 3c].

Adulto: Los adultos emergen en primavera tras la hibernación de las pupas en el suelo. Las palomillas presentan una envergadura alar de 3.8 cm y coloración

variable; en promedio, sus alas anteriores son marrón grisáceo brillante con líneas negras irregulares y una mancha oscura casi circular entre el centro y el ápice del ala [Figura 3d].



Figura 3. a) Huevo de gusano elotero (*Helicoverpa zea*). b) Larva de gusano elotero (*Helicoverpa zea*) instar 5. c) Pupa de gusano elotero (*Helicoverpa zea*). d) Adulto de gusano elotero (*Helicoverpa zea*). (extraída de panorama AGROPECUARIO).

Daño

En plantas jóvenes de maíz, *Helicoverpa zea* provoca agujeros seriados en las hojas al alimentarse de la hoja apical. En etapas fisiológicas más avanzadas, deposita huevos en los estigmas, donde las larvas emergen y se dirigen a la mazorca, alimentándose de los estigmas internos [Figura 4a] y de los granos lechosos en la punta. Usualmente se encuentra una sola larva por mazorca, y aunque el daño se concentra en la punta, puede extenderse al resto de la estructura [Figura 4b y c].

Hábitos

Los adultos del gusano elotero salen durante la tarde y permanecen activos durante el periodo nocturno. Durante el día permanecen escondidos en la vegetación, aunque también se pueden encontrar alimentándose del néctar. Las polillas tienden a migrar estacionalmente y pueden volar cientos de kilómetros en busca de condiciones favorables para su desarrollo, lo que pone en riesgo la incidencia en cultivos de diferentes regiones.

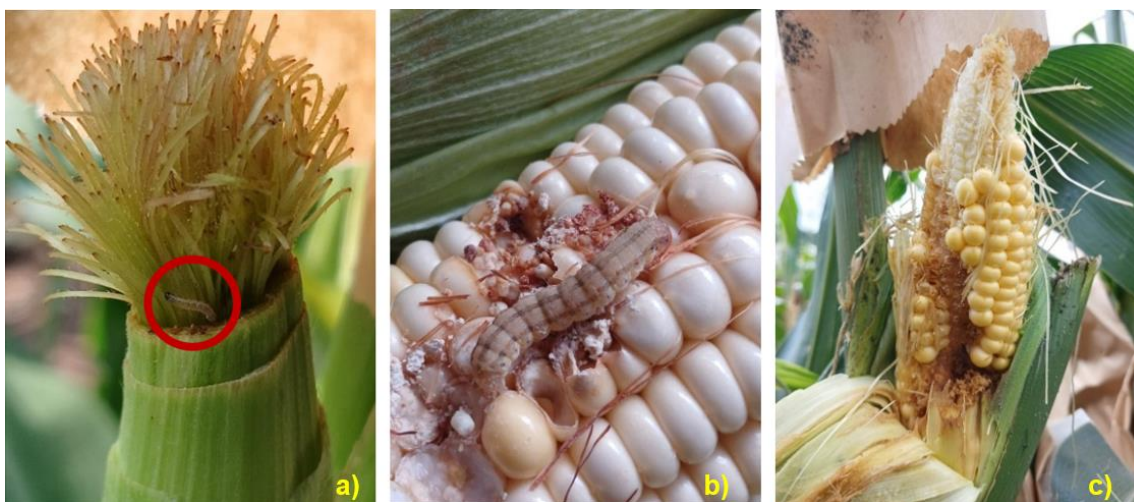


Figura 4. a) Gusano elotero instar 1 en estigma. b) Daño por gusano elotero en el centro de la mazorca. c) Daño severo por gusano elotero.

***Fusarium* spp.**

Ciclo de patogénesis

La infección de la mazorca también puede surgir a partir de una infección sistémica (Odjo *et. al.*, 2022), es decir, iniciada la infección al ser transmitida por medio de semilla o por suelo contaminado (Gaige *et. al.*, 2020; Jiang *et. al.*, 2020), el patógeno se propaga al interior del hospedante, desde la raíz hasta el tallo y en instancia final infectar la mazorca (Munkvold *et. al.*, 1997; Oren *et. al.*, 2003), después de la cosecha, el hongo puede sobrevivir en los residuos de las plantas, proporcionando inóculo para un ciclo de infección posterior (Xu *et. al.*, 2023).

El patógeno ingresa a través del canal estilar [Figura 5a], se propaga extracelularmente sobre el grano a través de la región de la nucela, ingresando esporádicamente al pericarpio y llenando las células del mesocarpio, las hifas se propagan dentro del pericarpio de una célula a otra a través de fosas, colonizando filas de células huésped al crecer hacia arriba y hacia abajo en el núcleo en un patrón radial lo cual procede al desarrollo de síntomas macroscópicos, dando lugar a signo de estallido estelar [Figura 5b y c], y reflejando así la colonización, cuando las paredes gruesas de las células del pericarpio (Duncan & Howard,

2010).

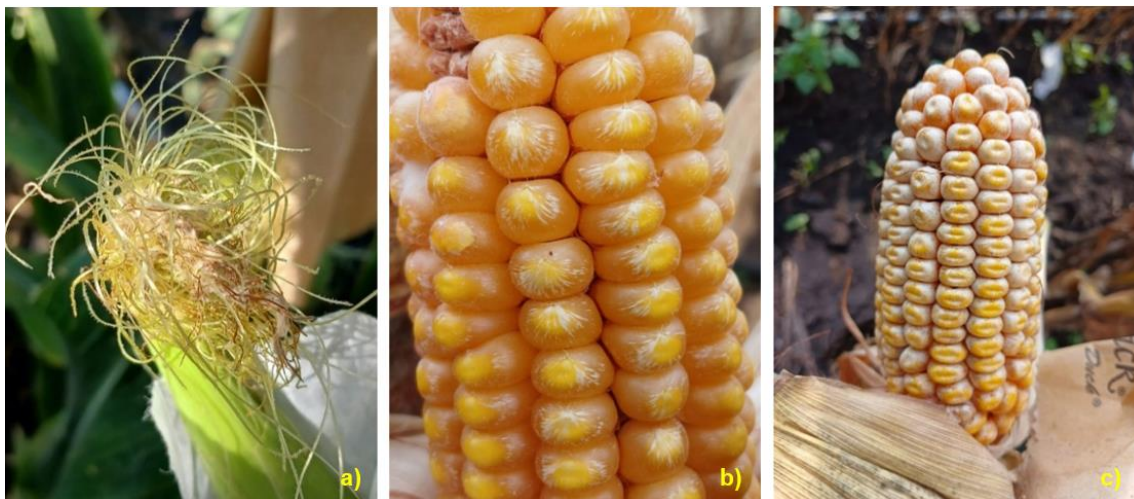


Figura 5. a) Presencia de micelio en estigma. b) Signo de estallido estelar en granos maduros. c) . Presencia de *Fusarium* spp. grano en proceso de momificación.

Daño

En mazorca, en condiciones controladas, los primeros síntomas pueden verse luego de 7 días después de la inoculación (DDI) los síntomas van desde una decoloración en el grano [Figura 6a] hasta granos cubiertos de moho blanco [Figura 6b], rosado o salmón [Figura 6c], luego, 20 días DDI se observa pudrición de la mazorca por *Fusarium* [Figura 6d] (Zhang *et. al.*, 2014; Jiang *et. al.*, 2022b).



Figura 6. a) Grano decolorado o blanco. b) Presencia de moho blanco. c) Presencia de moho salmón, en proceso de pudrición. d) Pudrición por *Fusarium* spp. con grano germinado.

***Penicillium* spp.**

Ciclo de patogénesis

Penicillium spp. penetra en los tejidos de su hospedante a través de aberturas en la cascara o corteza e incluso a través de lenticelas. Sin embargo, puede propagarse desde los frutos infectados a los sanos cuando la corteza esta sana y entra en contacto con los frutos infectados.

Las pudriciones causadas por *Penicillium* spp. al principio tienen el aspecto de manchas blandas aguadas, ligeramente decoloradas y de tamaño variable, las cuales pueden aparecer en cualquier parte del fruto [Figura 7a]. Poco después de que se desarrolla la pudrición, un moho blanco comienza a crecer sobre la superficie de la corteza del fruto, cerca de la parte central de la mancha. Posteriormente el hongo prosigue su desarrollo y produce esporas. El área esporulante tiene color azul, verde azulado o verde olivo y a menudo se encuentra rodeada por una banda estrecha o amplia de micelio blanca [Figura 7b]. El desarrollo superficial del hongo se produce sobre manchas de cualquier tamaño, siempre y cuando la atmosfera sea húmeda y cauda. Bajo condiciones de almacenamiento, pequeños cojinetes de micelio productores de esporas aparecen sobre la superficie de las manchas (Agrios 2ª edición).



Figura 7. a) Mazorca en etapa lechosa con grano reventado y presencia de *Penicillium* spp. b) Presencia de micelio de *Penicillium* spp. en grano maduro.

Daño

Se caracteriza por un moho polvoriento verde o verde azulado que crece entre los granos [Figura 8a], generalmente en la punta de la mazorca. Los granos infectados pueden presentar un aspecto decolorado o veteado.

Los frutos en proceso de descomposición huelen a humedad y, en condiciones secas pueden contraerse y transformarse en una momia [Figura 8b] mientras que en condiciones húmedas cuando los hongos y levaduras secundarias entran también en ellos, se reduce a una masa blanda y húmeda (Agrios 2ª edición).



Figura 8. a) Moho polvoriento verde en grano maduro. b) Momificación de granos con presencia de moho verde.

4.2.8. Inyección

La técnica de inyección se realiza tal y como lo describe Moreno (2023), consiste en realizar una inyección dirigida entre los estigmas y la punta de la mazorca, utilizando el tacto para ubicar con precisión el sitio de aplicación. Se posiciona la jeringa en un ángulo controlado, se introduce cuidadosamente la aguja sin atravesar completamente los estigmas, y se genera un espacio interno donde se deposita el producto. Según el autor, una aplicación correcta se evidencia por la hinchazón en la zona tratada; en caso contrario, el líquido es expulsado y escurre externamente por la mazorca.

4.2.9. Aspersión

La aplicación de agroquímicos por aspersión es una técnica utilizada para distribuir o aplicar productos fitosanitarios como insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes líquidos sobre los cultivos, mediante la pulverización de una solución en forma de gotas finas. Este proceso se realiza utilizando equipos de mochila que incluye un tanque de mezcla, una bomba de presión, boquilla atomizadora y sistema de conducción. La preparación de la mezcla implica calcular la dosis adecuada del agroquímico según el tipo de cultivo, la plaga o enfermedad, y se diluye en agua. Posteriormente, se calibra el equipo ajustando el caudal, la presión y el tipo de boquilla para asegurar una aplicación precisa y uniforme. La aspersión debe realizarse en condiciones climáticas favorables, evitando vientos fuertes, lluvias o temperaturas extremas que puedan provocar deriva, evaporación o escurrimiento del producto. Al finalizar la aplicación, es indispensable realizar una limpieza completa del equipo para evitar residuos y contaminación cruzada.

4.2.10. Moléculas utilizadas

Tipo	Grupo toxicológico	Ingrediente activo	Mecanismo de acción
Insecticida	6 Avermectinas	Benzoato de emamectina	Sistema nervioso y muscular
Insecticida	3A Piretroides 4A Neonicotinoides	Tiametoxam Lambdacihalotrina	Sistema nervioso
Fungicida	B1 Bencimidazoles	Tiabendazol	Inhibe división celular
Repelente	N/A	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo)	Propiedades antibióticas y repelentes.

Cuadro 3. Comparativa de moléculas utilizadas.

4.2.11. Repelentes de extractos naturales

Los extractos vegetales son preparados que se obtienen de la extracción de diferentes sustancias vegetales a partir de diversos procesos, como: maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias. La eficacia de los extractos vegetales depende de diversos factores, entre los que destacan: especie e

inclusive variedad vegetal, metodología de extracción, la calidad de las plantas utilizadas, concentración utilizada, etc.

Clasificación a los principios activos presentes en las plantas de la siguiente forma:

- **Alcaloides:** son compuestos naturales en la familia Fabaceae o leguminosas, estos metabolitos son un mecanismo de defensa contra microorganismos fitopatógenos, herbívoros y contra otras especies de plantas que causan competencia (Wink, 1998).
- **Taninos:** Su estructura química los hace fuertes y eficaces para darle protección natural a las plantas contra el ataque de patógenos como hongos, bacterias y virus.
- **Aceites esenciales:** se derivan de las plantas y tienen un poder de residualidad (12 horas), siendo susceptibles a la degradación por altas temperaturas y luz ultravioleta. Contienen monoterpenos aromáticos, óxidos, éteres, alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas que determinan el aroma y bioactividad. Algunos ejemplos son: romero, eucalipto, ajo, chile, ruda, naranja, hierbabuena, lavanda, orégano, etc.
- **Heterósidos:**
 - a) **Flavonoides:** Actúan a nivel celular regulando el ciclo celular de las plantas, combate las infecciones causadas por hongos patógenos. Los podemos encontrar en el brócoli, té verde, lavanda, cannabis, cítricos, soja, etc.
 - b) **Saponinas:** Son metabolitos secundarios que ayudan al control de hongos e insectos, ya que poseen complejos minerales de hierro, zinc y calcio. Entre ellas están los agaves, liliáceas, castaño de indias, hiedra, alfalfa, yuca, aloe vera, etc. (Agricultura, 2022).

4.2.12. Insecticidas

Los insecticidas son sustancias químicas diseñadas y utilizadas para controlar, prevenir o eliminar insectos plaga. Estas moléculas se usan en diversos entornos,

como la agricultura, la salud pública y el control de plagas domésticas, con el objetivo de proteger cultivos, prevenir enfermedades transmitidas por insectos y mantener ambientes libres de plagas (Ortiz, 2024).

4.2.12.1. Mecanismo de acción

Ortiz (2024), describe los siguientes mecanismos de acción:

- a) **De contacto:** diseñados para actuar cuando entran en contacto directo con el cuerpo de los insectos. Al entrar en contacto con el exoesqueleto, patas o antenas, afecta sistema nervioso.
- b) **De ingestión:** diseñados para afectar a los insectos cuando estos ingieren o se alimentan de plantas tratadas con el insecticida hasta que llegan a su sistema digestivo.
- c) **Sistémicos:** actúan penetrando a través de los espiráculos de los insectos, que son pequeñas aberturas en sus cuerpos utilizadas para la respiración. Afectan los sistemas respiratorios e internos de los insectos.

7.2.13 Fungicidas

Sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento o para matar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, los animales y el hombre (Lorenzo, *et. al*; 2015).

Mecanismo de acción

- a) **De contacto:** Actúan sobre la superficie de la planta, formando una barrera protectora que impide la penetración y el desarrollo del hongo.
- b) **Translaminares:** Penetran la cutícula de la hoja y se redistribuyen dentro del tejido foliar. Proporcionan protección tanto en la superficie de la hoja como en su interior.
- c) **Sistémicos:** Son absorbidos por la planta y se distribuyen a través de los tejidos vasculares, proporcionando protección a partes no tratadas directamente y eliminando infecciones establecidas (SMEAP, 2024).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización del campo experimental

El presente estudio se llevó a cabo en un campo experimental de la empresa Bayer “Rancho Colomos”, ubicado en el municipio de Acatlán de Juárez, Jalisco, México; con un acomodo de 8 surcos, con 10 rangos cada uno de ellos.

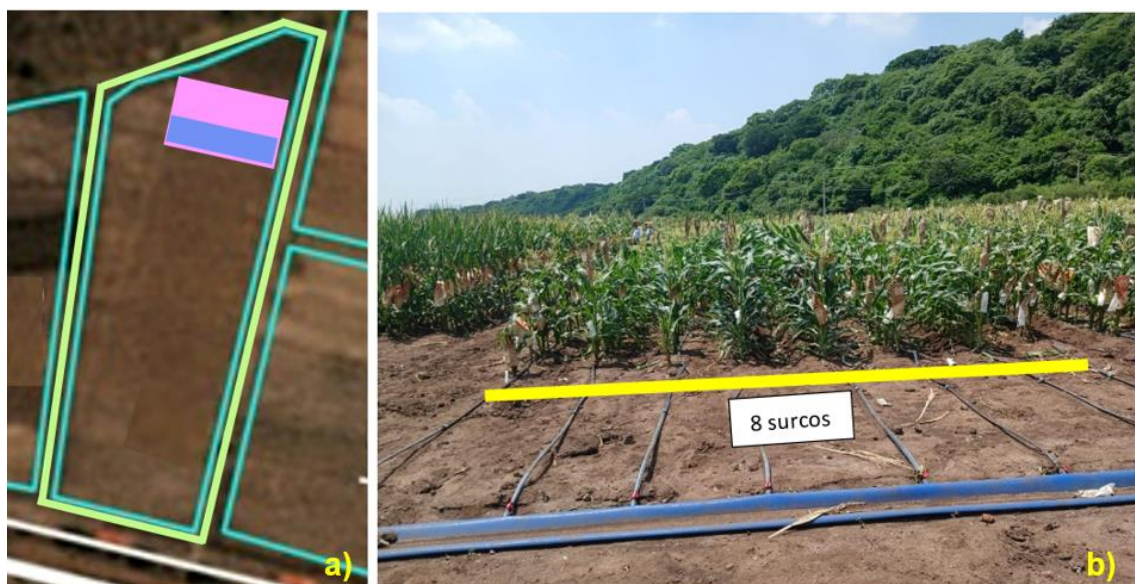


Figura 9. a) Ubicación del campo experimental. b) Ubicación en campo.

Simbología:

-  = Lote
-  = Campo experimental
-  = Área efectiva experimental

5.2. Diseño experimental

Con el objetivo de evaluar la eficiencia de un repelente natural aplicado mediante dos métodos distintos para el control de larva de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) y gusano elotero (*Helicoverpa zea*), así como disminuir la propagación de *Fusarium* spp. y *Penicillium* en el maíz en el cultivo de maíz (*Zea*

mays) se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 2 repeticiones.

La distribución del área experimental fue la siguiente: 10 rangos y 8 columnas; para la repetición 1, a partir del rango 1 al 5, en donde no se aplicó el repelente natural, por otro lado, la repetición 2, del rango 6 al 10, si se aplicó el repelente natural (aspersión) utilizando aspersora de motor.

Los tratamientos evaluados fueron: tratamiento 1 = tradicional (mezcla fungicidas con insecticidas), tratamiento 2 = repelente natural + fungicida, tratamiento 3 = repelente natural + tradicional, y tratamiento 4 = repelente natural, los cuales se aplicaron mediante la técnica de inyección con mochilas especiales que cuentan con jeringa [Figura 10].

Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA utilizando el software SAS, y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

DISEÑO EXPERIMENTAL

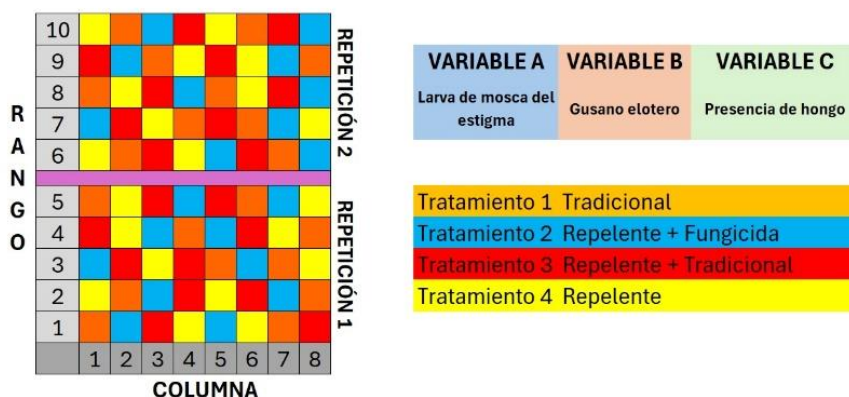


Figura 10. Diseño experimental según repeticiones, tratamientos y variables a evaluar.

5.3. Polinización

Siendo el maíz una planta monoica, en este campo se realizó autofecundación, es decir, se poliniza el jilote con el polen de la misma planta, para evitar la contaminación de polen disperso en el ambiente.

El proceso de polinización lleva diferentes etapas en donde, en este caso maíz dulce, con un rango de maduración precoz, requiere de monitoreo constante para comenzar el englacinado y de aquí partir con la realización de actividades necesarias en la polinización: recorte de estigma, cubrir espiga (flor masculina), bajar polen a jilote (flor femenina), descritas a continuación:

5.4. Englacinado

Para el englacinado se utiliza un “glacín” por cada planta, los cuales son pequeñas bolsas de papel encerado que como principal función tienen cubrir los estigmas antes de que sea expuesto fuera de la mazorca en desarrollo, para evitar la contaminación de polen no deseado. Se realizó constante monitoreo para detectar anticipadamente el desarrollo del jilote, una vez ubicado el mismo, se cortó la hoja base, posteriormente, con la parte inferior del glacín, se hizo un pequeño corte entre el tallo y el jilote de aproximadamente 3-5 cm para un mejor soporte del mismo, cabe mencionar, que se debe realizar con cuidado de no dañar el jilote o la misma planta al realizar el corte más abajo de lo necesario ya que esto puede provocar que se troce el tallo con la mínima corriente de aire, movimientos involuntarios del personal o maquinaria, viéndose así afectada la polinización al perder la espiga. Se colocó un glacín por planta, resaltando que siempre se cubre el principal, es decir, el superior [Figura 11a].

5.5. Recorte de estigmas

El recorte de estigmas comenzó el día 8 de julio una vez englacinado. Éste se realizó al jilote que presentaba exposición de estigma, se cortó horizontalmente aproximadamente 2 cm de la punta hacia abajo, tomando en cuenta el porcentaje de floración en espiga, considerando que se podrá realizar la polinización dos días después. Esta práctica se realiza con el fin de favorecer la coincidencia floral

(espiga y estigmas), así como la captación de polen de manera uniforme, favoreciendo la polinización y el buen llenado de granos [Figura 11b]. Cabe mencionar, que el recorte de puntas solo se implementó una vez para evitar dañar el olote, en caso de no tener una correcta coincidencia floral, se realizó también el recorte a manera de “brocha o reseteo”, recortando los estigmas de tal manera que quede en aproximadamente 1 cm de largo a partir del totomoxtle, para este caso si se podrá realizar el mismo día la polinización.

5.6. Cubrir espiga

Dos días después del recorte, se cubrieron las espigas que presentaban entre el 70% y el 100% de floración (anteras abiertas), utilizando bolsas de papel que las envolvieron completamente [Figura 11c]. Al final, se realizó un pequeño pliegue en la bolsa, ajustándola firmemente al tallo de la espiga para evitar la salida de polen, y se aseguró con una grapa [Figura 11d]. Esta actividad se llevó a cabo por las mañanas; durante ese mismo día, a partir de las 12:00 p.m., observando las condiciones óptimas de temperatura y humedad, se bajaron las bolsas con polen.

5.7. Bajar polen (polinización)

Para concluir el proceso de polinización, el cual tuvo como fecha de inicio el 10 de julio y como finalización el día 28 de julio, se tomó la bolsa de la espiga quitando la grapa, después, con la palma de la mano, se dio un golpe a la bolsa, garantizando así, que el polen producido sea expulsado totalmente de las anteras. Una vez con el polen en la bolsa, se realizó con la misma una “campana”, la cual sirve para cubrir el jilote al momento de retirar el glacín, asegurando que este no sea expuesto al exterior, evitando la contaminación cruzada de polen. Posteriormente, se realizaron pequeños movimientos (sacudidas), asegurando así la mayor dispersión del polen en los estigmas, por último, la misma bolsa se colocó cubriendo el jilote polinizado, abrazando el tallo de la planta, asegurándola después con una grapa [Figura 11e].



Figura 11. a) Englacinado e inicio de polinización. b) Polinización después de dos días del recorte. c) Espiga con 90% de floración. d) Cubierto de espiga en floración. e) Colocación de bolsa después de la polinización.

5.8. Aplicaciones

La aplicación inyección y aspersión, se realizó el día 30 de julio, según el diseño experimental correspondiendo a los tratamientos y las repeticiones. Cabe mencionar que fueron dos aplicaciones por aspersión en la repetición 2, la primera, se realizó el mismo día de la inyección y posteriormente a los 5 días se aplicó la segunda.

Es importante tomar en cuenta que antes de iniciar con el proceso de preparación y aplicación de las mezclas, por seguridad se debe contar con el equipo de protección personal (EPP) adecuado para la actividad, que involucra la manipulación de productos agroquímicos. El EPP consta de una mascarilla respiratoria contra vapores, filtros, lentes, tyvek, botas impermeables y guantes [Figura 12a].

Los tratamientos utilizados fueron concentrados en 20 litros de agua con sus respectivas dosificaciones (Cuadro 4); el **tratamiento 1**, mezcla de Benzoato de emamectina (0.30 ml), Tiametoxam + Lambdacialotrina (0.50 ml) y Tiabendazol (0.50 g), **tratamiento 2**, mezcla de extracto acuoso de *Allium sativum* (20 ml) y Tiabendazol (0.50 g), **tratamiento 3**, extracto acuoso de *Allium sativum* (20 ml), Benzoato de emamectina (0.30 ml), Tiametoxam + Lambdacialotrina (0.50 ml) y Tiabendazol (0.50 g) y por ultimo **tratamiento 4**, extracto acuoso de *Allium sativum* (20 ml). Es importante mencionar, el control de plaga en específico según su ingrediente activo utilizado en las mezclas se describe en el cuadro 5.

TRATAMIENTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS / 20 lts
1 – Tradicional	[Benzoato de emamectina + (Tiametoxam + Lambdacialotrina) + Tiabendazol]	(0.30 ml + 0.50 ml + 0.50 g)
2 – Repelente + Fungicida	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo) + Tiabendazol	20 ml + 0.50 g
3 – Repelente + Tradicional	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo) + [Benzoato de emamectina + (Tiametoxam + Lambdacialotrina) + Tiabendazol]	20 ml + (0.30 ml + 0.50 ml + 0.50 g)
4 – Repelente	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo)	20 ml
REPETICIÓN	MOLÉCULA	DOSIS / 20 ltrs
1 – Nada	Nada	Nada
2 – Aspersión	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo)	20 ml

Cuadro 4. Relación de mezclas aplicadas según el tratamiento y sus ingredientes activos según su dosificación.

CLASIFICACIÓN	CONTROL DE PLAGA	INGREDIENTE ACTIVO
Insecticida	Gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>)	Benzoato de emamectina
Insecticida	Mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>)	Tiametoxam + Lambdacialotrina
Fungicida	<i>Fusarium</i> spp. y <i>Penicillium</i> spp.	Tiabendazol
Repelente natural	Gusano elotero (<i>Helicoverpa zea</i>) y Mosca del estigma (<i>Euxesta stigmatias</i>)	Extracto acuoso de <i>Allium sativum</i> (ajo)

Cuadro 5. Control de plaga en específico según el producto y su ingrediente activo.

Las mezclas fueron aplicadas con bombas manuales adaptadas con una jeringa de inyección, estas previamente calibradas para inyectar 3 ml por mazorca [Figura 12b y c]. La técnica de inyección se realiza tal y como lo describe Moreno (2023), consiste en realizar una inyección dirigida entre los estigmas y la punta de la mazorca, utilizando el tacto para ubicar con precisión el sitio de aplicación. Se posiciona la jeringa en un ángulo controlado, se introduce cuidadosamente la aguja sin atravesar completamente los estigmas, y se genera un espacio interno donde se deposita el producto. Según el autor, una aplicación correcta se evidencia por la hinchazón en la zona tratada; en caso contrario, el líquido es expulsado y escurre externamente por la mazorca [Figura 13a y b].

La segunda aplicación por aspersión en la repetición 2, se realizó el día 04 de agosto, la dosis que se aplicó de extracto acuoso de *Allium sativum* (ajo) por bomba de 20 ltrs fue 20 ml (Cuadro 4) [Figura 13c].

Para este método de aplicación se utilizó una bomba de aspersión con motor de combustible (gasolina), dos mangueras con sus válvulas con gatillo, tubo de aspersión, cada uno con boquilla de doble salida NN-D-6, con un gasto de 1.16 L/min, de cono lleno [Figura 14a].

La técnica implementada por el aplicador consistió en cruzar las varillas de manera que las boquillas quedaran orientadas hacia la parte posterior, a la altura de la cintura. Esta disposición permitió que la aspersión cubriera tanto la parte superior como inferior de la planta, además de reducir la exposición del aplicador a la deriva del producto. La aplicación se realizó surco por surco, con el objetivo de lograr una cobertura más uniforme y eficiente del producto [Figura 14b y c].



Figura 12. a) EPP necesario para manipulación de productos químicos. b) Bomba de inyección. c) Jeringa de inyección.



Figura 13. a) Aplicador inyectando mazorca. b) Técnica de inyección. c) Moléculas utilizados para aspersión.



Figura 14. a) Bomba de aspersión con motor de combustible. b) Aspersión de repelente en repetición 2. c) Aspersión por surco en repetición 2.

5.9. Monitoreo en mazorca

El monitoreo se realizó a manera de zig-zag [Figura 15], ya que de esta manera es posible observar los puntos de muestreo de tal forma que sean distribuidos en el campo de manera eficiente. El monitoreo en mazorca fue antes de finalizar la polinización, con la finalidad de llevar un control en cuanto a la presencia de gusano elotero, larva de los estigmas y hongos en estigma, así como el daño ocasionado. La manera en la que se realizó fue levantando un poco la bolsa, cuidando de no exponer mucho la mazorca con la finalidad de evitar la contaminación de polen en los estigmas. Tres días después de la inyección, de la misma manera se llevó a cabo el monitoreo, levantando la bolsa de papel, abriendo un poco los estigmas y la punta del totomoxtle (máx. 5cm) a fin de evaluar el daño.

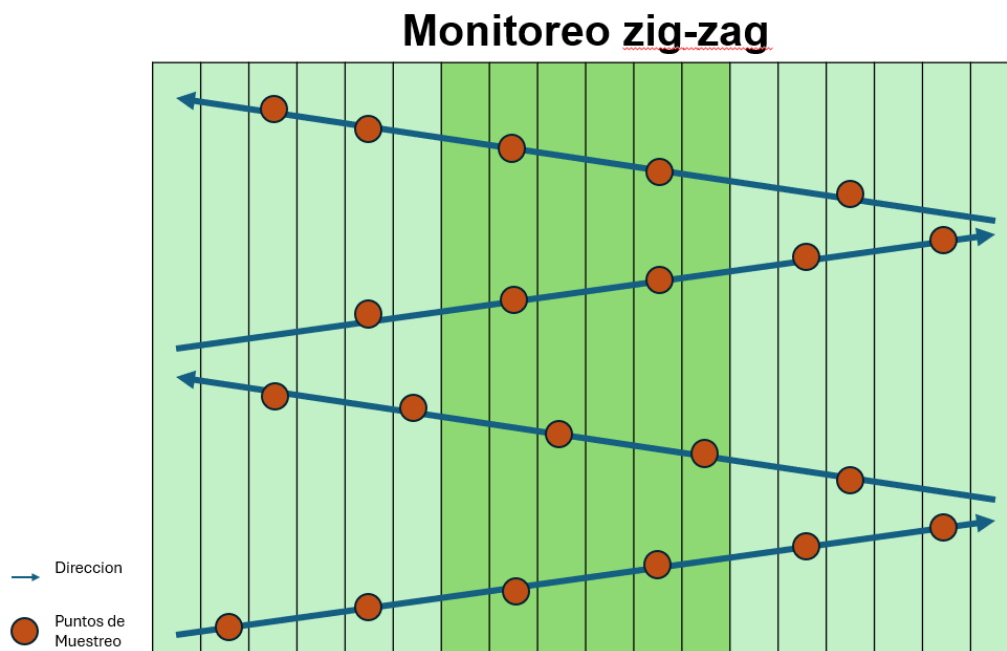


Figura 15. Monitoreo de mazorca en zig-zag

5.10. Toma de datos

La recolección de datos se realizó el 6 de agosto, a los 7 días después de la inyección. Los datos se capturaron en una tabla tomando en cuenta las tres variables (gusano elotero, larva de mosca, *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp.), se consideró una escala del 0 al 5 de manera visual para calificar el daño por mazorca. Se realizó un muestreo de 10 mazorcas por rango de cada tratamiento, tomando en cuenta que se tienen dos ubicaciones por tratamiento (5 mazorcas de cada ubicación por rango), separando los datos por repetición.

Escala de daños para la toma de datos:

- Daño 5: representa daño total de la mazorca, del 90-100% [Figura 16a].
- Daño 4: representa del 70-80% de daño en mazorca [Figura 16b].
- Daño 3: representa del 40-60% de daño en mazorca [Figura 16c].
- Daño 2: representa del 20-30% de daño en mazorca [Figura 16d].
- Daño 1: representa el 10% de daño en mazorca [Figura 16e].
- Daño 0: ningún daño en mazorca [Figura 16f].

Ejempló de escala visual:



Figura 16. a) Daño 5 en hongo, daño 2 gusano y daño 1 larva. b) Daño 4 de hongo, daño 0 gusano y daño 0 larva. c) Daño 1 de hongo, daño 3 gusano y daño 0 larva. d) Daño 0 hongo, daño 2 gusano y daño 0 larva. e) Daño 0 hongo, daño 1 gusano y daño 0 larva. f) Daño 0 para las tres variables (hongo, gusano y larva)

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS. Los resultados obtenidos se describen a continuación con base a los datos obtenidos por repetición, así como el efecto de cada uno de los tratamientos según la incidencia de plagas y enfermedades.

6.1. Análisis por repetición

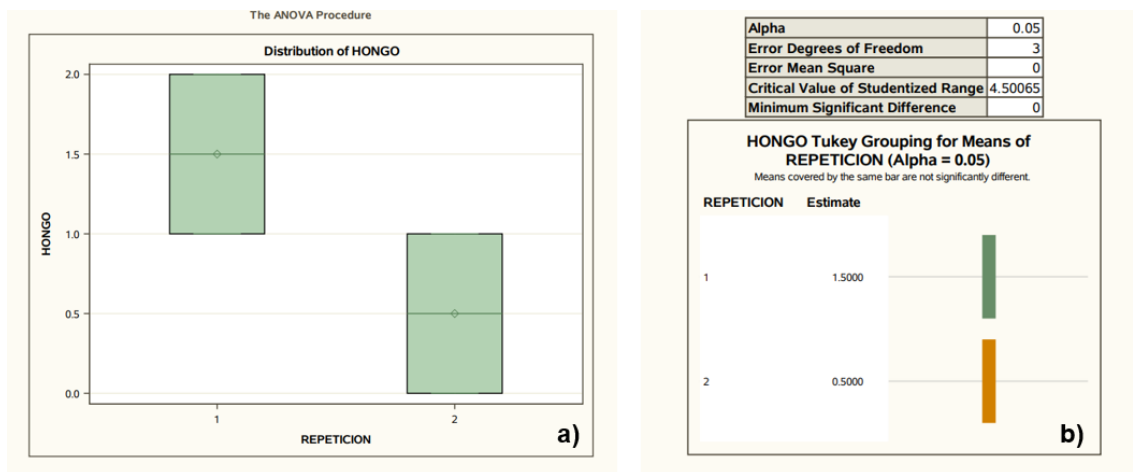


Figura 17. a) ANOVA por repeticiones para hongo. b) Tukey por repeticiones para hongo.

Repeticiones

Los resultados tanto de ANOVA como en Tukey muestran mayor número de incidencia de hongo en la repetición 1 comparado con la repetición 2, mostrando la efectividad de control de hongo con el uso del repelente natural a manera de aspersión, pero sin mostrar diferencia significativa en el control de gusano elotero y de larva de mosca del estigma.

6.2. Análisis por tratamiento

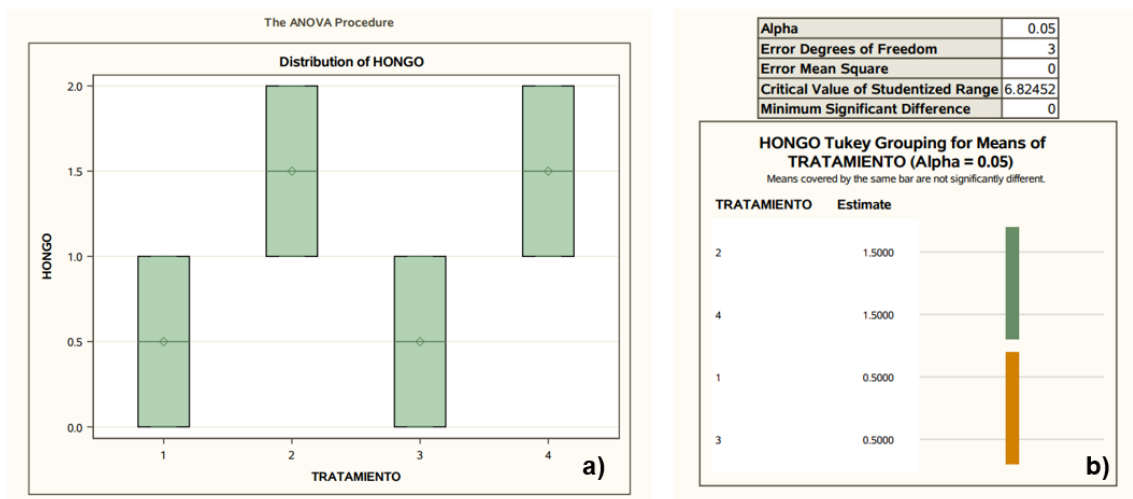


Figura 18. a) ANOVA por tratamientos para variable de hongo. b) . Tukey por tratamientos para variable de hongo.

Análisis de presencia de hongo

El tratamiento 2 (repelente+fungicida) al igual que el tratamiento 4 (repelente), representan mayor infección siendo los menos efectivos, mientras que los tratamientos 1 (tradicional) y 3 (tradicional+repelente) muestran que estadísticamente no existe una diferencia significativa, ya que el resultado es el mismo aplicando o no el repelente.

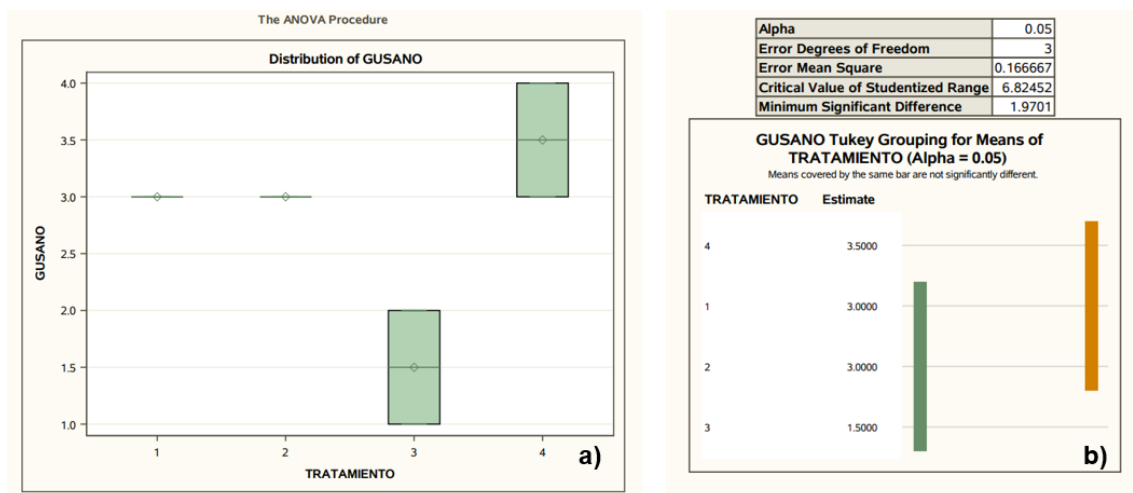


Figura 19. a) ANOVA por tratamientos para variable de gusano. b) Tukey por tratamientos para variable de gusano.

Análisis de presencia de gusano elotero

El tratamiento 4, 2 y 1 presentan mayor infestación, mientras que el tratamiento 3 indica ser el más efectivo, aunque estadísticamente no exista una diferencia significativa, numéricamente se puede decir que, el repelente se puede aplicar para el control de gusano elotero, como un complemento a la mezcla tradicional inyectada.

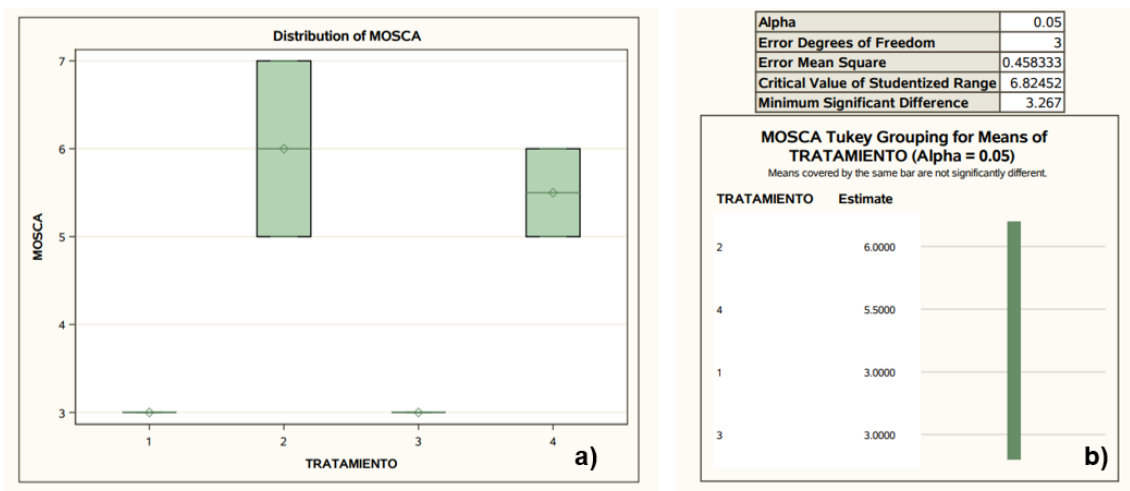


Figura 20. a) ANOVA por tratamientos para variable de mosca del estigma. b) Tukey por tratamientos para variable de mosca del estigma.

Análisis de presencia de larva del estigma

El tratamiento 2 (repelente+fungicida) presento el mayor promedio de infestación de larvas, seguido por el tratamiento 4, 1 y 3. Estadísticamente no existen diferencias significativas, sin embargo, numéricamente el tratamiento 3 (repelente+tradicional) muestra menos infección, por lo tanto, también para el caso del control de larva se podría usar como complemento a la mezcla tradicional para el control de plagas.

7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la aplicación de repelente natural tuvo un efecto significativo en la reducción de la presencia de hongos patógenos (*Fusarium* spp. y *Penicillium* spp.), mientras que para el gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y larva de mosca del estigma (*Euxesta stigmatias*) las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significancia estadística, sin embargo, numéricamente se observó que el tratamiento 3 (Repelente+tradicional) fue el más efectivo en cuanto al control de las tres variables evaluadas, demostrando que el repelente natural puede ser utilizado como un complemento en el control de plagas y enfermedades, lo anterior coincide con lo observado por Eboh *et. al.* (2023), quien sostiene que los extractos naturales constituyen una alternativa sostenible frente al uso exclusivo de insumos sintéticos. Dicho autor demostró que el extracto de ajo (*Allium sativum*) reduce la presencia de plagas, y los resultados del presente estudio complementan esa evidencia al mostrar que este compuesto también ejerce un efecto positivo en el control de hongos en mazorca, contribuyendo a mejorar el rendimiento y la sostenibilidad ambiental. No obstante, se observa que su aplicación de manera aislada, específicamente mediante inyección directa en la mazorca, puede no ser suficientemente efectiva, lo que subraya la necesidad de emplearlo dentro de un esquema de manejo integrado de plagas y enfermedades para maximizar sus beneficios.

Al respecto, Moreno (2023) señala en su investigación que la combinación de fungicidas e insecticidas no siempre resulta eficaz en el control de plagas y enfermedades, e incluso puede favorecer el desarrollo de ciertos insectos y hongos. En contraste, los resultados del presente estudio evidencian que la aplicación conjunta de insecticida y fungicida mediante la técnica de inyección constituye una estrategia efectiva para el manejo de plagas y hongos patógenos. Asimismo, se comprobó que la aspersión de un repelente natural amplía el

espectro de protección, ofreciendo una alternativa complementaria que fortalece la prevención y control de organismos dañinos en el cultivo.

Estos resultados confirman lo señalado por Smith (2017), quien sostiene que la estrategia más eficiente para reducir la acumulación de deoxinivalenol (DON) y el daño ocasionado por hongos consiste en la aplicación conjunta de insecticida y fungicida en momentos fenológicos específicos. Asimismo, el presente estudio refuerza la relevancia de diseñar programas de manejo integrado que incorporen alternativas sostenibles, con el fin de disminuir los riesgos de resistencia en plagas y enfermedades y garantizar la eficacia a largo plazo de las prácticas de control.

Blandino (2022) señala que la aplicación del fungicida no produjo modificaciones significativas en la expresión de síntomas, niveles de infección ni en la concentración de micotoxinas, específicamente fumonisinas (FBs), moniliformina (MON) y deoxinivalenol (DON), ni generó incrementos en el rendimiento del cultivo, incluso cuando se aplicó en combinación con un insecticida. Estos resultados son congruentes con los obtenidos en el presente estudio, donde la aplicación del fungicida de manera aislada no demostró ser eficaz para el control de patógenos. Por el contrario, su uso podría favorecer la proliferación de estos, tal como se evidenció en el tratamiento 2 (repelente + fungicida), en el cual se registró una mayor incidencia de daño causado por hongos, reforzando así también lo mencionado por Moreno (2023), en donde mencionan que los tratamientos con fungicidas no mostraron reducción significativa en la propagación de hongos patógenos.

Viteri (2022) reporta que la molécula benzoato de emamectina es recomendada para el control de infestaciones avanzadas de larvas de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea*, aunque señala que su eficacia es menor en esta última especie. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un comportamiento similar. No obstante, en esta investigación se aplicó un repelente natural, sin que se detectaran diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos

evaluados. Sin embargo, el uso del repelente natural podría considerarse como una estrategia complementaria que contribuya a optimizar la eficiencia en el manejo de esta plaga.

Ávila (1999) menciona que las aplicaciones mediante inyección mostraron mayor eficiencia en el control de *Helicoverpa zea*, evidenciando una reducción en el número de mazorcas dañadas en comparación con los tratamientos realizados por aspersión, donde se registró mayor incidencia de daño. Sin embargo, el método de inyección afectó severamente el proceso de polinización, repercutiendo de manera directa en el rendimiento comercial del cultivo. En contraste, en el presente estudio no se observaron efectos negativos en la polinización de las mazorcas para ninguno de los dos métodos de aplicación evaluados. Es importante señalar que los tratamientos se realizaron dos días después de la última polinización, con el objetivo de asegurar un adecuado proceso de fecundación y evitar posibles afectaciones. En cuanto a las técnicas de aplicación, en la repetición correspondiente a la aspersión del repelente natural se obtuvieron resultados favorables únicamente en el control de hongos, sin evidenciar mejoras significativas en el manejo de la plaga.

Mansfield *et al.* (2008) subrayan la relevancia de establecer estrategias preventivas orientadas al control de micotoxinas generadas por especies del género *Penicillium* desde las primeras fases del cultivo. En sintonía con este planteamiento, los resultados del presente estudio evidencian que la aplicación de un repelente natural mediante aspersión representa una alternativa viable para reducir la incidencia de hongos en las mazorcas.

8. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación permitió evaluar la eficiencia de un repelente natural mediante dos métodos de aplicación para el control de plagas y enfermedades en mazorca los resultados demostraron que la aplicación de repelente natural en aspersión tuvo un efecto significativo en la reducción de la presencia de hongos patógenos (*Fusarium spp.* y *Penicillium spp.*). En cuanto al método de inyección, se determinó que el tratamiento 3 (Repelente+tradicional) fue el más efectivo en el control de las tres variables evaluadas.

De manera general, se concluye que el repelente natural puede ser considerado como un complemento viable dentro de la mezcla tradicional inyectada, así como en aplicación por aspersión para el control de hongos patógenos. En este sentido, la presente tesis constituye un punto de partida para profundizar en el desarrollo de estrategias más eficientes y ecológicas en el control de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz.

9. LITERATURA CITADA

Ávila, C. A. (1999). *Evaluación de seis de insecticidas y dos métodos de aplicación para el control del gusano elotero (Helicoverpa zea Boddie) en el cultivo del maíz dulce* (Doctoral dissertation, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano).

Blandino, M., Scarpino, V., Testa, G., Vanara, F., & Reyneri, A. (2022). The Effect of Foliar Fungicide and Insecticide Application on the Contamination of Fumonisin, Moniliformin and Deoxynivalenol in Maize Used for Food Purposes. *Toxins*, 14(7), 422.

Camacho-Báez, J. R., García-Gutiérrez, C., Mundo-Ocampo, M., Armenta-Bojorquez, A. D., Nava-Pérez, E., Valenzuela-Hernández, J. I., & González-Guitrón, U. (2012). Enemigos naturales de las moscas de los estigmas del maíz: *Euxesta stigmatias* (Loew), *Chaetopsis massyla* (Walker) y *Eumecosommyia nubila* (Wiedemann) en Guasave Sinaloa, México. *Ra Ximhai*, 8(3b), 71-77.

Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas incluyendo nematocidas. (2024). *IRAC, Edición: 5.1*, Basada en la edición 11.1 de IRAC Internacional. <https://irac-online.org/documents/folleto-modo-de-accion-insecticidas-y-acaricidas/>

Eboh, K. S., Agbor, D. T., Sama, D. K., Bambe, B. A., Tanyi, G. T., & Tening, A. S. (2023). Enhancing the efficacy of *Allium* (garlic) extract and maize-legume intercropping agroecological practices in mitigating the fall armyworm damage on Maize. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 15(38).

Fassio, A. F., Carriquiry, A. I. C., Tojo, C. T., & Romero, R. R. (1998). Maíz: aspectos sobre fenología. *Unidad de Difusión E Información Tecnológica del INIA*, 59.

FICHA TÉCNICA *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae).
(2014). AGRICULTURA, SENASICA, 19.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633034/Gusano_elotero.pdf

Guacho Abarca, E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Li, X., Liu, Y., Pei, Z., Tong, G., Yue, J., Li, J., ... y Ban, L. (2023). Eficacia de las opciones de control de plagas contra dos importantes plagas de la mazorca de maíz dulce en China. *Insects* , 14 (12), 929.

Madege, R. R., Audenaert, K., Kimanya, M., Tiisekwa, B., De Meulenaer, B., Bekaert, B., ... & Haesaert, G. (2018). Control of *Fusarium verticillioides* (Sacc.) nirenberg and fumonisins by using a combination of crop protection products and fertilization. *Toxins*, 10(2), 67.

Mansfield, MA, Jones, AD y Kulda, GA (2008). Contaminación de maíz fresco y ensilado por múltiples micotoxinas de *Penicillium*. *Fitopatología* , 98 (3), 330-336.

Miramontes, J., Salazar, J., Heredia, D., & Santoyo, F. (2014). *El cultivo del maíz, generalidades y sistemas de producción en el noroeste*.

Mode of Action Classification Scheme. (2025). IRAC, *IRAC International MoA Working Group*(IRAC Executive), Version 11.4. <https://irac-online.org/documents/moa-classification/>

Moreno Madrigal, J. A. (2023). Evaluación de cuatro moléculas químicas en el control de larva de gusano elotero (*Helicoverpa zea*), mosquita pinta (*Euxesta stigmatias*) y *Fusarium* spp. en el cultivo de maíz.

Nuessly, GS y Capinera, JL (2005). Mosca del maíz (nombre común sugerido), *Euxesta stigmatias* Loew (Insecta: Diptera: Otitidae): EENY-224/IN381, rev. 7/2005. *SEDI* , 2005 (9).

Petter, F. A., Segate, D., de Almeida, F. A., Neto, F. A., & Pacheco, L. P. (2013). Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. *Comunicata Scientiae*, 4(2), 129-138.

Smith, JL, Limay-Rios, V., Hooker, DC, y Schaafsma, AW (2018). Micotoxinas de *Fusarium* graminearum en maíz asociadas con daño por *Striacosta albicosta* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* , 111 (3), 1227-1242.

Viteri, D. M., & Linares-Ramírez, A. M. (2022). Timely application of four insecticides to control corn earworm and fall armyworm larvae in sweet corn. *Insects*, 13(3), 278.

Wallace, ST, Nelson, NG, Reisig, DD y Huseeth, AS (2025). Pronóstico de la abundancia interanual de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Ambiental* , 54 (2), 378-385.