



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



## TESIS

CON EL TEMA:

**“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”**

QUE PRESENTA:

**JOSUE ALEJANDRO MORENO MADRIGAL**

ASESOR:

**DRA. SARAI MONSERRAT CUETO MEDINA**

REVISORES:

**DR. PEDRO YESCAS CORONADO  
MC. FERNANDO ALCALA GARCIA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN AGRONOMÍA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **01/marzo/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/409/2023  
ASUNTO: Autorización de impresión  
definitiva y digitalización

**C. JOSUE ALEJANDRO MORENO MADRIGAL  
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 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”** 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 de Apoyo a la Titulación. - Edificio  
C.c.p.- Minutario. -

  
MIBR/AIBR/ALCC/mjhc



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **28/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/116/2023  
ASUNTO: Liberación de proyecto para  
la titulación integral.

**ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO  
JEFA 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:

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:</b>	JOSUE ALEJANDRO MORENO MADRIGAL
<b>NO. DE CONTROL:</b>	18940194
<b>PRODUCTO:</b>	OPCIÓN I ( TESIS )
<b>CARRERA:</b>	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>	<b>"EVALUACIÓN DE CUATRO MOLÉCULAS QUÍMICAS EN EL CONTROL DE LARVA DE GUSANO ELOTERO (<i>Helicoverpa zea</i>), MOSQUITA PINTA (<i>Euxesta stigmatias</i>) Y <i>Fusarium</i> spp. EN EL CULTIVO DE MAÍZ"</b>

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

  
**ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES  
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO  
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



 <b>DRA. SARAI MONSERRAT CUETO MEDINA</b> Nombre y firma del asesor	 <b>DR. PEDRO YESCAS CORONADO</b> Nombre y firma del revisor	 <b>MC. FERNANDO ALCALA GARCIA</b> Nombre y firma del revisor
--	---	--

C.c.p.- Expediente.  
MHF/mjhc\*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa Corteva Agriscience™ por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos y por confiar en mí para llevar a cabo esta investigación para culminar mi formación profesional. A mis asesores de tesis, la Dra. Sarai Monserrat Cueto Medina y al MC. Fernando Alcalá García por su paciencia, apoyo y profesionalismo para desarrollar este trabajo en conjunto.

Al ITTJ por haber sido mi casa de estudio y por abrirme tantas puertas en mi carrera profesional.

Por último, agradezco de corazón a mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional durante toda mi formación académica; así como a mis amigos y personas que se cruzaron en mi camino para alentar mi formación.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres, mis hermanos y mi familia, sin ellos, no estaría en el lugar donde estoy en este momento, por no dejarme rendir y alentarme a ser mejor ante los obstáculos que se presentaron durante toda mi carrera, por ser mi mayor motivación y ejemplo, siempre.

## RESUMEN

La producción de maíz a nivel nacional es un factor muy importante para la economía del país, debido a que representa la mayor parte de la alimentación de la población, por ello, existen diversos centros de investigación enfocados en el desarrollo y producción de semilla con mejores características, sin embargo, para lograr un rendimiento adecuado, es necesario controlar diversas plagas y enfermedades que generan un alto índice de pérdida económica y al mismo tiempo, el umbral productivo de dichas empresas se ve afectado considerablemente.

La presente investigación tuvo como objetivo el evaluar diversas mezclas de insecticidas con fungicidas para controlar la incidencia de larva de mosca pinta, gusano elotero y hongo *Fusarium spp.*; dicha investigación se llevó a cabo en un campo experimental de la empresa Corteva Agriscience™, ubicado en la localidad de San Lucas Evangelista, en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México; en el cual se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, distribuidos en 3 bloques, con 10 genotipos diferentes y 4 tratamientos, los cuales estaban constituidos por las moléculas Benzoato de Emamectina y Espinetoram para insecticidas; y Tebuconazole + Trifloxystrobin y Azoxistrobin + Difenoconazole para los fungicidas.

Los tratamientos fueron aplicados mediante la técnica de inyección a la mazorca, realizándose al día siguiente de la polinización manual de cada planta. La evaluación de la efectividad de cada tratamiento arrojó que la combinación de fungicida e insecticida (T2) fue la menos efectiva, ya que mostró afección considerable en las muestras analizadas, mientras que el tratamiento a base de únicamente insecticida (T1), fue el mejor en comparación a los 3 tratamientos restantes, debido a que no presentó alto índice de afecciones, siendo ésta una diferencia significativa arrojada por el análisis de varianza.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
<b>2.1. Objetivo general</b> .....	2
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	2
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
<b>4.1. Antecedentes</b> .....	4
<b>4.2. Bases teóricas</b> .....	10
4.2.1. Clasificación y origen del maíz.....	10
4.2.2. Descripción botánica.....	10
4.2.3. Fenología.....	11
4.2.4. Importancia económica del maíz en México y el mundo.....	12
<b>4.3. Patologías asociadas al cultivo</b> .....	13
4.3.1. Plagas.....	13
4.3.2. Enfermedades.....	14
<b>4.4. Insecticidas</b> .....	15
4.4.1. Definición.....	15
4.4.2. Método de acción.....	15
4.4.3. Moléculas de insecticidas utilizadas:.....	16
<b>4.5. Fungicidas</b> .....	16
4.5.1. Definición.....	16
4.5.2. Moléculas de fungicidas utilizadas:.....	17
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
<b>5.1. Localización del campo experimental</b> .....	18
<b>5.2. Preparación del terreno</b> .....	19
<b>5.3. Siembra</b> .....	21

<b>5.4. Riego y nutrición.....</b>	<b>23</b>
<b>5.5. Monitoreo y control de plagas y enfermedades.....</b>	<b>23</b>
<b>5.6. Englacinado y polinización.....</b>	<b>25</b>
<b>5.7. Inyección (Aplicación de tratamientos).....</b>	<b>29</b>
<b>5.8. Cosecha.....</b>	<b>37</b>
<b>5.9. Muestreo y recolección de datos.....</b>	<b>38</b>
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>9. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b> Representación de las etapas fenológicas respecto a los días después de la siembra (DDS).....	11
<b>Cuadro 2:</b> Plan de aplicaciones para control de plagas y enfermedades (DDS: días después de la siembra) .....	23
<b>Cuadro 3.</b> Moléculas que constituyen los productos utilizados y las dosis aplicadas en 5 litros de agua.....	28
<b>Cuadro 4:</b> Reporte de polinización generado por el equipo de cultivos .....	29
<b>Figura 1.</b> Daño ocasionado por larva de Gusano Elotero.....	13
<b>Figura 2.</b> Daño ocasionado por larva de Mosca pinta ( <i>Euxesta stigmatias</i> ) en mazorca de maíz.....	13
<b>Figura 3.</b> Daño ocasionado por hongo ( <i>Fusarium spp.</i> ) en mazorca de maíz..	14
<b>Figura 4.</b> Ubicación de campo experimental utilizado .....	17
<b>Figura 5.</b> Bloques utilizados para la experimentación .....	17
<b>Figura 6.</b> Tractor realizando segundo paso de rastra.....	18
<b>Figura 7.</b> Representación de las direcciones que tomó el tractor al realizar el trabajo de rastra .....	19
<b>Figura 8.</b> Tractor realizando trabajo de barbecho, girando el suelo hacia la derecha .....	19
<b>Figura 9.</b> Representación de la dirección que debe girarse el suelo al barbechar .....	20
<b>Figura 10.</b> Orden y distribución de bloques, tratamientos y genotipos .....	21
<b>Figura 11:</b> Colocación de sobres para siembra.....	22
<b>Figura 12:</b> Máquina utilizada para las aplicaciones mecánicas.....	24
<b>Figura 13:</b> Glacines colocados en materiales precoces .....	25
<b>Figura 14:</b> Estigmas recortados en jilote polinizado .....	26
<b>Figura 15:</b> Polinizador colocando bolsa a espiga .....	27
<b>Figura 16.</b> Polinización manual .....	27

<b>Figura 17.</b> Bolsas ya polinizadas (Color azul 1) .....	27
<b>Figura 18.</b> Epp necesario para la inyección a la mazorca .....	29
<b>Figura 19.</b> Productos comerciales seleccionados para el experimento .....	30
<b>Figura 20.</b> Bombas agrícolas rotuladas (T1= Tratamiento 1) .....	30
<b>Figura 21.</b> Agua limpia vertiéndose en bombas .....	31
<b>Figura 22.</b> Producto comercial vertiéndose en probeta para medir la cantidad correcta. ....	31
<b>Figura 23.</b> Agua limpia en probeta para lavado .....	32
<b>Figura 24.</b> Triple lavado.....	32
<b>Figura 25.</b> Bomba agitándose para homogeneizar mezcla .....	32
<b>Figura 26.</b> Realizando 10 disparos a la probeta .....	33
<b>Figura 27.</b> Pistola calibrada .....	33
<b>Figura 28.</b> Aplicador identificando las plantas correspondientes al Tratamiento 1 y etiqueta roja.....	34
<b>Figura 29.</b> Señalización de tratamientos (T1= Rojo, T2= Blanco, T3= Morado, T4= Rosa), número de bloque (B1= Bloque 1) y genotipo (G8= Genotipo 8) ...	34
<b>Figura 30.</b> Inyección a bolsa azul .....	36
<b>Figura 31.</b> Inyección a bolsa amarilla .....	36
<b>Figura 32.</b> ANOVA larva mosca pinta.....	39
<b>Figura 33.</b> Tukey larva mosca pinta .....	40
<b>Figura 34.</b> ANOVA gusano elotero .....	41
<b>Figura 35.</b> Tukey gusano elotero .....	42
<b>Figura 36.</b> ANOVA <i>Fusarium</i> .....	43
<b>Figura 37.</b> Tukey <i>Fusarium</i> .....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es sin duda, el más importante del país y resume en buena medida la naturaleza y los problemas de la agricultura mexicana. Desde el punto de vista del comercio exterior, el grano de maíz es el rubro más importante de las importaciones de productos agropecuarios del país. Por ello es una de las actividades económicas que más ha sido usada, como ejemplo de los 'efectos negativos' de la liberalización comercial de México por parte de los opositores a ese proceso (González, 2010).

La producción y distribución de semillas mejoradas son el puente de transferencia de tecnología entre fitomejoradores y productores, para alcanzar niveles competitivos en la producción. Sin embargo, en México las semillas mejoradas de maíz (*Zea mays* L.) se siembran en sólo 30 % de la superficie ocupada por este cultivo (Luna, 2012).

El maíz es susceptible a un gran número de enfermedades que afectan el desarrollo óptimo de las plantas, en donde se ven involucrados diversos factores, tales como ambientales, el tipo de suelo, materiales genéticos y condiciones que favorezcan la migración, establecimiento y supervivencia de los insectos y microorganismos.

Las enfermedades foliares causadas por hongos se presentan con mayor frecuencia en las etapas finales del cultivo y son importantes cuando su aparición ocurre antes de floración o muy cercana a ella o cuando son de carácter epidémico (Varón, 2007).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Controlar la larva de mosca pinta (*Euxesta stigmatias*) y gusano elotero (*Helicoverpa zea*), así como disminuir la propagación de *Fusarium spp.* en la mazorca.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar mezclas de insecticidas con fungicidas aplicadas mediante inyección a la mazorca.
2. Identificar incidencia de larva de mosca pinta y gusano elotero mediante monitoreos en campo.
3. Analizar la efectividad de los fungicidas en el control de la propagación de *Fusarium spp.*

### **3. HIPÓTESIS**

La aplicación de la mezcla insecticida + fungicida, mediante inyección a la mazorca, mostrará mayor efectividad en el control de la larva de mosca pinta y gusano elotero, así como en la disminución de la propagación de *Fusarium spp.*

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Antecedentes

**Litardo (2019)** evaluó diversas aplicaciones de insecticidas en diferentes intervalos de aplicación después de la siembra, para lograr establecer la tolerancia que presenta el cultivo de maíz (*Zea mays*) al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la zona de Mocache. Se realizaron aspersiones del insecticida Solaris en intervalos de 12, 15, 18, 24 y 30 dds comparadas con un tratamiento libre para el ataque del insecto. Se evaluaron las variables sobre los niveles de daño en el área foliar, presencia del insecto en el cultivo, altura de planta, mazorcas sanas y dañadas, rendimiento en Kg Ha-1 y análisis económico. Se determinó que el ataque libre del insecto registró niveles de daños mayores alrededor de 6.5 según la escala de evaluación e incluso en la presencia del cogollero en comparación con los tratamientos donde se realizaron aplicaciones de insecticidas, siendo a los 12 días después de la siembra lo que registró los mejores resultados en cuanto al control del cogollero.

**Oses (2019)** mencionó que, una vez que la larva penetró la mazorca, una opción de control fue inyectar insecticida dentro de la misma, lo cual hizo más efectiva la acción del producto, ya que, en el caso de los insecticidas biológicos, la exposición al sol bajó su efectividad, por otro lado, por estar dentro de la mazorca, hubo un contacto directo con la larva que se encontró dentro y no hubo efecto de lavado del producto por causa de las lluvias.

**Ramos en 1998** evaluó diferentes métodos de aplicación como cebos, aspersión e inyección con insecticidas órgano sintéticos (Metomil y Tbiodicarb) e insecticidas biológicos tales como *Bacillus thuringiensis* (B.t.) y Virus de la Polihedrosis Nuclear (VPN) y combinaciones de estos. Los tratamientos se distribuyeron en bloques completamente al azar, las parcelas estaban

constituidas por tres camas de cinco metros de largo separadas noventa centímetros entre ellas. Las variables observadas fueron el número de mazorcas producidas por tratamiento, la presencia de gusano elotero en la mazorca, nivel de datos ocasionado. Porcentaje aprovechable de las mazorcas, rentabilidad y número de bandejas por tratamiento. La mayor eficiencia la presentó el Metomil y aspersiones cada cinco días de Thiodicarb más dos inyecciones a la mazorca de Metomil ya que con una reducción de la cantidad de insecticidas utilizados, mostró un alto control del gusano, además de superar en rentabilidad al testigo que consiste en aplicación de Metomil, Thiodicarb y *Bacillus thuringiensis* cada dos días.

**Ávila (1999)**, mencionó que el control de este gusano se basa en la aplicación de insecticidas de manera calendarizada o mediante monitoreo de huevos y larvas en los estigmas. Se evaluaron dos tipos de aplicación de insecticidas en la mazorca: inyección y aspersion, además de evaluarse seis insecticidas para cada tipo de aplicación como ser methomil más *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, esfenvalerate, carbaryl, spinosad, methomil y *Bacillus thuringiensis* cv. aizawai. Los tratamientos se distribuyeron en un modelo de parcelas divididas en donde la parcela principal la constituyó el tipo de aplicación y las subparcelas los insecticidas utilizados los cuales se distribuyeron dentro de la parcela principal en bloques completos al azar. Las variables observadas fueron número de larvas en el tiempo, número de mazorcas cosechadas, porcentaje de mazorcas dañadas por el gusano elotero, porcentaje de mazorcas con mala polinización, residuos de insecticidas en la mazorca para los tratamientos inyectados y costos que varían entre tratamientos. Los resultados muestran que las aplicaciones por inyección tuvieron un mayor control sobre el gusano elotero, pero tuvo un efecto adverso en la polinización reduciendo el número de granos por mazorca.

**Vargas (2018)** analizó el efecto de insecticidas de contacto y sistémico bajo dos modos de aplicación para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

en el cultivo de maíz. El ensayo se realizó en Provincia Los Ríos. Se investigaron siete tratamientos y un testigo absoluto, con cuatro repeticiones. El material de siembra que se utilizó fue el híbrido Batalla, en parcelas de 20 m<sup>2</sup>, siendo distribuidos los tratamientos en el diseño experimental bloques completos al azar. Para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidades. Se evaluó las poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y el porcentaje de daño ocasionado por este insecto en diez plantas por parcela a las 24 horas antes de la aplicación 24 horas después y 7, 14, 21, 23, 29, 36 días después. Al momento de la cosecha se tomaron datos de altura de planta, inserción de la mazorca, diámetro de la mazorca, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, peso en 1000 granos; y, nivel de población de larvas y porcentaje de daño de *Spodoptera frugiperda* en la mazorca. Se determinó el rendimiento por hectárea y se realizó el respectivo análisis económico. Los resultados arrojaron que las aplicaciones de insecticidas solos hacen un buen control sobre larvas de *S. frugiperda*.

**Vélez y colaboradores (2021)**, establecieron un ensayo donde se evaluaron diferentes momentos de aplicación del insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero, además se verificó el comportamiento de variables de crecimiento y producción de plantas de maíz. La aplicación del insecticida Metomil 90% no influyó en las variables de altura de planta, número de mazorcas, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, sin embargo, fue posible reconocer su influencia en la incidencia del gusano cogollero, severidad de daño y rendimientos de maíz. El T1 (aplicación de insecticida 15 días después de la siembra) obtuvo el menor porcentaje severidad de daño, también presentó los más altos rendimientos de maíz, 5754.11 Kg Ha-1 y 6609.51 Kg Ha-1 respectivamente.

**Franco en 2019** probó diversos tratamientos para el control del gusano elotero en la Provincia de Los Ríos. Como material de siembra se utilizó el híbrido de

maíz Emblema. Los tratamientos estudiados fueron Lufenuron + Emamectin Benzoate en dosis de 400 g + 100 g; Chlorantraniliprole + Thiamethoxam dosis de 200 g + 200 g; Chlorfenapyr + Methoxyfenoside dosis de 160 g + 80 g; Indoxacarb dosis de 150 g; Benzoato de Emamectina dosis de 50 g y Cipermetrina (Testigo absoluto) dosis de 250 cc. Utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Para realizar la evaluación de los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se determinó que las masas de huevos y larvas no influenciaron en el cultivo de maíz, ya que no se presentaron diferencias significativas en las evaluaciones realizadas. Los rangos fluctuaron entre 0,0 y 1,3 masas; en cuanto al porcentaje de plantas atacadas en las diferentes evaluaciones no se detectó significancia estadística en las evaluaciones desde los 7 a los 42 días después de la siembra y los valores fluctuaron entre 0,0 y 17,5 %; las variables diámetro y longitud de mazorca, granos por mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento obtuvieron el mayor promedio con tratamiento que se aplicó Benzoato de Emamectina en dosis de 50 g.

**Betancourt (2019)** analizó una de las primeras tentativas en las que se explora la tolerancia del cultivo de maíz al ataque de un insecto-plaga, para ello se estableció niveles de tolerancia de esta planta al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) sometido a diferentes frecuencias de aplicación de insecticida. La investigación se realizó en la finca experimental “La María” propiedad que pertenece a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 4 repeticiones, en los que se utilizó como material de siembra el híbrido de maíz (Somma). Los tratamientos consistieron en la aplicación de insecticidas en diferentes frecuencias (días) de aplicación. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en las variables de altura de planta, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, número de hileras, número de mazorcas y presencia del gusano cogollero entre los tratamientos, sin embargo, se detectó

diferencias en la severidad producida por el insecto entre el tratamiento testigo (aplicación de insecticida según el agricultor) mostró mayor severidad con 7.11% y el tratamiento de ataque libre en el cual no se realizó ningún tipo de control químico, registró un promedio de 2.96% además fue posible detectar diferencias en los rendimientos por hectárea así como su beneficio-costo. El tratamiento que obtuvo mayores rendimientos y un mejor beneficio-costo fue el tratamiento en el que se respetó la aplicación de insecticida basados en el umbral de daño económico del 25% obteniendo 6609.51 Kg Ha-1.

**Ramírez (2022)**, avaluó la eficacia de insecticidas para el control de (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) en maíz, para lo cual, se emplearon 5 tratamientos T1: Chlorantraniliprole a dosis de 0.07 l, T2: Emamectin Benzoate a dosis de 0.1 kg, T3: Chlorpyrifos a dosis de 0.04 l, T4: Lufenuron 50 a dosis de 0.4 l, en 200 l de agua, T0: Testigo (sin aplicación); en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 repeticiones. Las aplicaciones se realizaron con un intervalo de 14, 18 y 32 días después de la siembra. Se evaluó larvas vivas por planta para lo cual se separó de la parte central un total de 25 plantas por cada tratamiento (al azar), haciendo un total de 100 plantas por bloque. Según los resultados obtenidos para la primera aplicación de insecticidas chlorantraniliprole obtuvo un porcentaje de eficacia de 95.68 %, lufenuron 85.12%, emamectin benzoate 76.28% y chlorpyrifos 58.36% en el control de larvas de gusano cogollero. Por otro lado, para la segunda aplicación de insecticidas chlorantraniliprole obtuvo un porcentaje de eficacia de 90.73 %, lufenuron 69.79%, chlorpyrifos 28.92% y emamectin benzoate 76.28%. Se concluye que chlorantraniliprole a dosis de 0.07 l/ 200 lt en 2 aplicaciones con intervalo de 14 días tiene los mejores resultados para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz.

**Jaén (2020)** analizó los efectos de tres bioinsecticidas entomopatógenos en larvas del gusano cogollero *S. frugiperda* en condiciones controladas, con lo cual estudió tres entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y

*Metarhizium anisopliae* en dosis de 25, 20 y 15 ccl-1 cada uno. Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el Km 1.5 vía Quevedo – Santo Domingo, se utilizó el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3x3 en 3 repeticiones. Los resultados mostraron que *B. bassiana* resultó ser el más efectivo con una mortalidad del 70% es decir 7 larvas muertas en estudio, mientras que *M. anisopliae* y *B. thuringiensis* con 60 y 50%. La dosis más eficaz fue para la dosis Alta (25 ccl-1) con 7 insectos muertos, el 70% de mortalidad. En las interacciones los entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* en dosis altas (25 ccl-1) registraron mortalidades de 90 y 70% respectivamente durante las 192 horas que duró la investigación. En cuanto a las eficacias la que mayor resultó fue *B. bassiana* en dosis Alta con 89.63%, seguido por *M. anisopliae* con 65.63% respectivamente. Palabras claves: Control biológico, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium anisopliae*.

**Mejía y colaboradores (2004)**, mencionaron que, al realizar experimentos con base a mezclas entre fungicidas e insecticidas, los análisis de los bioensayos indicaron que, al paso del tiempo, existió una degradación de ambos insecticidas. Las concentraciones no causaron efecto fitotóxico y, por ende, no afectaron la germinación ni el vigor durante el tiempo de almacenamiento. No se detectó efecto de sinergismo o antagonismo en las mezclas de los insecticidas con el fungicida.

## 4.2. Bases teóricas

### 4.2.1. Clasificación y origen del maíz

El maíz, pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas y es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre. Su origen se dio en la región central de México a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte. Se considera que el maíz fue cultivado hace aproximadamente 10 mil años a.C., la evidencia más antigua que se tiene, es de hace 6,250 años, evidencia encontrada en la cueva de Guila Naquitz, en Oaxaca, a unos kilómetros de Mitla. El nombre científico de este grano es *Zea Mays*, los nahuas de Mesoamérica lo llamaban Centli y durante su propagación por el continente americano adquirió nombres como choclo, jojoto, corn, milho o elote y maíz con la llegada de los españoles a través de la adaptación fonética de mahís (ASERCA, 2018).

### 4.2.2. Descripción botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

- **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, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal.
- **Inflorescencia:** El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos

de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

- **Hojas:** Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- **Raíces:** Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (CONACYT, 2017).

#### 4.2.3. Fenología

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento en dos grandes categorías (Ver Cuadro 1):

- Vegetativa (V)
- Reproductiva (R)

Además, las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos:

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6) (CONACYT, 2017).

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

Etapa	DDS	Características
VE	5	La plúmula emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

#### 4.2.4. Importancia económica del maíz en México y el mundo

La producción de maíz en México durante el 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7.5 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce Maíz Grano.

Los principales Estados productores son Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante.

México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz, en 2017 exportó a 17 países, en términos de valor principalmente a Venezuela (58%), Kenia (33%)

y Estados Unidos (4%), entre otros (6%), lo que nos ubica como el 10° Exportador mundial de maíz grano (ASERCA, 2018).

### 4.3. Patologías asociadas al cultivo

#### 4.3.1. Plagas

- **Gusano elotero (*Helicoverpa zea*):** Las plantas jóvenes de maíz tienen agujeros seriados en las hojas después que *H. zea* se alimenta de la hoja apical. En las plantas más grandes, los huevos se encuentran en los estigmas, de los cuales se alimentan las larvas que emergen y avanzan hasta la mazorca, donde se alimentan de los estigmas internos y de los granos lechosos en la punta de la mazorca, generalmente solo se puede encontrar una larva grande por mazorca. El daño por lo general es en la punta de la mazorca, pero puede incrementarse al resto de la misma (DGSV-CNRF, 2020).



**Figura 1.** Daño ocasionado por larva de Gusano Elotero (*Helicoverpa zea*) en mazorca de maíz.

- **Mosca pinta (*Euxesta stigmatias*):** También conocida como Mosca de los estigmas, al alimentarse de los granos de la punta de la mazorca provoca pérdida de rendimiento. Las larvas cerca de su maduración pueden dañar en otros puntos de la mazorca, originando una deformación de las mazorcas, así como la introducción de enfermedades y una baja en el rendimiento. Las hembras depositan huevecillos en los estigmas de las mazorcas de maíz, aproximadamente 3 semanas después de la polinización. Esta plaga daña las mazorcas en diferentes maneras. Cuando daña los estigmas, la larva obstruye el flujo de polen impidiendo la polinización (Reyes, 2015).

**Figura 2.** Daño ocasionado por larva de Mosca pinta (*Euxesta stigmatias*) en mazorca de maíz.



#### 4.3.2. Enfermedades

- **Hongo (*Fusarium spp.*):** El organismo que lo ocasiona vive en el rastrojo del maíz y en otras plantas especialmente gramíneas. La infección puede ocurrir en diferentes condiciones ambientales, pero es más importante en ambientes cálidos y húmedos, y está asociada a las heridas producidas por ataque de insectos o heridas por granizo. Las esporas aéreas pueden acceder por el interior del tubo polínico y germinar e infectar el grano, presentándose como pigmentación blanca sobre el grano, erupción del grano y pudrición (Jeschke, 2020).



**Figura 3.** Daño ocasionado por hongo (*Fusarium spp.*) en mazorca de maíz.

#### **4.4. Insecticidas**

Las restricciones de la sostenibilidad acerca del uso de insecticidas incluyen los efectos en la salud humana, los ecosistemas agrícolas (ejemplo, los insectos beneficiosos), el medio ambiente, en su sentido más amplio (por ejemplo, las especies que no son el objetivo, paisajes y comunidades) y la selección de los rasgos que confieren la resistencia a los insecticidas. Es posible encontrar ejemplos donde los insecticidas han tenido un impacto desastroso en todas aquellas variables y otros ejemplos donde los peligros que representaban han sido mitigados (por accidente o por diseño) (Devine, 2008).

##### **4.4.1. Definición**

Compuestos químicos utilizados para controlar o matar insectos portadores de enfermedades. El origen etimológico de la palabra insecticida deriva del latín y significa literalmente matar insectos (hormigas, cucarachas, mosquitos, moscas, piojos, polillas, escarabajos, pulgas, avispas, termitas, ácaros, caracoles, babosas, pulgones, orugas, trips, moscas blancas, infecciones parasitarias de gusanos, polillas, escarabajos y otras plagas) (Dajoz, 1998).

##### **4.4.2. Método de acción**

Los insecticidas pueden hacer acción sobre uno o diferentes de los estados de desarrollo del artrópodo y se consideran ovicidas, larvicidas y adulticidas respectivamente si eliminan los huevos, la larva o el adulto (Orozco, et al; 2020).

Los insecticidas pueden entrar en contacto con el insecto a través de la alimentación cuando tocan al insecto o vuelan en aire contaminado, lo más habitual, de forma combinada. La forma más moderna y efectiva de actuación, en caso de plantas, es la introducción del insecticida en el interior de la planta y a través de los vasos conductores repartirse por toda la planta y la convierten en venenosa para la plaga. (Orozco, et al; 2020). Así tenemos:

- Insecticidas de ingestión
- Insecticidas de contacto
- Insecticidas combinados de ingestión y contacto
- Insecticida sistémico

#### **4.4.3. Moléculas de insecticidas utilizadas:**

- **Benzoato de Emamectina:** Insecticida que actúa por ingestión y contacto; interrumpe los impulsos nerviosos de las larvas de mosca pinta y gusano elotero.
- **Spinetoram:** Actúa sobre las larvas por ingestión y contacto, incrementando así su poder de control y tiene efecto translaminar.

#### **4.5. Fungicidas**

El término fungicida no solamente se refiere a un producto que tiene la capacidad de destruir hongos, sino que incluye también todos aquellos compuestos que pueden proporcionar resistencia a la planta huésped o que convierten el medio ambiente en un lugar inadecuado para el desarrollo y crecimiento del organismo infeccioso (García, 2011).

##### **4.5.1. Definición**

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)

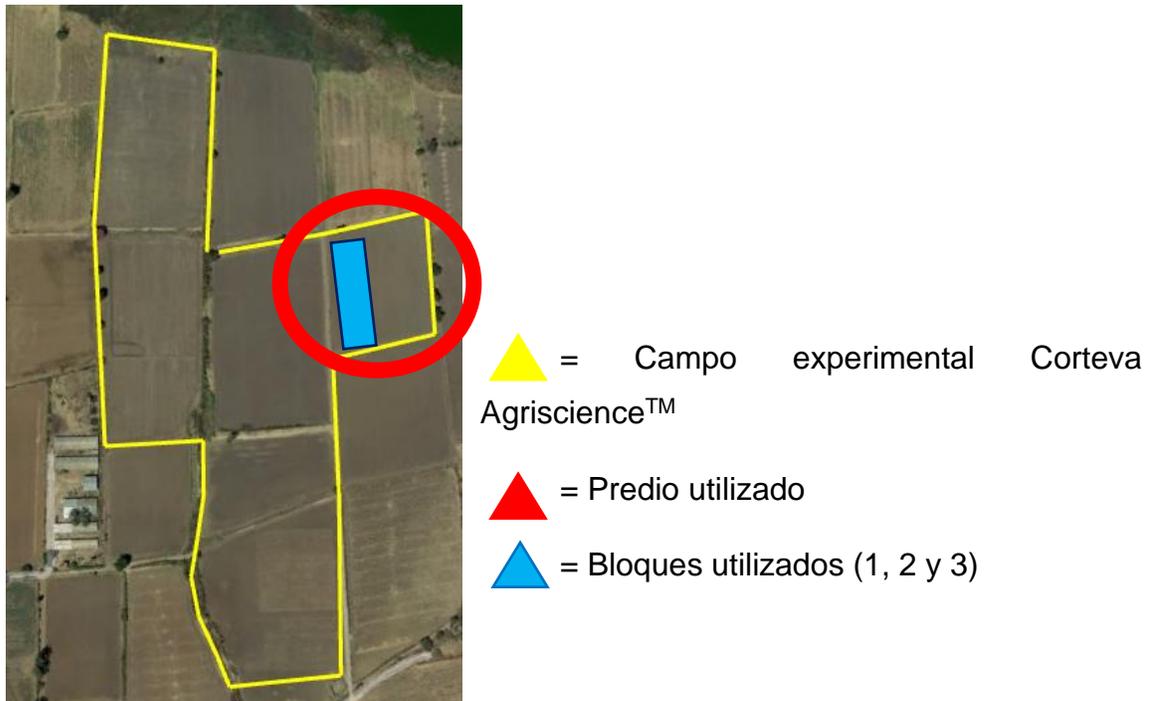
#### 4.5.2. Moléculas de fungicidas utilizadas:

- **Tebuconazole + Trifloxystrobin:** Detiene rápidamente el desarrollo del hongo, aportando un fuerte control inicial, aun así, si la enfermedad estuviera presente. provee una acción curativa adicional y evita cepas resistentes, evita la germinación y el desarrollo de las esporas. Tiene un potente efecto preventivo, con excelente acción residual, gracias a la alta afinidad del producto con la cera de la hoja.
- **Azoxistrobin + difenoconazole:** Azoxistrobin, un inhibidor de la germinación de esporas, presentando acción preventiva, curativa y erradicante, con propiedades de contacto y translaminares y Difenoconazol, un fungicida sistémico con acción preventiva y curativa, es absorbido por la planta y tiene una gran translocación acrópeta, basípeta y translaminar.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización del campo experimental

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en uno de los campos experimentales de la empresa Corteva Agriscience™, ubicado en el poblado de San Lucas Evangelista perteneciente al municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.



**Figura 4.** Ubicación de campo experimental utilizado

**Figura 5.** Bloques utilizados para la experimentación



## 5.2. Preparación del terreno

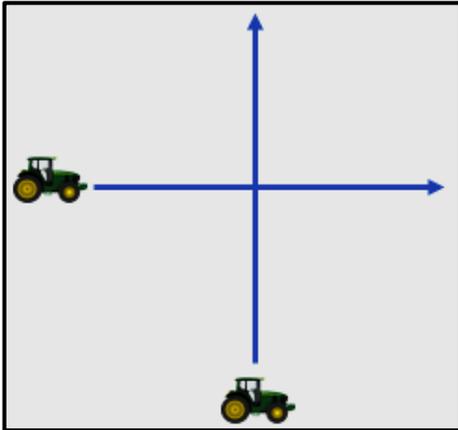
Al comenzar el establecimiento de dicho experimento, se realizaron diversas actividades de maquinaria debido a que los suelos se forman de la combinación de una serie de factores, entre los cuales se encuentra el material parental, clima, topografía, organismos vivos y el tiempo. La interacción de estos factores en distintos grados de intensidad ha producido suelos que varían significativamente entre sí (Martínez, 2015).

Por ello, fue necesario activar el suelo mediante el uso de rastra y el arado, con el objetivo de generar las condiciones óptimas para que los microorganismos y los nutrientes presentes en su composición estén disponibles para que la planta que se establecerá en ese lugar tenga lo necesario para un óptimo desarrollo.

- **Paso de rastra:** Debido a que el suelo presentó una importante cantidad de materia seca como resto del ciclo anterior, fue necesario realizar “dos pasos de rastra”, es decir, después de haber trabajado de manera uniforme el terreno en una dirección, ingresó la rastra nuevamente, sin embargo, en este caso, la dirección establecida fue perpendicular a la anterior (Ver figura 7).



**Figura 6.** Tractor realizando segundo paso de rastra



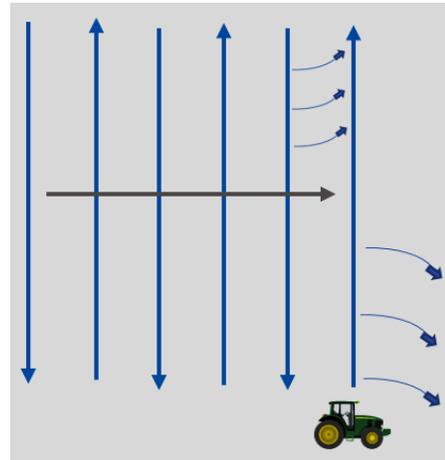
**Figura 7.** Representación de las direcciones que tomó el tractor al realizar el trabajo de rastra

- **Barbecho (Arado):** Una vez concluidos los dos trabajos de rastra, se trabajó con el arado para que el suelo que se encuentra en la parte superficial gire y reincorpore el material orgánico seco para aportar de esa manera los nutrientes para los microorganismos que se encuentran en el mismo. Cabe señalar, que es de suma importancia que, al girar el suelo con las navajas del arado, se giren hacia la misma dirección, para que el barbecho se logre de manera uniforme y siempre vaya hacia el mismo sentido (Ver figura 9) y, en uno o dos ciclos posteriores, se hará lo mismo, pero en dirección contraria, para evitar que el suelo pierda sus propiedades o se erosione.



**Figura 8.** Tractor realizando trabajo de barbecho, girando el suelo hacia la derecha

**Figura 9.** Representación de la dirección que debe girarse el suelo al barbechar



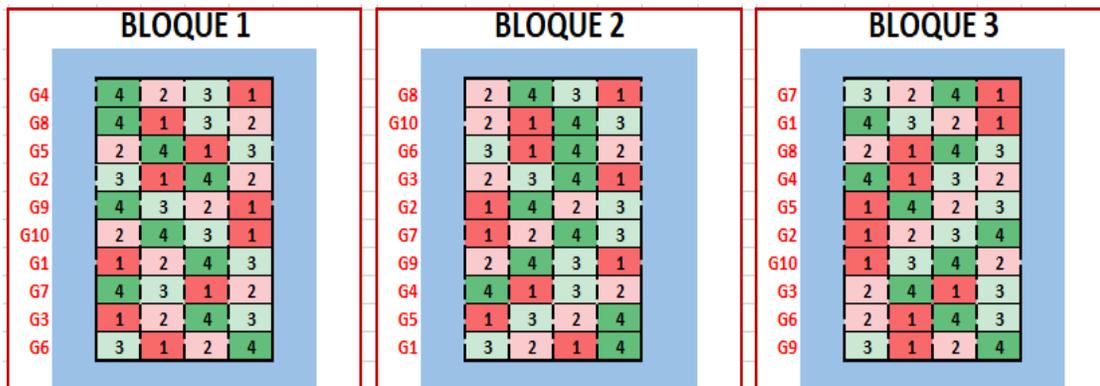
- **Rastra para siembra:** Al finalizar los dos pasos de rastra y el barbecho, se dio un último paso de rastra por todo el terreno para lograr que los terrones grandes fueran triturados y la superficie del predio sea más adecuada para la siembra.

### 5.3. Siembra

La distribución de la siembra para los tres bloques experimentales se realizó previamente por el equipo de cultivos, en la cual, se determinaron los genotipos que se establecerían para la experimentación, el tamaño de cada bloque y la densidad de plantas que se manejarían para comenzar el experimento. De manera general, se trabajó con 10 genotipos distintos entre sí, con la intención de lograr observar el comportamiento de cada tratamiento de manera diferente en cada uno de ellos; dichos genotipos fueron distribuidos por cada bloque (3 bloques en total) de manera aleatoria, teniendo así 3 repeticiones por cada genotipo establecido. Por cada material utilizado, se establecieron 4 surcos (entradas), que corresponden a los 4 tratamientos que se aplicaron con las mezclas de fungicidas e insecticidas, es decir, en total, por cada bloque, se tendrían 40 entradas efectivas para la experimentación.

Los puntos de distribución utilizados para cada bloque fueron (Ver figura 10):

- 12 surcos a lo ancho (4 surcos de bordo por cada lado y 4 surcos efectivos)
- 12 entradas a lo largo (10 entradas efectivas, así mismo una entrada al inicio al final de cada uno de los 3 bloques)
- Distancia entre surcos: 0.75 metros
- Distancia entre semillas: 13 centímetros
- Largo de cada entrada: 1.56 metros
- Distancia entre entradas: 88 centímetros
- Largo de cada bloque: 29.28 metros
- Ancho de cada bloque: 8.25 metros
- Superficie por bloque: 241.56 m<sup>2</sup>
- Superficie total (3 bloques): 0.072 Ha



**Figura 10.** Orden y distribución de bloques, tratamientos y genotipos

Para la realización de la siembra, fue necesario seguir los siguientes pasos:

1. Marcar las medidas mencionadas anteriormente en cada uno de los bloques, utilizando estacas y lazos, para delimitar los surcos, las entradas y los bordos.
2. Colocar en el suelo los sobres con las semillas de los 10 genotipos ya acomodados como se menciona en la distribución de los bloques.
3. Realizar el acomodo manual en cada una de las entradas donde se ubican las bolsas de semilla en cada surco (Ver figura 11).



**Figura 11.** Colocación de sobres para siembra

#### **5.4. Riego y nutrición**

Se realizó el riego mediante cintilla (por goteo), comenzando desde la siembra, dándose un riego constante de 4 horas al finalizar la siembra. Al pasar los primeros días, comenzó a germinar y emerger la plúmula de la semilla, momento donde se cambió la técnica de riego a 2 horas durante 4 o 5 días, dependiendo el genotipo. A partir de este momento, se realizaron riegos cada 3 días hasta la cosecha.

Para la fertilización, se dieron 5 aplicaciones, utilizando la solución nutritiva formulada y elaborada de manera confidencial por parte de la empresa. Cada parcialización se aplicó en intervalos de 10 días, desde el día 10 hasta el día 60 aproximadamente, todo esto en base a un promedio general de crecimiento y desarrollo de los genotipos.

#### **5.5. Monitoreo y control de plagas y enfermedades**

Al confirmarse la fecha de siembra (29 de julio), el equipo de “scouting” comenzó a planear y distribuir los muestreos que se realizarían durante todo el desarrollo del cultivo, tomando en cuenta las incidencias de plagas y la presencia de enfermedades dependiendo la etapa fenológica en que se encontraba la planta,

así mismo, las aplicaciones de los diferentes productos correspondientes a cada plaga o enfermedad por controlar (Ver cuadro 2).

**Cuadro 2.** Plan de aplicaciones para control de plagas y enfermedades (DDS: días después de la siembra)

DDS	PRODUCTO	PRESENTACIÓN	OBJETIVO	MEDIO DE APLICACIÓN
10	Insecticida	Líquido	Insectos chupadores	Riego
20	Fungicida	Líquido	Hongo	Aplicación mecánica
35	Insecticida	Granulado	Gusano cogollero	Manual
40	Fungicida	Líquido	Hongo	Aplicación mecánica
60	Fungicida	Líquido	Hongo	Aplicación mecánica

De manera general, cada monitoreo constó de determinada cantidad de muestras obtenidas de cada uno de los tres bloques establecidos para dicho experimento. En este caso, por ser menor a 1 Ha la superficie total, fue necesario establecer 4 puntos a lo largo y ancho de cada bloque; cada punto conformado por 15 plantas seleccionadas completamente al azar, cumpliendo con la constante de cubrir la mayor superficie con cada punto. En total, por cada monitoreo que se realizó, se analizaron 60 plantas ubicadas a en todo el bloque, dando un total de 180 plantas en los tres bloques experimentales.

Al finalizar los muestreos, se realizaron promedios de porcentajes para determinar el índice de población observada de determinada plaga, al superar el 13% de incidencia en el total de plantas analizadas, se reportó al área de aplicaciones mecánicas para la realización de las aplicaciones correspondientes.

El primer monitoreo se realizó al noveno día después de la siembra (7 de agosto), momento en el cual, todos los materiales (genotipos) establecidos para hacer la experimentación ya habían germinado. Desde que la planta se encontró en etapa V (a partir de la emergencia) hasta antes de llegar a la floración (etapa VT), los muestreos se realizaron dos veces por semana, con un intervalo de 3-4 días dependiendo las condiciones en las que se encontraron las plantas en el monitoreo anterior. Durante este periodo de análisis y estudios, las plagas que se observaron en un plano general fueron trips (*Tisanópteros*), chicharritas (*Dalbulus maidis*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Cuando las

plantas llegaron a la etapa de floración (R0), se cambió la frecuencia de los monitoreos, siendo éstos únicamente una vez por semana hasta llegar el momento de la cosecha.

Como regla base, se programaron tres aplicaciones utilizando una máquina (Ver figura 12) para combatir tanto plagas como enfermedades; teniendo en cuenta los días después de la siembra, las cuales se llevaron a cabo a los 20, 40 y 60 días.



**Figura 12.** Máquina utilizada para las aplicaciones mecánicas

## **5.6. Englacinado y polinización**

Antes de comenzar con el proceso de polinización, la planta fue monitoreada para identificar el momento adecuado para colocar los “glacines”, proceso que se conoce como: englacinado. Son bolsas pequeñas de papel encerado que tienen como principal objetivo el proteger la inflorescencia femenina del exterior y que así, no se contamine con polen inadecuado. Como se mencionó anteriormente, los 10 genotipos utilizados para la experimentación fueron materiales tanto precoces como tardíos, es por esto que los materiales con mayor índice de precocidad comenzaron a desarrollar la flor femenina antes que los más tardíos. Para colocar los glacines en las plantas, únicamente se necesitó un glacin por ejemplar; la manera correcta de ponerlo, es sobre el jilote que está comenzando a emerger entre la hoja y el tallo, ubicándolo de manera paralela al tallo, evitando que corte la inflorescencia femenina y al mismo tiempo, se asegure que el viento

y movimientos involuntarios por personal o maquinaria, provoquen la caída dicho elemento del proceso de polinización.

La colocación de glacines en este experimento comenzó el día 17 de septiembre (aproximadamente a los 58 días después de la siembra) en los genotipos más precoces (Ver figura 13), que fue relativamente el orden en que se cosecharon al momento de concluir el experimento. Cabe señalar que mientras algunos ejemplares ya contaban con glacin, algunos otros aún no desarrollaban la flor femenina completamente.

**Figura 13.** Glacines colocados en materiales precoces



Una vez colocados los glacines en los ejemplares indicados, fue necesario esperar de 5 a 7 días para comenzar con las polinizaciones, momento crucial para la efectividad del proyecto, debido a que la coincidencia floral (espiga y estigmas) debía ser la correcta y en el momento oportuno. Pasados algunos días, dependiendo el crecimiento de los estigmas, se realizó un corte horizontal en estos, buscando así una uniformidad en la polinización, sin embargo, se observó que, al realizar dichos cortes en el jilote, la mazorca desarrolló granos de manera irregular, es decir, que no se tuvo un llenado total en el olote (Ver figura 14).



**Figura 14.** Estigmas recortados en jilote polinizado

El proceso de polinización se llevó a cabo a partir del día 21 de septiembre, concluyendo hasta el 05 de octubre. Dicha actividad comenzó en las mañanas, colocando bolsas de papel de colores específicos, cubriendo en su totalidad las espigas que estaban por producir el polen para la flor femenina (Ver figura 15), conocida como una “autopolinización”, es decir, cada planta producirá su propio polen para fecundar a sus propios estigmas. Una vez colocada la bolsa por la mañana, ese mismo día por la tarde, una vez que la temperatura haya alcanzado su máximo punto, la humedad del polen en la bolsa haya descendido y las anteras hayan expulsado la mayor cantidad de polen, el polinizador tomó la bolsa que se colocó sobre la espiga y la sacudió fuertemente, generando así que todo el polen que se produjo durante ese día se desprendiera de las anteras y e ingresara a los estigmas.

Concluido este paso, el polinizador tomó la bolsa asegurándose de que no se saliera el polen de la misma, aunado a esto, se retiró el glacin rápidamente y se vació sobre los estigmas el polen recolectado, asegurándose de cubrir la mayor superficie de la flor femenina para obtener una polinización exitosa (Ver figura 16).



**Figura 15.** Polinizador colocando bolsa a espiga



**Figura 16.** Polinización manual

Cada día que transcurría, la bolsa de polinización fue de un color distinto al anterior, por ejemplo, se comenzó con amarillo 1, después rojo 1, y así consecutivamente 7 colores (durante 7 días), una vez que se llegó al octavo día, se reinició el ciclo, comenzando en amarillo 2, rojo 2, etc. (Ver figura 17)



**Figura 17.** Bolsas ya polinizadas (Color azul 1)

## 5.7. Inyección (Aplicación de tratamientos)

**Cuadro 3.** Moléculas que constituyen los productos utilizados y las dosis aplicadas en 5 litros de agua

TRATAMIENTO	MOLÉCULA	DOSIS / 5 L de Agua
1	Benzoato de Emamectina	10 ml
2	Benzoato de Emamectina + (Azoxistrobin + Difenconazole)	10 ml + 8.5 ml
3	Benzoato de Emamectina + (Tebuconazole + Trifloxystrobin)	10 ml + 8.5 ml
4	Benzoato de Emamectina + (Spinetoram + Azoxistrobin + Difenconazole)	10 ml + (18.5 ml+ 8.5 ml)

Los tratamientos utilizados para este experimento estuvieron compuestos por fungicidas e insecticidas (Ver tabla 2), todos ellos concentrados en 5 litros de agua; siendo el **tratamiento 1** un insecticida (10 ml), **tratamiento 2** una mezcla de insecticida y un fungicida (10 ml + 8.5 ml, respectivamente), **tratamiento 3** mezcla del mismo insecticida, pero con otro fungicida (10 ml + 8.5 ml, respectivamente) y, por último, el **tratamiento 4**, que lo conforma el mismo insecticida que los 3 tratamientos anteriores (10 ml); siendo la aplicación de dicho tratamiento, por ejemplo, el 21 de septiembre, y 6 días después (27 de septiembre) se tiene una reinyección en esas mismas mazorcas, pero ahora con una mezcla de otro insecticida distinto y un fungicida (18.5 ml + 8.5 ml, respectivamente).

Transcurridos 55 días después de la siembra, los genotipos que se polinizaron el día 21 de septiembre (con mayor precocidad), fueron asignados para comenzar con la aplicación de los 4 tratamientos mediante la inyección a la mazorca, siendo el siguiente procedimiento el necesario para aplicar cada uno de los genotipos en el día que sea requerido.

1. Una vez que el equipo de cultivos realizó las polinizaciones posibles, se generó un reporte en una base de datos, donde el equipo de inyección

capturó dicha información para conocer el número y color de bolsas que serían inyectadas y el genotipo al cual pertenecían, así como su localización dentro de los bloques asignados (Ver cuadro 4).

Bloque	Genotipo	Tratamiento	Rango	Surco	Fecha de Polinización	Color	Numero de Bolsas
Bloque 1	G3	T1	3	5	21-sep	Azul 1	12
Bloque 1	G3	T2	3	6	21-sep	Azul 1	11
Bloque 1	G3	T4	3	7	21-sep	Azul 1	11
Bloque 1	G3	T3	3	8	21-sep	Azul 1	7
Bloque 2	G3	T2	8	5	21-sep	Azul 1	10
Bloque 2	G3	T3	8	6	21-sep	Azul 1	8
Bloque 2	G3	T4	8	7	21-sep	Azul 1	9
Bloque 2	G3	T1	8	8	21-sep	Azul 1	10
Bloque 3	G3	T2	4	5	21-sep	Azul 1	10
Bloque 3	G3	T1	4	7	21-sep	Azul 1	7
Bloque 3	G3	T3	4	8	21-sep	Azul 1	8

**Cuadro 4.** Reporte de polinización generado por el equipo de cultivos

2. Antes de comenzar con la preparación de las mezclas y la manipulación de los productos químicos, fue indispensable y de suma importancia contar con el Equipo de Protección Personal adecuado para la actividad que se va a realizar (Ver figura 18).



**Figura 18.** EPP necesario para la inyección a la mazorca

3. Se procedió a comenzar la preparación y calibración de los tratamientos y las bombas de aplicación para cumplir con el proceso asignado por Corteva Agriscience™.
- a) Se seleccionan los productos que se aplicarán para asegurarnos que estén en buenas condiciones y cumplan con los requisitos para su uso (Ver figura 19).



**Figura 19.** Productos comerciales seleccionados para el experimento

- b) Cada tratamiento es aplicado con una bomba agrícola diferente, es decir, es necesario contar con 4 bombas distintas para evitar una posible contaminación de moléculas y con ello, la alteración de los resultados, es importante rotular cada una de ellas para no cometer errores al realizar las preparaciones futuras (Ver figura 20).



**Figura 20.** Bombas agrícolas rotuladas (T1= Tratamiento 1)

- c) Con agua limpia, se vierten aproximadamente 3 litros dentro de cada bomba para comenzar con la preparación de cada tratamiento (Ver figura 21).



**Figura 21.** Agua limpia vertiéndose en bombas

- d) Se vierten los mililitros indicados para cada producto/tratamiento en la probeta y se agrega al agua dentro de la bomba (Ver figura 22.

**Figura 22.** Producto comercial vertiéndose en probeta para medir la cantidad correcta.



- e) Con ayuda de un recipiente con agua, se lava completamente la probeta para eliminar cualquier resto del producto utilizado, haciendo un triple lavado para que la limpieza sea efectiva (Ver figura 23 y 24).



**Figura 23.** Agua limpia en probeta para lavado



**Figura 24.** Triple lavado

- f) Se agregan los 2 litros restantes a la bomba y se agita por 15 segundos para que se haga una mezcla homogénea entre el producto y el agua (Ver figura 25).



**Figura 25.** Bomba agitándose para homogeneizar mezcla

- g) Se repiten los pasos desde el punto C hasta el F para cada bomba y tratamiento que se va a aplicar.
4. Una vez preparados los 4 tratamientos, fue necesario calibrar la pistola de inyección, ya que es un factor muy importante para que los tratamientos se apliquen conforme lo estipula el protocolo de aplicación, siendo 5 ml por disparo lo que se debe expulsar en cada carga del gatillo. El dosificador se gira respecto a los ml deseados y con la ayuda de la probeta, se realizan 10 disparos, los cuales nos deben dar un total de 50 ml, de no ser así, es necesario modificar la posición del dosificador las veces que sean necesarias hasta lograr la concentración deseada. (Ver figura 26 y 27).



**Figura 26.** Realizando 10 disparos a la probeta



**Figura 27.** Pistola calibrada

5. Al concluir la preparación de los tratamientos y la calibración de las pistolas, fue momento de ingresar a los bloques para su aplicación a la mazorca, para ello, siguiendo las indicaciones del reporte generado por el equipo de cultivos, se seleccionó el tratamiento correspondiente (Ver

figura 28) al color de la etiqueta que se colocó al comienzo de cada entrada (grupo de aproximadamente 12 plantas), siendo éstas las siguientes (Ver figura 29):

**Figura 28.** Aplicador identificando las plantas correspondientes al Tratamiento 1 y etiqueta roja



**Figura 29.** Señalización de tratamientos (T1= Rojo, T2= Blanco, T3= Morado, T4= Rosa), número de bloque (B1= Bloque 1) y genotipo (G8= Genotipo 8)

El aplicador inyectó la cantidad de bolsas especificada en la orden de aplicación. La técnica ejecutada para dicha actividad es la siguiente:

- 1) Con los dedos pulgar, índice y medio, se toma la parte superior de la mazorca (donde se encuentran los estigmas), y se identifica, únicamente mediante tacto, la punta de la mazorca (donde comienzan los granos).

- 2) Al identificar la punta, se sube hacia donde se encuentran los estigmas (aproximadamente 2 cm sobre la punta) y se posiciona firmemente la mano que está tomando los estigmas.
- 3) Con la pistola en la otra mano, se posiciona aproximadamente a 45° en relación a la mazorca a inyectar y se procede a introducir la aguja, teniendo cuidado de no atravesar los estigmas de lado a lado.
- 4) Una vez introducida la aguja, se mueve un poco hacia arriba y hacia atrás la pistola, con el fin de abrir un espacio entre los estigmas y la punta de la mazorca.
- 5) Al finalizar de posicionar la pistola y la mazorca, procedemos a realizar un solo disparo, cuidando de expulsar los 5 ml necesarios para cada planta.
- 6) Si se realizó la inyección correctamente, ese espacio entre los estigmas y la mazorca se hinchará y el producto permanecerá dentro de dicha cavidad, de no ser efectiva la inyección, el producto saldrá expulsado de los estigmas y escurrirá por el cuerpo de la mazorca hacia el suelo (Ver figura 30 y 31):
- 7) En el caso del tratamiento 4, se debe reingresar a inyectar dichos genotipos al sexto día después de la primera inyección.



**Figura 30.** Inyección a bolsa azul



**Figura 31.** Inyección a bolsa amarilla

## 5.8. Cosecha

El proceso de recolección de las mazorcas fue conforme a las fechas de maduración de cada genotipo. Se realizaron en total 4 cosechas en diferentes fechas, debido a la diferencia de madurez con que cuentan cada material utilizado como parte experimental; siendo el orden y tiempo (días después de la siembra: dds) de cada uno, los siguientes:

1. Genotipos 3 y 8: 104 dds
2. Genotipos 1 y 7: 111 dds
3. Genotipos 2, 4 y 6: 116 dds
4. Genotipos 5, 9 y 10: 125 dds

Como primer paso, se realizaron pruebas para determinar el porcentaje de humedad a las mazorcas correspondientes a los genotipos más precoces (en referencia al orden de polinización); para ello, fue necesario levantar la bolsa de papel y “pelar” de 2 a 3 mazorcas por genotipo (entrada) para extraer un promedio de 40 semillas para poder realizar la prueba de humedad. Dichas mazorcas que fueron peladas, se cubrieron nuevamente de manera uniforme para evitar que plagas y/o enfermedades proliferaran dentro de la misma (contaminación

cruzada). Una vez colectada la cantidad de semillas necesaria, mediante una termo balanza, midió el peso neto de la muestra, posterior a ello, se secó con calor para que el agua se evaporara y quedara únicamente la materia seca; nuevamente se ingresó a la termo balanza para hacer una segunda muestra y mediante la diferencia de pesos, se obtuvo el porcentaje de humedad, el cual, al ser inferior a 35%, punto mediante el cual ya fue necesario cosechar dicho genotipo en el campo.

Si pasó la prueba de humedad el material seleccionado, fue momento de cosechar las tres repeticiones (los tres bloques) que se encontraban en el campo experimental; como primer paso, fue importante asegurarse que el genotipo seleccionado fuese el correcto, posterior a ello, se hizo un levantamiento de bolsa y pelado total en las 12 entradas correspondientes a ese material y por último, utilizando arpillas pequeñas, se colocó la etiqueta de identificación de cada tratamiento (rojo, blanco, morado o rosa) dentro de cada arpillera, junto con las mazorcas que se encontraron en las mejores condiciones, es decir, que la cantidad de grano fue superior al 20% de la mazorca, que el olote tuviera rigidez y sobre todo que presentaran daños, tanto de larva de mosca pinta, gusano elotero y vestigios de hongos en la superficie. Al finalizar de colocar todas las mazorcas dentro de su respectiva arpillera, fue importante asegurarse de que cuenten todas con su etiqueta de identificación, debido a que es la manera en que se captura la información de los tratamientos.

### **5.9. Muestreo y recolección de datos**

Al concluir con la recolección de las muestras de todos los genotipos seleccionados, se limpió cada una de las mazorcas a mano, para retirar estigmas secos y hojas adheridas a la superficie del grano para no afectar los análisis visuales de las muestras. Cada arpillera fue equivalente a un tratamiento, por lo que se tomaron fotografías individuales de cada tratamiento.

La calificación de los daños observados en la mazorca se realizó de la siguiente manera:

- Daño 7: Se observa únicamente en los estigmas (punta de mazorca)
- Daño 6: Hay un pequeño impacto en los granos superiores (primeros)
- Daño 5: Aproximadamente un 25% de la mazorca presenta daños
- Daño 4: Aproximadamente un 50% de la mazorca presenta daños
- Daño 3: Aproximadamente un 70% de la mazorca presenta daños
- Daño 2: Aproximadamente un 85% de la mazorca presenta daños
- Daño 1: Se presenta daño en el 100% de la superficie de la mazorca

Mediante un tabulador, se capturaron los datos para su filtrado y análisis posterior, teniendo tres variables a estudiar: larva de mosca pinta, gusano elotero y hongo *Fusarium spp.*, junto con la calificación de daño mencionada anteriormente, con esto, quedaron muestreados la totalidad de genotipos utilizados, con evidencia fotográfica para una mayor interpretación.

Al finalizar el análisis visual de cada arpilla, se desgranó cada mazorca (las que tuvieran mejor calidad de grano) para realizar pruebas de germinación posteriores.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico realizado en programa estadístico SAS

Los resultados mostrados a continuación están realizados en base a los datos obtenidos de los 10 genotipos utilizados para la experimentación, dando un panorama general de la incidencia de plagas y enfermedades presentes al momento de la cosecha.

- **Larva de mosca pinta**

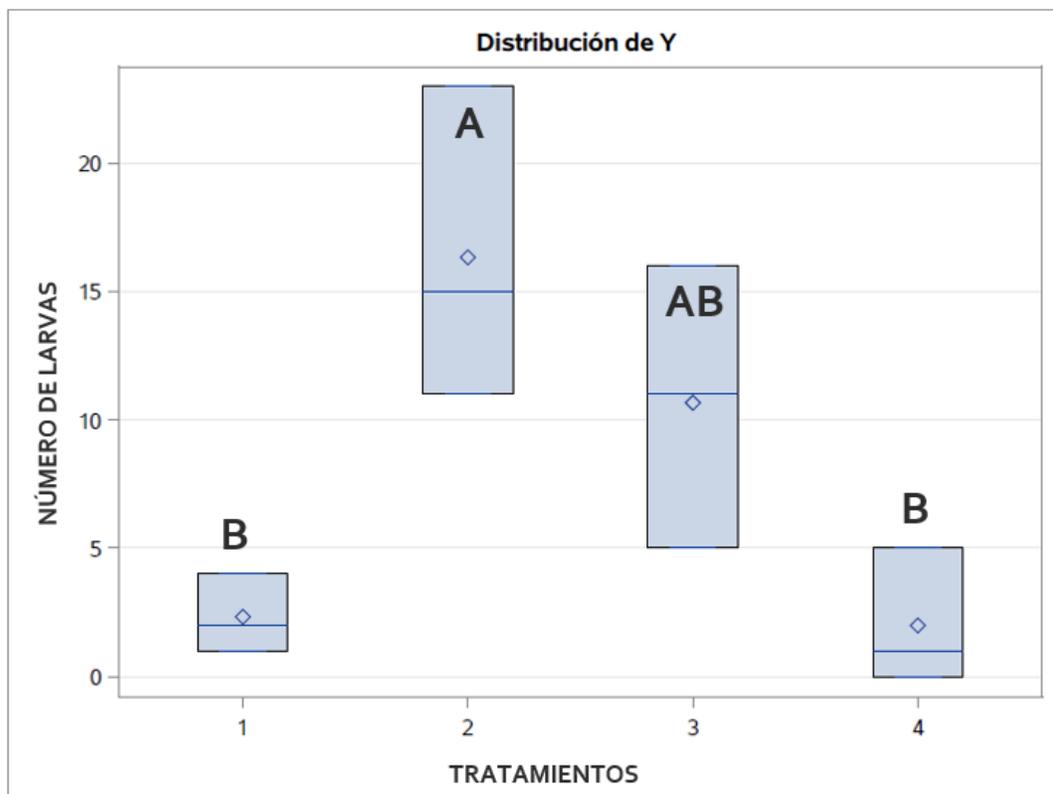
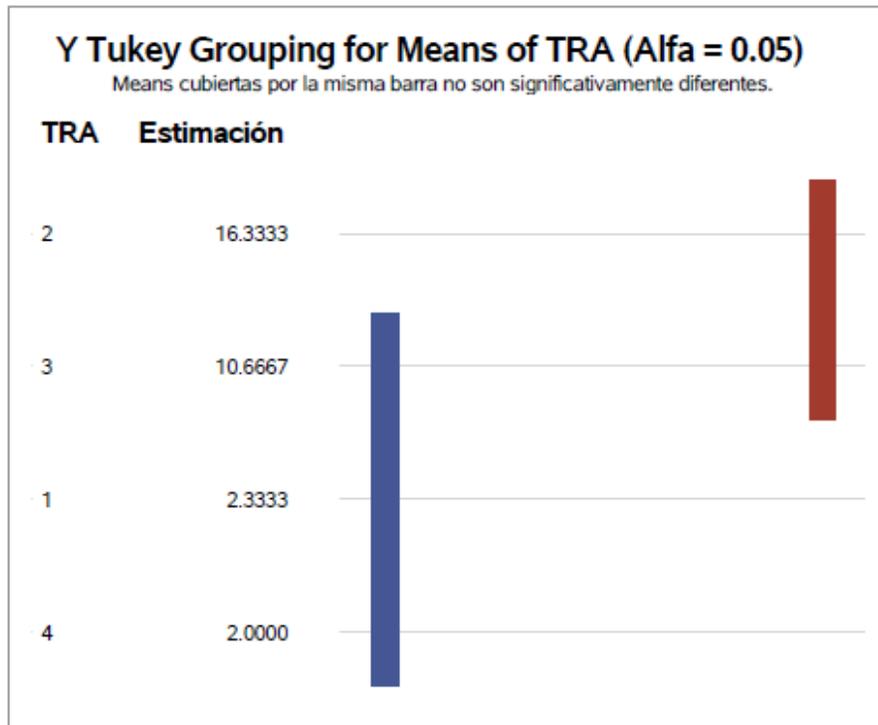


Figura 32. ANOVA larva mosca pinta

**Análisis de varianza:** El cuadro anterior muestra la efectividad de los tratamientos en las tres repeticiones, donde se observa que el Tratamiento 1 fue el más efectivo para controlar larva de mosca pinta, mientras que el Tratamiento 2 fue el menos efectivo, por lo tanto, supera al Tratamiento 1 y 4.

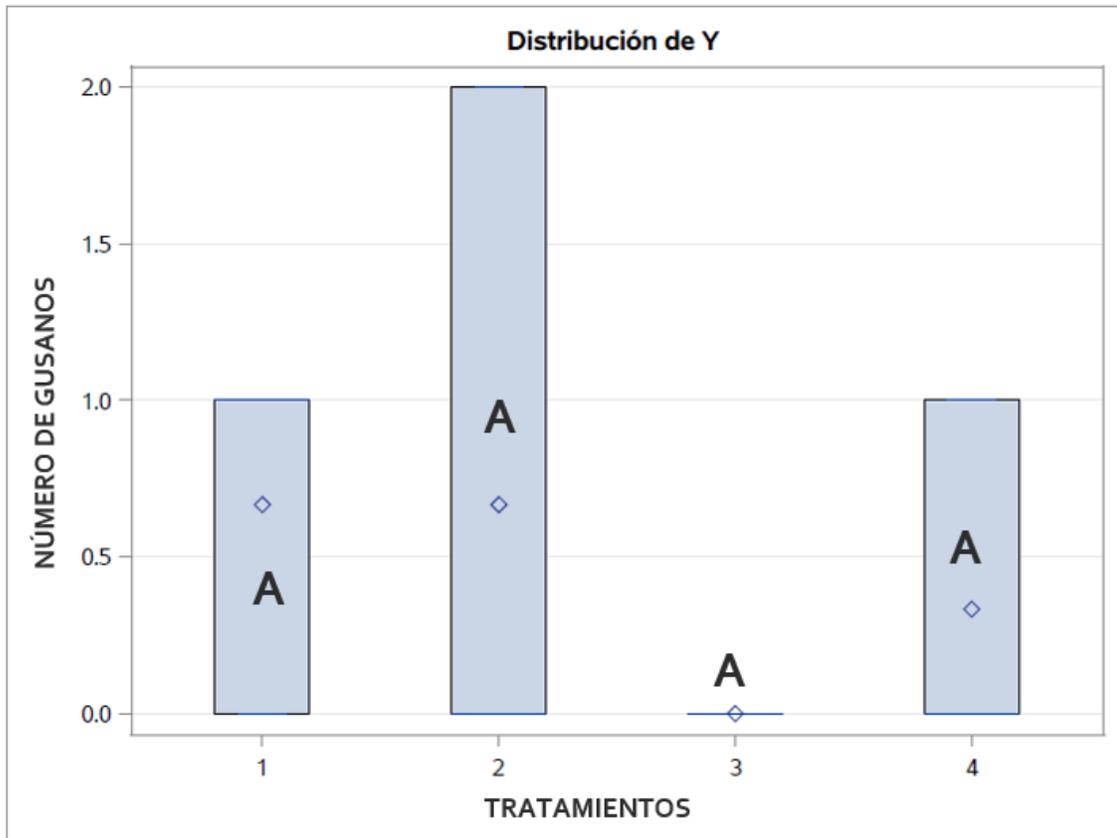
Alpha	0.05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	15.63889
Valor crítico del rango estudentizado	4.89559
Diferencia significativa mínima	11.178



**Figura 33.** Tukey larva mosca pinta

**Tukey:** En este cuadro se presenta la diferencia estadísticamente significativa con que cuenta el Tratamiento 2 en comparación con los 3 tratamientos restantes, siendo éste el menos efectivo para controlar larva de mosca pinta.

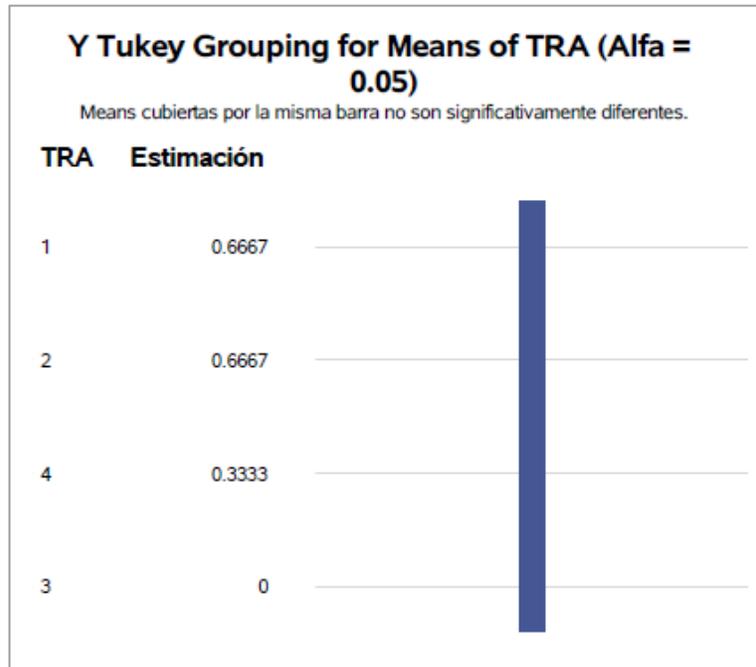
- Gusano elotero



**Figura 34.** ANOVA gusano elotero

**Análisis de varianza:** En este cuadro se muestra el índice de presencia de gusano elotero en la mazorca, en donde el Tratamiento 2 fue el menos efectivo en comparación con los tratamientos restantes, el tratamiento 3 presentó una efectividad del 100% al no presentar ninguna incidencia de gusano.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	0.638889
Valor crítico del rango estudentizado	4.89559
Diferencia significativa mínima	2.2592



**Figura 35.** Tukey gusano elotero

**Tukey:** En este cuadro se presentan los resultados de la prueba Tukey, donde se observa que ninguno de los 4 tratamientos genera una diferencia estadísticamente significativa para realizar alguna comparación.

- *Fusarium spp.*

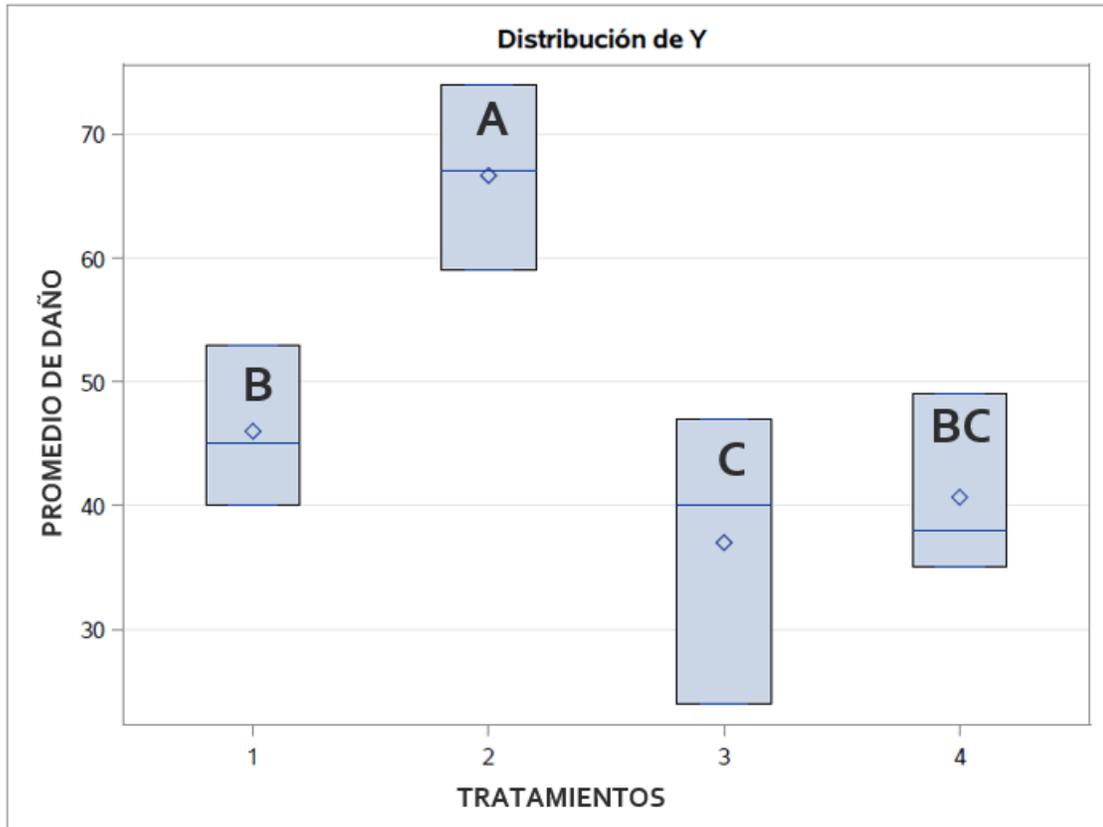
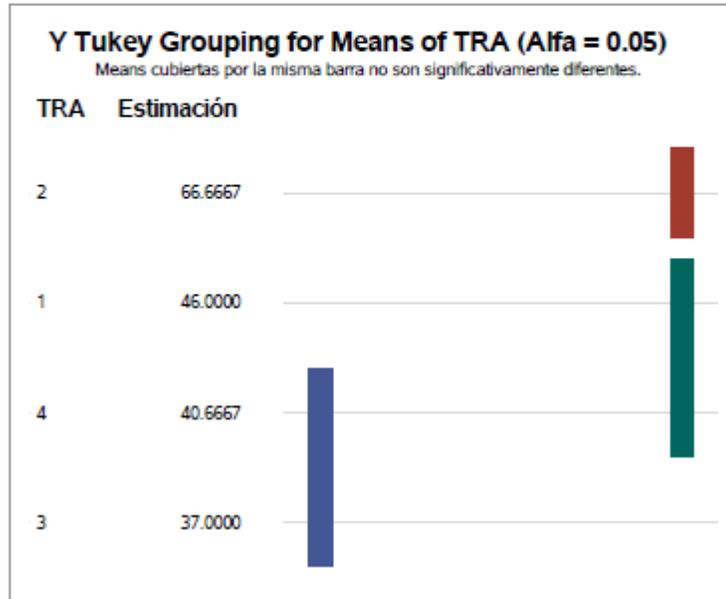


Figura 36. ANOVA *Fusarium*

**Análisis de varianza:** En este cuadro se presenta la efectividad de los tratamientos para controlar el hongo de *Fusarium spp.*, donde se logra observar que el Tratamiento 2 fue el menos efectivo, ya que se muestra un alto índice de población por mazorca analizada, mientras que el Tratamiento 1 y 4 muestran resultados estadísticamente similares, y el tratamiento 3 fue el más efectivo en comparación a los demás.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	6
Error de cuadrado medio	9.527778
Valor crítico del rango estudentizado	4.89559
Diferencia significativa mínima	8.7245



**Figura 37.** Tukey *Fusarium*

**Tukey:** En este cuadro se observa que el Tratamiento 1 y 4 no muestran diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, el Tratamiento 2 es el menos efectivo de los 4 tratamientos.

## **7. CONCLUSIÓN**

En base a lo investigado en este trabajo, se observó que las mezclas de fungicida e insecticida pueden no ser tan efectivas para controlar las plagas y enfermedades señaladas que se presentan en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, debido a que la aplicación de dichos productos en una mezcla homogénea puede ser un factor que promueva el desarrollo y establecimiento de insectos y hongos. Respecto a la efectividad de los tratamientos, el Tratamiento 2 (benzoato de emamectina y azoxistrobin + difenoconazole) fue el menos efectivo en las tres variables analizadas, debido a que mostró un comportamiento negativo para controlar las plagas y enfermedades que afectaron al cultivo de maíz en la experimentación. Por otro lado, el Tratamiento 1 (benzoato de emamectina) fue el más efectivo en relación a los tres tratamientos restantes.

## 8. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones que tengan como objetivo el analizar mezclas de productos, es recomendable indagar en la compatibilidad de las moléculas a aplicar, debido a que es posible que éstas no sean del todo compatibles y se genere un efecto adverso al esperado.
- Por otro lado, es posible que la dosificación utilizada no haya sido la adecuada, ya que los tratamientos con fungicida fueron los que mayor índice de *Fusarium spp.* presentaron.
- Un factor muy importante es la falta de medidas fitosanitarias en el protocolo de aplicación de productos mediante la inyección a la mazorca, debido a esto, se considera recomendable la desinfección constante de las válvulas (agujas) de las pistolas para evitar una contaminación cruzada en las mazorcas inyectadas.

## 9. LITERATURA CITADA

- ¿Conoces el origen del maíz? (ASERCA) Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, A. de S. a. la C. y. D. (2018) Recuperado el 8 de noviembre de 2022, de <https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es>
- Ávila, C. A. (1999). Evaluación de seis insecticidas y dos métodos de aplicación para el control del gusano elotero (*Helicoverpa zea* Boddie) en el cultivo del maíz dulce.
- Betancourt Guayasamin, C. E. (2019). *Evaluación de la tolerancia del cultivo de maíz (Zea mays) al ataque del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) sometido a diferentes frecuencias de control químico durante la época seca en la zona de Mocache* (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Biología de Zea mays*. (2017). Conacyt.mx. Recuperado el 21 de noviembre de 2022, de <https://conacyt.mx/cibiogem/maiz>
- Dajoz, R. (1998). *Los insecticidas*. Oikos-Tau.
- Devine, G. J., Eza, D., Ogusuku, E., & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100.
- DGSV-CNRF. 2020. Gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 17 p.
- Franco Veliz, B. A. (2019). *Efectos de la aplicación de insecticidas de última generación en el control del Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith) en el cultivo del maíz (Zea mays L.)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019).
- García, J. M., & Portilla, F. (2011). Mecanismo de acción de los fungicidas. *Revista ventana al campo*, 193-202.
- González Estrada, A., & Alferes Varela, M. (2010). Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 381-396.

- Jaén Mora, Y. A. (2020). "Evaluación de tres bioinsecticidas entomopatógenos para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) del cultivo de maíz (*Zea mays*), en condiciones controladas" (Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador).
- Jeschke, M. (2020). Crop Focus, servicio agronómico PIONEER: *Fusarium* en mazorca. Vol. 12, n° 31
- Litardo Mora, L. P. (2019). *Efecto de la aplicación de insecticida al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) en la época lluviosa en la zona de Mocache* (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Lorenzo, C. R. E., Garcell, C. C. O., & Fernández, K. R. (2015). Contribución de la química general a la formación laboral en los estudiantes de ingeniería agronómica. *Pedagogía Universitaria*, 20(1).
- Martínez, R. (2015). Suelo y preparación del terreno. *Capítulo del Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía, no. Publicación, 159.*
- Mejía, E. B., Parra, F. F., Badillo, M. E. V., Rodríguez, E. G., Villa, V. Z., & Ambriz, S. J. (2004). Control del *Sitophilus zeamais* Motschulsky en Almacén con Aplicación de Clorpirifos Metil y Deltametrina y su Efecto en la Calidad de Semilla de Maíz. *UNIDAD LAGUNA*, 1(2), 29.
- Orozco Aguirre, L. Á., & Rodríguez Chavarría, M. D. J. (2020). *Evaluación de diferentes dosis de insecticida a base de Nicotiana tabacum para el manejo de Bemisia tabaci en el Cultivo de Phaseolus vulgaris, UCATSE-2020* (Doctoral dissertation, Universidad Católica del Trópico Seco).
- Oses, N. X. (2019). Comportamiento de *Helicoverpa zea* (ex *Heliothis*) en cultivos de maíz.
- Ramírez Torres, N. (2022). *Aplicación de insecticidas para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda JE Smith) en maíz (Zea mays L.), Cajaruro, Amazonas* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica).
- Ramos, E. A. (1998). Control químico y biológico del gusano elotero *Helicoverpa zea* (Lepidóptera: Noctuidae) en maíz dulce.
- Reyes, P. P. C. (2015, febrero 17). *Mosquita pinta – Información*. Panorama AGROPECUARIO. <https://panorama-agro.com/?p=543>

- Vargas Marín, J. I. (2018). “*Evaluación de insecticidas de contacto y sistémico bajo dos modos de aplicación para el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz*” (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- Varón de Agudelo, F., & Sarria Villa, G. A. (2007). *Enfermedades del maíz y su manejo: compendio ilustrado*. Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.
- Vélez, M., Betancourt, C., & Mendoza, J. (2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Ciencia y Tecnología*, 14(2), 33-40.

# 10. ANEXOS

## TRATAMIENTO 1



## TRATAMIENTO 2



# TRATAMIENTO 3



# TRATAMIENTO 4

