



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTIVIDAD DE APLICACIONES DE SILICIO, INSECTICIDAS Y
SUS COMBINACIONES SOBRE GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* Smith) EN MAÍZ (*Zea mays* L.)**

AUTORES:

DAVINSON EMILIO JAYA CONFORME

KELVIN JOEL VILLAVICENCIO MOREIRA

TUTOR:

ING. SERGIO MIGUEL VÉLEZ ZAMBRANO, M. Sc.

CALCETA, OCTUBRE DEL 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Davinson Emilio Jaya Conforme**, con cédula de ciudadanía **080526174-0**, y **Kelvin Joel Villavicencio Moreira** con cédula de ciudadanía **172541266-0**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de aplicaciones de silicio, insecticidas y sus combinaciones sobre gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en maíz (*Zea mays* L.)** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



**DAVINSON EMILIO JAYA
CONFORME**

CC: 080526174-0



**KELVIN JOEL VILLAVICENCIO
MOREIRA**

CC: 172541266-0

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Davinson Emilio Jaya Conforme**, con cédula de ciudadanía **080526174-0**, y **Kelvin Joel Villavicencio Moreira** con cédula de ciudadanía **172541266-0**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de aplicaciones de silicio, insecticidas y sus combinaciones sobre gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en maíz (*Zea mays* L.)** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



**DAVINSON EMILIO JAYA
CONFORME**

CC: 080526174-0



**KELVIN JOEL VILLAVICENCIO
MOREIRA**

CC: 172541266-0

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Sergio Miguel Vélez Zambrano, certifica haber tutelado el trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de aplicaciones de silicio, insecticidas y sus combinaciones sobre gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en maíz (*Zea mays* L.)**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. SERGIO MIGUEL VÉLEZ
ZAMBRANO, M. Sc.**

CC: 131047677-3

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Integración Curricular titulado: **Efectividad de aplicaciones de silicio, insecticidas y sus combinaciones sobre gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en maíz (*Zea mays* L.)**, que ha sido desarrollado por **Davinson Emilio Jaya Conforme y Kelvin Joel Villavicencio Moreira**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrícola**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GONZALO CONSTANTE
TUBAY, M. Sc.**

CC: 130457998-8

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. FREDDY WILBERTO
MESÍAS GALLO, M. Sc.**

CC: 120202849-2

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. LEONARDO XAVIER LEÓN
CASTRO, PhD.**

CC: 091867676-8

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López y docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola que nos brindaron la oportunidad de desarrollar conocimientos durante el proceso educativo de tercer nivel académico, siendo de calidad la educación impartida.

A nuestros padres por ser nuestro pilar económico y quienes fueron los primeros en impulsarnos a seguir preparándonos, para en un futuro defendernos con conocimientos y habilidades. Por último, a nosotros mismos, por ser persistentes y con ganas de superación personal.

DAVINSON EMILIO JAYA CONFORME

KELVIN JOEL VILLAVICENCIO MOREIRA

DEDICATORIA

A los estudiantes que no lograron graduarse por ser víctimas de la inseguridad que se vive en Ecuador. A las mujeres víctimas de feminicidio. A los ecuatorianos que murieron en tiempos de pandemia a causa del Covid-19. Finalmente, a las personas luchadoras y sobrevivientes de la depresión y ansiedad.

DAVINSON EMILIO JAYA CONFORME

KELVIN JOEL VILLAVICENCIO MOREIRA

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE TABLAS	xii
CONTENIDO DE FÓRMULAS.....	xiii
CONTENIDO DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1.OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ	4
2.1.1.CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	4
2.1.2.CICLO BIOLÓGICO	4
2.2. IMPACTO DEL GUSANO COGOLLERO EN EL MAÍZ.....	5
2.3. DAÑOS ECONÓMICO DEL COGOLLERO EN MAÍZ	5
2.3.1.ESCALA DE DAÑO POR COGOLLERO – ESCALA DAVIS.....	6

2.4. CONTROL DE GUSANO COGOLLERO CON INSECTICIDAS	7
2.4.1. TIPOS DE INSECTICIDAS	7
2.5. SILICIO EN LA AGRICULTURA.....	8
2.5.1. SILICIO EN LAS PLANTAS Y SUELO.....	8
2.5.2. SILICIO EN MAÍZ	9
2.5.3. SILICIO EN INSECTOS PLAGAS AGRÍCOLAS.....	9
2.5.4. APLICACIONES DEL SILICIO	10
2.6. EXPERIENCIAS DE INSECTICIDAS Y SILICIO EN DIFERENTES CULTIVOS	10
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	12
3.1. UBICACIÓN.....	12
3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS	12
3.2. DURACIÓN.....	12
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	13
3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO	13
3.3.2. TRATAMIENTOS	13
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	14
3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL (UE).....	14
3.6. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO	14
3.7. MATERIAL VEGETAL	15
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	15
3.8.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	15
3.8.2. TRAZADO DE PARCELAS	16
3.8.3. TRATADO DE SEMILLAS.....	16
3.8.4. SIEMBRA Y RESIEMBRA.....	16
3.8.5. CONTROL DE MALEZAS	16

3.8.6. FERTILIZACIÓN.....	17
3.8.7. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	17
3.8.8. COSECHA.....	17
3.8.9. RIEGO	17
3.9. VARIABLES A MEDIR.....	18
3.9.1. PORCENTAJE DE INCIDENCIA	18
3.9.2. DAÑOS DEL GUSANO COGOLLERO	18
3.9.3. ALTURA DE PLANTA	18
3.9.4. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA	18
3.9.5. LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS.....	19
3.9.6. DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS	19
3.9.7. PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS	19
3.9.8. RENDIMIENTO	19
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SILICIO, INSECTICIDAS QUÍMICOS Y SUS COMBINACIONES EN EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ.....	20
4.1.1. INCIDENCIA (%)	20
4.1.2. DAÑOS DE GUSANO COGOLLERO	22
4.2. BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL SILICIO, INSECTICIDAS Y SUS COMBINACIONES EN EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ.....	25
4.2.1. VARIABLES DE CRECIMIENTO	25
4.2.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO	28
4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33

5.1. CONCLUSIONES.....	33
5.2. RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXOS.....	41

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía	4
Tabla 2. Escala de daño de larva de <i>S. frugiperda</i>	7
Tabla 3. Datos Climatológicos	12
Tabla 4. Identificación de tratamientos con sus respectivos códigos	13
Tabla 5. Esquema de ADEVA.....	14
Tabla 6. Características del Híbrido de maíz Emblema	15
Tabla 7. Análisis estadístico del porcentaje de incidencia días antes y días después de la aplicación de insecticidas químicos y silicio	20
Tabla 8. Análisis estadístico del porcentaje de daño del cogollero a 20 DDS, 30 DDS y 40 DDS	23
Tabla 9. Análisis estadístico de alturas de plantas y alturas de inserción de mazorcas.....	25
Tabla 10. Análisis estadístico para la longitud de mazorcas con y sin brácteas..	28
Tabla 11. Análisis estadístico para el diámetro y peso de mazorcas con y sin brácteas.....	28
Tabla 12. Costo beneficio de los tratamientos en el cultivo de híbrido maíz Emblema	32

CONTENIDO DE FÓRMULAS

Fórmula 1. % de incidencia	18
---	----

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre la incidencia del gusano cogollero	21
---	----

Gráfico 2. Efecto de la aplicación de dosis de silicio a la variable porcentaje de incidencia DDA.....	21
---	----

Gráfico 3. Efecto de la aplicación de insecticidas químicos a la variable porcentaje de incidencia DDA.....	22
--	----

Gráfico 4. Respuesta de los tratamientos sobre el daño foliar causado por el gusano cogollero	23
--	----

Gráfico 5. Efecto de dosis de silicio sobre porcentajes de daños de gusano cogollero.....	24
--	----

Gráfico 6. Efecto de dosis de insecticidas químicos sobre el porcentaje de daños de gusano cogollero	24
---	----

Gráfico 8. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de crecimiento alturas de inserción de mazorcas.....	26
--	----

Gráfico 7. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de crecimiento alturas de plantas.	26
---	----

Gráfico 9. Efecto de dosis de insecticidas químicos en la variable de alturas de plantas.....	27
Gráfico 10. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de rendimiento de longitud de mazorcas con brácteas.	29
Gráfico 11. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de rendimiento de longitud de mazorcas sin brácteas...	29
Gráfico 12. Efecto de insecticidas químicos sobre la variable de longitud de mazorcas con brácteas.	30
Gráfico 13. Efecto de insecticidas químicos sobre la variable de longitud de mazorca sin brácteas	31

RESUMEN

El *Spodoptera frugiperda* Smith, es el insecto plaga con mayor daño económico en los cultivos de maíz del Ecuador. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la efectividad y los beneficios económicos de la aplicación de silicio (Si), insecticidas y sus combinaciones para el control del gusano cogollero. Se utilizaron dos tipos de insecticidas: spinetoram y benzoato de emamectina en dosis de 0.5 mL y 0.75 mL respectivamente, y dos dosis de silicio de 15 mL y 20 mL. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial AxB. El material vegetal utilizado fue el híbrido maíz Emblema. En el área de siembra se establecieron nueve tratamientos, y tres réplicas, con un total de 27 parcelas de 20 m². Las variables a medir fueron: incidencia del insecto, daño foliar, altura de planta, altura de planta a la inserción de mazorca, más la longitud, el diámetro, el peso de la mazorca con y sin brácteas, y el rendimiento. El mejor tratamiento para el control de incidencias del gusano fue el T8 (Si 20 mL + benzoato 0.75 mL), para los daños foliares se obtuvo mejor eficiencia con el T5 (Si 15 mL + Spinetoram 0.5 mL) a los 40 días después de la siembra (DDS); ambas variables al igual que las alturas de plantas, alturas de inserción a la mazorcas, longitud de mazorcas con y sin brácteas fueron influenciadas significativamente ($p < 0.05$), mientras que el peso y diámetro de mazorcas con y sin brácteas no fueron influenciadas significativamente según el análisis de varianza.

Palabras clave: *Spodoptera frugiperda*, agroquímicos, agricultura, silicio, maíz.

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda Smith is the insect pest with the greatest economic damage to corn crops in Ecuador. The objective of this research is to evaluate the effectiveness and economic benefits of the application of silicon (Si), insecticides and their combinations for the control of fall armyworm. Two types of insecticides were used: spinetoram and emamectin benzoate in doses of 0.5 mL and 0.75 mL respectively, and two doses of silicon of 15 mL and 20 mL. A completely randomized block design (DBCA) with AxB factorial arrangement was applied. The plant material used was the Emblema corn hybrid. In the planting area, nine treatments and three replicates were established, with a total of 27 plots of 20 m². The response variables were: insect incidence, foliar damage, plant height, plant height at ear insertion, plus length, diameter, weight of the ear with and without bracts, and yield. The best treatment to control the incidence of the worm was T8 (Si 20 mL + benzoate 0.75 mL), for foliar damage, better efficiency was obtained with T5 (Si 15 mL + Spinetoram 0.5 mL) 40 days after sowing (DDS); both variables, as well as plant height, height of insertion into the ear, length of ear with and without bracts, were significantly influenced ($p < 0.05$), while weight and diameter of ear with and without bracts were not significantly influenced according to the analysis of variance.

Keywords: *Spodoptera frugiperda*, agrochemicals, agriculture, silicon, corn.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a su alta contribución para la alimentación de las personas como también a la creciente demanda para generar alimentos de consumo animal; el cultivo de maíz es valioso social y económicamente en el Ecuador (Muñoz et al., 2017). En el país la superficie sembrada de maíz duro seco - grano seco es de 365,725 ha y cosechadas 341,301 ha respectivamente, siendo las provincias del Guayas con 248 t (16.10%), Manabí con 281 t (28.64%), y Los Ríos con 643 t (40.31%) con mayor producción (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2021).

Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es el daño ocasionado por el insecto *Spodoptera frugiperda*, conocido como gusano cogollero; plaga polífaga originaria de América (Cock et al., 2017). Este insecto-plaga provoca un retraso en el desarrollo del cultivo y una disminución del rendimiento ya que se alimenta del tejido vegetal en fases iniciales (Jaramillo et al., 2020).

El daño económico provocado por el *S. frugiperda* es de consideración debido a la defoliación en la fase de desarrollo del cultivo (Sauceda et al., 2015). Los ataques severos de gusano cogollero sobre 20% de infestación en el cultivo de maíz pueden reducir el rendimiento desde un 10 a 60%, repercutiendo con mayor frecuencia en la disminución de la productividad de dicho cultivo en las costas ecuatorianas (Muñoz et al., 2017).

En la actualidad los agricultores emplean agroquímicos para controlar la infestación y reducir los daños ocasionados por *S. frugiperda*, por lo que han utilizado el control como única alternativa (Pérez et al., 2019). Los efectos que posee la aplicación de productos químicos sobre los sistemas de producción agrícola han sido eficientes, siendo una estrategia de acción rápida (Hernández et al., 2019).

El ataque del gusano cogollero en plantas de maíz, también puede ser disminuido por el efecto de la nutrición mineral. Particularmente, en la agricultura la aplicación de minerales como el silicio (Si) han llevado consigo beneficios a los cultivos de gramíneas, ya que este elemento tiende a ocasionar efectos positivos a las afectaciones de enfermedades e insectos (Sánchez, 2018).

Debido a lo expuesto se plantea la siguiente interrogante ¿Qué combinación de silicio e insecticida logra una mayor efectividad en la reducción del gusano cogollero y beneficio económico?

1.2. JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional existen sinnúmeros de alternativas garantizadas para el control del cogollero, sin embargo, también hay otra cantidad de propuestas innovadoras que buscan ser escuchadas en el campo agrícola. Una de esas ideas es el presente estudio. Si bien hay investigaciones relacionadas al uso de silicio y agroquímicos, en Manabí existe un déficit de información al juntar ambos productos para una misma causa.

La investigación propuesta busca disminuir los daños causados por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz en desarrollo vegetativo, permitiendo maximizar el rendimiento al final de la cosecha, de igual forma, aumentar las ganancias en términos económicos a productores y/o agricultores. Por lo que llevar un monitoreo y control adecuado de la larva del insecto se puede evitar la destrucción parcial o total de la planta hasta un 60%.

Esta investigación se alinea con el objetivo dos “Hambre Cero” de la agenda 2030, propuesta por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde pretende lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible; enfocada en asegurar la sostenibilidad de los sistemas de alimentos, y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la efectividad y beneficios económicos de aplicaciones de silicio, insecticidas y sus combinaciones en el control de gusano cogollero en maíz.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la efectividad del silicio, insecticidas químicos y sus combinaciones en el control de gusano cogollero en maíz.
- Analizar los beneficios económicos del silicio, insecticidas y sus combinaciones en el control de gusano cogollero en maíz.

1.4. HIPÓTESIS

Las aplicaciones de silicio, insecticidas químicos y sus combinaciones son efectivas para reducir el daño provocado por el gusano cogollero, y mejorar la productividad en el cultivo de maíz.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ

El *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae), conocido como el gusano cogollero u oruga militar, debido a que, si el alimento se torna escaso las larvas se trasladan a otros cultivos. Cuando el insecto afecta a plantas en desarrollo vegetativo, los daños suelen ser totales. En plantas avanzadas en su desarrollo, las afectaciones por el insecto pueden responder a defoliaciones, llegando a una producción normal o estable (Casmuz et al., 2010).

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Villarreal (2018) el cogollero presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 1. Taxonomía

Reino	Animal
Phylum	Artrópoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidóptera
Familia	Noctuidae
Tribu	Prodeniu
Género	<i>Spodoptera</i>
Especie	<i>Frugiperda</i>
Nombre común	Gusano cogollero

2.1.2. CICLO BIOLÓGICO

El cogollero es de metamorfosis completa o de tipo holometábolo. Presentando cuatro instares: 1) huevo, 2) larva (seis instares), 3) pupa y 4) adulto. Se estima que tiene una duración de vida entre 34 y 76 días en las regiones de Latinoamérica;

determinada por las condiciones ambientales, en especial la temperatura, y su desarrollo se ve influenciado por el tipo de alimento y su disponibilidad (Serrano et al., 2020).

La hembra de este insecto, puede depositar en masa de 50 a 200 huevos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). La larva presenta seis estadios, que va cambiando su tonalidad y tamaño, e incluso a partir del tercer estadio se introducen en el cogollo, causando daños severos en las plantas. La pupación se presenta por lo general en el suelo, la larva crea un capullo de forma ovalada entre 20 a 30 mm de largo, uniendo partículas de tierra con seda o con materia vegetal. Los adultos son nocturnos, y se estima en una duración de vida aproximada de 10 días (Capinera, 2020).

2.2. IMPACTO DEL GUSANO COGOLLERO EN EL MAÍZ

El cogollero es el insecto plaga que mayor importancia en afectaciones al cultivo de maíz de toda América (Polanía et al., 2009). Aunque el insecto es una plaga polífaga, la infestación se produce principalmente en los cultivos de gramíneas de la familia Poaceae, incluidos el arroz, avena, pastos, sorgo, trigo, etc. Otros cultivos que también forman parte del consumo del insecto, incluyen los cultivos de las familias Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae (Sotelo et al., 2021).

Para Jaramillo et al. (2020) la presencia del gusano cogollero se ha reportado en alrededor de 186 plantas hospedantes pertenecientes a 42 familias, de la cuales el 53% se encuentran en Suramérica, incluso, este insecto también ha tenido registro en varios países del mundo, afectando con la misma intensidad a los cultivos.

2.3. DAÑOS ECONÓMICO DEL COGOLLERO EN MAÍZ

El daño que más causa este insecto es el consumo constante de los brotes jóvenes, lo que provoca una reducción en la superficie fotosintética de la planta (Valverde et al., 2020) ya que al consumir el follaje daña el tejido meristemático, haciendo

raspaduras sobre partes tiernas de las hojas, dañando tallos y mazorcas, causando lesiones irreparables, al modificar las estructuras de las mismas (Ezeta et al., 2018).

Para Pannuti et al. (2016) generalmente se reportan altos consumos por parte del gusano cogollero en el tejido foliar de forma significativa cuando las plantas de maíz aún se encuentran en desarrollo vegetativo. Incluso, aunque el tejido foliar en etapa vegetativa es el adecuado para el crecimiento y la supervivencia del insecto, en plantas desarrolladas el tejido foliar no es idóneo, por ende, el insecto tiende a alimentarse y asentarse en el área de las mazorcas, especialmente en los tejidos de seda.

El daño económico causado por *Spodoptera frugiperda* del maíz es importante, debido a que reduce el valor de las cosechas al ser destruido el cogollo, incluso afectando a los otros órganos de la planta, y de esta forma provocando una disminución en la calidad de los granos. Estas pérdidas llegan a reducir los rendimientos en 0.8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de una producción (Valverde et al., 2020), de igual forma, Chango (2012) ha registrado pérdidas que varían desde el 13 hasta 60%.

Sotelo et al. (2021) mencionan que en términos de daño económico causado por el gusano cogollero se han reportado pérdidas de rendimiento de hasta un 73% en el maíz de Latinoamérica. En África, desde su detección en el año 2016, los daños estimados causan pérdidas del 21 al 53% en la producción anual de maíz, lo que representa alrededor de 21 millones de toneladas. Dicha migración se ha favorecido por la capacidad que tiene el insecto al adaptarse a zonas cálidas del planeta.

2.3.1. ESCALA DE DAÑO POR COGOLLERO – ESCALA DAVIS

La escala de Davis permite verificar el tamaño del daño causado por la alimentación constante del gusano en el cogollo y en las hojas jóvenes de la planta, e incluso visualizar el estadio larvario en el que se encuentra. La escala se emplea de 0 a 9 grados (Davis and Williams, 1992, como se citó en Murúa et al., 2013).

Tabla 2. Escala de daño de larva de *S. frugiperda*

Grado	Descripción
0	Plantas sin daño
1	Lesiones mínimas en las hojas del cogollo
2	Pequeñas perforaciones y lesiones circulares
3	Pequeñas lesiones circulares y pocas lesiones alargadas hasta 1.3 cm
4	Lesiones alargadas entre 1.3 cm a 3 cm en hojas del cogollo y otras hojas jóvenes
5	Lesiones alargadas mayores a 3 cm, y pocas perforaciones pequeñas a medianas, que van de homogéneas a heterogéneas
6	Lesiones alargadas mayores a 3 cm con pocas perforaciones de gran tamaño
7	Cantidades de lesiones alargadas de todos los tamaños posibles y varios orificios grandes
8	Cantidades de lesiones alargadas de todos los tamaños y muchos orificios grandes
9	Plantas con casi todas las hojas destruidas

2.4. CONTROL DE GUSANO COGOLLERO CON INSECTICIDAS

Para controlar la incidencia excesiva de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz, los agricultores optan por aplicaciones de insecticidas químicos, cuyos ingredientes activos son a base de carbamatos, organofosforados y piretrinas; afectando al insecto en su sistema muscular, nervioso, respiratorio, digestivo, y en su crecimiento (Ávila et al., 2014).

2.4.1. TIPOS DE INSECTICIDAS

- **Spinetoram**

Es un insecticida derivado de un proceso natural, actúa por contacto e ingestión. Afecta a nivel del sistema nervioso central, excitando por alteraciones en la función nicotínica, con un mecanismo único que no lo expone a resistencia cruzada de insecticidas de otros modos de acción. Se debe aplicar en forma de aspersión con

la cantidad suficiente de agua para cubrir uniformemente el follaje de las plantas según la dosis recomendada por el fabricante del producto (Miranda, 2016).

- **Emamectina de Benzoato**

Insecticida del grupo de las avermectinas, el cual controla eficazmente insectos lepidópteros. El ingrediente activo de este circula a través de la cutícula vegetal mediante movimientos translaminares. Esta penetración resulta en un reservorio de ingrediente activo, que proporciona actividad residual en los cultivos frente a los insectos objetivos que se alimentan de ellos (Syngenta, 2021).

Mendoza (2016) menciona que el método de acción se da mediante la interrupción de los impulsos nerviosos de las larvas; poco tiempo después de la exposición e ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y quedan paralizadas. La mortalidad máxima se da alrededor de tres a cuatro días después de la aplicación.

2.5. SILICIO EN LA AGRICULTURA

El silicio se considera como el segundo elemento con mayor presencia en el suelo después del oxígeno, formando alrededor del 31% de la corteza terrestre (López et al., 2020). En la agricultura este elemento no se considera fundamental para el crecimiento y metabolismo de las plantas, sin embargo, su absorción a las plantas atrae beneficios a varios cultivos, debido a que disminuye el estrés abiótico e incita la resistencia a enfermedades e insectos plagas (Castellanos et al., 2020).

2.5.1. SILICIO EN LAS PLANTAS Y SUELO

Este elemento en el suelo se encuentra disponible en forma de silicatos y óxidos, en una concentración que oscila entre 0.1 y 0.6 nM. Las plantas absorben este elemento como ácido monosilícico (H_4SiO_4), y es transportado a través del xilema hasta los órganos con mayor tasa de transpiración (Cabezas et al., 2022). Al alcanzar el límite de solubilidad se polimeriza en forma de sílice amorfa (SiO_2), la

cual se deposita en la pared celular de las superficies epidérmicas de tallos, hojas y frutos (López et al., 2020).

Para Dios et al. (2006) las plantas tienen silicio en concentración que van de 0.1 a 10% peso seco. El silicio depositado en las paredes celulares del tejido epidérmico evita pérdidas del agua por transpiración cuticular e incrementa la elasticidad de la pared celular durante el crecimiento de la planta al interactuar con pectinas y polifenoles.

2.5.2. SILICIO EN MAÍZ

En gramíneas de maíz y arroz, el Si es depositado en forma de cuerpos silicosos, primordialmente, en las estomas, tricomas foliares y en las células epidérmicas. El silicio tiende a acumularse en mayores cantidades en elementos inorgánicos (Castellanos et al., 2015). En maíz puede aumentar la absorción de calcio y potasio en las hojas bajo estrés abiótico. En pequeñas concentraciones ayuda a mejorar la absorción de potasio en el suelo como en hidroponía, gracias a la activación de la H⁺-ATPasa (González et al., 2021).

2.5.3. SILICIO EN INSECTOS PLAGAS AGRÍCOLAS

El rol del silicio ha sido atribuido en parte por su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque de insectos. Aumenta la síntesis de enzimas peroxidasa, polifenoloxidasas, glucanasa y quitinasa; las cuales se relacionan con una mayor producción de quinonas, que favorecen la mayor lignificación de los tejidos, la disminución en la calidad nutricional y la digestibilidad, por ende, genera una baja en la preferencia de los insectos a las plantas que se les aplica dicho elemento (Castellanos et al., 2015).

El silicio depositado y absorbido en el tejido epidérmico de la planta como sílice amorfa, puede elevar la rigidez del tejido, lo que provoca un mayor desgaste de las mandíbulas de los insectos masticadores, y modifican las piezas bucales de las larvas de los dípteros. En efecto, el aumento del silicio en las plantas defiende

bioquímicamente contra los herbívoros, al cebar las defensas inducibles mediadas por jasmonato. Incluso, mejoran o alteran los volátiles vegetales inducidos por herbívoros emitidos por las plantas infestadas (Thabet et al., 2021).

Los tejidos enriquecidos con silicio muestran una digestibilidad y palatabilidad reducidas, llevando a una reducción en la tasa de insectos (Leroy et al., 2019). La fertilización de plantas (gramíneas) con silicio han demostrado ser eficientes para controlar los ataques de insectos herbívoros y otros artrópodos (González et al., 2019; Reynolds et al., 2016).

2.5.4. APLICACIONES DEL SILICIO

En los sistemas agrícolas, el empleo de silicio directamente al suelo o como pulverización foliar a la vegetación son característicos. Es posible que aplicaciones foliares de silicio tengan efectos sobre artrópodos, a través del pH de la superficie o efectos osmóticos. El Si aplicado al suelo conlleva a una acumulación de este elemento de forma significativa en los tejidos de las plantas en comparación a las aplicaciones foliares, dando resultados favorables contra factores estresantes bióticos. La aplicación de silicio incluye a cultivo de arroz, maíz, soya, entre otros (Reynolds et al., 2016).

2.6. EXPERIENCIAS DE INSECTICIDAS Y SILICIO EN DIFERENTES CULTIVOS

En época lluviosa, el uso de benzoato de emamectina demostró en un cultivo de maíz mejores resultados al presentar un menor porcentaje de plantas afectadas por gusano cogollero, así como una menor severidad en daños producidos por el insecto, y por consecuencia mayor vigor y crecimiento de las plantas. Resultado un rendimiento final del cultivo de 6.8 t/ha^{-1} (Terrones et al., 2023).

En un cultivo de maíz en fase de campo, el uso de benzoato de emamectina y spinetoram ayudaron a disminuir el daño foliar en plantas provocado por el gusano cogollero. De igual forma, estos productos fueron estadísticamente similares a otros

tipos de insecticidas usados en la investigación, pero con diferente modo de acción al insecto, por lo que, la rotación con estos tipos de insecticidas en el manejo del cogollero ayudaría a retrasar o prevenir la aparición de resistencia a insecticidas comúnmente usados (Tejeda et al., 2016).

En laboratorio evaluaron la preferencia de las larvas en hojas de plantas de maíz bajo diferentes tratamientos, así como el consumo y la mortalidad de esta plaga. En invernadero evaluaron la intensidad de las lesiones causadas por las orugas en las hojas, así como el número y la biomasa de las orugas vivas. La interacción de silicio y lufenuron para el manejo del gusano cogollero fue positiva en relación a la aplicación del insecticida solo (Castellano et al., 2015).

El silicio también ha sido estudiado en otros tipos de cultivos e insectos.

En el cultivo de trigo (*Triticum sativum*) se informa una baja población de áfidos después de la aplicación foliar de silicio (1 % Na_2SiO_2), no sólo como resultado de la deposición de silicio en las células epidérmicas, sino a una mayor solubilidad del mismo dentro del tejido foliar (Castellano et al., 2015).

En cultivos de arroz, las aplicaciones foliares de silicio tuvieron un efecto en la biomasa, macollamiento, altura de planta y en su rendimiento. Concluyendo en su estudio que es mejor la aplicación de SiO_2 en la etapa de macollamiento. De igual forma, la dosis de 1.35 kg/ha de SiO_2 generó un mayor rendimiento de la producción (Naranjo y Solórzano, 2018).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el área de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio el Limón, cantón Bolívar de la provincia de Manabí, situada geográficamente entre las coordenadas 0°49'23" Latitud Sur; 80°11'01" Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm¹

3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Tabla 3. Datos Climatológicos

Precipitación anual	986.19 mm anual ¹
Temperatura máxima	30.67 °C
Temperatura mínima	21.87 °C
Humedad relativa	82.23%
Heliofanía	1043.96 h/sol/año

Fuente. Estación Meteorológica de la ESPAM "MFL"

3.2. DURACIÓN

La investigación en fase de campo tuvo un lapso de 12 semanas (tres meses), que se iniciaron en marzo del 2023 y finalizando en mayo del 2023.

¹ Estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí "Manuel Félix López".

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO

Dosis de Silicio (A)

- Silicio 0 mL (A0)
- Silicio 15mL (A1)
- Silicio 20 mL(A2)

Insecticidas Químicos (B)

- Sin Insecticida (B0)
- Spinetoram (0.5 mL) (B1)
- Benzoato de emamectina (0.75 mL) (B2)

3.3.2. TRATAMIENTOS

Tabla 4. Identificación de tratamientos con sus respectivos códigos

Número	Tratamiento	Código
T1	Si (15 mL) + Si (0 mL)	A1B0
T2	Si (20 mL) + Si (0 mL)	A2B0
T3	Si (0 mL) + Spinetoram (0.5 mL)	A0B1
T4	Si (0 mL) + Benzoato de emamectina (0.75 mL)	A0B2
T5	Si (15 mL) + Spinetoram (0.5 mL)	A1B1
T6	Si (20 mL) + Spinetoram (0.5 mL)	A2B1
T7	Si (15 mL) + Benzoato de emamectina (0.75 mL)	A1B2
T8	Si (20 mL) + Benzoato de emamectina (0.75 mL)	A2B2
T9	Si (0 mL) + Sin Insecticida	A0B0

Fuente: Autores

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial AxB. A continuación, se presentará el esquema de ADEVA.

Tabla 5. Esquema de ADEVA

ADEVA		
Fuente de Variación	Fórmula	Grados de Libertad
Total	rt-1	26
Dosis de Silicio (A)	A-1	2
Insecticidas Químicos (B)	B-1	2
A x B	(A)(B)	4
Error Experimental	(t-1) (r-1)	16
Replica	r-1	2

Fuente: Autores

3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL (UE)

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 20 m² (6 surcos de 4 m de largo, con distancia entre hilera de 0.80 m). Se trabajó con 8 tratamientos y 3 réplicas para cada tratamiento, obteniendo en total 27 parcelas.

3.6. ESPECIFICACIONES DEL EXPERIMENTO

- Total, de unidades experimentales: 27
- Ancho de la parcela: 5 m
- Longitud de la parcela: 4 m
- Área de parcela: (4 m x 5 m) = 20 m²
- Distancia entre tratamientos: 1 m
- Distancia entre repeticiones: 1 m

- Distancia entre hilera: 0.80 m
- Distancia entre planta: 0.20 m
- Número de hileras: 6
- Plantas por hilera: 20
- Total, de plantas por parcela: 120
- Total, de plantas: 3240
- Plantas útiles por parcela: 10
- Área útil del experimento: 840 m²

3.7. MATERIAL VEGETAL

- Híbrido de Maíz Emblema

Tabla 6. Características del Híbrido de maíz Emblema

Características	Detalles
Altura de la planta (cm)	250 a 270
Altura de mazorca (cm)	140 a 150
Días de floración	54
Días de cosecha	125 a 130
Resistencia del acame	Muy buena
N° de hileras por mazorca	14 a 16
N° de granos por hilera mazorca	34 a 37

Fuente: Jurado (2022)

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Para preparar la superficie del terreno, se efectuó un pase de arado profundo de 30 cm aproximadamente, luego dos pases con rastra en direcciones opuestas; para

que la tierra quede completamente mullida, y de tal forma obtener mayor posibilidad de germinación de semillas.

3.8.2. TRAZADO DE PARCELAS

Se ejecutó con las medidas determinadas en la investigación, para esto se utilizaron materiales como: cinta métrica, estacas de cañas, rollo de piola. Entre cada parcela se dejaron 100 cm para los respectivos caminos.

3.8.3. TRATADO DE SEMILLAS

Se empleó un insecticida agrícola perteneciente al grupo Thiodicarb en dosis de 1.5 cc por kilo de semilla de maíz.

3.8.4. SIEMBRA Y RESIEMBRA

La siembra de semilla se efectuó utilizando una vara firme de madera (espeque) para facilitar la abertura de los hoyos en el suelo, en el cual se depositaron dos semillas. El distanciamiento dentro de cada tratamiento fue de 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre planta. La resiembra se realizó ocho días después de la siembra. Es importante verificar que el área a sembrar este húmeda.

3.8.5. CONTROL DE MALEZAS

Para el control de maleza se utilizó un herbicida preemergente cuyo ingrediente activo es Pendimethalin 400 g/L, aplicando en el área de siembra 0.75 mL por cada 20 litros de agua. Además, se utilizó el herbicida Paraquat en forma dirigida a partir de los 25 días, en dosis de 100 mL por cada 20 litros de agua. Se utilizaron bombas de mochila para la aplicación respectiva.

3.8.6. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó con base a los requerimientos nutricionales del cultivo, ya que no se efectuó un análisis de suelo. Los fertilizantes se incorporaron directos al suelo, con aplicaciones direccionadas alrededor de cada planta teniendo como dosis por planta (3g N, 3g K, 0.61g P, 0.70 g Mg y 0.61 g Ca) las cuales fueron dispuestas por los fertilizantes en las distintas etapas de desarrollo del cultivo. La primera aplicación se la estableció en V3 - V4 de después de la siembra, utilizando una combinación de urea, yaramila complex, korn kali. La segunda aplicación en etapa V6 - V7, y tercera aplicación de fertilizante en etapa de V10 - V11, para ambas fertilizadas se colocaron urea y sulfato de amonio.

3.8.7. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El silicio combinado con los dos tipos de insecticidas, y sus dosis individuales fueron aplicados en dirección al cogollo de la planta de maíz. Las dosis de insecticidas fueron de 0.75 mL para benzoato de emamectina y 0.5 mL para spinetoram; las dosis de silicio fueron de 15 mL y 20 mL. Mismas dosis al combinar los productos.

3.8.8. COSECHA

La cosecha de las mazorcas se ejecutó a los 78 días en cada unidad experimental.

3.8.9. RIEGO

El riego fue determinado por las lluvias presentes durante la siembra y desarrollo del cultivo.

3.9. VARIABLES A MEDIR

3.9.1. PORCENTAJE DE INCIDENCIA

Para determinar el porcentaje de incidencia de *Spodoptera frugiperda*, se aplicó la fórmula estipulada en la investigación de Muñoz et al. (2017). Para ello, se realizó un respectivo monitoreo días antes y días después de aplicación de los productos. Este proceso consta de observar los daños foliares causados por el insecto plaga por parcela.

Fórmula 1. % de incidencia

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número de plantas evaluadas}} \times 100 \quad [1]$$

3.9.2. DAÑOS DEL GUSANO COGOLLERO

Se seleccionó 10 plantas al azar, para establecer el porcentaje de daño por el cogollero se tomó como referencia la tabla de escala daño de Davis and Williams, 1992. La evaluación del daño se la efectuó con una frecuencia de cada 10 días.

3.9.3. ALTURA DE PLANTA

Se escogió 10 plantas al azar por tratamiento, midiendo la altura en centímetros (cm), desde la base del suelo hasta el final de la espiga.

3.9.4. ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA

Se lo efectuó tomando 10 plantas al azar, midiendo en centímetros (cm), desde la base del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta.

3.9.5. LONGITUD DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS

Después de la cosecha, de cada parcela útil se midieron 10 mazorcas al azar en centímetros (cm), y posteriormente se sacó el promedio.

3.9.6. DIÁMETRO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS

Del área útil se eligieron 10 mazorcas al azar y con un calibrador se midió el diámetro, tomando la parte central de la mazorca. Luego se obtuvo el promedio en milímetros (mm).

3.9.7. PESO DE MAZORCA CON Y SIN BRÁCTEAS

Se pesaron 10 mazorcas de la parcela útil y se obtuvo el promedio en gramo (g).

3.9.8. RENDIMIENTO

Se recolectaron las mazorcas útiles de cada unidad experimental, para luego pesar y transformar en kilogramo/hectárea (Almud/ha).

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Para el análisis de los datos se utilizó el programa Infostat.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SILICIO, INSECTICIDAS QUÍMICOS Y SUS COMBINACIONES EN EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ

4.1.1. INCIDENCIA (%)

De acuerdo al análisis de varianza no se muestran diferencias significativas ($p > 0,05$) para ninguna de las fuentes de variación estudiadas correspondientes a la variable porcentaje de incidencia días antes de aplicación (DAA) de productos. Sin embargo, para la variable porcentaje de incidencia días después de aplicación (DDA) de productos si se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la fuente de variación Factor A (dosis de silicio), Factor B (insecticidas químicos), e interacción de AxB (tabla 7).

Tabla 7. Análisis estadístico del porcentaje de incidencia días antes y días después de la aplicación de insecticidas químicos y silicio

Fuentes de Variación	DAA	DDA
Dosis de Silicio (A)	0.5793	0.0003**
Insecticidas Químicos (B)	0.5852	0.0001**
A*B	0.8519	0.001**
CV (%)	9.54	21.77

La variable porcentajes de incidencia de *S. frugiperda*, demuestra que el T8 aplicado con silicio 20 mL + benzoato 0.75 mL y el T7 con silicio 15 mL + benzoato 0.75 mL, fueron quienes presentaron los dos mejores de porcentajes respecto a la presencia del insecto en el cultivo. El T9 (silicio 0 mL + sin insecticida) registró mayor porcentaje de presencia del gusano cogollero, debido a la nula aplicación de los productos. Días antes de las aplicaciones (DAA) de los insecticidas y silicio, los

tratamientos no indujeron diferencias significativas ($p>0.05$) en el % de incidencia (Gráfico 1).

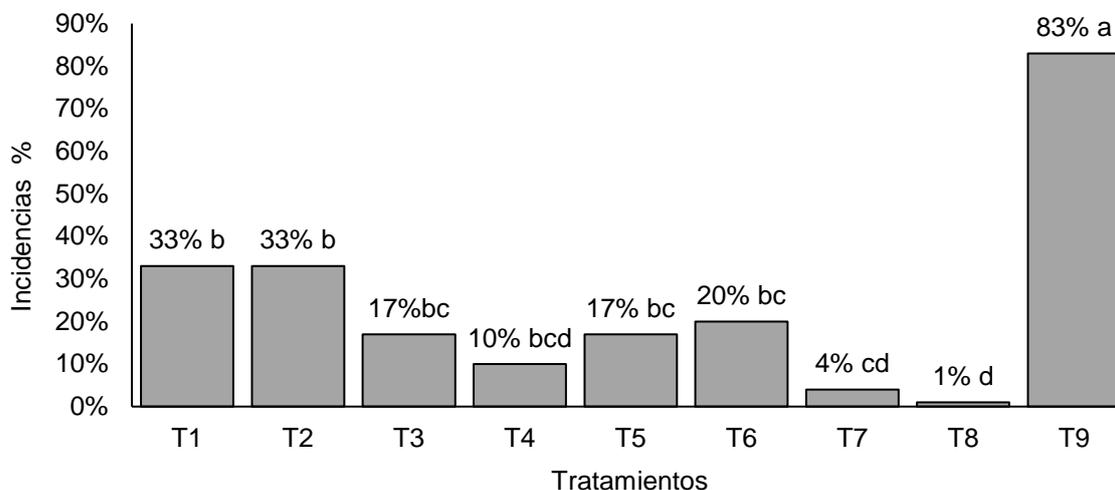


Gráfico 1. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre la incidencia del gusano cogollero

Para la variable porcentajes de incidencia DDA, se visualiza que en el Factor A los niveles de aplicación de silicio 15 mL y silicio 20 mL obtuvieron un menor porcentaje, en relación a el nivel silicio 0 mL que incremento en un 42.85 % con respecto al mejor nivel (Gráfico 2), en el Factor B, la aplicación de benzoato 0.75 mL o un mejor porcentaje sobre el control del gusano cogollero (Gráfico 3).

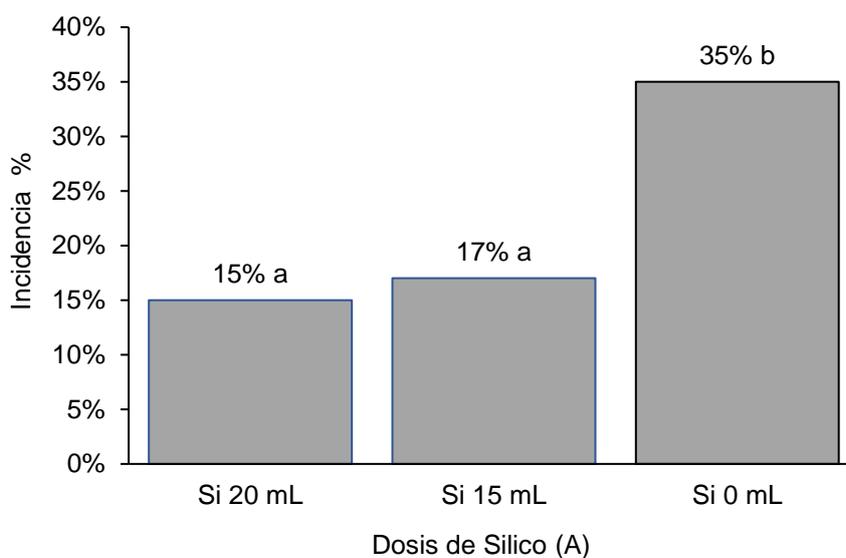


Gráfico 2. Efecto de la aplicación de dosis de silicio a la variable porcentaje de incidencia DDA

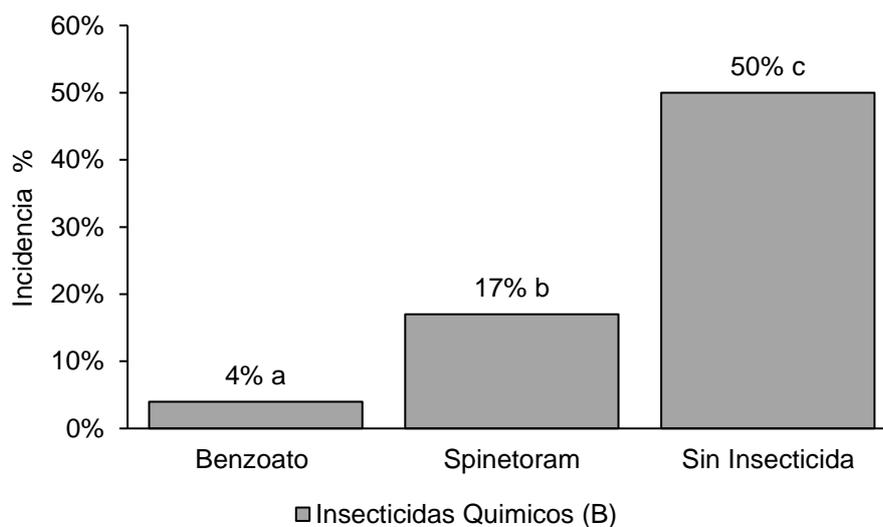


Gráfico 3. Efecto de la aplicación de insecticidas químicos a la variable porcentaje de incidencia DDA

Estos resultados demuestran que el uso de benzoato de emamectina junto al silicio influye para obtener respuestas favorables en el control larvas de cogollero. Al respecto Castañeda (2022), que el uso de benzoato de emamectina en su estudio ejerció un importante papel para controlar al insecto a días después de las aplicaciones, datos se asemejan a lo mencionado por Tejeda et al. (2016) que la acción del insecticida benzoato de emamectina ejerce un control efectivo para *S. frugiperda* logrando reducir los daños en el cultivo de maíz. De tal forma, Haq IU et al. (2021) mencionan que las concentraciones elevadas de silicio en el área foliar pueden aumentar los niveles de defensa de las plantas, afectando al insecto. Sin embargo, Franco (2019) en su investigación al usar insecticidas de última generación no obtiene respuestas favorables con el benzoato para controlar la presencia del cogollero en plantas de maíz en desarrollo vegetativo.

4.1.2. DAÑOS DE GUSANO COGOLLERO

El análisis de varianza no reportó diferencias significativas ($p > 0.05$) para daños de gusano cogollero 20 DDS (Días después de la siembra) y 30 DDS, no obstante, para la variable daños de gusano cogollero 40 DDS si se evidenciaron diferencias

significativas ($p < 0.05$) para la fuente de variación dosis de silicio, insecticidas químicos, además en la interacción de ambos factores AxB (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis estadístico del porcentaje de daño del cogollero a 20 DDS, 30 DDS y 40 DDS

Fuentes de Variación	20 DDS	30 DDS	40 DDS
Dosis de Silicio (A)	0.6178	0.3028	0.0046 **
Insecticidas Químicos (B)	0.9052	0.1109	0.0001 **
A*B	0.4681	0.7940	0.0001**
CV (%)	24.24	22.04	18.97

El nivel de daños en el área foliar del maíz se presenta en la Gráfico 4, de acuerdo al análisis de varianza a los 40 días después de la siembra se registraron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación del 18.97%, siendo el T9 (51%) con mayor daño en el área foliar en relación al T5 (4%) y T4 (6%) con menos daño. A los 20 y 30 días después de la siembra las evaluaciones de daños, las fuentes de variación estudiadas no presentaron estadística según el análisis de varianza.

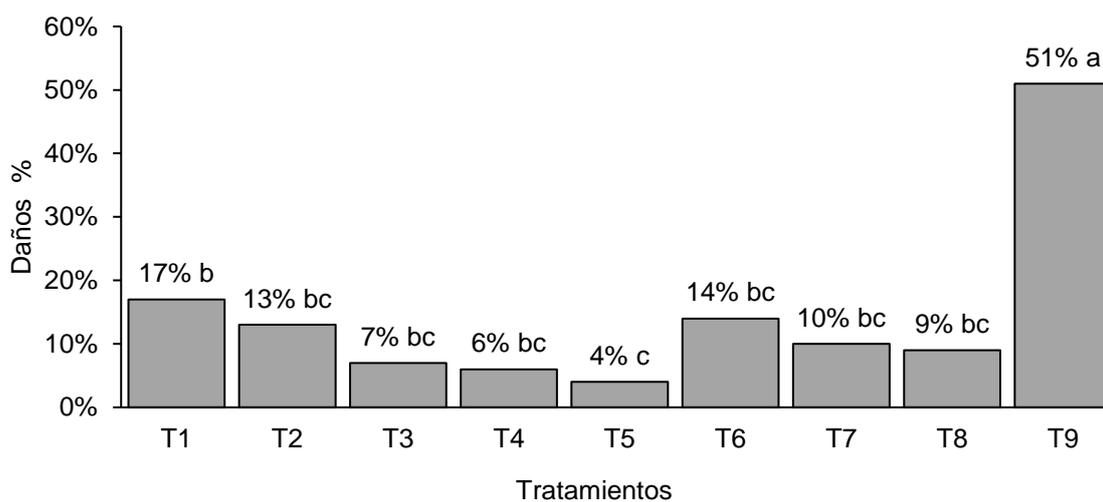


Gráfico 4. Respuesta de los tratamientos sobre el daño foliar causado por el gusano cogollero

Para la variable porcentajes de daños de gusano cogollero en los factores se logró evidenciar diferencias significativas, teniendo en el Factor A como mejor nivel el de Si 15 mL con un menor porcentaje de daños por el gusano (Gráfico 5), por el lado del Factor B se visualiza que las aplicaciones de spinetoram 0.5 mL y benzoato 0.75 mL controlan el daño de gusano cogollero (Gráfico 6).

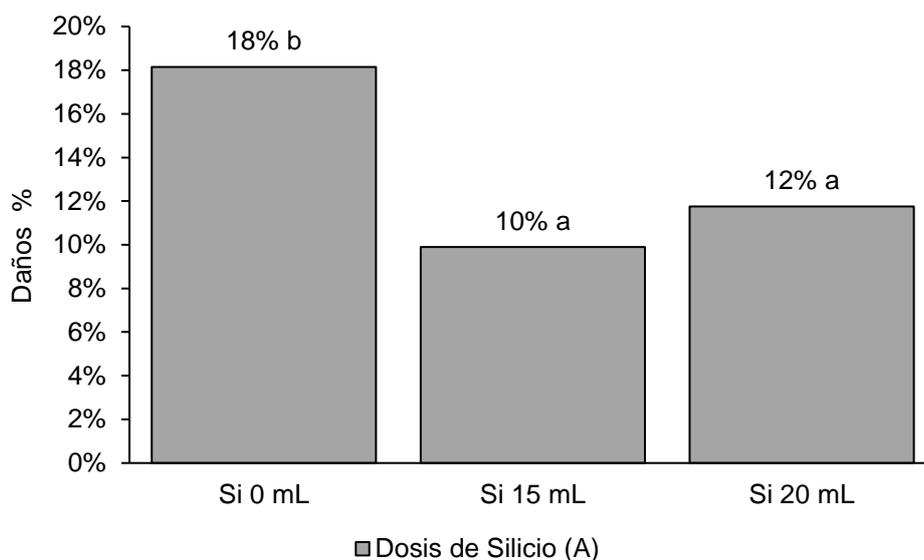


Gráfico 5. Efecto de dosis de silicio sobre porcentajes de daños de gusano cogollero



Gráfico 6. Efecto de dosis de insecticidas químicos sobre el porcentaje de daños de gusano cogollero

Los resultados demuestran que los tratamientos al cual no se aplicó ningún tipo de producto (insecticida o silicio) tuvieron un alto porcentaje de daño foliar a los 40 días, estos datos son similares a los descritos por Macías (2019) donde observó en las aplicaciones los 45 días un alto porcentaje de daño foliar de 19.28%, de igual forma al ver diferencias entre sus interacciones donde el tratamiento testigo presento mayor presencia de daño foliar con 35.44%. Litardo (2019) menciona en su investigación que el tratamiento de libre aplicación de productos alcanzó el mayor nivel de daño por parte del insecto de 6.5, siendo superior estadísticamente a los promedios de los demás tratamientos. Por lo consiguiente, en la presente investigación el T5 con silicio 15 mL + spinetoram 0.5 mL fue quien menos daño foliar registró, semejante al estudio de Miranda (2016) que al utilizar spinetoram dio resultados favorables en la disminución del daño provocado por el cogollero en las plantas de maíz.

4.2. BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL SILICIO, INSECTICIDAS Y SUS COMBINACIONES EN EL CONTROL DE GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ

4.2.1. VARIABLES DE CRECIMIENTO

El análisis de varianza realizado a la variable altura de planta demostró diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la fuente de variación de insecticidas químicos. En la variable alturas de inserción de mazorcas se obtuvo significancia estadística en la interacción AxB (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis estadístico de alturas de plantas y alturas de inserción de mazorcas.

Fuentes de Variación	Altura	
	Plantas	Inserción de mazorcas
Dosis de Silicio (A)	0.0955	0.2419
Insecticidas Químicos (B)	0.0221 *	0.1122
A*B	0.3744	0.0069 *
CV (%)	2.2	3.54

En la variable alturas de plantas, se observa que el T8 obtuvo la mayor media entre todos los tratamientos evaluados. Caso contrario, el T9 registró el menor promedio con 280.13 cm respecto al resto de los tratamientos (Gráfico 7). Caso similar pasa para la variable alturas de inserción de mazorcas, en el cual el T8 con 129.70 cm fue el promedio con mayor alcance, por lo que le T9 obtuvo 114.77 con el promedio de crecimiento mucho menor (Gráfico 8).

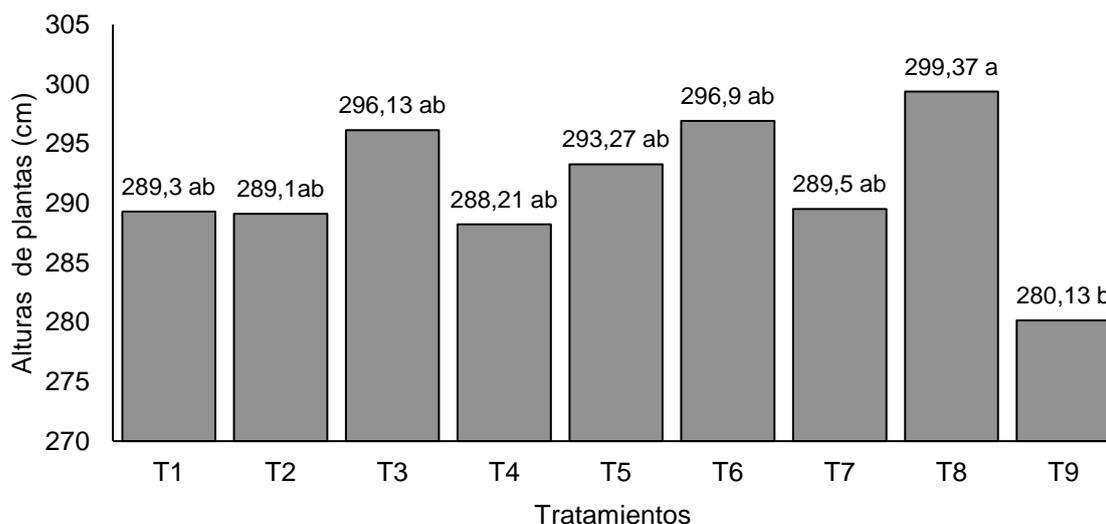


Gráfico 8. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de crecimiento alturas de plantas.

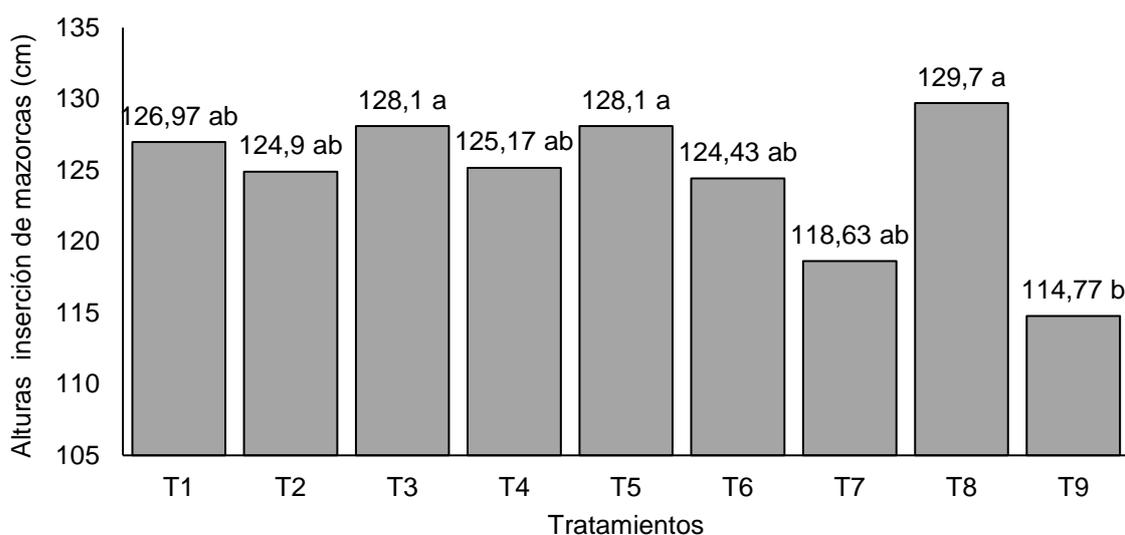


Gráfico 7. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de crecimiento alturas de inserción de mazorcas.

El análisis realizado para los factores demostró que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la variable altura de planta para el Factor A, sin embargo, para el Factor B se evidenció diferencias estadísticas teniendo como mejor nivel las aplicaciones de spinetoram 0.5 mL el cual tuvo un promedio de 295.43 cm, en comparación sin aplicación de insecticidas el cual tuvo 286.18 cm (Gráfico 9).

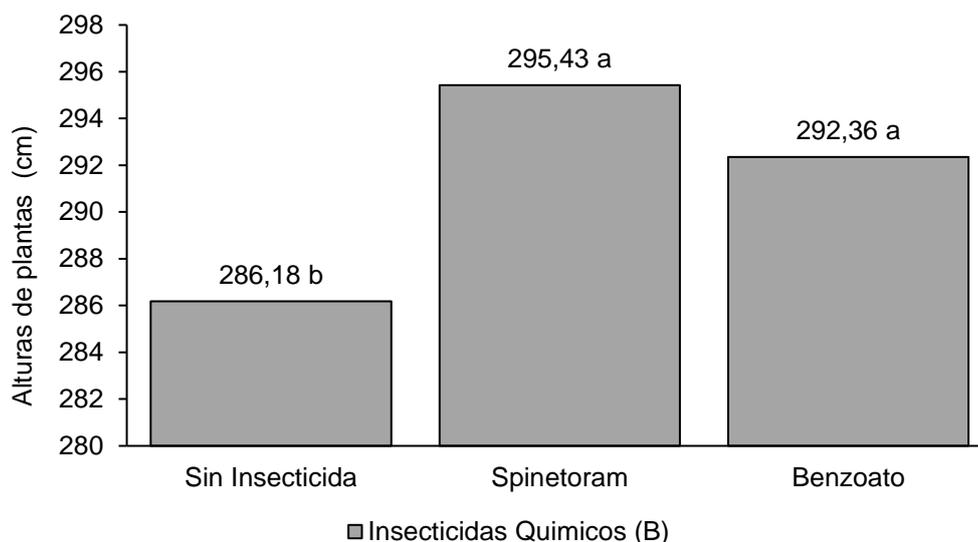


Gráfico 9. Efecto de dosis de insecticidas químicos en la variable de alturas de plantas

Los resultados de crecimiento son cercanos a los obtenidos por Jiménez (2016) quien presentó diferencias estadísticas en la altura de planta, usando aplicaciones de dos fuentes de silicio líquido (ácido monosilícico siklon 35% y zumsil 22%), evidenciando que el aumento en la variable alturas de plantas, se debe en gran medida por la incorporación de silicio en la fertilización mineral del cultivo, concordando a la mención de Borda et al. (2007) que a las plantas que se les aporta silicio expresan mayores proporciones de altura al culminar un ciclo vegetativo.

Macías (2019) en su investigación no obtuvo registro datos significativos con el uso de benzoato de emamectina en la variable de alturas de plantas, lo que concuerda con Vélez et al. (2021) mencionando en su investigación que la altura de planta e inserción a la mazorca no fueron influenciadas con el uso de insecticidas para el control de cogollero a los 15, 30, 45, y 60 días después de la siembra.

4.2.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

El análisis de varianza aplicado a la longitud de mazorcas con brácteas demuestra diferencia estadística para la fuente de variación de insecticidas químicos, mientras que el análisis aplicado a la longitud de mazorcas sin brácteas detalla significancia para la fuente de variación del Facto B y la interacción AxB (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis estadístico para la longitud de mazorcas con y sin brácteas.

Fuentes de Variación	Longitud	
	Mazorcas con brácteas	Mazorcas sin brácteas
Dosis de Silicio (A)	0.3581	0.9907
Insecticidas Químicos (B)	0.0015 **	0.0008 **
A*B	0.8578	0.0336 *
CV (%)	3.54	2.77

Tabla 11. Análisis estadístico para el diámetro y peso de mazorcas con y sin brácteas.

Fuentes de Variación	Diámetro de mazorcas		Peso de mazorcas	
	Con brácteas	Sin brácteas	Con brácteas	Sin brácteas
Dosis de Silicio (A)	0.486	0.9372	0.4605	0,6613
Insecticidas químicos (B)	0.5235	0.4518	0.6448	0.482
A*B	0.6148	0.4013	0.890	0.7896
CV (%)	4.29	5.82	11.65	10.22

La variable longitud de mazorcas con brácteas obtuvo la mayor media de crecimiento en el T8 (29,99 cm) aplicado con silicio a 20 mL + benzoato de emamectina con 0.75 mL, por lo consiguiente, T1 con silicio 15 mL fue el tratamiento con menor alcance en longitudes (Gráfico 10). Efecto similar fue registrado para la longitud de mazorcas sin brácteas, donde el T8 fue quien obtuvo una media mayor de rendimiento, siendo un 9.79% mayor a la media del T9 (17.12 cm) quien alcanzó el menor crecimiento (Gráfico 11). El rendimiento, diámetro de mazorcas, peso de mazorcas con brácteas y sin brácteas no fueron influenciadas estadísticamente

($p > 0.05$) entre los tratamientos con las dosis aplicadas de los insecticidas, silicio y sus respectivas combinaciones (Tabla 11).

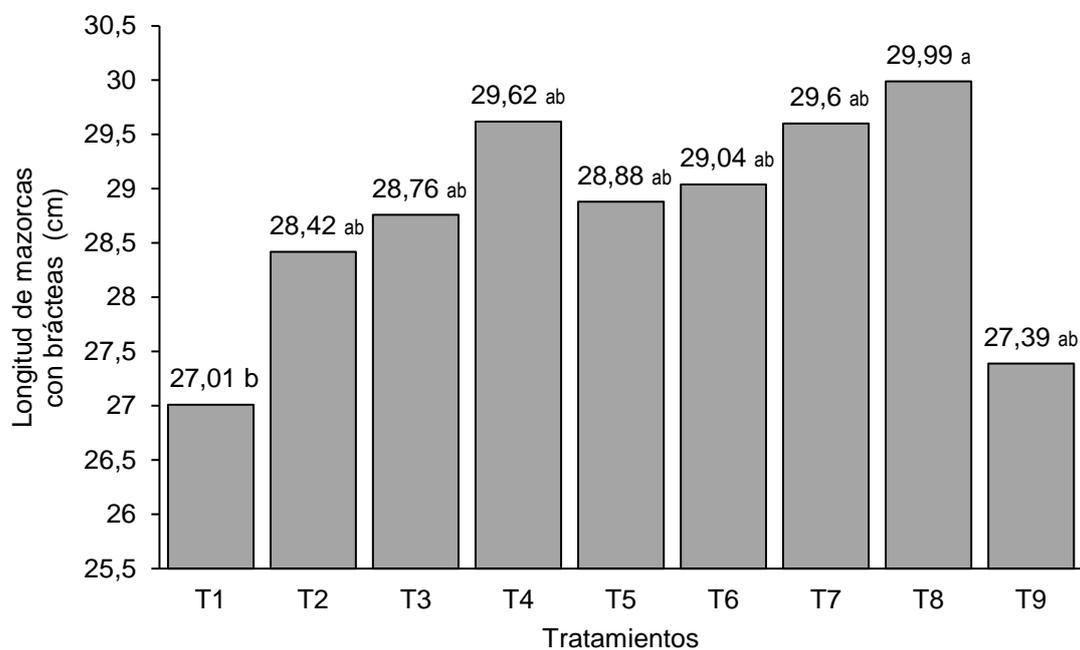


Gráfico 10. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de rendimiento de longitud de mazorcas con brácteas.

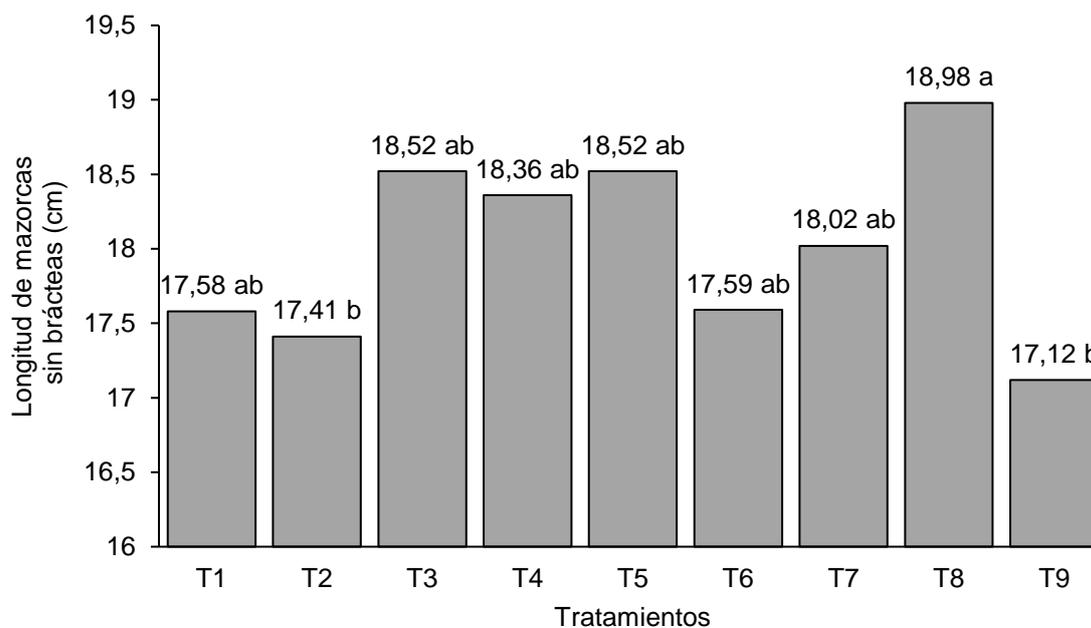


Gráfico 11. Respuesta de los tratamientos a la aplicación de silicio e insecticidas químicos sobre variable de rendimiento de longitud de mazorcas sin brácteas.

El análisis que se le realizó a los factores en estudio demostró que no existieron diferencias significativas ($p>0.05$) en la variable longitud de mazorcas con brácteas para el Factor A, por otra parte, se encontraron diferencias significativas en el factor B teniendo como una media de 29,74 cm la aplicación de benzoato, en comparación a sin aplicación de insecticida el cual tuvo un promedio de 27,61 cm obteniendo un incremento de 7,16 % respectivamente (Gráfico 12). Además, para la variable longitud de mazorcas sin brácteas no se reflejó diferencias significativas dentro del Factor A, sin embargo, si se encontraron diferencias significativas en el Factor B teniendo como mejor nivel la aplicación de benzoato 0.75 mL el cual obtuvo un incremento del 5.65 % con respecto al nivel sin aplicación de insecticida (Gráfico 13).

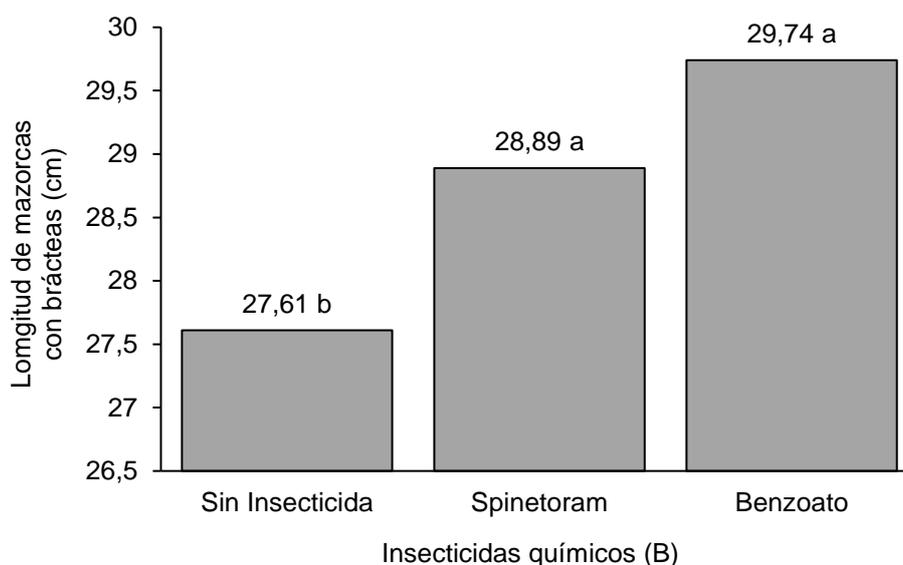


Gráfico 12. Efecto de insecticidas químicos sobre la variable de longitud de mazorcas con brácteas.

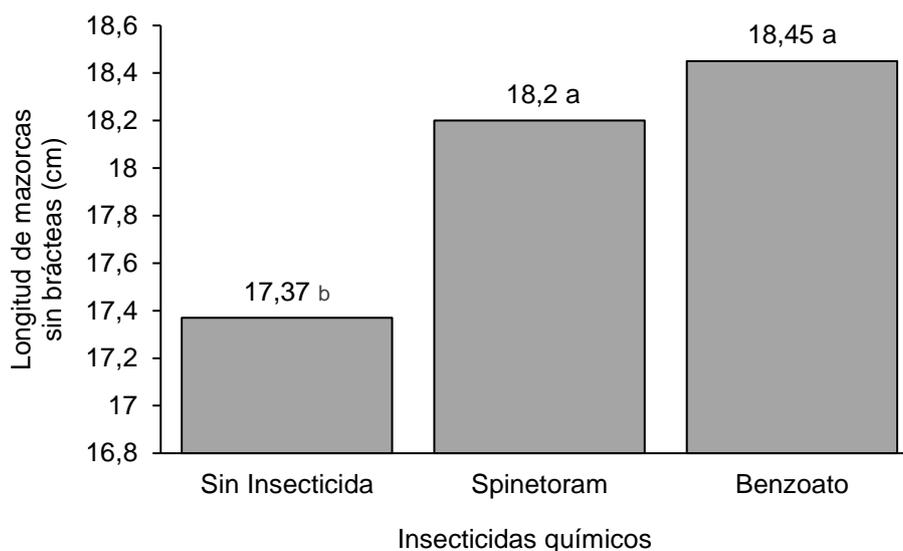


Gráfico 13. Efecto de insecticidas químicos sobre la variable de longitud de mazorca sin brácteas

Los resultados de crecimiento son semejantes a los detallados por Franco (2019), donde la utilización de benzoato de emamectina en dosis de 50 g logró alcanzar mayor longitud de mazorcas con 19 cm en comparación con otros insecticidas aplicados en el mismo estudio, datos semejantes son los de Jiménez (2016), demostrando diferencias estadísticas ($p < 0.05$) al aplicar silicio al cultivo de maíz con dosis de 200 mL/ha obteniendo mazorcas de 17.30 cm en longitud, incluso mejor desarrollo en el diámetro de mazorca. Para Sánchez (2018) el uso de silicio en su investigación si influyo de forma positiva en el desarrollo del diámetro de la mazorca, más no influyo en el peso de tusa y longitud de mazorca. De acuerdo a Caicedo et al. (2020) y Sancho (2016), la homogeneidad en la variable diámetro de mazorca no se ve influenciada por los tratamientos, ya que dichas características están más determinadas por la genética del híbrido en estudio.

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 12. Costo beneficio de los tratamientos en el cultivo de híbrido maíz Emblemata

Tratamiento	Y	Precio Producto	IT= Py*Y	CT	IN	GPI	Rentabilidad %
T1	388,89	12,00	4666,67	1431,00	3235,67	2,26	226,11
T2	402,78	12,00	4833,33	1431,00	3402,33	2,38	237,76
T3	375,00	12,00	4500,00	1429,00	3071,00	2,15	214,91
T4	402,78	12,00	4833,33	1427,00	3406,33	2,39	238,71
T5	402,78	12,00	4833,33	1425,00	3408,33	2,39	239,18
T6	402,78	12,00	4833,33	1425,00	3408,33	2,39	239,18
T7	402,78	12,00	4833,33	1443,00	3390,33	2,35	234,95
T8	402,78	12,00	4833,33	1443,00	3390,33	2,35	234,95
T9	402,78	12,00	4833,33	1349,00	3484,33	2,58	258,29

Y: producción en Almud ha⁻¹; **Py:** precio del producto por kg; **IT:** ingreso total; **CT:** costo total; **IN:** ingreso neto; **GPI:** relación beneficio-costo⁻¹

En la tabla 12, se presenta el análisis económico aplicado a los tratamientos probados, donde el tratamiento T7 (silicio 15 mL + benzoato de emamectina 0.75 mL) y T8 (silicio 20 mL + benzoato de emamectina 0.75 mL) obtuvieron los costos totales más elevados en relación a los demás tratamientos. Por otra parte, al T9 donde no se aplicó ningún método para controlar el gusano cogollero registró el menor costo total, pero si una relación beneficio/costo de 2.58; con una rentabilidad del 258.29% y un ingreso neto de \$3484.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El silicio e insecticidas y sus combinaciones tuvieron efecto sobre la incidencia de las larvas del gusano cogollero.
- El mayor beneficio económico se obtuvo con la aplicación de Si (15 mL) + Spinetoram que alcanzó un incremento en rendimiento de un 5% más de rentabilidad en relación a las demás combinaciones aplicadas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Monitoreas al cultivo de maíz al menos una vez por semana en etapa de desarrollo vegetativo para identificar la presencia de *Spodoptera frugiperda* y determinar un porcentaje de daño foliar, para llevar a cabo las respectivas aplicaciones de insecticidas.
- Evaluar los estadios larvales de *S. frugiperda* para realizar las aplicaciones oportunas, ya que sus primeros instares tienden a ser más susceptibles al contacto con los insecticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, M., Cuca, L. y Cerón, J. (2014). Atividade inseticida contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) de metabólitos isolados da parte aérea de *Piper septuplinervium* (Miq.) C. DC e inflorescências de *Piper subtomentosum* Trel. & Yunck. *Química Nova*. 37(3), 442 – 446. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140067>
- Borda, O., Barón, F. y Gómez, M. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. *Agronomía Colombiana*, 5(2), 273 – 279.
- Cabezas, A., Camus, F., Condori, W., González, F. y Mazuela, P. (2022). El silicio (Si) y su efecto mitigador del estrés salino en cultivos hortícolas. *Idesia (Arica)*, 40(1), 129 – 133. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000100129>
- Caicedo, O., Cadena, D., Galarza, E. y Solorzano, D. (2020). Permisibilidad del maíz (*Zea mays* L.) sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. *Científica y Tecnológica UPSE*, 6(2), 67 – 75. <https://doi.org/10.26423/rctu.v6i2.472>
- Capinera, L. (2020). *Common name: fall armyworm. Scientific name: Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae)* Entomology and Nematology Department. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm
- Casmuz, A., Juárez, M., Socías, M., Murúa, M., Prieto, S., Medina, S., Willink, E. y Gastaminza, G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4), 209 – 231. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322028487010.pdf>
- Castañeda, P. (2022). *Efectividad de insecticidas para el control de cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays), en el distrito de Zaña – Chiclayo* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Amazónica]. https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/137/TESIS_Casta%C3%B1eda_Urbina_Peter_Larry.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Castellanos, L., de Mello, R. y Silva, C. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 16 – 24. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr02s115.pdf>
- Castellanos, L., de Mello, R., Silva, C. y Barbosa, G. (2020). Desarrollo de la mancha foliar por *Bipolaris maydis* (Teleomorfo: *Cochliobolus heterostrophus* en maíz dulce, en función de nitrógeno, potasio y silicio en invernadero. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1 – 15. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1508
- CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *LaAgenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://uisrael.edu.ec/wp-content/uploads/2019/10/B_PLANES_REGIONALES_1-min.pdf?x23864
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3174/1/Tesis-33agr.pdf>
- Cock, M., Beseh, P., Buddie, A., Cafá, G. & Crozier, J. (2017). Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7, 4103. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04238-y>
- Dios, I., Sandoval, M., Rodríguez, M. y Cárdenas, E. (2006). Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 91 – 98. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311494011>
- Ezeta, J., García, O. y Gordillo, F. (2018). Evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(11), 18 – 23. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/343/390>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en América Latina)*. FAO. <https://www.fao.org/3/i7424s/i7424s.pdf>
- Franco, B. (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.) [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6883>

- González, G., Mejía, J., Domínguez, A., Vásquez, G., Cruz C., y Ramírez, M. (2019). Obtención y caracterización de una composta rica en silicio. *REIA*, 5, 24 – 28. <http://200.79.179.163/reia/descargables/ediciones/2019/24-28.pdf>
- González, M., Martínez, N., Meza, D., Rivera, M., Cadenas, G. y Juárez, A. (2021). Las nanopartículas de SiO₂ mejoran la absorción de nutrientes en plantas de tomate desarrolladas en presencia de arsénico. *Revista Bio Ciencias*, 8, 1 – 25. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1084>
- Haq IU, I., Khurshid, A., Inayat, R., Zhang, K., Liu, C., Ali, S., Zuan, A., Al-Hashimi, A., Mehmood, A. (2021) Silicon-based induced resistance in maize against fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)]. *PLoS ONE*, 16(11): e0259749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259749>
- Hernández, A., Estrada, B., Rodríguez, R., García, J., Patiño, S. y Osorio, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays L.*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803 – 813 <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020*. [Informe 2020]. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec//estadisticas-agropecuarias-2/>
- Jaramillo, C., Varón, E. & Monje, B. (2020). Economic injury level and action thresholds for *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize crops. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9065 – 9076. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.78824>
- Jiménez, E. (2016). *Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional – Universidad de Guayaquil.
- Jurado, J. (2022). *Comportamiento agronómico y rentabilidad de progenies de maíz en el cantón Ventanas, provincia Los Ríos, Ecuador* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8643/1/UTC-PIM-%20000473.pdf>

- Leroy, N., de Tombeur, F., Walgraffe, Y., Cornélis, J. & Verheggen, F. (2019). Silicon and Plant Natural Defenses against Insect Pests: Impact on Plant Volatile Organic Compounds and Cascade Effects on Multitrophic Interactions. *Plants*, 8(11), 1 – 11. <https://doi.org/10.3390/plants8110444>
- López, P., González, D., Escobosa, M., Cárdenas, V., Núñez, F., Soto, R. y Ruiz, C. (2020). Respuesta fisiológica diurna del tomate a la aplicación de silicio bajo condiciones de salinidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 339 – 352. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1917>
- Litardo, L. (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* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3624/1/T-UTEQ-0160.pdf>
- Macías, H. (2019). *Efectos del control químico para el manejo de insectos plagas en el cultivo de maíz (Zea mays) en el Cantón Buena Fe* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4340>
- Mendoza, L. (2016). *Efectos de la aplicación de extractos botánicos en el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith) en el cultivo del maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional – Universidad de Guayaquil.
- Miranda, H. (2016). *Validación de tecnología de cinco insecticidas químicos y orgánicos en el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) del cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2028>
- Murúa, M., García, M., Pereira, M., Pero, E., Willink, E., y Gastaminza, G. (2013). Eficacia en campo del maíz Herculex® I para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Noroeste Argentino. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 90(1), 37 – 43. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30182013000100004&lng=es&tlng=es.
- Muñoz, X., Comboza, W., Lara, E., Mendoza, M., Mejía, N., López, J. y Moran, N. (2017). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda*

Smith, su incidencia en el rendimiento. *Revista Centro Agrícola*, 44(3), 20 – 27. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n3/cag03317.pdf>

Naranjo, J. y Solórzano, S. (2018). *Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en el desarrollo y producción del cultivo de arroz variedad DICTA Playitas* [Tesis de Grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6392>

Pannuti, L., Baldin, E., Hunt, T. & Moraes, S. (2016). On-Plant Larval Movement and Feeding Behavior of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on Reproductive Corn Stages. *Environmental Entomology*, 45(1), 192 – 200. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv159>

Pérez, E., Neira, M. y Calderón, C. (2019). Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 541 – 550. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.11>

Polanía, I., Arévalo., H., Mejía, R. y Días, J. (2009). *Spodoptera frugiperda*: respuesta de distintas poblaciones a la toxina Cry1Ab. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 34 – 41. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n1/v35n1a07.pdf>

Reynolds, O., Padula, M., Zeng, R. & Gurr, G. (2016). Silicon: Potential to Promote Direct and Indirect Effects on Plant Defense Against Arthropod Pests in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 7(744). <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>

Sánchez, N. (2018). *Efecto de la aplicación de silicio y fertilización sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional – Universidad de Guayaquil.

Sancho, A. (2016). *Efecto de la incorporación de silicato de magnesio en la fertilización mineral del cultivo de maíz (Zea mays L.) en finca La Vega, San Carlos* [Tesis de Grado, Instituto Tecnológico De Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/2238/9845>

Sauceda, C., Quintana, J., Lugo, G., Sauceda, R., Borbón, A., Sánchez, B. y Casillas, P. (2015). Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith

(Lepidoptera: Noctuidae) en maíz de primavera, en Guasave, Sinaloa. *Entomología Mexicana*, 2(1), 404 – 410.

Serrano, A., Coronado, J., Cancino, S. y Torres, R. (2020). Ciclo biológico del gusano cogollero: plaga importante del maíz. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología*, 6(3), 78 – 82.

Sotelo, P., Chuang, W., Lin, M., Chiang, M. & Ramasamy, S. (2021). Oviposition preference not necessarily predicts offspring performance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on vegetable crops. *Scientific Reports*, 11(15885). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95399-4>

Syngenta. (2021). *PROCLAIM® 05 SG*. Syngenta. <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/insecticidas/proclaimr-05-sg-2>

Tejeda, M., Solís, F., Díaz, J., Peláez, A., Ayvar, S., y Mena, A., (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Mexicana*, 3, 391 – 394.

Thabet, A., Boraie, H., Galal, O., El-Samahy, M., Mousa, K., Zhang, Y., Helmy, E., Wen, J. & Nozaki, T. (2021). Silica nanoparticles as pesticide against insects of different feeding types and their non-target attraction of predators. *Scientific Reports*, 11(14484). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93518-9>

Terrones, J., Pedroza, A., Samaniego, J. y Michel, A. (2022). Uso de probióticos y agroquímicos en la infestación de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de maíz: su impacto en el crecimiento y rendimiento de la planta. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, e458.

Valverde, A., Cornejo, A., Carbajal, K., Córdova, H. y Salinas, S. (2020). Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo del maíz morado. *REBIOL*, 40(2), 206 – 217. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/3516>

Vélez, M., Betancourt, C. y 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. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.500>

Villarreal, M. (2018). *Comportamiento del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda J.E. Smith) en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (Zea mays L.) en el cantón San Vicente, Manabí* [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <http://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/144>

ANEXOS



Anexo 1. Planta en etapa vegetativa afectada por el gusano cogollero



Anexo 2. Larva de gusano cogollero en tallo de la planta de maíz



Anexo 3. Preparación de fertilizantes



Anexo 4. Aplicación de insecticidas y silicio en plantas de maíz en desarrollo vegetativo



Anexo 5. Toma de datos de diámetro de mazorca con bráctea con calibrador digital



Anexo 6. Toma de datos de diámetro de mazorca sin bráctea con calibrador digital



Anexo 7. Medida de la longitud de mazorca



Anexo 8. Registro del peso de la mazorca