



Trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación
Tema del Proyecto

Evaluación de alternativas para control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.)

Nombres y apellidos completos del autor (es)

Jean Carlos Alvarado Muñoz

Tutora:

Dra. Dorys Chirinos

Línea de investigación en la que se enmarca el proyecto de investigación

Soberanía y Seguridad Alimentaria

Sublínea o proyecto de investigación en la que se enmarca el proyecto de
investigación

Proyecto: Evaluación de alternativas para el manejo sostenible de plagas
y virosis en algunos cultivos de ciclo corto en la Provincia de Manabí

Sublínea: Sanidad Vegetal

Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ingeniería Agronómica
Carrera de Agronomía

Portoviejo - Manabí, Ecuador

2021-2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TEMA: “EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* Smith) EN EL CULTIVO DEL MAIZ (*Zea mays* L.)” bajo condiciones de campo.

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del tribunal de seguimiento y evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Dra. Luz García Cruzatty PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Jessenia Castro Olaya PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Leonardo Solís Bowen Mg. Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a: Dios quien ha sido mi guía, fortaleza que, con su mano de fidelidad, amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres quienes, con su amor, paciencia, esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo, valentía de no temer a las adversidades porque Dios esta conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño, apoyo incondicional que durante todo este proceso han estado conmigo en todo momento.

A toda mi familia en general porque con sus oraciones, consejos, palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi novia a la Lcda. Melanie Rodríguez, por apoyarme cuando más lo necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Jean Carlos Alvarado Muñoz

Agradecimiento

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades, personal que hacen la institución Universidad Técnica de Manabí - Facultad de Ingeniería Agronómica, por confiar en mí, abrirme las puertas y a la vez permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento, a mis profesores que con sus enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

Es así que quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Dra. Dorys Chirinos Torres PhD, principal colaboradora durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Jean Carlos Alvarado Muñoz



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO

Dra. **DORYS CHIRINOS TORRES** PhD. Docente de La facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifica:

Que el trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* Smith) EN EL CULTIVO DEL MAIZ (*Zea mays* L.)”** bajo condiciones de campo es trabajo original realizado por el estudiante **JEAN CARLOS ALVARADO MUÑOZ**, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

Dra. Dorys Chirinos Torres PhD.
TUTORA DE TESIS



CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

Dr. **JULIO ADOLFO CORZO BACALLAO** PhD. Docente de La facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.

Certifica:

Que el trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* Smith) EN EL CULTIVO DEL MAIZ (*Zea mays* L.)”** bajo condiciones de campo, es trabajo original realizado por el estudiante **JEAN CARLOS ALVARADO MUÑOZ**, el cual fue realizado bajo mi revisión.

Dr. Julio Adolfo Corzo Bacallao PhD

REVISOR DE TESIS



DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

Yo **JEAN CARLOS ALVARADO MUÑOZ**, afirmo bajo compromiso que el trabajo detallado es de vuestra autoría, no ha sido previamente facilitado para ningún grado o calificación profesional, y que he investigado las referencias bibliográficas que se incluyen en esta presentación.

Mediante la presente afirmación de este trabajo investigativo es de consideración justa la propiedad intelectual del autor

Jean Carlos Alvarado Muñoz

AUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cereales más importantes del mundo y en Ecuador es el principal cultivo transitorio. El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es considerada la plaga más importante, ya que es capaz de infestar el maíz en cualquier etapa fenológica y podría afectar significativamente el rendimiento. Para su control se utilizan principalmente insecticidas químicos sintéticos. Con el objetivo de evaluar algunas alternativas de aplicaciones de insecticidas microbianos, botánicos y químicos para el control de *S. frugiperda* se realizó un ensayo de campo durante el período septiembre – diciembre de 2021. Los tratamientos evaluados fueron 1. Tratamiento convencional: clorpirifós + acefato (dosis: 1 cc.L⁻¹). 2. Insecticida botánico: azadiractina 2 cc.L⁻¹. 3. Insecticida químico: lambdaciolatrina (2 cc.L⁻¹). 4. Tratamiento biológico: *Bacillus* spp. (mezcla de *Bacillus thuringiensis* + *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilis*) (2 cc.L⁻¹). 5. Insecticida químico: clorantraniliprol, (2 cc.L⁻¹). 6. Un testigo sin insecticidas. Los tratamientos se realizaron cada 15 días, seis aspersiones en total. Se estimaron daños de mazorca (%) y el rendimiento (t.ha⁻¹). Los daños fueron significativamente superiores en plantas no tratadas (49,8%), seguido de plantas tratadas con azadiractina (22,6%) y lambdaciolatrina (18,1%) mientras que los menores daños fueron observados en plantas tratadas con la mezcla de especies de *Bacillus* (13,0%), la mezcla de acefato + clorpirifós (10,3%) así como en clorantraniliprol (14,4%). El rendimiento estimado en toneladas por ha no difirió significativamente entre tratamientos variando de 6,1 a 6,84 t.ha⁻¹. Los resultados mostraron la efectividad y mayores rendimientos de parcelas tratadas con acefato + clorpirifós, y la mezcla de especies de *Bacillus*, siendo el primer tratamiento de bajo impacto ambiental y el segundo biológico lo que abre las posibilidades al control de *S. frugiperda* mediante insecticidas biológicos.

Palabras claves: Botánicos, biológicos, órgano-sintéticos, control, gusano cogollero.

SUMMARY

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most important cereals in the world and in Ecuador it is the main transitory crop. The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) is considered the most important pest, since it is capable of infesting maize at any phenological stage and could significantly affect yield. For its control, synthetic chemical insecticides are mainly used. In order to evaluate some alternative applications of microbial, botanical and chemical insecticides for the control of *S. frugiperda*, a field trial was carried out during the period September - December 2021. The treatments evaluated were 1. Conventional treatment: chlorpyrifos + acephate (dose: 1 cc.L⁻¹). 2. Botanical insecticide: Azadirachtin (2 cc.L⁻¹). 3. Chemical insecticide: lambda-cyhalothrin (2 cc.L⁻¹). 4. Biological treatment: *Bacillus* spp. (mixture of *Bacillus thuringiensis* + *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilis*) (2 cc.L⁻¹). 5. Chemical insecticide: chlorantraniliprole, (2 cc.L⁻¹). 6. A test without insecticides. The treatments were carried out every 15 days, six sprays in total. Ear damage (%) and yield (t.ha⁻¹) were estimated. Damage was significantly higher in untreated plants (49.8%), followed by plants treated with azadirachtin (22.6%) and lambda-cyhalothrin (18.1%), while the least damage was observed in plants treated with the mixture of *Bacillus* species (13.0%), the mixture of acephate + chlorpyrifos (10.3%) as well as in chlorantraniliprole (14.4%). The estimated yield in tons per ha did not differ significantly between treatments, ranging from 6.1 to 6.84 t.ha⁻¹. The results showed the effectiveness and higher yields of plots treated with acephate + chlorpyrifos, and the mixture of *Bacillus* species, the first treatment having an environmental impact and the second biological, which opens the possibilities for the control of *S. frugiperda* through biological insecticides. .

Keywords: Botanical, biological, organo-synthetic, control, fall armyworm.

1. Introducción

El maíz, (*Zea mays* L.) constituye uno de los cereales más importantes del mundo, tanto por su consumo fresco como procesado (Suganya & Manivannan, 2020). En Ecuador es el principal cultivo transitorio donde se producen anualmente 1.430.608 toneladas de maíz duro seco provenientes de 278.021 ha cosechadas con un rendimiento de 5.52 ton por hectarea (MAG, 2020). En Manabí se sembraron 90.479 ha de maíz con una producción de 379.858 ton con un rendimiento promedio 4.85 ton por hectarea (MAG, 2019).

Las principales provincias productoras de maíz son Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja (Arizo & Sastre, 2020). López (2017) menciona que las plagas que atacan al maíz dañan diferentes órganos de la planta y podrían afectar severamente su producción. MAG (2018) informó que los agricultores señalaron que entre los problemas más relevantes que afectan la producción de este cultivo, destaca el gusano cogollero del género, *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) ya que esta plaga es capaz de infestar el maíz en cualquier etapa de su desarrollo, y si las infestaciones no son tratadas oportunamente pueden provocar una reducción significativa del rendimiento del cultivo.

En Ecuador, para el control de esta y otras plagas se realiza un uso indiscriminado de plaguicidas lo que hace insostenible su producción (Naranjo, 2017) debido a que genera problemas de resistencia y desequilibrios pues interfieren con los agentes de control biológico (Aktar et al., 2009). Las aplicaciones indiscriminadas de plaguicidas ocasionan problemas ecológicos, ambientales, de resistencia por parte de plagas lo que puede llegar desde un 20 % hasta la pérdida total, dependiendo del período fenológico de la planta cuando ocurre el ataque (Litardo Mora, 2019).

Dada la problemática planteada como consecuencia de las frecuentes aplicaciones de insecticidas químicos, es necesario desarrollar estrategias para el manejo integrado de plagas en el cultivo. Para esto es primordial, manejar las plagas sin generar nuevos problemas con alternativas de manejo sostenibles. Entre estas, destacan el control físico, etológico, filogenético y biológico, cuya combinación es utilizada para reducir el uso de insecticidas químicos (Cotes, 2018). En el país, existen experiencias de manejo integrado de plagas del maíz, que se basan en de insecticidas biológicos (microbianos), uso racional de plaguicidas (incluyendo químicos, artesanales, botánicos), así como el aprovechamiento de controladores biológicos (Valarezo et al., 2010).

Chirinos et al. (2020) refirieron que el uso de los insecticidas microbianos forman parte del manejo de bajo impacto ambiental, por su selectividad biológica, cuyos ingredientes activos a base de hongos, bacterias y baculovirus, etc, han demostrado efectividad para el control de diferentes plagas en varios cultivos. Asimismo, los insecticidas botánicos tienen efectos repelentes o tóxicos (Sawar, 2016) y su potencial insecticida contra diferentes plagas agrícolas ha sido demostrado en otras investigaciones (García *et al.* 2014; Cantó y Guirao 2017).

Con el fin de aportar al uso de estrategias racionales, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar algunas alternativas de aplicaciones de insectidas microbianos, botánicos y químicos para el control del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith en el marco de la sostenibilidad.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Evaluar alternativas de manejo como aplicaciones de insectidas microbianos, botánicos y químicos para control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de campo.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar los daños del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith).
- Estimar el rendimiento del maíz bajo las diferentes alternativas.
- Determinar la alternativa de manejo efectiva para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

3. Marco teórico

3.1. Bases conceptuales

El maíz

El maíz (*Zea mays* L.), es una planta gramínea anual originaria de México, fue introducida en Europa durante el siglo XVI después de la invasión española. Actualmente es uno de los cereales de mayor producción en el mundo por encima del trigo y el arroz. En cuanto a su origen existen pruebas concluyentes, aportadas por los hallazgos arqueológicos y paleobotánicas, de que, en el valle de Tehuacán, al sur de México ya se cultivaba maíz hace aproximadamente 4.600 años (Izquierdo Bonilla, 2012).

Bravo (2013) menciona que Ecuador no constituye el centro de origen de maíz, pero este a su vez es un punto significativo de una gran diversidad de esta especie. Se han encontrado restos arqueológicos de este cultivo en la Provincia de Santa Elena, acompañados con piedras de molienda de concha e instrumentos para sembrar y procesar el maíz (Bravo, 2013). El cultivo de esta gramínea ha sido históricamente la labor agrícola de mayor relevancia en América, considerada como fuente de alimentación con un valor muy significativo en las comunidades, a través de diversas preparaciones, desde el maíz tierno hasta el grano duro (Flores Aguilar, 2013).

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*

La plaga más importante en la producción del cultivo de maíz es el gusano cogollero (*S. frugiperda*) un insecto polífago nativo del hemisferio occidental, que se encuentra distribuida en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Montezano *et al.* 2018). Angulo (2006) refiere la clasificación taxonómica del gusano cogollero:

Reino: Animalia
Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera
Suborden: Glossata
Familia: Noctuidae
Género: *Spodoptera*
Especie: *Spodoptera frugiperda* Smith

La detección de la larva se facilita por los excrementos colocados sobre la hoja que tienen forma de aserrín (Guerrero Ruiz, 2014). Entre los daños que puede ocasionar al cultivo resaltan, la pérdida del área fotosintética, afección estructural en el verticilo,

daño directo al grano y sus consecuentes efectos sobre el rendimiento (Chimweta *et al.* 2020). Cada hembra en condiciones óptimas podría de oviponer aproximadamente 1500 a 2000 huevos, agrupados en masas de 300 a 400 huevos (Tendeng *et al.* 2019)

Insecticidas

Insecticida botánicos: Neem. El árbol de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) perteneciente a la familia de las Meliaceae, produce un compuesto insecticida natural y biodegradable llamado azadiractina, dicho compuesto se concentra en las semillas de los frutos inmaduros y puede ser extraído con el uso de solventes orgánicos. El potencial de control del insecticida de la azadiractina se ha confirmado en 500 especies de insectos plaga y su baja toxicidad en campo, para vertebrados e insectos benéfico (parasitoides, abejas y depredadores) ha sido remarcada, siendo una alternativa para disminuir el uso de insecticidas sintéticos.(Morgan, 2009)

Lambdaciolatrina. Pertenece al grupo de los piretroides, cuya fórmula química está dada por $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, de amplio espectro de acción, utilizado para el control de huevos, larvas y adultos de insectos masticadores, picadores chupadores. Actúa por contacto e ingestión, siendo por ingestión el efecto letal más rápido, también posee efecto de repelencia y acción anti-alimentaria La lambdaciolatrina actúa especialmente sobre larvas de lepidópteros, presentando actividad sobre el sistema nervioso del insecto, alterando la permeabilidad de las membranas de las células nerviosas a los iones sodio. Esto produce el bloqueo de la conducción de los estímulos nerviosos, provocando hiperexcitación, convulsiones, parálisis y finalmente la muerte de los insectos. (Syngenta S.A, 2020)

***Bacillus thuringiensis* (Bt).** *Bacillus thuringiensis* Beliner es un bacilo Gram positivo que durante su fase de esporulación produce una inclusión parasporal, conformada por proteínas Cry con actividad biológica contra insectos plaga. Gracias a estas proteínas *Bacillus thuringiensis* presenta toxicidad contra larvas de insectos plaga de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera, entre otros. Es una bacteria entomopatógena capaz de producir una amplia variedad de proteínas insecticidas letales para distintos órdenes de insectos. Por su eficacia, bajo impacto ambiental y alta especificidad en las plagas objeto de tratamientos, Bt está siendo ampliamente utilizada en el manejo integrado de insectos plagas (Portela, , 2013)

Clorantraniliprol. Es un insecticida sintetizado por DuPont. Actualmente es el único representante de una nueva familia química, pertenece a la clase química de las diamidas antranílicas, grupo 28 de la clasificación IRAC (Comité de Acción para la resistencia a los insecticidas). Posee un novedoso modo de acción consistente en la activación de los canales de calcio receptores de rianodina de los insectos.

Las diamidas antranílicas aportan un nuevo mecanismo de acción en los insectos objetivo (agonista de los receptores selectivos de rianodina (RyRs). Tras la ingestión, activa la liberación y el agotamiento de las reservas internas de calcio en los músculos. El insecto cesa rápidamente de alimentarse, queda paralizado y finalmente muere. Actúa fundamentalmente por ingestión de las partes tratadas de las plantas, en cual penetra en el tejido de la hoja, Además, se moviliza por xilema y tiene acción traslaminar, translocándose a otras partes de la planta sin tratar, mostrando una buena actividad ovocida y larvicida sobre la casi totalidad de lepidópteros económicamente relevantes. (Astor et al. 2009).

Acefato. Insecticida perteneciente al grupo químico: organofosforado. Fórmula: $C_4H_{10}NO_3PS$. Acción biocida:insecticida. Modo de acción: sistémico, contacto y estomacal. Inhibidor de la colinesterasa. Estabilidad: relativamente estable a la hidrólisis. Usos: control de insectos masticadores y chupadores (áfidos, trips, larvas de lepidópteros, minadores, saltahojas, etc.). Bloquean la acción de la enzima acetilcolinesterasa, interrumpiendo la transmisión de impulsos entre las células nerviosas (Uso de insecticidas, 2008).

Clorpirifos. Pertenece al grupo de los organofosforados. Es un sólido blanco de apariencia cristalina y de aroma fuerte. No se mezcla bien con el agua, de manera que generalmente se mezcla con líquidos aceitosos antes de ser aplicado a los cultivos o a los animales. Poseen actividad insecticida de amplio rango, son ampliamente usados en la agricultura, pero también son altamente tóxicos para los mamíferos. (Quintero Díaz, 2011).

3.2. Revisión de literatura

Mendoza y Zambrano (2016) realizaron una investigación en el recinto Buenos Aires, Cantón Rocafuerte, Provincia de Manabí, para evaluar el efecto de los diferentes extractos botánicos para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*), en el cultivo del maíz (*Zea mays L.*). Para ello utilizaron el híbrido Trueno, y se incluyeron los

tratamientos: extracto de Neem (150 y 200 mL/L/agua), extracto de higuerilla (5ml y 8 mL/L agua), extracto de piñón (150 y 200 mL/L agua), proclain (testigo químico) (0,5 y 1g/L agua) y un testigo absoluto (agua). El mayor control del gusano cogollero se detectó a los 28 días en el testigo químico con más del 90% de mortalidad de larvas. Por su parte, los insecticidas a base de extractos botánicos tuvieron un porcentaje de control que varió entre 34 a 47% lo que fue significativamente inferior comparado con el testigo químico (Mendoza Zambrano, 2016).

López (2017) refirió que para el manejo de *S. frugiperda*, sugiere que las aplicaciones con productos biológicos a base de (*Bacillus thuringiensis* Berliner) pueden controlar hasta el 95% de la plaga en los primeros estadios a temperaturas inferiores a 30°C. Este sistema de manejo integrado de plagas tiene un enfoque ecológico, sin embargo, la voracidad de *S. frugiperda*, la tipifica como una plaga clave y esto hace necesario el uso de insecticidas químicos en dosis de 100 cc de fipronil (fenilpirazoles, bloquean los canales del ácido aminobutírico y glutamato en la neurona) mezclado en 120 libras de arena aplicando 3 g por planta. Algunos autores sugieren otros insecticidas menos tóxicos para evitar el daño a los enemigos naturales de *S. frugiperda*, tal es el caso del abamectina que actúa por ingestión y contacto directo de movimiento traslaminar y otros.

En un experimento conducido por Gutiérrez et al. (2010) en Poza Rica, Veracruz, México durante dos ciclos de cultivo de maíz, se evaluó el efecto de un formulado de aceite de nim, *Azadirachta indica* A. Juss en larvas de gusano cogollero *S. frugiperda*. El formulado se evaluó sobre dos líneas de maíz, una resistente a plagas (con efectos de antibiosis) (CML-67) y otra susceptible (CML-131). El aceite en concentración de 20,8%, se aplicó sobre las hojas superiores y cogollo. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias entre las líneas al cuantificar la altura de la planta. Adicionalmente, aunque la defoliación fue menor con el formulado de *A. indica* no se obtuvieron buenos rendimientos.

Se realizó una evaluación para validar el efecto de tres bioinsecticidas sobre el gusano cogollero en condiciones de laboratorio, para lo cual se estudiaron tres insecticidas botánicos: ácido piroleñoso, neem y tabaco en dosis de 125, 100 y 75 cc.L⁻¹ cada uno. Los insecticidas a base de neem y tabaco en dosis de 125 cc.L⁻¹ registraron altas tasas de mortalidad con 97 y 93 %, respectivamente durante los cinco días que duró el ensayo con lo cual se puede concluir que con estos productos se puede controlar esta plaga sin

contaminar el medio ambiente; el ácido piroleñoso en dosis de 125 cc.L⁻¹ causó la muerte al 80 % de las larvas en estudio. Considerando los resultados se puede puntualizar que es posible controlar al gusano cogollero con estos insecticidas siempre y cuando las aplicaciones se hagan oportunamente, causando de este modo el menor impacto posible en el ambiente (Suarez, 2015).

Mora (2020) realizó un estudio en el sector Cachely del cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, cuyo objetivo fue el de evaluar el efecto del control agroecológico *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. Al evaluar el nivel poblacional (porcentaje de plantas con larvas) del gusano cogollero a los 11, 21 y 31 días, el porcentaje más alto se observó el tratamiento T1 (Etológico con plástico de colores y melaza) con 33,98% y el promedio más bajo fue el tratamiento T3 (Botánico: ajo-cebolla-jengibre) con 8,50%. El mayor beneficio fue obtenido en el tratamiento botánico con \$1.27, es decir, cada dólar invertido fue recuperado y se obtuvo una ganancia de \$0,27, mientras que en el tratamiento etológico no se recuperaba cada dólar invertido sino que se obtuvo una pérdida de \$0,06. El producto botánico demostró su efecto controlador en poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y mejor comportamiento agronómico después de las tres aplicaciones.

4. Metodología

4.1. Ubicación y fecha de realización

El ensayo se realizó durante el período septiembre – diciembre 2021 en el campus experimental “La Teodomira”, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, cantón Santa Ana, provincia de Manabí (coordenadas: -1.172265, -80.392084). La zona de vida se corresponde con un Bosque Seco Tropical. Para esto se estableció un lote de maíz DAS 3383. Máximo F1.

4.2. Características del lote experimental

El lote experimental consistió en una parcela de aproximadamente 1500 m² (50 m de ancho x 30 m de largo), divididas en cuatro bloques completos al azar. En cada bloque, las parcelas experimentales por tratamiento tenían seis hileras de 6 metros de largo separadas a un metro. Los bloques y parcelas estaban separados por 3 metros de distancia. Cada parcela experimental medía 36 m².

4.3 Labores agronómicas.

4.3.1. Preparación de terreno.

Inicialmente se desmalezó el terreno, posteriormente se realizó un arado y rastra del terreno con la finalidad que el suelo quede suelto para poder realizar la siembra del maíz.

4.3.2. Siembra

La siembra se realizó el 31 de agosto del 2021 el cual se sembró una variedad que es el DAS 3383.

4.3.3. Riego

El riego se realizó dos veces por semana durante 15 minutos al inicio del ciclo (primeros 35 días) y posteriormente durante 30 minutos a través de un sistema de goteo con cintas de 0,02 mm, ubicadas cada 20 cm y una capacidad de 3 L. hora-1.

4.3.4. Control de arvenses.

Se realizaron controles manuales semanales por la alta frecuencia e incidencia de arvenses.

4.3.5 Fertilización

Se aplicó urea a razón de 2 g.planta⁻¹ de la siguiente manera:

- a) La primera fertilización se realizo a los 11 días.
- b) La segunda fertilización se lo realizo a los 22 días desarrollo vegetativo.
- c) La tercera fertilización se lo realizo a los 40 días de inicio de floración.

4.5. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron:

1. Tratamiento convencional (practicar químicas aplicadas por los agricultores): clorpirifós + acefato con una dosis de 1 cc.L⁻¹.
2. Insecticida botánico a base de azaridactina 2 cc.L⁻¹.
3. Insecticida químico a base de lambdaciolatrina 2 cc.L⁻¹.
4. Tratamiento biológico, a base de *Bacillus* spp. (mezcla de *Bacillus thuringiensis* + *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilis*) 2 cc.L⁻¹.
5. Insecticida químico a base de clorantraniliprol, dosis de 2 cc.L⁻¹.
6. Un testigo sin insecticidas.

Los tratamientos fueron aplicados cada 15 días, comenzando 15 días después de la germinación, realizando un total de seis aspersiones durante el ciclo del cultivo.

4.6. Toma de muestras.

Se monitorearon variables relacionadas con la plaga: número de masas de huevos y porcentaje (%) de mazorcas dañadas, así como, variables de rendimiento: peso de la mazorca (g), peso del grano (g) y rendimiento por hilera⁻¹, mazorcas.ha⁻¹ y rendimiento por hectárea (t.ha⁻¹). En cuanto a las masas de huevos de *S. frugiperda*, los muestreos comenzaron 30 días después de la germinación. Previo a la aplicación de tratamientos se toman tres hojas al azar por tratamiento por repetición y se contaba el número de masas de huevos.

A partir de la primera semana de octubre y durante siete semanas, se muestrearon diez mazorcas de plantas de las dos hileras centrales de cada parcela experimental por tratamiento. Se anotó el número de mazorcas dañadas y se calculó el % de mazorcas dañadas:

$$\frac{\text{Numero de mazorcas dañadas}}{10} \times 100$$

De las hileras centrales de todas las parcelas experimentales se cosecharon todas las mazorcas. Previamente, se anotó el número de mazorcas por hilera de 6 m². Con esto se calculó el número de mazorcas por ha:

$$\frac{\text{Número de mazorcas} \times 10000 \text{ m}^2}{6 \text{ m}^2}$$

Posteriormente cada mazorca fue desgranada y se obtuvo el peso por mazorca, y con el número de mazorcas estimado por ha, se obtuvo el rendimiento por ha y se llevó a toneladas por ha.

4.3.6. Cosecha

La cosecha se lo realizo cuando cuatro meses despues de la siembra.

4.4. Diseño Experimental

En el estudio se utilizó un Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) utilizando seis tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales.

Análisis estadísticos. El número de masas de huevos no siguió una distribución y por tanto las medias fueron analizadas con la prueba H de Kruskall-Wallis ($P < 0.05$). El resto de las variables (daño y rendimiento) fueron analizadas con un diseño de bloques al azar y las comparaciones de media fueron realizadas con la LSD de Fischer ($P < 0,05$). El porcentaje de mazorcas dañadas previo al análisis fue transformado con la función de $\sqrt{(x + 1)}$ con lo que siguió una distribución normal. Un análisis de correlación de Sperman ($P < 0,05$) se realizó entre el npuero de masas de huevos y el porcentaje de mazorcas dañadas.

5. Resultados y discusión

Daños por *Spodoptera frugiperda*. Los daños más notorios de *S. frugiperda* se observaron en el testigo desde el primer muestreo (Figura 1). En las plantas no tratadas, los menores porcentajes de daño se determinaron en el quinto muestreo con aproximadamente 24% de las mazorcas dañadas, alcanzando valores máximos de 81% en el último muestreo (Figura 1). En un segundo grupo de daños se incluyen las plantas tratadas con azadiractina y lambdaciolatrina cuyos porcentajes variaron de 2% a 52%, y de 0% a 45,5%, respectivamente. Los menores porcentajes de mazorcas dañadas fueron detectadas en plantas tratadas con la mezcla de especies de *Bacillus*, con la mezcla de acefato + clorpirifós y con clorantraniliprol, con una amplitud de daño que varió para los tres tratamientos de 0 a 40% (Figura 1).

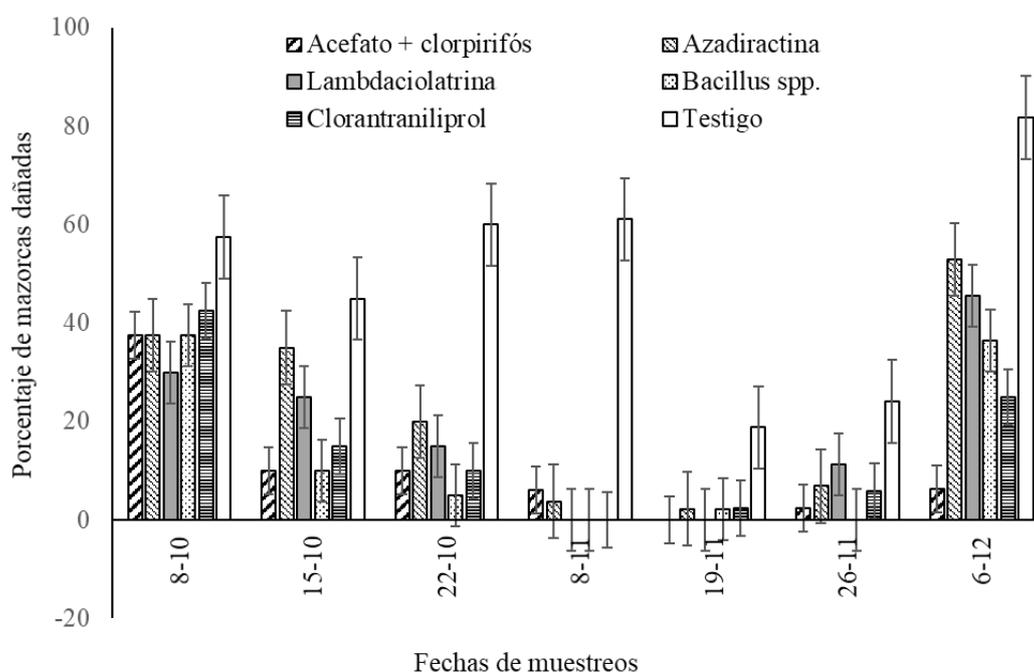


Figura 1. Porcentaje (%) de mazorcas de maíz con daños por *Spodoptera frugiperda* Smith, bajo los diferentes tratamientos con insecticidas. Período octubre – diciembre 2021.

Las tendencias de daño son confirmadas por los análisis estadísticos (Tabla 1, $p < 0,05$). Los daños fueron significativamente superiores en plantas no tratadas, seguido de plantas tratadas con azadiractina y lambdaciolatrina mientras que los menores daños fueron observados en plantas tratadas con la mezcla de especies de *Bacillus*, la mezcla de

acefato + clorpirifos así como en clorantraniliprol sugiriendo la efectividad a estos últimos tratamientos para el control del gusano cogollero, *S. frugiperda*.

Por otro lado, el rango promedio de masas de huevos de *S. frugiperda* varió de 1,00 a 2,33, sin diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1). Cada masa de huevos contenía en promedio $92,24 \pm 20,71$.

Tabla 1. Promedio del número de masas de huevos de *S. frugiperda*, observadas sobre hojas de maíz, así como del porcentaje de mazorcas dañadas bajo los diferentes tratamientos.

Tratamiento	%Mazorcas dañadas	Masas de huevo ns
Acefato + Clorpirifós	$10,32 \pm 4,84$ c	$1,33 \pm 0,33$
Azadiractina	$22,62 \pm 6,04$ b	$1,67 \pm 0,67$
Lambdaciolatrina	$18,12 \pm 4,52$ b	$1,00 \pm 0,33$
<i>Bacillus</i> spp.	$13,01 \pm 5,61$ c	$1,00 \pm 0,58$
Clorantraniliprol	$14,41 \pm 5,85$ c	$1,33 \pm 0,88$
Testigo	$49,75 \pm 6,49$ a	$2,33 \pm 0,67$

Medias \pm error estándar. Medias con igual letra no difieren significativamente. Comparaciones de medias realizadas con la con la prueba LSD de Fischer ($p < 0,05$) para daño y con prueba H de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para masas de huevos. ns = no significativo.

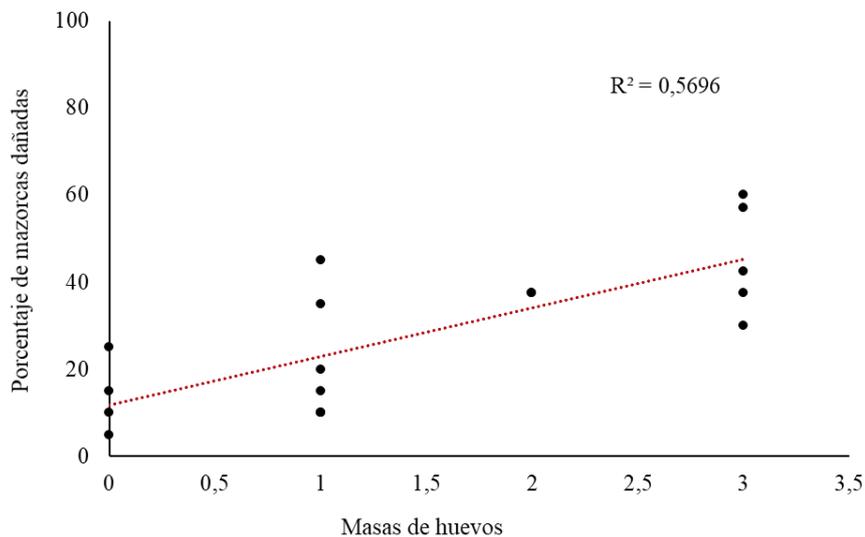


Figura 2. Correlación entre el número de masas de huevos (X) y el porcentaje (%) de mazorcas de maíz con daños por *Spodoptera frugiperda* Smith (Y).

El número de masas de huevos colocados sobre las hojas estuvo positivamente correlacionado con el daño en la mazorca (Figura 2). Entonces la detección de los huevos

sobre las hojas podría ser utilizado como una herramienta para el monitoreo de los daños en la mazorca. Se determinó que una masa de huevos por hoja podría estar relacionada con 20 a 50% de mazorcas dañadas (Figura 2).

Rendimiento. El peso de la mazorca y el peso de los granos por mazorca mostraron diferencias entre las parcelas según el tratamiento aplicado (Tabla 2). Ambos pesos fueron significativamente superiores en parcelas tratadas con clorantraniliprol difiriendo de los pesos estimados en parcelas tratadas con azadiractina. Por otro lado, no se detectaron diferencias entre el número de mazorcas por hilera (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio del peso de la mazorca y el peso del (gramos), así como el número de mazorcas por hilera.

Tratamiento	Peso mazorca	Peso grano	Mazorcas.hilera ⁻¹ ns
Acefato + Clorpirifós	214,41± 5,78 ab	176,4 ± 4,61 ab	23,25 ± 0,84
Azadiractina	205,09 ± 6,80 b	166,31 ± 6,09 b	22,38 ± 0,82
Lambdaciolatrina	205,7 ± 4,93 ab	167,99 ± 3,93 ab	23,13 ± 1,61
<i>Bacillus</i> spp.	212,39 ± 6,24 ab	172,89 ± 4,72 ab	23,75 ± 1,08
Clorantraniliprol	231,31 ± 7,68 a	185,04 ± 5,72 a	21,00 ± 0,73
Testigo	205,49 ± 6,50 ab	169,32 ± 4,95 ab	21,63 ± 1,74
R ²	0,50	0,50	0,50
CV	8,7	8,9	6,36

Medias ± error estándar. Medias con igual letra no difieren significativamente. Comparaciones de medias realizadas con la prueba LSD de Fischer (p<0,05). ns = no significativo.

Tabla 3. Promedio del número de mazorcas por ha y del rendimiento (Ton.ha⁻¹).

Tratamiento	Mazorcas.ha ⁻¹ ns	Rendimiento (Ton.ha ⁻¹) ns
Acefato + Clorpirifós	38750,00 ± 1399,76	6,84 ± 0,25
Azadiractina	37291,67 ± 1370,66	6,20 ± 0,23
Lambdaciolatrina	38541,67 ± 2680,72	6,47 ± 0,45
<i>Bacillus</i> spp.	39583,33 ± 1802,50	6,84 ± 0,31
Clorantraniliprol	35000,00 ± 1219,88	6,48 ± 0,23
Testigo	36041,67 ± 2902,82	6,10 ± 0,49
R ²	0,63	0,63
CV	15,66	15,41

Medias ± error estándar. Comparaciones de medias realizadas con la prueba LSD de Fischer (p<0,05). ns = no significativo.

Aunque del peso de grano fue significativamente superior en parcelas tratadas con clorantraniliprol, el rendimiento estimado en toneladas por ha no difirió significativamente (Tabla 3). Esto es consecuencia que, el número de mazorcas en plantas tratadas con clorantraniliprol resultó más bajo comparado con el obtenido en parcelas bajo los otros tratamientos y al multiplicar el número de mazorcas por el peso del grano se equiparan los rendimientos entre los tratamientos. Pese a que no se hayan detectado diferencias estadísticas, el valor absoluto en toneladas por ha fue mayor en parcelas tratadas con la mezcla de especies de *Bacillus* y la mezcla de acefato + clorpirifos (Tabla 3), que coincide con las parcelas que presentaron los menores daños de la mazorca (Figura 1).

Discusión

Los resultados evidencian que *S. frugiperda* es una plaga clave del maíz, la cual mostró los mayores daños en la mazorca (50%) en plantas no tratadas y aunque el rendimiento no mostró diferencias estadísticas, 6,10 ton.ha⁻¹ representa 20% menos rendimiento comparado con las parcelas que arrojaron los mayores valores. Ha sido fehacientemente demostrado que *S. frugiperda* es la plaga más importante del maíz en el mundo (Nagoshi *et al.*, 2019, Chimweta *et al.* 2020). La capacidad de resistencia a insecticidas es considerada una de las razones que le confiere a *S. frugiperda* el estatus de plaga primaria. Yu *et al.* (2003) indicaron esta plaga puede desarrollar múltiples mecanismos de resistencia, incluyendo aumento de la desintoxicación de insecticidas como consecuencia de la actividad de varias enzimas ubicadas en los cuerpos grasos de las larvas.

Aunque azadiractina mostró efectividad en el control de daños en la mazorca, alcanzó en promedio 20% de mazorcas dañadas y el rendimiento en ton.ha⁻¹ estimado resultó un 10% inferior tanto obtenido en parcelas tratadas con al insecticida biológico (*Bacillus* spp.) como en las tratadas por la mezcla de los insecticidas químicos acefato + clorpirifós. Azaditactina es considerada una molécula insecticida muy efectiva, y se ha informado un conspicuo efecto inhibitor de crecimiento de larvas de esta plaga (Shu *et al.*, 2021). No obstante, en este ensayo resultó medianamente efectiva para el control del daño de este insecto. Asimismo, lambdacialotrina mostró mediana efectividad a pesar que los piretroides son considerados efectivos para el control de larvas de lepidópteros (Ware 2004). Ensayos de laboratorio muestran efectividad de hasta 100% de insecticidas

piretroides en el control de *S. frugiperda* (Fernades et al. 2019). No obstante, varios experimentos de campo han expuesto la baja eficacia de insecticidas entre estos piretroides para el control de *S. frugiperda* debido al desarrollo de poblaciones resistentes reportados desde casi dos décadas (Yu et al., 2003) hasta el presente (Mc Comic et al., 2020).

Tres tratamientos con insecticidas resultaron efectivos para el control de *S. frugiperda*, clorantraniliprol, acefato + clorpirifós, y la mezcla de especies de *Bacillus*. La efectividad del clorataniliprol para el control de *S. frugiperda* ha sido demostrada en ensayos de maíz en la India (Deshmukh et al., 2020). Sin embargo, es de resaltar que tanto en las parcelas tratadas con este insecticida como con lambdacialotrina mostraron un 6% de menor rendimiento que las que fueron tratadas con acefato + clorpirifós, y la mezcla de especies de *Bacillus*.

A pesar de la efectividad de la mezcla acefato + clorpirifós, estos insecticidas impactan sensiblemente el ambiente y tienden al desarrollo de resistencia en lepidópteros (Carvalho et al., 2013; McComic et al., 2020). La efectividad mostrada por mezcla de especies *Bacillus* sugiere resultados promisorios en el control de esta importante plaga. Están incluida dentro de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal con propiedades en el biocontrol (Hernández-Rodríguez et al., 2006) lo que la constituye en una medida ambientalmente compatible. Ha sido referido que las bacterias de la rizósfera, entre estas, el género *Bacillus* tienen un efecto positivo en la promoción de crecimiento de las plantas pero además tienen actividades biopesticidas sobre plagas lo cual es atribuido tanto a la producción de metabolitos inhibitorios o por la inducción de resistencia en la planta (Hernández-Rodríguez et al., 2006). Aplicaciones de mezclas de especies de *Bacillus* redujeron la oviposición de *S. frugiperda* y disminuyeron el peso de las larvas en ensayos realizados con pasto bermuda en condiciones de laboratorio y umbráculo (Coy, 2017).

6. Conclusiones y recomendaciones

Las masas de huevos sobre hojas podrían utilizarse con indicativo para ejercer acciones de manejo para el control de *S. frugiperda* en la mazorca. Pese a las promesas de efectividad del insecticida botánico, azadiractina en este ensayo mostró mediana eficacia para el control de esta importante plaga.

El ensayo de campo conducido mostró la efectividad y mayores rendimientos de parcelas tratadas con acefato + clorpirifós, y la mezcla de especies de *Bacillus*, siendo el primer tratamiento de alto impacto ambiental y el segundo biológico lo que abre las posibilidades al control de *S. frugiperda* mediante insecticidas biológicos.

Nuevos ensayos de campo deben ser realizados para confirmar los resultados aquí obtenidos, especialmente el alto control y buenos rendimientos obtenidos con especies de *Bacillus*.

7. Referencias bibliográficas

- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Arizo, V. H. S., & Sastre, J. F. (2020). The effect of technological packages on maize productivity in Ecuador. *Problemas del Desarrollo*, 51(203), 85-110. <https://doi.org/10.22201/IIEC.20078951E.2020.203.69527>
- Arrizubieta, M., Simón, O., Williams, T., & Caballero, P. (2016). Determinant factors in the production of a co-occluded binary mixture of *Helicoverpa armigera* Alphabaculovirus (HearNPV) genotypes with desirable insecticidal characteristics. *PLoS ONE*, 11(10), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164486>
- Bravo, E. & León, X. (2013). Monitoreo participativo del maíz ecuatoriano para detectar la presencia de proteínas transgénicas. Mexico: La Granja. 17(1) 2013: 16-24
- Cantó, T, M.; Guirao, P. 2017. El uso de aceites esenciales como insecticidas y repelentes de pulgones. Boletín SEEA 2: 17-18.
- Carvalho, R. A., Omoto, C., Field, L. M., Williamson, M. S., & Bass, C. (2013). Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *PLoS ONE*, 8(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062268>
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99.
- Chimweta, M., Nyakudya, I. W., Jimu, L., & Bray Mashingaidze, A. (2020). Fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] damage in maize: management options for flood-recession cropping smallholder farmers. *International Journal of Pest Management*, 66(2), 142-154. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1577514>
- Cotes, A. M. (2018). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia)*, Volumen 2. <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/160-1?inline=1>

- Coy, R. (2017). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) mediate interactions between abiotic and biotic stresses in cool- and warm-season grasses. *Nuevos sistemas de comunicación e información*, 2013-2015.
- Deshmukh, S., Pavithra, H. B., Kalleshwaraswamy, C. M., Shivanna, B. K., Maruthi, M. S., & Mota-Sanchez, D. (2020). Field efficacy of insecticides for management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in India. *Florida Entomologist*, 103(2), 221-227. <https://doi.org/10.1653/024.103.0211>
- Portela, D. D., Dussán, Alejandro Chaparro, Giraldo, Silvio Alejandro López, P. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura Diana. *NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 11, 87-96. <https://doi.org/10.1002/9780470173381>
- Morgan, D. E. (2009). *Azadirachtin, a scientific gold mine. Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 17: 4096-4.
- Astor, E., Márquez T, Huber, A., David De Scals, J. M. G. (2009). Clorantraniliprol: un insecticida innovador perteneciente a la nueva familia química de las diamidas antranílicas. *Octubre*.
- García, V.; Villir, L.; Soto, G.; Bacca, T. 2014. Efecto insecticida de productos alternativos en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología* 40: 143-47.
- Guerrero Ruiz, J. C. (2014). *Controla el gusano cogollero del maíz*. <https://www.hortalizas.com/cultivos/controla-el-gusano-cogollero-del-maiz/> 17 de diciembre.
- Gutiérrez, C. G., Scudero, J. S. Á., Francisco, J., Omínguez, P. É., Arballo, A. C. A., Ergvinson, D. B., & Guilera, M. A. (2010). Efecto del nim en el daño ocasionado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en tres variables agronómicas de maíz resistente y susceptible. *Acta Zool. Mex* 26(1): 1-16.
- Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Pérez, M., Velázquez-del Valle, M. G., & Hernández-Lauzardo, A. N. (2006). Perspectivas del Empleo de Rizobacterias Como Agentes de Control Biológico en Cultivos de Importancia Económica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1), 42-49.

- Hernández-Trejo, A., Benigno Estrada Drouaillet, Raúl Rodríguez-Herrera, José Manuel García Giron, Sara Alejandra Patiño-Arellano, & Eduardo Osorio-Hernández. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays*L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Izquierdo Bonilla, R. (2012). Evaluación del cultivo del maíz (*Zea mays*), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe - Ecuador. *Universidad Politécnica Salesiana sede Quito* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1832>, volumen 2, 22-103.
- Jaramillo-Barrios, C. I., Barragán Quijano, E., & Monje Andrade, B. (2019). Populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) cause significant damage to genetically modified corn crops. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8953-8962. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.75730>
- Juan Carlos Quintero Díaz. (2011). Pesticides Degradation by White Rot Fungi: A Review. *Degradación de Plaguicidas Mediante Hongos de la Pudrición Blanca de la Madera*, 5867-5882.
- Kharkongor, M., Hooroo, R. N. K., & Dey, S. (2018). Effects of the insecticide chlorpyrifos, on hatching, mortality and morphology of *Duttaphrynus melanostictus* embryos. *Chemosphere*, 210, 917-921. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.097>
- Litardo Mora, 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. *Quevedo-UTEQ* 68 p., 1, 16-68. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3624>
- López Oseguera, I. R. (2017). Universidad técnica de babahoyo. *Manejo Integrado de Spodoptera frugiperda en el cultivo de Maíz (Zea mays L)*, 1, 9-27. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3312>
- MAG. (2019). Cifras agroproductivas. En *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. Consultado en línea 20/07/21. http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/panorama_estadistico/panorama_estadistico.pdf
- Flores Aguilar M. (2013). El cultivo de maíz y su futuro: una visión desde la perspectiva

- campesina en comunidades rurales de la sierra motozintla, Chiapas. Chiapas, México. *Universidad Intercultural de Chiapas*, 53(9), 1689-1699.
- McComic, S. E., Rault, L. C., Anderson, T. D., & Swale, D. R. (2020). Reduced neuronal sensitivity and susceptibility of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, to pyrethroids in the absence of known knockdown mutations. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 169, 104652. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104652>
- Mendoza Zambrano, 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*). *Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Agrarias* <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9870>, 1, 8-77.
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. V., Peterson, J. A., & Hunt, T. E. (2018). Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286-300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Mora Arechua, J. A. (2020). Manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en época seca en la zona de Mocache. *Quevedo. UTEQ*. 84 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6049>, 18-89.
- Nagoshi, R. N., Nagoshi, B. Y., Cañarte, E., Navarrete, B., Solórzano, R., & Garcés-Carrera, S. (2019). Genetic characterization of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ecuador and comparisons with regional populations identify likely migratory relationships. *PLoS ONE*, 14(9), 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222332>
- Naranjo Márquez, A. (2017). La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador. *La situación de los plaguicidas en el Ecuador, Quito*, 16-144.
- Navon, A., Nagalakshmi, V. K., Levski, S., Salame, L., & Glazer, I. (2002). Effectiveness of entomopathogenic nematodes in an alginate gel formulation against lepidopterous pests. *Biocontrol Science and Technology*, 12(6), 737-746. <https://doi.org/10.1080/0958315021000039914>
- Sarwar, M. 2016. A potent folklore of botanical plant materials against insect pests together with their preparations and applications. *Sky Journal of Biochemistry Research* 5(4): 58-62.

- Shu, B., Yu, H., Li, Y., Zhong, H., Li, X., Cao, L., & Lin, J. (2021). Identification of azadirachtin responsive genes in *Spodoptera frugiperda* larvae based on RNA-seq. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *172*, 104745. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104745>
- Suarez, M. (2015). *Uso de bioinsecticidas en el control del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L) en condiciones controladas (Laboratorio) (Tesis de grado)*. 73. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1275>
- Suganya, A. S. A., & Manivannan, N. (2020). Role of Zinc Nutrition for Increasing Zinc Availability, Uptake, Yield, and Quality of Maize (*Zea Mays L.*) Grains: An Overview. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *51*(15), 2001-2021. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1820030>
- Syngenta S.A. (2020). Karate Zeon Cs Insecticida. Syngenta S.A.
- Tendeng, E., Labou, B., Diatte, M., Djiba, S., & Diarra, K. (2019). The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), a new pest of maize in Africa: biology and first native natural enemies detected. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *13*(2), 1011-1026. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.35>
- Uso de insecticidas. (2008). *Exp Salud Publica*, *25*(1) 74-100.
- Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B., & Muñoz, M. J. (2010). Manejo integrado de las principales plagas del maíz. *Caupi-Maíz un sistema de cultivo intercalado para la provincia de Manabí*, 1-2. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1199/1/INIAP PORTOVIEJO-650.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1199/1/INIAP_PORTOVIEJO-650.pdf)
- Ware, G. W., & Whitacre, D. M. (2004). *The pesticide book*. 488.
- Yu, S. J., Nguyen, S. N., & Abo-Elghar, G. E. (2003). Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *77*(1), 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0048-3575\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0048-3575(03)00079-8)

ANEXOS



Anexo 1. Reconocimiento del terreno



Anexo 2. Dimension del terreno



Anexo 3 . Sembrando



Anexo 4. Germinacion de la cosecha



Anexo 5. Ureada



Anexo 6. Daños por *s. frugiperda*



Anexo 7. Recoleccion de datos



Anexo 8. Toma de datos



Anexo 9. Cosecha