

Fluctuación poblacional del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), en tres subsistemas de maíz, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de Oro, Meta.

Marcos Edier Álvarez Sanabria y Nini Yojhana Borja Sánchez

Departamento de Agronomía, Universidad de Pamplona

154301: Tesis de Investigación para Obtención de Título de Ingeniero Agrónomo

Director: I.A, Dr. Humberto Giraldo Vanegas

Marzo 30, 2021

DEDICATORIA

La vida se encuentra llena de retos y la presente tesis culminada, es el reflejo de un constante esfuerzo y dedicación durante su ejecución, permitiéndonos lograr una meta más cumplida. Debido a que en cada objetivo logrado siempre existen personas que, a través de su apoyo y dedicación, te impulsan a salir adelante. Nuestra dedicatoria va dirigida a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible este logro y por ende la felicidad tras haber alcanzado esta meta y en especial a nuestras madres, las señoras Fanny Sanabria y Dennis Sánchez, así como también nuestros padres el señor Marcos Álvarez y el señor Yesid Borja, que a través de sus ánimos, palabras de aliento y constancia; nos enseñaron a vivir la vida positivamente y por ende a dejar lo mejor en cada uno de los proyectos que la vida nos dé.

Marcos Edier Álvarez Sanabria

Nini Yojhana Borja Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, dar gracias a DIOS, por darnos la vida y la salud y por darnos la gran oportunidad de terminar uno de los más grandes sueños. De igual manera a nuestros padres el señor Marcos Álvarez y el señor Yesid Borja, así como también nuestras señoras madres Fanny Sanabria y Dennis Borja quienes desde siempre han sido nuestra gran inspiración y apoyo para salir adelante.

A cada uno de los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haber sido parte importante en nuestro proceso de formación.

A nuestro director de tesis, el I.A. Dr. Humberto Giraldo Vanegas, por confiar en nuestras capacidades y compartir sus conocimientos, tiempo y acompañamiento en la ejecución de esta investigación.

A nuestro cotutor el ingeniero agrónomo Johan Edgardo Linares González, por su tiempo, dedicación, asesorías y acampamientos durante la investigación

A nuestros hermanos y amigos, que incondicionalmente han estado a nuestro lado.

Marcos Edier Álvarez Sanabria

Nini Yojhana Borja Sánchez

TABLA DE CONTENIDO

Índice de Tablas	6
Índice de Figuras.....	6
Lista de anexos.....	7
I. INTRODUCCIÓN	10
II. PROBLEMA	11
2.1. Planteamiento del problema	11
2.2. Justificación.....	13
III. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo general	14
3.2. Objetivos específicos.....	14
IV. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1. Antecedentes.....	15
4.1.1. Antecedentes nacionales	15
4.1.2. Antecedentes internacionales	16
4.2. Marco contextual	17
4.3. Bases contextuales.....	20
4.3.1. Cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	20

4.3.2. Maíz Bt, Semilla De Maíz Amarillo DK 7088 Vt3pro	29
4.3.4. Maíz clavito	30
4.3.5. <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).....	30
4.3.6. Feromonas sexuales en insectos.....	40
4.3.7. Elaboración de las trampas.....	43
4.3.8. Marco legal.....	44
V. METODOLOGÍA	47
5.1. Tipo de Investigación	47
5.2. Diseño de la Investigación.....	48
5.3. Descripción de las actividades.....	51
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
VII. CONCLUSIONES	63
VIII. RECOMENDACIONES	65
IX. REFERENCIAS	65
X. ANEXOS.....	77

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del maíz.

Tabla 2. Etapas de crecimiento del maíz.

Tabla 3. Clasificación taxonómica del gusano cogollero.

Tabla 4. Escala de Davis modificada, para evaluar los niveles de daños causados por el gusano cogollero, en las tres parcelas experimentales.

Tabla 5. Prueba de medias de Tukey para los adultos de *S. frugiperda*, capturados en trampas con feromona, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Tabla 6. Promedios de posturas de *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Tabla 7. Promedios de posturas de *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Tabla 8. Promedios de larvas de *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Tabla 9. Prueba de medias de Tukey para nivel de daño, causado por larvas de *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta

Índice de Figura s

Figura 1. Ubicación del municipio de Fuente de Oro en el Departamento del Meta.

Figura 2. Ubicación de la vereda donde se ejecutará el proyecto.

Figura 3. Morfología del maíz.

Figura 4. Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz

Figura 5. Ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

Figura 6. Morfología de *S. frugiperda*.

Figura 7. Daños y métodos de evaluación según la Escala Davis.

Figura 8. Componentes de las trampas.

Figura 9. Plano general de la ubicación de las tres parcelas en las Fincas la Unión y la Esperanza, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de oro, Meta.

Figura 10. Parcela (Tratamiento 1) Maíz Clavito (Criollo).

Figura 11. Parcela DK 7088 RR (Convencional).

Figura 12. Parcela (Tratamiento 3) DK 7088 VT 3 PRO (OMG Bt).

Figura 13. Disposición de las trampas con feromona sexual de *S. frugiperda* en cada una de las parcelas.

Figura 14. Promedios de adultos/trampa/semana de *S. frugiperda*, capturados en trampa con feromona sexual, en cada una de las tres parcelas, en el municipio de Fuente de oro, Meta.

Figura 15. Promedios de plántulas trozadas/semana de maíz por *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Figura 16. Promedios de niveles de daño/semana por *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de oro, Meta.

Lista de anexos

Anexo 1. Posturas de *S. frugiperda*.

Anexo 2. Planilla de campo para captura de adultos/trampa/semana, en cada una de las parcelas.

Anexo 3. Planilla de campo para registrar número de plántulas trozadas, masas de huevos, larvas y daño por semana, en cada una de las parcelas.

Anexo 4. Planillas de campo utilizadas en la segunda semana de evaluación A (adultos/trampa/tratamiento), B (tratamiento 1), C (tratamiento 2) y D (tratamiento 3).

Anexo 5. Acompañamiento por parte del cotutor, el Ingeniero Agrónomo Johan Edgardo Linares González.

Anexo 6. Daños ocasionados por larvas de *S frugiperda*.

Anexo 7. Adultos capturados con trampas de feromonas sexual.

Anexo 8. Evaluación en trampas y follaje.

Anexo 9. Visita a las parcelas del trabajo de investigación.

Anexo 10. Daños en mazorca causados por larvas de *S. frugiperda*.

Anexo 11. Prueba de homogeneidad de varianzas, de las variables analizadas.

Anexo 12. Pruebas robustas de igualdad de medias, de las variables analizadas.

Anexo 13. Prueba post hoc de medias de Tukey para Nivel de Daño.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado durante los meses de marzo a mayo del año 2021 en el municipio de Fuente de Oro Meta, con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), en tres cultivares de maíz amarillo en las fincas la Esperanza y la Unión de la vereda Puerto Nuevo correspondientes a Fuente de Oro. Se realizó un diseño completamente al azar, compuesto por tres tratamientos diferentes de una hectárea cada uno, en donde se instalaron cuatro trampas/ha con feromona sexual para la captura de adultos las cuales se evaluaban y se le hacía mantenimiento semanalmente, en cada tratamiento se tomaran diez sitios al azar y en cada sitio se revisaron 10 plantas continuas, de esta manera se evaluarán 100 plantas / ha en cada tratamiento semanalmente en donde evaluaron masas de huevos, larvas y nivel de daños del gusano cogollero en cada uno de los tratamientos. Para el análisis de los datos obtenidos durante la investigación se utilizó el Software SPSS Statistics 26.0, con el cual se realizó un Análisis de Varianza, previa comparación de la normalidad de datos y homogeneidad de varianzas, seguido del test de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia $p \leq 0,05$.

En la presente investigación se encontró que los promedios de plantas trozadas por *S. frugiperda* fueron muy bajos en los tres tratamientos (T1 con promedio de 0,10, T2 con 0,57 y el T3 con un promedio de 0,49), siendo así que no se notaron diferencias significativas. La mayor densidad poblacional de larvas de *S. frugiperda* se registró en el tratamiento 3 con un promedio de 0,57 individuos, el tratamiento donde se obtuvo mayor número de adultos capturados con feromona sexual fue en el T2 (maíz convencional), con un promedio de 1,33 adultos/trampa, el nivel de daño causado por las larvas se presentó con mayor incidencia en el tratamiento 2 y por último en las posturas se observaron promedios muy bajos en los tres tratamientos.

Palabras clave: *Spodoptera frugiperda*, maíz, fluctuación poblacional, tratamientos.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de alimentos enfrenta el reto de mantener un alto nivel de calidad; la presencia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en el maíz amarillo, es una de las grandes amenazas que enfrentan los agricultores, ya que es una plaga de las más severas que ataca el cultivo de maíz y que está presente en todos los estados fenológicos del cultivo. El gusano cogollero *S. frugiperda* es considerado una plaga polífaga, ya que causa pérdidas económicas considerables en varios cultivos importantes como maíz, sorgo, arroz, algodón, alfalfa, pastos, entre otros (Rodríguez, 1997), causando daños que pueden provocar la destrucción completa de la planta.

El uso de trampas con feromonas sexuales para la captura de machos de *S. frugiperda*, es una herramienta efectiva que no solo permite dar seguimiento a la evolución temporal de las poblaciones del adulto, sino que también permite estimar hasta con una semana de anticipación la abundancia de larvas, y así prevenir los daños que este pueda causar (Aguirre, 2016). Estas feromonas son compuestos químicos que las hembras liberan al medio ambiente en mínimas cantidades; estas feromonas influyen en el comportamiento de los insectos y se clasifican dependiendo del efecto que producen. En el caso de los insectos del Orden Lepidoptera, las feromonas que más se encuentran estudiadas son las que utilizan como atracción para el momento de la copula y estas son denominadas feromonas sexuales o de atracción sexual (Aguirre, 2016).

La característica principal de *S. frugiperda* es que se alimenta del follaje, logrando así, una notable disminución del área foliar, de esta manera el no control de esta plaga tiende a

disminuir notablemente el rendimiento del cultivo, ocasionando pérdidas significativas (Andrews, 1980).

Para analizar esta problemática, es necesario mencionar sus causas. Una de ellas es que los métodos de control para esta plaga, están enfocados hacia el uso exclusivo de insecticidas de origen químico, sin embargo, las malas prácticas de aplicación incrementan la resistencia del insecto a ciertos productos químicos (Hidalgo, 2017).

La investigación de esta problemática agraria, tiene como finalidad, dar a conocer cómo varía la dinámica poblacional de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz, bajo tres sistemas de manejo diferente, en un área ubicada en Fuente de Oro-Meta.

II. PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

El maíz es considerado como uno de los cultivos de mayor distribución mundial, este cultivo constituye la dieta básica alimenticia de la población colombiana. El maíz, al igual que otros cultivos, es dañado por varios insectos plaga causando grandes pérdidas económicas; siendo así, que la presencia de estos insectos en cultivos de plantas de la familia Poaceae, especialmente en el cultivo del maíz, se ve fuertemente afectado por el gusano cogollero *S. frugiperda* y por ende, es de gran interés para el hombre; ya que esta plaga es uno de los mayores obstáculos que se ha venido presentando a lo largo del tiempo en los diferentes cultivos de maíz (Andrews, 1980). Este insecto plaga, es una especie nativa de los trópicos, perteneciente a la familia Noctuidae del orden Lepidoptera, considerándose una plaga polífaga, teniendo alrededor de 23 familias de plantas hospederas, en la mayoría de los cultivares de maíz es una plaga,

considerada de gran importancia económica debido a la continuidad con la que se presenta y la severidad de los daños que ocasiona (Luginbill, 1928).

S. frugiperda es una plaga polífaga que muestra una clara preferencia por las Poaceae (Casmuz et al., 2010). Se registra más comúnmente en pastos silvestres y cultivados; cultivos de maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar. Sin embargo, Montezano et al., (2018) han informado recientemente de 353 especies de plantas hospederas basadas en una revisión exhaustiva de la literatura y estudios adicionales en Brasil; de 76 familias de plantas, principalmente en Poaceae con 106, en Asteraceae 31 y Fabaceae 31 especies.

Esta plaga bajo determinadas condiciones, causa grandes pérdidas económicas afectando la producción en las diferentes partes del mundo en donde se cultiva maíz, de un 30 a 64% (Aguirre, 2014), debido al principal daño que deja la larva de este insecto, el cual ocasiona grandes daños a los cogollos de las plantas de maíz después de los 30 días de haber emergido y teniendo en cuenta que también ataca hojas y tallos en menor proporción, llevando a que el agricultor tenga grandes pérdidas económicas. En el sentido agronómico, este tipo de plagas representan un alto valor de pérdidas de tal manera, que interfieren en la actividad de los cultivos, lo que indica que estas presentan una gran problemática mundial por su fácil dispersión en los cultivos de Poaceae, soya, caña, algodón, Asteraceae, Solanaceae, etc (Molina, 2006). De esta manera es recomendable llevar un buen control de la plaga, de tal manera que se evite tener afectaciones en los campos de maíz; siendo así, que el uso de trampas con feromonas sintéticas sexuales sean una práctica que se realice en la producción del maíz en el país, ya que se limita la aplicación directa de insecticidas en las plantaciones para el control de gusano cogollero *S. frugiperda*; aunque algunos productores aplican productos a base de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Bustillo, 2013).

2.2. Justificación

El maíz (*Zea mays* L.), fue la base alimenticia de las civilizaciones mayas, aztecas e incas, desde su centro de origen el maíz se difundió por casi toda América y tras el descubrimiento de esta, por el resto del mundo; es actualmente uno de los cultivos más importantes, en condiciones climáticas normales, además hoy en día es muy importante en la alimentación humana, ya que es muy rico en propiedades nutritivas, rentable y puede desarrollarse en nuestra región, convirtiéndose en una buena alternativa para el desarrollo del sector agrícola (Andrade, 1999). La construcción de trampas con atrayentes sexuales, en la actualidad, es muy necesaria para el monitoreo de la fluctuación poblacional de *S. frugiperda*. De esta manera el trampeo con feromonas sexuales ha abierto una nueva etapa en los procesos de control de este insecto, el cual permite tomar mejores decisiones en los diferentes sectores de la agricultura en el que se pueda presentar esta plaga, gracias a este tipo de control se ha podido sustituir o disminuir el uso de químicos directamente en los campos de maíz y por ende mejorar la producción, disminución en la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de alrededor de unos 250 agricultores, así como también disminuir los costos de mantenimiento del cultivo, ya que gracias a esta alternativa se podría llegar a tener un mejor control de esta plaga y por ende disminuir los costos en compras de insecticidas a base de químicos utilizados en el cultivo (Castro, 2012).

El uso de este tipo de control y monitoreo puede llegar a ser gran beneficio para los diferentes agricultores que siembran maíz en el municipio de Fuente de Oro-Meta, puesto que su uso brinda mejores resultados económicos, disminuye la alteración de los ecosistemas, evita daños a la capa de ozono y también disminuye la degradación de los suelos, ya que el uso

indiscriminado de químicos afectan de manera negativa y desfavorable con el medio ambiente, por ello se busca controlar las plagas de forma natural sin dañar al medio ecológico, teniendo como importancia una producción económicamente rentable y de calidad (Castro, 2012).

Por otra parte, la superficie total cultivada de maíz amarillo en el municipio de Fuente de Oro se estima que es alrededor de 8.000 has durante este primer semestre del año 2021, ubicadas en zonas con precipitaciones prolongadas, lo que constituye a una de las principales causas para la obtención de bajos rendimientos, así como también la generación de condiciones aptas para el desarrollo de la plaga.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar la fluctuación poblacional de masas de huevos, larvas, adultos machos, y daños del gusano cogollero en tres cultivares de maíz, en el ciclo 2021-1, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de Oro, Meta.

3.2. Objetivos específicos

- Comparar la fluctuación poblacional de adultos machos de cogollero en tres cultivares de maíz con manejo técnico diferente.
- Establecer la población de masas de huevos y larvas del gusano cogollero en tres cultivares de maíz con manejo técnico diferente.
- Precisar los daños en plántulas trozadas y los niveles de daño en el área foliar en los tres cultivares.

3.3.MARCO TEÓRICO

3.4.Antecedentes

3.4.1. Antecedentes nacionales

Zenner et al., (2009), realizaron una investigación que tuvo como objetivo el establecimiento de la línea base, para diferentes poblaciones, alimentando larvas neonatas con dieta merídica con la toxina incorporada en dosis seriadas, para luego monitorear la susceptibilidad de las larvas al Cry1Ab a través del tiempo. Igualmente, se determinó el efecto del consumo de tejido del híbrido transgénico sobre las larvas. Cabe resaltar que este trabajo, aunque no fue con plantas transgénicas, se trabajó con larvas a nivel laboratorio con los cristales Cry1Ab, siendo alimentadas mediante una dieta artificial y por ende es la base del primer trabajo en la incorporación de las toxinas en larvas de *S. frugiperda*.

Jaramillo et al., (2019), realizaron un trabajo con el objetivo de determinar la fluctuación poblacional de *S. frugiperda* durante los años 2014 a 2016 en los híbridos 30F35R y 30F35HR (modificado genéticamente con la endotoxina Cry1F) en el Espinal, Tolima, Colombia. Con el número de larvas por metro lineal se realizaron acumulaciones en cinco períodos de cultivo hasta los 20, 40, 60, 80 y 104 días después de emergencia por año y por híbrido. Los resultados se compararon estadísticamente mediante modelos lineales mixtos. Por otro lado, se calcularon dos variables dicotómicas que miden la presencia de larvas y daño.

Jaramillo et al., (2014) realizaron un trabajo con la finalidad de determinar las dinámicas poblacionales de insectos plaga en algodón, maíz y arroz, en tres localidades (Espinal, Armero Guayabal y Villavieja) en los departamentos de Tolima y Huila, en donde se seleccionó un área de 5.000 m² por cultivo y se estableció un diseño de bloques completos al azar, comparando dos

tratamientos (convencional y transgénico), mediante el área bajo la curva acumulada de progreso de daño.

Jaramillo et al., (2015) realizaron una investigación en donde tuvieron como objetivo la comparación de la fluctuación poblacional de larvas y daño del complejo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) entre genotipos de algodón convencional y genéticamente modificado (Cry1Ac) en Tolima (Armero y Espinal) y Huila (Villavieja), en el año 2014. En el cual evaluaron parcelas de 5000 m², utilizando un muestreo sistemático, seleccionando 30 plantas por variedad y registrando la presencia de larvas y de daño.

3.4.2. Antecedentes internacionales

En el cultivo de maíz para grano se realizaron estudios con feromonas para *S. frugiperda*. Uno de ellos fue realizado en México para evaluar dos tipos de trampas y tres cebos para el monitoreo de la plaga, en donde se encontró que la trampa Scentry fue mejor que la IP (International pheromone moth trap), y el cebo con el que obtuvieron mayores capturas fue con el de ChemTica (Malo et al., 2001). El otro fue realizado en Venezuela, en donde evaluaron la atracción y captura de la plaga con dos sustancias componentes de feromona de esta plaga, en donde las mayores capturas se registraron durante el periodo crítico de desarrollo vegetativo (Salas, 2001).

En Chihuahua, México (Ordóñez et al 2015), colectó todos los estadios del gusano ejército de otoño (FAW), *S. frugiperda*, en campos de maíz en 5 localidades, en 2014, con el objetivo principal de identificar su hábitat natural, los enemigos y estimar el nivel de parasitismo. Las larvas se mantuvieron bajo condiciones controladas, se alimentaron con dieta artificial y se

observaron diariamente hasta la aparición de parasitoides, micosis, nematodos o síntomas típicos de infección por baculovirus, o hasta que alcanzaron la edad adulta

En el tratado “Distribución espacial de *S. frugiperda* en variedades locales de maíz cultivadas en Colima, México”, se cultivaron dos variedades locales de maíz ('blanco' y 'aperlado'), nativas de Colima, en Tecomán, Colima, para determinar el comportamiento de la población de *S. frugiperda* en condiciones naturales. La distribución espacial de las larvas de *S. frugiperda* fue aleatoria y las infestaciones naturales se asociaron fuertemente con las etapas fenológicas del maíz. La relación entre *S. frugiperda* y la fenología de las plantas se explicó mediante modelos de regresión no lineal (Hernández et al, 2008).

En la investigación “Dinámica de la población del gusano *S. frugiperda* y sus parasitoides en el noroeste de Argentina”, se recolectaron larvas de *S. frugiperda* semanalmente en dos regiones agrológicas diferentes (Tafí Viejo y Vipos) durante cuatro años para conocer la dinámica poblacional del gusano militar de otoño, *S. frugiperda* y sus parasitoides en el noroeste de Argentina (Murúa et al., 2006).

3.5. Marco contextual

El proyecto se llevó a cabo en el departamento del Meta, municipio Fuente de Oro, vereda Puerto Nuevo (Figura 1), fincas la Unión y la Esperanza, este municipio se encuentra localizado al Sur del departamento del Meta, específicamente en las coordenadas; Latitud: 3.467, Longitud: -73.617, Latitud: 3° 28' 1" Norte, Longitud: 73° 37' 1" Oeste, los límites del municipio son: al oriente con el municipio de Puerto Lleras, al occidente con San Juan de Arama y Granada, al norte con Granada y San Martín de los Llanos y al Sur con San Juan de Arama y Puerto Lleras (Alcaldía de Fuente de Oro, 2015).

Cuenta con un área de 628,79 km². La vía de acceso en donde se realizó el proyecto es secundaria, la cual no cuenta con pavimentación, los lotes se encuentran a 10 km de la cabecera municipal de Fuente de Oro aproximadamente, gastando un tiempo de 40 minutos al casco urbano ya que es necesario pasar el río mediante un planchón o mediante canoa. Por otra parte, el proyecto se ejecutará en la vereda Puerto Nuevo, de la jurisdicción del municipio de Fuente de Oro Meta (Figura 2), esta vereda está localizada en el sureste del municipio, a una altura de 280 msnm, con coordenadas de 3°423'47,815''N, 73°38'254''W, rodeado de las principales fuentes hídricas como lo son: el Caño Mogotes, el Caño Piedra, Caño Seco y el río Ariari que se caracterizan por su amplio caudal en época de lluvias y además mantienen caudal en la época seca (Alcaldía de Fuente de Oro, 2015).

Figura 1.

Ubicación del Municipio de Fuente de Oro en el Departamento del Meta. Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_Oro#/media/Archivo:Colombia_-_Meta_-_Fuente_de_Oro.svg

_Fuente_de_Oro.svg

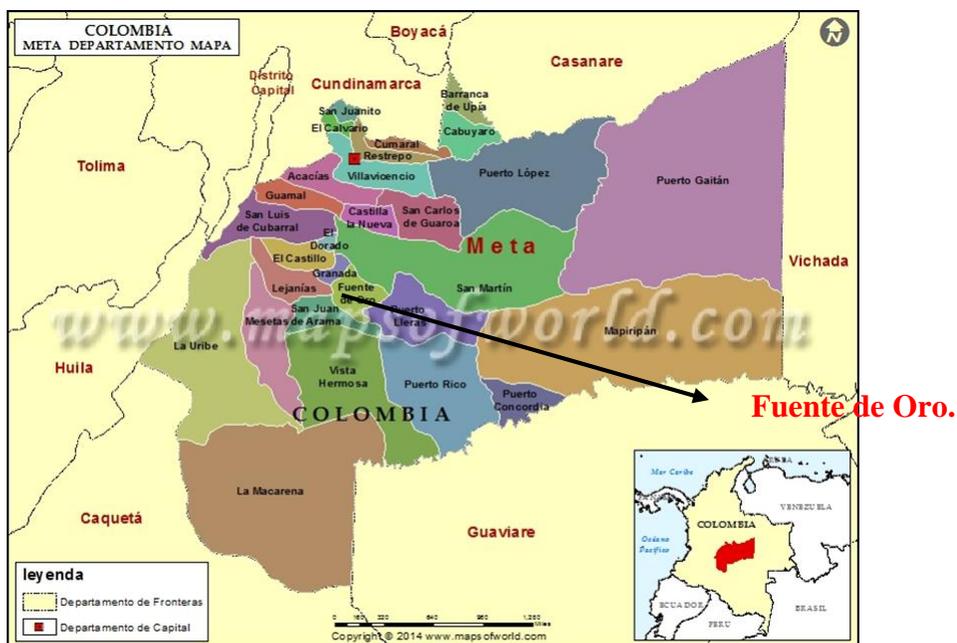
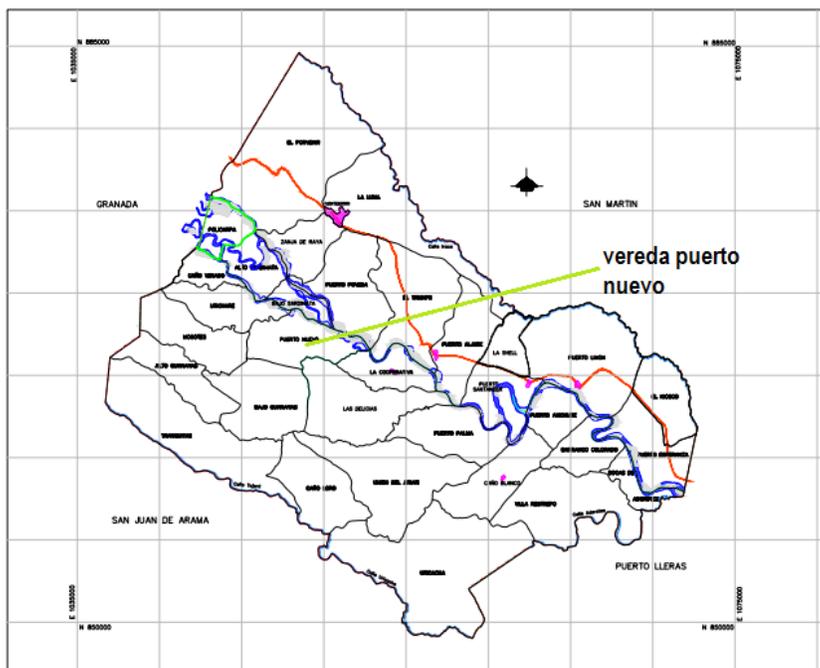


Figura 2.

Ubicación de la Vereda Donde se Ejecutó el Proyecto. Fuente: (Alcaldía de Fuente de Oro, 2015). <http://www.fuentedeoro-meta.gov.co/mapas/zona-rural-veredas-fuentedeoro>



El municipio se destaca por su producción de arroz, plátano, maíz, soya, palma africana, maracuyá, cacao, yuca y papaya. Igualmente se realizan actividades de engorde de ganado para ser comercializado con las ciudades de Villavicencio y Santafé de Bogotá. En menor escala se desarrolla la industria ladrillera, extracción de materiales de río y unas pequeñas empresas productoras de almidón de yuca y quesos (Alcaldía de Fuente de Oro, 2015).

3.6. Bases contextuales

3.6.1. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

3.6.1.1. Plagas en el cultivo de maíz

Dentro del cultivo de maíz generalmente existe una serie de plagas que en su mayoría atacan varias partes de la planta, algunas de ellas son: plagas que atacan en el cogollo ocasionado por plagas primarias como *Spodoptera* spp., daños en mazorca ocasionados por *Helicoverpa zea* (Boddie), daños en raíces y tallos jóvenes producidos por *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), , daños en follaje a causa de *Diabrotica* spp., daños en panojas ocasionados por plagas ocasionales como los pulgones, daños en el grano de maíz ocasionados por el gorgojo *Pagiocerus frontalis* (Fabricius), entre otros (Injante et al, 2010).

3.6.1.2. Origen y diversidad.

El maíz es una planta que por su clasificación taxonómica (Tabla 1) es perteneciente a las Poaceae. Esta planta de origen netamente americano, algunos expertos creen que la domesticación se logró en el Valle de Tehuacán, México, siendo la caverna Guilá Naquitz, ubicada en el estado mexicano de Oaxaca, uno de los sitios en donde se han encontrado las evidencias más antiguas del proceso de domesticación. De cualquier modo, la planta se cultiva en América desde hace 7,500-12,000 años, más o menos, a partir de un pariente cercano. Tolera una amplia gama de climas: húmedos, cálidos, templados, etcétera, y es un cultivo importante en muchas regiones del mundo, puesto que ya es habitual en lugares de donde no es nativo. Aun así, no tolera bien el frío, por lo que los agricultores tienen que prever las condiciones idóneas para su crecimiento (Quispe, 2015).

Desde hace 8,700 años se han encontrado evidencias del cultivo de maíz, entre variedades silvestres y cultivadas existen barreras de cruzamiento, pero, es posible la hibridación

entre ambas, a la llegada de los españoles ya se encontraba difundido por todo América, siendo denominadas como teocinte a las variedades silvestres, que se encuentran distribuidas en Mesoamérica, cercanas al cultivo tradicional de maíz en México y Guatemala, sus centros de diversidad son Mesoamérica y los Andes, donde se conserva un gran número de razas bajo un cultivo tradicional en las comunidades donde se les nombra razas nativas o criollas y su cultivo posee una larga tradición, distinguiéndolas de las razas mejoradas provenientes de programas de mejoramiento foráneos (Quispe, 2015).

3.6.1.3. Clasificación taxonómica

Tabla 1.

Clasificación Taxonómica del Maíz. Fuente: CABI

Árbol taxonómico	
Dominio	: Eukaryota
Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Cyperales
Familia	: Poaceae
Género	: <i>Zea</i> L., 1753
Especie	: <i>mays</i> L., 1753

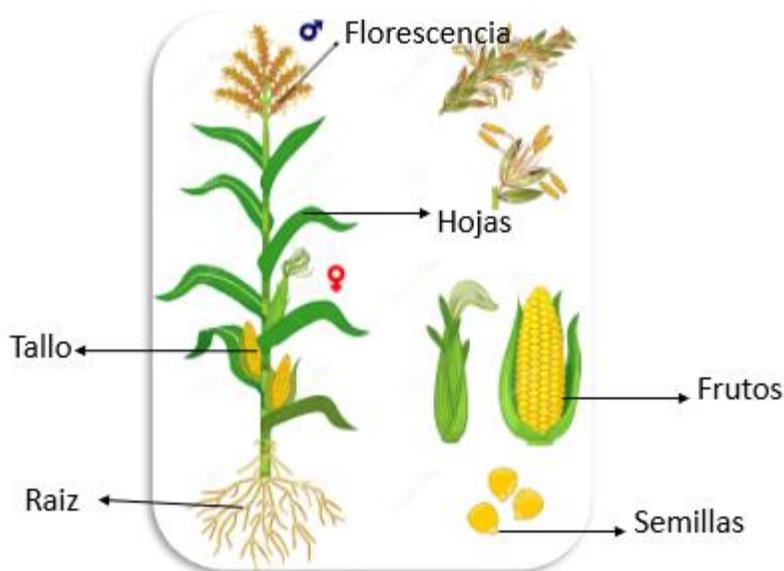
3.6.1.4. Morfología del maíz

En la Figura 3, se presenta la Morfología del maíz, según varios autores.

Figura 3.

Morfología del Maíz.

Fuente: <https://es.dreamstime.com/partes-de-la-planta-morfolog%C3%ADa-del-ma%C3%ADz-con-las-hojas-el-sistema-ra%C3%ADz-frutas-y-flores-verdes-aislados-en-fondo-blanco-image146924894>



Raíz: El sistema radical, consiste en dos sistemas de raíces: raíz seminal (temporaria) originada en el embrión y raíces adventicias (permanente) que se originan luego de la germinación en el tallo (Dávalos, 2017).

El sistema radicular se origina en el punto de crecimiento del hipocótilo de la redícula del embrión, queda formado a los pocos días, por tres pequeñas raíces seminales, en conjunto con la redícula; a los ocho días se inicia el desarrollo de los primordios radiculares adventicios en forma de coronas radiculares, luego de la salida del coleótilo por alargamiento del mesocótilo, que posteriormente constituirán el sistema radicular fibroso definitivo, eliminando el sistema radicular seminal inicial. La epidermis, los pelos absorbentes, la corteza y los haces vasculares se encuentran formados en la raíz principal joven. Alejadas de la punta de la raíz, nacen las raíces secundarias, en la zona de diferenciación, donde están bien definidos los tejidos (Dávalos, 2017).

Tallo: es un eje formado por nudos y entrenudos, de número y longitud variable, tiene entrenudos muy cortos en la parte inferior y subterránea del tallo de los que salen las raíces principales y los brotes laterales; los entrenudos superiores son cilíndricos, se observa en corte transversal que la epidermis se forma de gruesas paredes y haces vasculares que cumplen la función del transporte del xilema y floema (De La Cruz, 2016).

Hojas: son generalmente, largas y angostas, envainadoras, están formadas por la vaina y el limbo, con nervaduras lineales y paralelas a la nervadura central. El crecimiento se realiza en el extremo exterior, quedando en la base la parte más vieja. El crecimiento en la vaina se efectúa en la parte superior. Solo hay parénquima esponjoso y los haces vasculares en el interior de las hojas. Las estomas están formadas por dos células estomáticas y se ubican en hileras paralelas a las nervaduras (Dávalos, 2017).

Flores: el maíz es una planta con flores unisexuales en la misma planta (monoica), las femeninas o pistiladas agrupadas en una espiga modificada denominada mazorca y las masculinas o estaminadas agrupadas en inflorescencia llamada panoja o penacho. La panoja está localizada en la parte terminal del tallo, presenta ramas primarias, secundarias y terciarias, donde se asientan las espiguetas constituidas por pares de espiguillas, que tienen un arreglo simple espiral o dístico. Las espiguillas son bifloras, formadas por dos flores masculinas o estaminadas cada una con un pistilo rudimentario y tres estambres; y cada estambre posee dos anteras que producen abundante polen. La inflorescencia femenina está formada por una espiga modificada, situada en la axila de la hoja, localizado en la parte media del tallo, en la parte superior del nudo (Dávalos, 2017).

La espiga o inflorescencia femenina, es conocida como mazorca, incluye el eje central o coronta y donde insertan las flores que darán origen a los granos (Pinedo, 2015).

Frutos y semillas: El fruto o grano del maíz es un cariopse, cuyo pericarpio o pared del ovario está fundida con la testa o cubierta de la semilla y ambas están conjuntamente combinadas conformando la pared del fruto. Tres partes principales constituyen al fruto maduro: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La capa de aleurona es la parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto (Justiniano, 2010).

3.6.1.5.Fenología

La fenología en la agricultura es la ciencia que estudia el comportamiento y observación de los estadios de desarrollo vegetativo y reproductivo en las plantas teniendo en cuenta los factores climáticos (Azón-Bieto y Talón 2008).

Una etapa fenológica es cuando la planta pasa de una fase a otra, es decir, pasa de una fase de crecimiento o vegetativa a la fase reproductiva (Mújica, 1988).

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de este evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas (SENAMHI, 2011).

Para el cultivo de maíz se han considerado las siguientes etapas:

Siembra – emergencia (I etapa), Emergencia – panoja (II etapa), Panoja – espiga (III etapa), Espiga – maduración (IV etapa).

La suma de las cuatro etapas constituye el ciclo de vida del maíz. Cada una de estas etapas está influenciada por los elementos meteorológicos que en su conjunto constituyen el clima de una localidad.

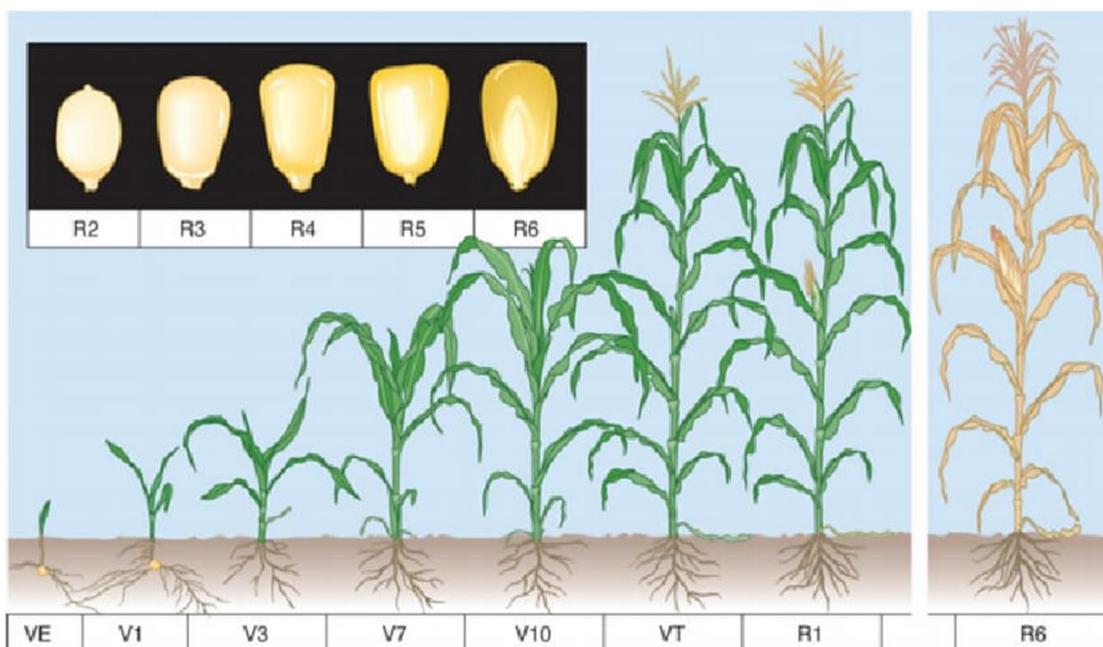
3.6.1.6. Desarrollo Fenológico del Maíz.

La Fenología del maíz se explica en la Figura 4 y en la Tabla 2.

Figura 4.

Etapas Fenológicas de la Fase Vegetativa y Reproductiva del Maíz.

Fuente: Valdez et al., 2012.



Teniendo en cuenta las etapas fenológicas (Tabla 2), tenemos que la aparición de hojas comienza desde que aparecen las dos primeras hojas hasta que llegue el inicio de la panoja.

Panoja: se observa salir la panoja de la hoja superior de la planta, sin ninguna separación de las hojas que la rodean.

Espiga: salida de los estigmas (barba o cabello), se produce a los 8 o 10 días después de la aparición de la panoja.

Maduración lechosa: se forma la mazorca y los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.

Maduración pastosa: los granos de la parte central de la mazorca adquieren un color típico del granó maduro. Los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa.

Maduración cornea: los granos de maíz se encuentran duros y la mayoría de las hojas se han vuelto amarillas o se han secado.

Tabla 2.

Etapas de Crecimiento del Maíz. (CIMMYT, 2004).

Etapas	Días	Característica
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n” (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo).
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panoja.
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se comienza a arrojar.

R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

Nota: VE (germinación y emergencia), V1 a Vn (etapas vegetativas), VT (etapa de transición), R (etapa reproductiva).

El ciclo vegetativo del maíz comprende los siguientes pasos:

Nascencia: es el periodo que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días.

Crecimiento: una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nascencia, de la planta, debe tener ya

cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formada todas sus hojas. Floración: a los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen, con una duración de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o de lluvias (Revelo, 2006).

Fructificación: con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados pelos del choclo, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma un tamaño definitivo, se forman los granos y aparecen en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón (Revelo, 2006).

Maduración y secado: hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35% de humedad. A medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más condiciones ambientales de temperatura, humedad ambiente, etc., que las caracteriza (Revelo, 2006).

3.6.1.7. Requerimientos edafoclimáticos.

El período vegetativo es incluido directamente por la temperatura y la luminosidad; temperaturas menores a 13°C provoca un crecimiento muy limitado, a temperatura media de 20° a 22°C se estima que será obtenido el máximo rendimiento y a más altas temperaturas, la radiación es reducida la duración de las hojas, es decir, el tiempo disponible para absorber radiaciones y es apenas más significativa y eficiente en la fotosíntesis, los requerimientos

hídricos en su ciclo vegetativo son de 600 – 800 mm, durante la germinación y floración no debe faltarle agua; el máximo requerimiento de agua se presenta 15 días antes de la floración hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena; la deficiencia en las tres semanas, que preceden a la floración femenina, en el aporte de agua y nutrientes especialmente nitrogenados, perjudicará de forma irreversible el resultado de la cosecha. Se adapta a una gran variedad de suelos, son preferibles suelos de texturas medias, bien drenados y sueltos con pH entre 5.5 y 7, puede ser un factor limitante la profundidad efectiva del perfil; el horizonte o capa compacta puede impedir la penetración de las raíces y producir trastornos nutritivos o fisiológicos que generará una disminución de la producción (De La Cruz, 2016).

3.6.2. Maíz Bt, Semilla De Maíz Amarillo DK 7088 Vt3pro

Este tipo de semilla presenta grandes fortalezas debido a su excelente cobertura de mazorca, a su alto potencial de rendimiento y su excelente sanidad de mazorca.

En cuanto a sus características agronómicas la altura de la planta es de 312 cm, la altura de mazorca es de 147 cm, los días a floración son de 58, los días a cosecha son de 130-140, su prolificidad es de uno y su textura y tipo de grano es semi cristalino.

Semilla De Maíz Amarillo Convencional DK 7088 RR

Este tipo de semilla presenta grandes fortalezas debido a su alto potencial de rendimiento, excelente cobertura de mazorca y a su excelente sanidad de mazorca.

En cuanto a sus características agronómicas la altura de planta es de 306 cm, la altura de mazorca es de 146 cm, los días a floración es de 60 días. Los días a cosecha es de 135-145 días, su prolificidad es de 1 y su textura y tipo de grano es semi cristalino.

4.3.4. Maíz clavito

Este material vegetal hace parte de las variedades locales, es conocido en la región como maíz Clavito, el cual se caracteriza por tener el grano en forma triangular, es del tipo de maíz amarillo duro, las plantas alcanzan una altura promedio de 2,5 m, esta variedad según los productores tiene un rendimiento de 2 toneladas en promedio esto sin hacer ningún manejo agronómico al cultivo. En cuanto a sus características el tamaño de la mazorca es de 25-35 cm, el color del grano es amarillo con forma alargado, el tamaño del grano es mediano y de consistencia duro, su ciclo de cultivo es de 5 a 6 meses. Generalmente esta variedad es utilizada para consumo familiar y en ocasiones para la venta (Jara, 1990).

4.3.5. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

4.3.5.1. Origen

Es una especie nativa de las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio occidental que abarca desde los E.U.A. hasta Argentina y Chile (Andrews y Howell, 1989); su amplia distribución se extiende desde el sur de Canadá, Florida y Louisiana en E.U.A, México, América Central, el Caribe- pasando por Colombia, Brasil y Venezuela, hasta llegar al centro de Argentina (Correa et al, 2015).

4.3.5.2. Taxonomía

El árbol taxonómico del gusano cogollero *S. frugiperda* se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3.

Clasificación Taxonómica del Gusano Cogollero. Fuente (CABI).

Dominio	Eukaryota
Reino	Metazoa
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidoptera
Familia	Noctuidae
Género	<i>Spodoptera</i>
Especie	<i>Spodoptera</i> <i>frugiperda</i>

4.3.5.3. Ciclo biológico

En estado adulto el gusano cogollero es una polilla con una expansión alar de 30 a 38 mm. Las alas anteriores son grisáceas o pardo grisáceas, en el macho estas manchas son más claras y con máculas más contrastantes. Las alas posteriores son prácticamente blancas, con una línea de color castaño sobre el margen externo. Una correcta identificación, es clave para detectar el inicio y los potenciales ciclos de reinfestación del cultivo (Rezende et al., 1994; Murúa et al., 2008).

A los 2 o 3 días después de la cópula, la hembra inicia la ovoposición, los huevos son colocados en grupos de 300 o más, generalmente en la cara inferior de las hojas, recubiertos por abundante pilosidad que la hembra produce (Figura 5). El estrato medio e inferior de la planta son los preferidos para la oviposición. Estas dos últimas características biológicas resultan de gran importancia para el correcto monitoreo y para la toma de decisiones agronómicas de la aplicación. Luego de 48 horas de efectuada la puesta, eclosionan las larvas, que permanecen

juntas, manifestando un alto porcentaje de canibalismo, sobreviviendo unas pocas que luego se dispersan y roen las láminas de las hojas jóvenes, respetando la epidermis opuesta (Andrews, 1980).

Figura 5.

Ciclo Biológico de la Plaga Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Andrews, 1980).



Son activas durante el día y la noche, a partir del IV estadio larval perforan las hojas o las destruyen desde sus bordes. En este momento mide 35 a 40 mm y posee una coloración general que varía entre el verde claro, rosado amarillento y el gris oscuro casi negro con tres líneas longitudinales amarillas. Sobre el dorso de la cabeza tiene un diseño en forma de "Y" invertido muy característico. Es en este estadio donde ingresa al cogollo de la planta, resultando muy difícil su control, ya que deja de estar expuesta y además se cubre con sus deyecciones (Murúa, 2006).

En general las larvas transcurren por 5 estadios, período que dura entre 15 a 30 días dependiendo de las condiciones ambientales. Cuando llegan al máximo desarrollo, las larvas descienden al suelo para empupar en una cámara de barro (Bautista, 2006).

4.3.5.4. Importancia económica

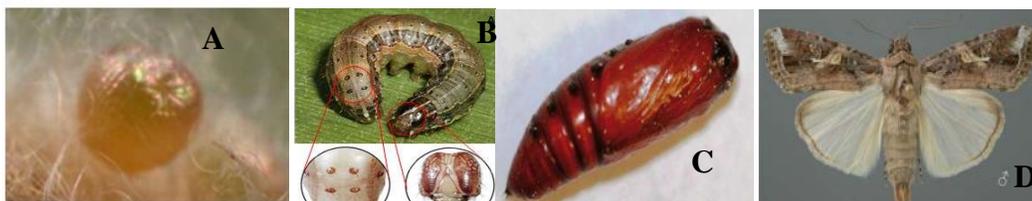
El cogollero del maíz *S. frugiperda*, es de mayor importancia económica en el sur de Estados Unidos, Centro y Sur América, destacándose entre sus huéspedes el maíz, el sorgo, la soya, el algodón, el arroz, remolacha, coliflor, repollo, entre otras (Andrewes, 1989). Las larvas, se alimentan de las hojas nuevas del maíz causando pérdidas económicas (Malo et al, 2001).

En Colombia, no existen estadísticas referentes a pérdidas confiables causadas por el insecto, pero en maíz tecnificado, se considera que un 5,6% a un 10% de los costos de producción corresponden al control químico de la plaga (Posada, 1989). Para Brasil, se reportan pérdidas del 17 al 38,7% de la producción del maíz, dependiendo del estado fenológico de la planta atacada y de la variedad sembrada (Malo et al, 2001).

4.3.5.5. Morfología de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

Figura 6.

Morfología de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Fuente (Capinera, 2020).



Nota: Posturas (A), larva (B), pupa (C) y adulto (D).

Los huevos son de color blanco amarillento brillantes de 0.5 mm de diámetro, esféricos y achatados en uno de sus polos. Ovipositados en masa y cubiertos con escamas gris rosadas de las hembras (Ojeda, 2018).

La larva de tipo eruciforme en sus primeros estadios es de color verde claro, con manchas y líneas dorsales. Posteriormente varía a verde castaño hasta el verde olivo con una “Y” amarilla invertida en la cabeza. Presenta tres líneas longitudinales de color blanco debajo de éstas a ambos lados tres franjas: la primera de color marrón nítida, seguida de otra casi amarillenta y la tercera rojiza. Longitud: 35 – 45 mm (Bautista, 2006).

La pupa de tipo obtecta es de color marrón oscuro y mide de 18 a 20 mm de longitud. (Bautista, 2006)

El adulto presenta dimorfismo sexual, en la hembra las alas anteriores son de color gris uniforme a marrón con manchas apenas perceptibles. Las alas del macho de color pardo grisáceo con un par de manchas irregulares y claras hacia la región central y una línea de color blanco hacia la región anal. Expansión alar; 30 – 38 mm (Bautista, 2006).

4.3.1.6 Daños y métodos de evaluación

Durante el ciclo vegetativo del cultivo, la Escala de Davis (Tabla 4 y Figura 7) permite identificar el nivel de daño alcanzado y relacionarlo con el tamaño de la larva presente en ese momento. Por ejemplo, valores de escala de 5 son causados por larvas L4-L5, ya alojadas en el cogollo. Valores de escala 1, 2 y 3 son causados por larvas menores a 1,5 cm de largo (estadios larvales de L1-L3), generalmente más móviles y más fáciles de controlar (Correa et al, 2015).

0-1: Sin daño, o con lesiones como las que hace un alfiler. Estas lesiones son causadas por larvas del primer estadio (L1). Es frecuente encontrar que durante esta etapa haya mayor cantidad de huevos que larvas eclosionadas (Correa et al, 2015).

2-4. Momento óptimo de control: Lesiones tipo "ventanita" o lesiones circulares pequeñas (de 1 a 1,5 mm de diámetro aproximadamente) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1 a 3 cm) sin membrana epidérmica consumida (raspado sin agujero). Estas lesiones son causadas por larvas de segundo y tercer estadio (L2-L3) (Correa et al, 2015).

Figura 7.

Daños y Métodos de Evaluación Según la Escala Davis. Fuente (Correa et al, 2015).



5-6: Agujeros de diferentes tamaños, daño en el cogollo visible con signos de poca cantidad de heces de consistencia blanda (todavía no es tapón tipo aserrín). Se pierde eficacia en el control por encontrarse las larvas dentro del cogollo. Sin embargo, un porcentaje de las mismas presentan cierta movilidad nocturna pudiendo ser alcanzadas por el insecticida aplicado. Larvas de estadios L4 y L5 (Correa et al, 2015).

7-8-9: Destrucción evidente del cogollo en diferentes grados, con tapón de heces tipo aserrín. Larvas L6 con tapón de aserrín que impiden por completo el control químico (Correa et al, 2015).

4.3.5.6. Distribución geográfica

S. frugiperda es un insecto polífago y se aclimata a diferentes zonas, lo que le permite una amplia distribución geográfica, siendo una especie nativa de las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio occidental que abarca desde el sur de Canadá, Florida y Louisiana en E.U.A, México, América Central, el Caribe- pasando por Colombia, Brasil y Venezuela, hasta llegar al centro y sur de Argentina (Correa et al, 2015). En América latina *S. frugiperda* ataca a diferentes cultivos entre ellos está el Frejol *Phaseolus vulgaris* L., algodón *Gossypium hirsutum* L., maní *Arachis hypogaea* L., soja *Glycine max* (L.) Merr., maíz *Zea mays* L., arroz *Oryza sativa* L.; entre otros (Andrews, 1980).

Más recientemente, *S. frugiperda* es registrado en 2016 en el continente africano, en Nigeria, Santo Tomé, Benin y Togo (Goergen et al, 2016). Ahora se ha confirmado en más de 30 países africanos (FAO, 2019).

En 2018, se reportó *S. frugiperda* en la India (Ganiger et al., 2018 y IITA, 2018); en Karnataka (Icar-Nbair, 2018). La plaga también se ha informado en Bihar, Chhattisgarh, Gujarat, Maharashtra, Odisha, Tamil Nadu, Telangana y Bengala Occidental (Icar-Nbair, 2018 y Eppo, 2019). También se ha informado de *S. frugiperda* en Myanmar (CIPF, 2019), Sri Lanka (FAO, 2019), China (FAO, 2019), Bangladesh (FAO, 2019), Tailandia (CIPF, 2018) y la República de Corea (CIPF, 2019) e informes de gusano cogollero en Japón (IPPC, 2019).

4.3.5.7. Manejo integrado

Teniendo en cuenta el Manejo Integrado de Plagas (MIP) a continuación se mencionan algunos de los controles más importantes para el manejo de *S. frugiperda*:

Prácticas culturales

La manipulación de las fechas de siembra de modo que el cultivo pase a través de las etapas más susceptibles cuando la población de insectos es baja no le cuesta nada al agricultor y puede ayudar a reducir el daño de los insectos. Las siembras tempranas por lo general reducen las poblaciones de los gusanos blancos y de *S. frugiperda* en el maíz (Andrews y Howell, 1989).

El uso de labranza mínima ayuda a reducir las poblaciones de cogollero, el maíz intercalado con fríjol presenta menos daño que cuando el maíz se siembra en monocultivo. Cabe resaltar que la realización riegos por aspersión en maíz y sorgo ayuda a reducir las larvas en estados 1° y 2°, así como también el buen manejo y control de malezas hospederas, especialmente de *Digitaria* sp., antes de la siembra (Johnson et al, 1984).

Monitoreo Sistemático

Desde la emergencia del cultivo de maíz con la finalidad de registrar presencia de la plaga (idealmente adultos, oviposiciones o larvas pequeñas), su evolución e identificar posibles daños. Revisar al menos 50 plantas consecutivas y registrar la presencia de larvas y daño en las hojas (Nava, 2006).

La utilización de otros tipos de dispositivos, que ayudan a predecir con anticipación la dinámica poblacional de dicha plaga, por ejemplo, el uso de trampas luz son una buena herramienta que podría contribuir a detectar en forma temprana la presencia de adultos de esta plaga y sus niveles poblacionales en los sistemas productivos (Nava, 2006).

Enemigos Naturales

Las primeras generaciones de esta especie son controladas eficazmente por avispas parasitoides como *Telenomus* sp., y *Trichogramma* spp., los cuales parasitan los huevos de *S. frugiperda* (hospedante), colocando un huevo en su interior. La larva del parasitoide, luego de

consumir por completo el huevo destruyéndolo, lo abandona, saliendo el adulto el cual es de vida libre, buscando nuevos huevos hospederos; por otro lado, las larvas del cogollero son parasitadas por una serie de parasitoides dípteros e himenópteros; de la misma manera tiene un gran número de depredadores como los coccinélidos, neurópteros, entre otros, que depredan huevos y larvas de *S. frugiperda* (Gutiérrez-Martínez et al, 2012).

Control biológico

Un gran número de himenópteros parásitos, que actúan como parasitoides larvales, se han criado a partir de *S. frugiperda*, y se registran muchos depredadores, los controles naturales son de considerable importancia ya que los niveles naturales de parasitismo larvario son a menudo muy altos (20-70%), principalmente por avispas braconíidas. Entre el 10% y el 15% de las larvas suelen morir a causa de patógenos (Molina et al., 2003).

El compuesto N- (17-hidroxi-linolenil) -L-glutamina llamado volicitina se aisló de las secreciones orales de larvas de *Spodoptera exigua* (Hübner). Al aplicarse en hojas dañadas de plántulas de maíz, la volicitina indujo a las plántulas a emitir compuestos volátiles que atraían a las hembras del parasitoide *Cotesia marginiventris* (Cresson). El daño mecánico de las hojas, sin la aplicación de este compuesto, no provocó la liberación de la misma mezcla de volátiles. La volicitina parece regular las interacciones tritróficas entre plantas, insectos herbívoros y enemigos naturales de *S. exigua* (Alborn et al., 1997).

Bioplaguicidas

Los insecticidas a base de virus, que en su mayoría pertenecen al grupo de los baculovirus, como el nucleopoliedrovirus múltiple (SfMNPV), tienen potencial para su uso en el manejo del gusano cogollero (Behle y Popham, 2012). Son altamente específicos del hospedador, no patógenos para los insectos beneficiosos y otros organismos no objetivos, y son

candidatos atractivos para el manejo integrado de plagas. El SfMNPV es específico solo para el gusano cogollero. La plaga se infecta al ingerir el baculovirus. Los síntomas de la infección por baculovirus incluyen la aparición de imperfecciones, coloración amarillenta de la piel y disminución de la alimentación (Behle y Popham 2012).

Metarhizium anisopliae (Metschnikoff) Sorokin y *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, también han demostrado eficacia contra huevos y larvas de segundo estadio del gusano cogollero, *B. bassiana* causa una mortalidad moderada del 30% en larvas de segundo estadio. *M. anisopliae* provoca una mortalidad de huevos de 79,5 a 87,0% en condiciones de laboratorio (Komivi et al, 2019).

Control químico

En algunas áreas, la resistencia a los insecticidas puede estar generalizada y el control puede ser difícil. Insecticidas recomendados para *Spodoptera* spp., incluyen esfenvalerato, carbarilo, clorpirifos, malatión, permetrina y lambda-cihalotrina (Anon, 1997). Se ha demostrado que cinco compuestos insecticidas utilizados contra el gusano cogollero (cipermetrina, deltametrina, lambda-cihalotrina, permetrina y clorpirifos) permanecían en el suelo, este solo se recomienda cuando las afectaciones de la plaga son severas y previamente deben ser revisadas y formuladas por un ingeniero agrónomo (Komivi et al, 2019).

Manejo etológico

El uso de Trampas con atrayentes como las de feromonas sexuales y las de luz amarilla, son trampas que sirven para determinar las primeras migraciones en el cultivo, así como también, establecer las primeras emergencias, evaluar los niveles de la población, permite evaluar métodos de control y tratamientos, decidir oportunamente las aplicaciones de insecticidas y

establecer una dinámica poblacional, también permite medir presencia y niveles de población de adultos en épocas en donde no esté establecido el cultivo, de este modo hay que colocar las trampas desde antes de la siembra y mantenerlas durante todo el ciclo y en constante mantenimiento (CIMMYT, 2018).

Trampeo masivo con trampas de feromonas, aumentan la posibilidad de contar con información específica para tomar decisiones en cuanto al control de la plaga de gusano cogollero, resaltando que el control varía dependiendo de las necesidades de cada productor (CIMMYT, 2018).

4.3.6. Feromonas sexuales en insectos

El termino feromona fue propuesto por Karlson y Buternandt por los años 1959 (Anaya y Contreras, 2003). Las feromonas son señales o sustancias químicas que son emitidas por insectos para permitir la comunicación con insectos de su misma especie (Hidalgo, 2017).

Según indica Zagatti (1989), las feromonas se clasifican por su modo de acción o por el tipo de comportamiento que ocasionan y se dividen en: Las feromonas de distribución espacial, las feromonas de marcación, las feromonas de agregación; las feromonas de alarma y las feromonas sexuales.

4.3.6.1. Feromonas sexuales.

Según Zagatti (1989), son sustancias que pueden emitir tanto hembras como machos para llegar al momento de la copula. Las feromonas que se utilizan para el manejo y control del *S. frugiperda* son las de origen sexual. Basándose en este principio, se ha logrado estudiar tanto la

síntesis, expulsión y percepción, logrando sintetizarlas y aprovecharlas en la agricultura (Vergara, 2000).

Principios básicos para considerar a una feromona como sexual.

Se pueden considerar 3 principios o estándares básicos para denominar a una feromona como sexual, según (Romero et al, 2005):

- Determinar si esta constituidas por 2 o más componentes químicos emitidos en ciertas proporciones.
- Confirmar si atraen a individuos del sexo opuesto, mediante pruebas de campo y laboratorio.
- Localización del sitio de producción y liberación de la feromona, ya sea un epitelio glandular o el resultado de una relación simbiótica del insecto, una feromona sexual se puede ser considerada como tal, si cumple con los dos primeros requerimientos, aunque no se conozca la fuente productora.

4.3.6.2. Uso de la feromona sexual

En el caso del *S. frugiperda*, la feromona sexual se puede usar en: trampeo masivo y monitoreo. El trampeo masivo es cuando se coloca un elevado número de trampas para capturar el mayor número de machos posibles. En cambio, el monitoreo, es el más usado, se usa para contar las poblaciones y determinar la vía de ingreso del insecto a la parcela, posteriormente se toman decisiones de realizar un control químico o biológico (Vergara, 2000).

Existen 2 formas de usar las trampas.

•Las trampas adhesivas, son aquellas en el cual, el efecto de la feromona es atraer al insecto macho y mediante una especie de material adhesivo se quedan impregnadas en el material que va a funcionar como trampa (Peet, 1995).

- Las trampas de capturas, cumplen la misma función, la cual es, atraer al insecto macho y estos quedan capturados en un medio acuoso que se coloca dentro de un envase de plástico; ya sea de elaboración artesanal o comprada ya elaboradas (Peet, 1995).

Bosa et al, (2005), existe otro método llamado Confusión sexual; el cual consiste en liberar una gran cantidad fuentes emisoras, cargadas con una cantidad considerable de feromonas sexuales de la hembra, con el fin de engañar al insecto macho al no poder localizar a la feromona emitida por el insecto hembra.

4.3.6.3.Expulsión y percepción feromonal.

Para poder comprender como funcionan las trampas con feromonas, se debe de entender el proceso de percepción de estas sustancias químicas por parte del insecto a atraer.

De forma natural, la hembra expulsa este tipo de sustancia química llamada feromona sexual para la atracción del macho. Esta sustancia es expulsada por la hembra, especialmente por la noche, colocándose en una postura de llamada, abriendo sus alas y sacando su glándula feromonal, la cual está localizada en el último segmento abdominal, son expulsadas al ambiente y percibidas por el macho mediante las sensilias localizadas en las antenas (órgano principal de percepción de las feromonas), en estas sensilias se encuentra la linfa sensilar, donde se encuentran las células receptoras, la cutícula de la sensilia está llena de poros donde entra las moléculas odoríferas “feromonas” son receptadas por las proteínas, existiendo 2 grupos; pero, la que interviene en este proceso se denomina “Pheromone binding preteins”, otro grupo es encargado de los otros olores generales las “PBPs”, que son las encargadas de llevar estas moléculas hasta las dendritas de las células receptoras, estas moléculas olfativas se convierten en respuesta bioeléctricas mediante un procesos de recepción neuronal, esta información llega hasta el proctocerebro y es aquí en donde se traduce la información olfativa (Acín-Viu, 2009).

Una vez que el insecto interpreta la información procede a la vibración de antenas, aletea en búsqueda del rastro, mediante un vuelo en zigzag; al encontrarse con la pareja comienza el comportamiento de cortejo y otras señales como visuales, táctiles, sonoras y químicas (Zagatti, 1989).

4.3.6.4. Feromona sintética.

Es aquella feromona a la cual, el componente principal de la feromona sexual es identificado y posteriormente aislado, luego, mediante procesos de laboratorio e identificación de respuestas en campo, es incorporada a otros compuestos, con el fin de imitar la atracción natural de los insectos; las presentaciones comerciales pueden ser de forma de corcho o forma de un gel (Reyes y Varela, 2018).

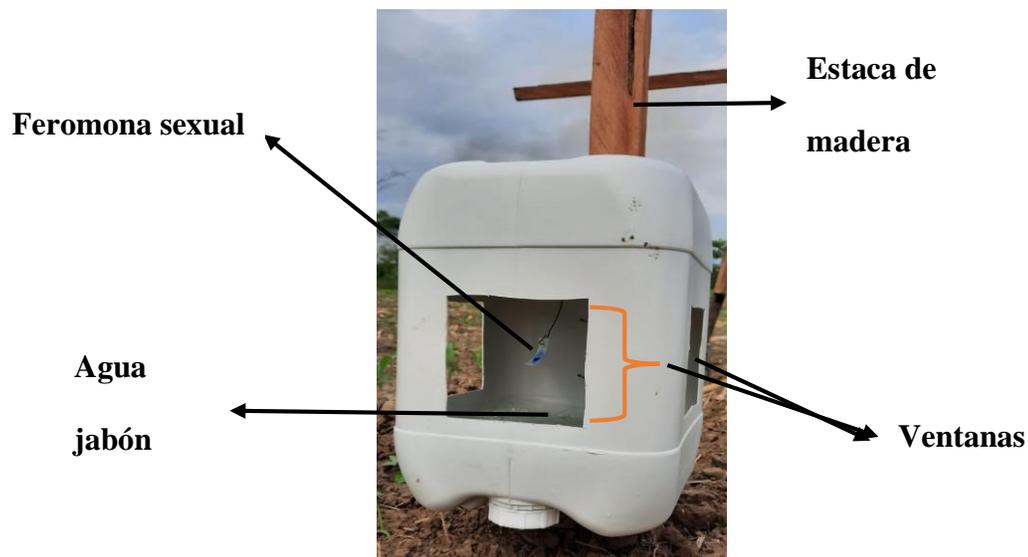
4.3.7. Elaboración de las trampas

En cuanto a la fabricación de las trampas, fue totalmente casera, en donde se cortaron 12 estacas de madera de 3,50m de largo, también se utilizaron 12 galones de 20 litros a los cuales se les diseño tres ventadas para que sirvieran de entrada de los adultos de *S. frugiperda*. Estas ventanas se realizaron de la siguiente manera, dos aberturas laterales a una altura de 10cm de la base del galón con un diámetro cuadrado de 13 cm y una frontal a una altura de 10 cm de altura de la base con un diámetro cuadrado de 15cm (Figura 8), en donde se colocaron las feromonas y se les añadió agua jabón en la base de los 10 cm con la finalidad de que los adultos quedaran atrapados.

Cada trampa está compuesta por una estaca de madera, un galón de 20L, un sobre de feromona y agua jabón (Figura 8). Cabe resaltar que las trampas se colocan sobre el nivel foliar, es decir que a medida que el cultivo iba creciendo estas se iban levantando de tal manera que se evitara que el nivel foliar del lote las tapara.

Figura 8.

Componentes de las Trampas. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.



4.3.8. Marco legal

Para la realización del trabajo de grado de estudiantes de la Universidad de Pamplona, se deben seguir los lineamientos del reglamento estudiantil según el acuerdo número (186 del 02 de diciembre de 2005), en el cual el Capítulo VI de Trabajo de Grado menciona a los artículos 35 y 36:

ARTÍCULO 35.- Define Trabajo de Grado como el Plan de Estudios de los programas, en el cual la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.

b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.

c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

d. Formular y evaluar proyectos.

e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión (Documento reglamento de trabajo de grado 2018).

ARTÍCULO 36.- Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades:

- a. Investigación: comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al Director de Departamento el Anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y Cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación (Documento reglamento de trabajo de grado 2018).

Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en las buenas prácticas agrícolas (BPA) se encuentra el manejo integrado del cultivo, es un sistema multidisciplinario que busca aplicar las técnicas, métodos y recursos disponibles que son aceptados para reducir o mantener las poblaciones de plagas por debajo del nivel de daño económico. Todos los componentes de

este sistema requieren de una buena orientación que apoye las acciones de manejo que se deben realizar. La clave de este manejo integrado del cultivo está en realizar las labores en el momento oportuno, de acuerdo con las condiciones agroecológicas de la región y con la asesoría de un ingeniero agrónomo competente que nos garanticen la productividad e inocuidad de las frutas y hortalizas producidas (Johnson et al, 1984).

A través del tiempo el gobierno, aunque ha tomado en cuenta alguna de las recomendaciones hechas por los gremios y los institutos de investigación, requiere de una mayor acción, sobre todo en lo que respecta al desarrollo de una mayor actividad para dar un mejor cubrimiento en la transferencia de tecnología, especialmente hacia el pequeño agricultor (Johnson et al, 1984).

RESOLUCIÓN 13025 (26/08/2019); Autorizar a la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya - FENALCE, siembras comerciales de los genotipos de Maíz que contengan el evento TC 1507 (DAS-01507-1), EN LAS SUBREGIONES NATURALES Caribe Húmedo, Caribe Seco, Valle Geográfico del Río Cauca, Valle Geográfico del Río Magdalena, Orinoquia y área Cafetera, con altitud entre 1200 a 1800 msnm (Decreto 1071 de 2015).

RESOLUCIÓN 30332 (17/08/2018); La cual autoriza a la empresa Syngenta S.A., el uso del maíz MZIR098 (SYN-ØØØ98-3), para consumo directo y/o como materia prima para la elaboración de alimentos para animales domésticos (Decreto 1071 de 2015).

RESOLUCIÓN 25845 (28/05/18); el cual Autoriza a la empresa Syngenta S.A., el uso del maíz Bt11 x MIR162 x MIR604 x MON89034 x 5307 x GA21 (SYN-BT Ø11 x SYN-IR162-4 x SYN-IR6Ø4-5 x MON89Ø34-3 x SYN-Ø53Ø7-1 x MON-ØØ21-9), para consumo directo

y/o como materia prima para la elaboración de alimentos para animales domésticos (Decreto 1071 de 2015).

RESOLUCIÓN 25844 (28/05/2018); Autorizar a la empresa Syngenta S.A., el uso del maíz Bt11 x MIR162 x MON89034 (SYN-BT Ø11 x SYN-IR162-4 x MON89Ø34-3), para consumo directo y/o como materia prima para la elaboración de alimentos para animales domésticos (Decreto 1071 de 2015).

RESOLUCIÓN 19507 (23/01/2018); Autorizar a la empresa Syngenta S.A., siembras comerciales del maíz Bt11 x MIR162 x MON89034 x GA21 (SYN-BTØ11-1 x SYN-IR162-4 x MON-89Ø34-3 x MON-ØØØ21-9) en las subregiones naturales donde los eventos individuales y/o conjuntos se encuentren aprobados, como son Valle Geográfico del Rio Cauca, Valle Geográfico del Rio Magdalena, Caribe Húmedo y Orinoquia Colombiana (Decreto 1071 de 2015).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de grado se enmarca en la Modalidad de Trabajo de Investigación, siendo la investigación de carácter experimental.

Hipótesis Alterna: Hay al menos un tratamiento que presenta diferencias significativas con los demás.

Sistema de Variables

VARIABLES DEPENDIENTES

- a. Niveles poblacionales de adultos de cogollero.
- b. Número de plántulas trozadas.
- c. Número de masas de huevos de cogollero.

- d. Número de larvas de cogollero.
- e. Niveles de daño de larvas de cogollero.

Variables independientes (Tratamientos)

- a. Cultivares

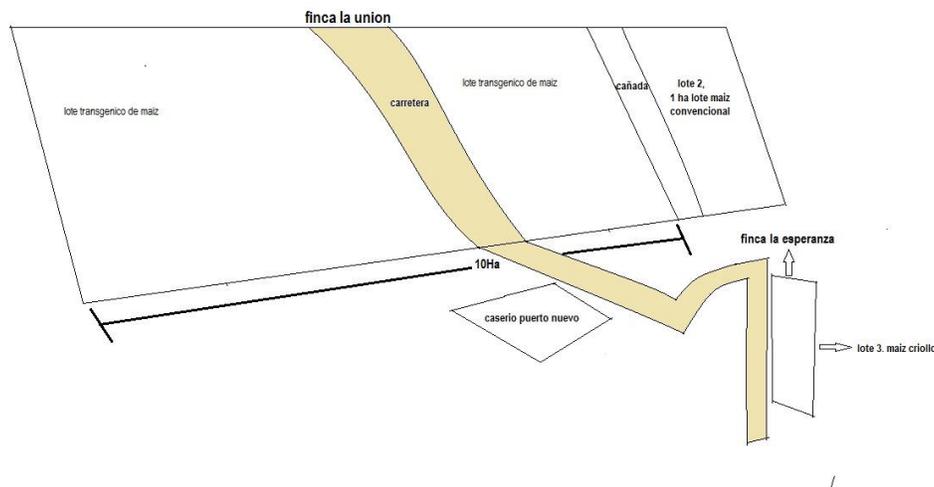
4.2. Diseño de la Investigación

El experimento se llevó a cabo en el cultivo de maíz *Z. mays*, en la vereda Puerto Nuevo, municipio Fuente de Oro, Meta. El periodo experimental estuvo comprendido entre los meses de febrero a junio de 2021.

El diseño experimental fue completamente aleatorio, compuesto por tres parcelas de una hectárea cada una. En la primera parcela se sembró maíz criollo Clavito, ubicado en la finca La Esperanza que se encuentra al frente de la segunda y tercera parcela, a unos 100 metros de distancia, en la segunda parcela se sembró un híbrido DK 7088 RR convencional de la zona; en la tercera parcela se sembró un híbrido modificado genéticamente DK 7088 VT 3 PRO (OMG Bt), ambos localizados en la finca La Unión, separados por una cañada (Figura 9).

Figura 9.

Plano General de la Ubicación de las Tres Parcelas en las Fincas La Unión y La Esperanza, en la vereda Puerto Nuevo, Municipio Fuente de Oro, Meta. (Fuente autor Yojhana Borja).



Lo único similar que tuvieron las parcelas, fue que, en las tres se instalaron 4 trampas con feromona sexual para la captura de los adultos machos del cogollero por hectárea (Figura 13), a diferencia fue, que tanto en la parcela 2 y 3 su manejo fue totalmente tecnificado, en donde se realizaron las mismas actividades, en cuanto a la preparación del terreno fue totalmente mecanizada, la siembra se realizó con sembradora y se le realizaron aplicaciones para control de malezas e insectos, por otro lado en la parcela 1 su manejo fue totalmente distinto, ya que la preparación del suelo fue totalmente manual (con azadón) y no se le realizó ningún control tanto en plagas como en malezas. En cada una de las parcelas se tomaron al azar 10 sitios y en cada sitio se revisaron 10 plantas continuas, donde se evaluaron plántulas trozadas, masas de huevos, larvas y nivel de daño por el cogollero.

Los Tratamientos fueron los siguientes (Figura 10, Figura 11 y Figura 12).

Figura 10.

Parcela (Tratamiento 1) Maíz Clavito (Criollo). Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.



Figura 11.

Parcela (Tratamiento) DK 7088 RR (Convencional).



Figura 12.

Parcela (Tratamiento 3) DK 7088 VT 3 PRO (OMG Bt). Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.



Nota: A (subida de trampas a nivel foliar) y B (adición de agua jabón).

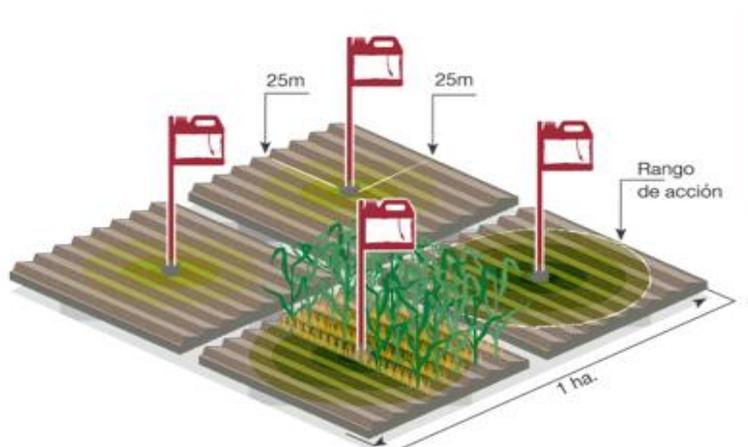
4.3.Descripción de las actividades

Comparar la dinámica poblacional de adultos machos de cogollero en tres cultivares de maíz con manejo técnico diferente:

En cada una de las parcelas se instalaron cuatro trampas con feromona sexual de *S. frugiperda*, según el Protocolo de Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT, 2004). Separadas a 50 metros entre ellas y a 25 metros de las orillas del terreno (Figura 13), a las cuales les se renovó semanalmente el agua y mensualmente la feromona fue reemplazada, hasta la cosecha.

Figura 13.

Disposición de las Trampas con Feromona Sexual de S. frugiperda en Cada una de las Parcelas. Fuente: (CIMMYT, 2004).



Instaladas las trampas, inmediatamente después de la germinación de las plántulas hasta la cosecha, se procedió semanalmente a realizar el conteo de adultos machos capturados en cada una de las trampas con feromona sexual y en cada de las parcelas (Anexo 2).

Determinar la población de masas de huevos, larvas y nivel de daños del gusano cogollero en tres cultivares de maíz con manejo técnico diferente:

Desde el momento de la germinación de las plántulas de maíz, se iniciaron las evaluaciones de los daños y el inicio de la oviposición de las hembras de *S. frugiperda*. En cada parcela se tomaron completamente al azar 10 sitios y 10 plantas por sitio cada 8 días, donde se evaluó el número de plántulas cortadas o trozadas; de la misma manera, se realizó la evaluación del número de posturas del cogollero, las cuales se reconocen fácilmente, principalmente localizadas en el envés de las hojas (Anexo 1). Igualmente, el número de larvas por sitio fueron contabilizadas.

Los datos de plantas trozadas, masas de huevos y número de larvas/sitio se contaron y se evaluaron con base a las diez plantas/sitio tomadas totalmente al azar en cada sitio muestreado, mediante el Instrumento diseñado para tal fin (Anexo 2).

Mediante la Escala de Davis (1992) modificada, se evaluaron los niveles de daños causados en el follaje por larvas del cogollero, desde la germinación de las plántulas y durante

todo el crecimiento vegetativo (VE, V1, V3, V7, V10, VT), hasta el inicio de la etapa fenológica reproductiva (R1) (Tabla 4).

Tabla 4.

Escala de Davis Modificada, Para Evaluar los Niveles de Daños Causados por el Gusano Cogollero, en las Tres Parcelas Experimentales. Fuente: Adaptada de (Davis, 1992).

Escala	Daños	Estado larval
0	Sin daño	0
1	Con lesiones como las que hace un alfiler. Estas lesiones son causadas por larvas del primer estado. Es frecuente encontrar que durante esta etapa haya mayor cantidad de huevos que larvas eclosionadas.	L1
2	Lesiones tipo "ventanita" o lesiones circulares pequeñas (de 1 a 1,5 mm de diámetro aproximadamente) causadas por larvas en su primer estado.	L2
3	Pocas lesiones alargadas pequeñas (1,5 a 3 cm) sin membrana epidérmica consumida (raspado sin agujero, ventanas). Estas lesiones son causadas por larvas de tercer estado.	L3
4	Agujeros de diferentes tamaños, daño en el cogollo visible con signos de poca cantidad de heces de consistencia blanda (todavía no es tapón tipo aserrín). Causadas por larvas de cuarto estado.	L4
5	Destrucción inicial de cogollos, con presencia de heces blandas, causados por larvas en quinto estado de desarrollo.	L5

6	Destrucción parcial o total del cogollo en diferentes grados, con tapón de heces tipo aserrín. Causado por larvas de sexto estado de desarrollo.	L6
---	--	----

Relacionar las capturas de adultos/trampa/semana con plántulas trozadas, número de masas de huevos, larvas de cogollero y porcentaje de daño con el manejo técnico diferente, realizado en cada una de las parcelas:

Una vez obtenidas todas las variables dependientes como plántulas trozadas, número de masas de huevos, larvas de cogollero y porcentaje de daño foliar, se relacionaron con capturas de adultos/trampa/semana, en cada una de las parcelas.

Los datos de las variables dependientes plántulas trozadas, número de masas de huevos, larvas de cogollero y porcentaje de daño foliar, se relacionaron con capturas de adultos/trampa/semana, en cada una de las parcelas (Tratamientos). Esta información se analizó mediante el Software SPSS Statistics 26.0, con el cual se realizó un Análisis de Varianza, previa comparación de la normalidad de datos y homogeneidad de varianzas, seguido del test de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia $p \leq 0,05$.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

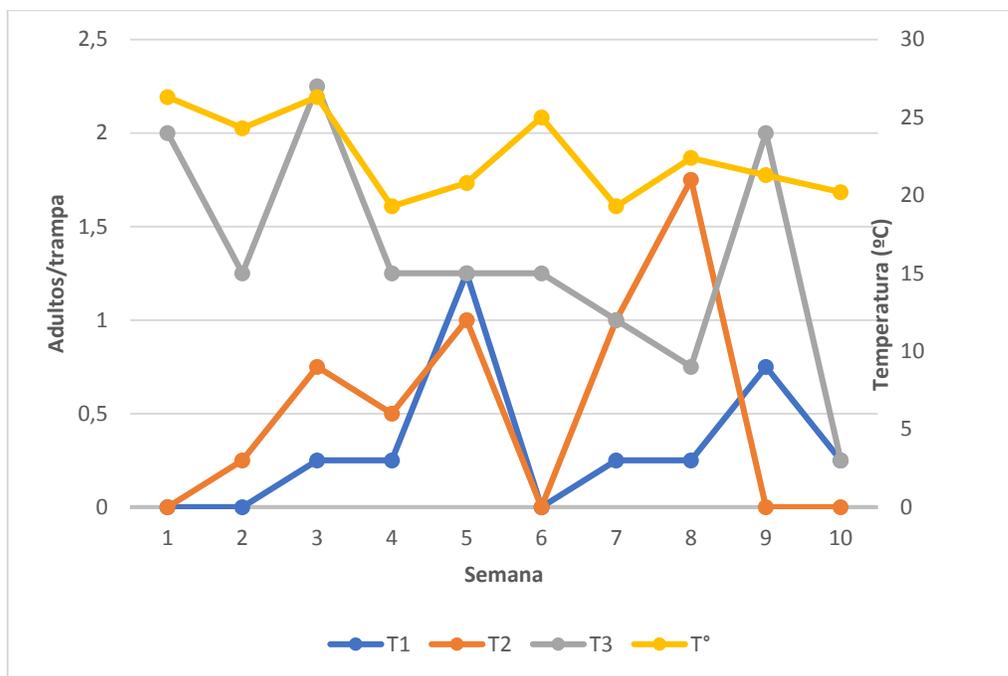
Promedio de adultos de *S. frugiperda* capturados en trampas con feromona sexual.

La fluctuación poblacional de adultos de *S. frugiperda* durante las diez semanas de monitoreo se observa en la Figura 14, en donde es notoria y casi constante en la parcela de maíz Bt, presentándose desde el inicio del cultivo, siendo en la tercera semana el promedio más alto de

2,25 adultos/trampa; cayendo a 0,75 adultos/trampa en la semana ocho y recuperarse en la novena semana con 2,0 adultos/trampa y caer en la siguiente semana con 0,25 adultos/trampa; mientras que en las otras dos parcelas la fluctuación poblacional de adultos del cogollero en la parcela de maíz convencional empiezan a ser capturados en la segunda semana con 0,25 adultos/trampa, para ir creciendo hasta la captura más alta en la octava semana con 1,75 adultos/trampa, para caer a cero en la novena y décima semana. En la parcela de maíz criollo las capturas de adultos empezaron en la tercera semana con 0,25 adultos por trampa, teniéndose la mayor captura en la quinta semana con 1,25 adultos/trampa, cayendo a cero en la sexta semana. Esta disminución de las poblaciones en las parcelas se puede atribuir a fuertes lluvias ocurridas entre la cuarta y quinta semana, coincidiendo con Murúa et al., (2006) que determinaron que la fluctuación poblacional es afectada principalmente la precipitación. Para la séptima semana las poblaciones de adultos empiezan a recuperar su nivel poblacional, llegando a 0.75 en la novena semana en la parcela de maíz criollo, para luego caer a 0,25 en la décima semana. La población del cogollero en la parcela de maíz convencional tuvo una rápida recuperación hasta la octava semana con 1,75 adultos/trampa y caer a cero en las semanas octava y novena. Según los resultados de la presente investigación, la temperatura parece no afectar la fluctuación poblacional de adultos del gusano cogollero; datos similares a los obtenidos por Rojas et al., (2004) que señalaron que la temperatura y la precipitación no influyen en las capturas de machos de *S. frugiperda*, pero si influyeron la velocidad y dirección del viento. Debido a los hábitos migratorios de *S. frugiperda*, se puede presentar una amplia variación en sus poblaciones producto de varios factores como emigrar de otros cultivos y plantas hospederas circundantes; además, posiblemente atraídos por la feromona y el cultivo mismo.

Figura 14.

Promedios de Adultos/Trampa/Semana de S. frugiperda, Capturados en Trampa con Feromona Sexual, en Cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio de Fuente de Oro, Meta.



Nota: T1 (maíz criollo), T2 (maíz convencional), T3 (maíz Bt). Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.

En la Tabla 5, se puede observar los resultados del promedio de adultos de *S. frugiperda*, capturados en trampas con feromona sexual, en cada una de las parcelas de maíz; encontrándose que hay diferencia significativa entre estas. La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, separó dos grupos con diferencias significativas; así, en el primer grupo está la parcela de maíz criollo donde se capturó 0,38 adultos/trampa, siendo el menor número de adultos capturados y la parcela de maíz convencional donde se capturaron 0.53 adultos/trampa; mientras que el segundo grupo lo conformo el maíz transgénico con 1,33 adultos/trampa.

Estas diferencias pueden ser debido a la mayor atracción del maíz transgénico, el cual presentó una excelente apariencia de color y hojas de mayor tamaño (Anexo 9).

Tabla 5.

Prueba de Medias de Tukey Para los Adultos de S. frugiperda, Capturados en Trampas con Feromona, en Cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio Fuente de Oro, Meta. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.

Cultivar	N	Adultos/trampa
Maíz criollo	10	0,38 a
Maíz convencional	10	0,53 a
Maíz transgénico	10	1,33 b

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Posturas de *S. frugiperda*

Los promedios de masas de huevos de *S. frugiperda* se presentan en la Tabla 6, observándose promedios muy bajos en las tres parcelas. En esta variable de masas de huevos, no se detectaron diferencias significativas entre los tres cultivares. Estos resultados puede ser el producto de una serie de variables, siendo una de estas las frecuentes lluvias que fueron similares para las tres parcelas desde la emergencia de las plántulas, las cuales se llenaban de tierra que salpicaba sobre las plántulas y estas no eran preferidas por las hembras de *S. frugiperda* para la oviposición.

Tabla 6.

Promedios de Posturas de S. frugiperda, en Cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio Fuente de Oro, Meta. Fuente autor: Yojhana Borja, Edier Álvarez.

Cultivar	N	Posturas
Maíz criollo	10	0,01
Maíz convencional	10	0,02

Maíz transgénico

10

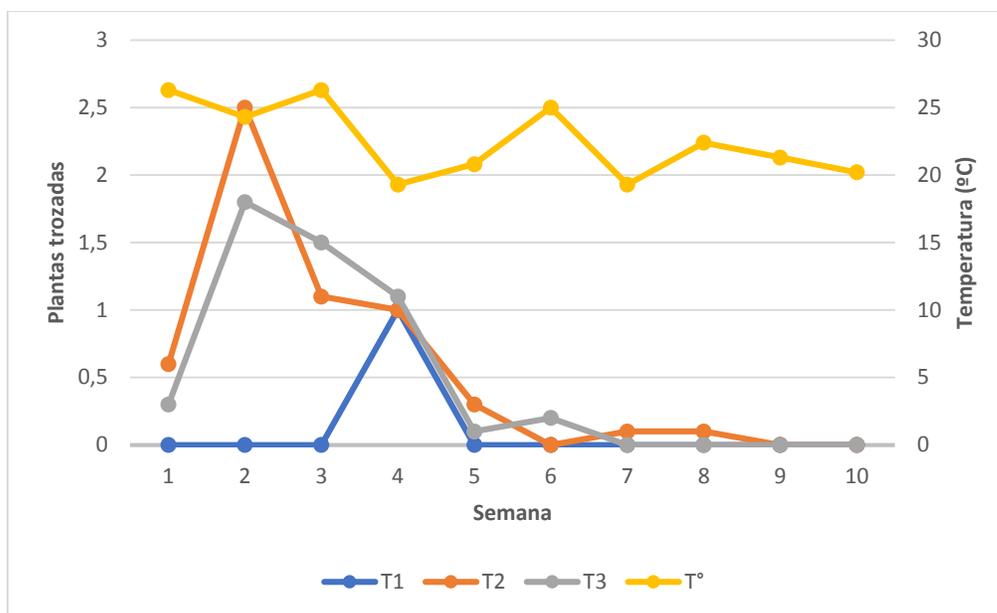
0,01

Plántulas trozadas por *S. frugiperda*

Como se puede constatar en la Figura 15, el número de plántulas trozadas por larvas de *S. frugiperda* es similar en las tres primeras semanas de edad de los cultivares convencional y transgénico, mas no en el cultivar criollo, donde empiezan a aparecer las primeras plantas trozadas en la cuarta semana. Para la quinta semana el número de plántulas trozadas disminuye a valores cero o cercanos a cero, debido a que a partir de la cuarta semana ya las plantas están medianas en pleno engrosamiento de tallos, con el tallo más lignificado, no siendo muy apetecidas por las larvas de cogollero; resultados similares han encontrado varios investigadores, entre ellos Matías-Luis y García-Montalvo (2016), quienes determinaron que la lignificación temprana en los entrenudos basales del tallo del maíz aumenta la resistencia a taladradores del tallo, de la misma manera lo hace tolerable a fitopatógenos del tallo.

Figura 15.

Promedios de Plántulas Trozadas/Semana de Maíz por S. frugiperda, en cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio Fuente de Oro, Meta.



Nota: T1 (maíz criollo), T2 (maíz convencional), T3 (maíz Bt). Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.

Los promedios de plántulas trozadas por larvas *S. frugiperda* se presentan en la Tabla 7, observándose promedios muy bajos en las tres parcelas. En esta variable de plántulas trozadas no se detectó diferencias significativas entre los tres cultivares. Barros-Ríos et al., (2011), atribuyen a la estructura y composición de la pared celular, el contenido de sílice, celulosa, hemicelulosa y lignina relacionados con la resistencia a los taladradores *Ostrinia nubilalis* Hübner y *Sesamia nonagrioides* Lefebvre. Además, encontraron correlaciones altamente significativas entre la susceptibilidad a la rotura del tallo, la resistencia a la penetración del tallo y el daño causado por otros taladradores.

Tabla 7.

Promedios de Posturas de S. frugiperda, en Cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio Fuente de Oro, Meta. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.

Cultivar	N	Plántulas trozadas
Maíz criollo	10	0,10
Maíz convencional	10	0,57
Maíz transgénico	10	0,49

Larvas de *S. frugiperda*

Los promedios de larvas de *S. frugiperda* en las hojas de maíz, se presentan en la Tabla 8, observándose promedios muy bajos en las tres parcelas. En esta variable de larvas no se detectó diferencias significativas entre los tres cultivares, aunque en el maíz criollo fue el más bajo. Los resultados sugieren que esto es debido a las bajas posturas que realizaron las hembras del cogollero, debido a factores no manejados en el presente trabajo. Las fuertes lluvias que se presentaron durante el ciclo de los cultivos también contribuyeron en la disminución de las poblaciones de las larvas del cogollero, debido a que las larvas son tumbadas del follaje y el cogollo (cartucho) se inunda y esto hace que las larvas abandonen el cogollo. Rojas et al., (2004), hacen mención a las lluvias como un factor negativo para el desarrollo normal de las poblaciones de larvas del cogollero.

Tabla 8.

*Promedios de larvas de *S. frugiperda*, en cada una de las tres parcelas, en el municipio*

Fuente de Oro, Meta. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.

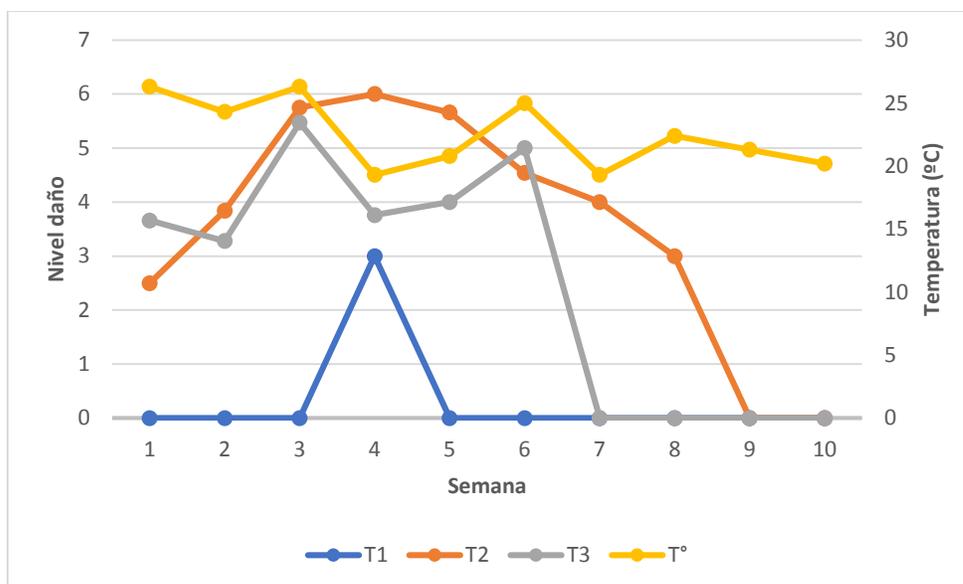
Cultivar	N	Larvas
Maíz criollo	10	0,10
Maíz convencional	10	0,57
Maíz transgénico	10	0,50

Nivel de daño por larvas de *S. frugiperda*

En la Figura 16, se puede apreciar la dinámica del Nivel de daño causado por larvas de *S. frugiperda* en los tres cultivares sembrados en el municipio de Fuente de Oro, Meta. Se observa que desde la primera semana de evaluación ya en los cultivares convencional y transgénico se evidenciaron niveles de daño de 2,50 y 3,66 respectivamente; mientras que en el cultivar criollo no se detectan daños sino hasta en la cuarta semana de evaluaciones con 3,0 de la escala, para caer a cero en la quinta semana, manteniéndose en cero hasta la finalización de las evaluaciones; no así para los cultivares convencional y transgénico con 5,75 y 5,47 respectivamente, en la tercera semana con los mayores niveles de daño. Los niveles de daño de estos dos cultivares se mantienen similares hasta la sexta semana, en donde el cultivar transgénico cae abruptamente a cero en la séptima semana, para mantenerse en cero hasta la finalización de las evaluaciones; mientras que el cultivar convencional va disminuyendo gradualmente semana tras semana para caer a cero en la novena semana.

Figura 16.

Promedios de Niveles de Daño/Semana por S. frugiperda, en Cada una de las Tres Parcelas, en el Municipio Fuente de Oro, Meta.



Nota: T1 (maíz criollo), T2 (maíz convencional), T3 (maíz Bt). Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, detectó dos grupos con diferencias significativas en cuanto a los niveles de daño causados por larvas de *S. frugiperda*; así, el primer grupo lo constituye la parcela de maíz criollo con 0,30 en la escala de Nivel de daño; mientras que el segundo grupo está conformado por los cultivares de maíz convencional y el maíz transgénico con 3,53 y 2,52 respectivamente (Tabla 9), en la escala de daño propuesta para la presente investigación.

Tabla 9.

Prueba de medias de Tukey para Nivel de Daño, causado por larvas de S. frugiperda, en cada una de las tres parcelas, en el municipio Fuente de Oro, Meta. Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.

Cultivar	N	Nivel daño
Maíz criollo	10	0,30 a
Maíz convencional	10	3,53 b
Maíz transgénico	10	2,52 b

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Si tenemos en cuenta que en las variables masas de huevos, plántulas trozadas y larvas de gusano cogollero, no se detectaron diferencias significativas entre los tres cultivares, se puede inferir que estas variables se presentaron en número similar en las tres parcelas, esta situación supone que entre los niveles de daño tampoco debería existir diferencias significativas entre los cultivares, esto hace presumir que existen factores bióticos principalmente que regularon las poblaciones de *S. frugiperda* y por lo tanto haciendo diferente significativamente el nivel de daño en el maíz criollo. Aunque no se tuvo en cuenta las poblaciones de controladores biológicos nativos, si se pudo observar una alta actividad depredadora de larvas y adultos de coccinélidos, larvas de crisópidos consumiendo huevos y larvas de gusano cogollero y arañas Salticidae depredando adultos de *S. frugiperda*. Un factor a considerar debe ser las posibles características genotípicas ancestrales que pueda conservar el maíz criollo clavito, como lo encontrado por Matías-Luis y García-Montalvo (2016), comparando el teosinte y maíces modificados genéticamente en cuanto a la resistencia a patógenos e insectos herbívoros.

VI. CONCLUSIONES

- Se comprueba la factibilidad en el uso de trampas con feromona sexual para el manejo agroecológico del gusano cogollero en cultivos de maíz, recalando que este método de trapeo no es para sustituir a los insecticidas u otros métodos de control, es para que sea considerado como una herramienta más para hacer un manejo integrado de *S. frugiperda*.
- Condiciones climáticas, como las lluvias tuvieron un efecto negativo para el crecimiento de las poblaciones de *S. frugiperda* en las tres parcelas.

- En la parcela de maíz criollo las poblaciones de huevos, larvas y adultos de *S. frugiperda* siempre se mantuvieron muy bajas comparadas con la parcela de maíz convencional y el maíz Bt. Esto se puede atribuir a que en la parcela de maíz criollo no se aplicaron insecticidas de síntesis que pudieran haber eliminado las poblaciones de enemigos naturales, siendo los responsables en la disminución de la densidad poblacional del gusano cogollero.
- El bajo número de masas de huevos y de larvas del gusano cogollero en plantas maduras hace suponer que estas plantas no son atractivas para la oviposición por hembras del cogollero debido al alto contenido de fibra y a estructuras más endurecidas como los tricomas, por lo tanto, pocas o ningunas larvas juveniles fueron encontradas en las hojas de plantas viejas.
- La fluctuación poblacional de adultos de *S. frugiperda* en las tres parcelas fue constante durante las diez semanas del monitoreo, siendo la de la parcela de maíz Bt la más alta.
- Los promedios de plántulas trozadas por larvas de *S. frugiperda* se presentan más altos en las cuatro primeras semanas de edad de los cultivos, mas no así para el maíz criollo, en donde las primeras plántulas trozadas aparecieron en la cuarta semana de edad, para luego en la siguiente semana desaparecer el daño.
- El comportamiento de los niveles de daño fue más alto en la parcela de maíz Bt, luego fue en la parcela de maíz convencional, siendo la parcela de maíz criollo la que presentó los menores niveles de daño por el gusano cogollero del maíz.
- La incorporación de maíz Bt en nuevas áreas agroecológicas para estos cultivares debe realizarse bajo estricta vigilancia por el Ente rector de la Sanidad Vegetal en Colombia,

como es el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), para que las Resoluciones promulgadas al respecto sean cumplidas por los productores.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar con más frecuencia este tipo de investigaciones sobre las fluctuaciones poblacionales de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz y de aquellos insectos de importancia económica en los cultivos, con la finalidad de tener una mayor información sobre el comportamiento de estas plagas en las distintas etapas de desarrollo fenológico de las plantas que se cultivan en distintas regiones del país, ya que se cuenta con poca información en el país.
- Se recomienda continuar con los ensayos de esta naturaleza e indagar sobre los enemigos naturales, ya que los cultivares transgénicos de maíz son de reciente data en Colombia y por ende se encuentra poca información acerca de este tipo de estudios.
- Se recomienda realizar el control de esta plaga de una manera preventiva mediante trampas con feromonas sexuales de la plaga, ya que esta ayuda a perturbar su apareamiento y por ende evita que las poblaciones futuras prosperen.

VIII. REFERENCIAS

Acín-Viu, P. (2009). Identificación de las feromonas y las proteínas aplicadas en la percepción feromonas de lepidópteros plaga: estudio de la composición de la feromona de la variedad *Spodoptera exigua* encontrada en España (*en línea*). Tesis Ph. D con mención Europea. Barcelona, España, Universidad de Barcelona. p. 50-102. Consultado 08 nov. 2018. Disponible en

http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41733/5/04.PAV_ESTUDIO_COMPOSICION_FEROMONAL.pdf.

- Aguirre, LA., Hernández, A., Flores, M., Pérez-Zubiri, R., Cerna, E., Landeros, J., & Frías, GA. (2014). Ref.Fig 1-2-3- *Spodoptera frugiperda* - Ing. Agr. P. D. Leiva Sección Entomología – INTA Pergamino.
- Aguirre, LA., Hernández-Juárez, Flores, M., Cerna, E., Landeros, J., Frías, G.A., & Harris, M.K. (2016) Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. FL Entomol. 99:276-280. doi:10.1653/024.099.0218.
- Alborn, HT., Turlings, TCJ., Jones, TH., Stenhagen, G., Loughrin, JH., & Tumlinson, JH., (1997). An elicitor of plant volatiles from beet armyworm oral secretion. Science (Washington), 276(5314):945-949; 7 ref
- Anaya Lang, A., Contreras, MM (ed.), San Rafael, México (en línea)., Plaza y Valdés., S.A de C.V. (2003).*Ecología química* p. 225. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=H6j8zaDYSYEC&printsec=frontcover&q=Ecologia+quim%C3%ADca&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwin1K7K_8XeAhVL3FMKHWkTBqgQ6AEIJjAA#v=onepage&q&f=false.
- Andrade, W., (1999). *Producción moderna de maíz*. Trad. del inglés por Oscar Martínez. Buenos Aires, Albatros. 707 p.
- Andrewes, I.k., & howell, h.n., jr. (1989). Utilización de controles culturales. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura estado actual y futuro. p. 243-253. El Zamorano, Honduras, CA. 623 pp.

- Andrews, K. (1980). The Whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central América and Neighboring Areas (en línea). *The Florida Entomologist*, 63(4):456-467. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/3494530>. DOI: 10.2307/3494530.
- Anon., (1997). *Insect Control Guide*, Ohio, USA: Meister Publishing Co. 442 pp
- Azón-Bieto, J., y Talón, M. 2008. *Fundamentos de fisiología Vegetal*. 1ª ed. En español. Publicacions I Edicions de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 651 pp.
- Barros-Ríos J, Malvar RA, Santiago R. (2011). Función de la pared celular del maíz (*Zea mays* L.) como mecanismo de defensa frente a la plaga del taladro (*Ostrinia nubilalis* Hübner y *Sesamia nonagrioides* Lefebvre). *Rev Educ Bioquímica* 30(4):132-142.
- Bautista, MN. (2006). *Insectos plaga*. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 113 p.
- Behle, R. W., & Popham, H. J. R., (2012). Laboratory and field evaluations of the efficacy of a fast-killing baculovirus isolate from *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109(2), 194-200.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201111002400> doi: 10.1016/j.jip.2011.11.002
- Bosa, F., Fukumoto TF., & Barreto, N. (2005). Evaluación de la técnica de la interrupción de la copula de *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) (original en inglés). Evaluation of the mating disruption technique on *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) (en línea). *Revista colombiana de entomología*, 31(2):45-150. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882005000200007&lng=en&tlng.

Bustillo, A. (2013). *Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia*. Cenicaña, Florida, Valle del Cauca. 158 p.

CABI, (S/F). *Compendium record*. Wallingford, UK: CABI. Consultado el 10 de febrero de 2021.

Capinera, J.L. (2020). Fall armyworm. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Entomology and Nematology. University of Florida. Publication Number:

Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., Gastaminza, G., 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 69, 209-231.

Castro Santana, J.L. 2012. *Manejo del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz*. Tesis Ing. Agr. Bogotá, Colombia. 213-342 p.

CIMMYT, 2018. *Gusano cogollero en África: Guía para el manejo integrado de plagas*. Primera edición, Prasanna, BM, Huesing, JE, Eddy, R., Peschke, VM, eds. CIMMYT, México, 109 págs.

CIMMYT. (2004). *Etapas de crecimiento del maíz*. México. (En línea). Disponible en <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/empezando/9?task=view>.

CIMMYT. (2018). *Gusano cogollero en África: Guía para el manejo integrado de plagas*. Primera edición, Prasanna, BM, Huesing, JE, Eddy, R., Peschke, VM, eds. CIMMYT, México, 109 págs.

CIPF. (2018). *Primera detección del gusano del ejército de otoño en la frontera de Tailandia*. Informe oficial de plagas de la CIPF, No. THA-03/1. FAO: Roma, Italia.

<https://www.ippc.int/>

- CIPF. (2019). Primer informe de detección del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz en Myanmar. Informe oficial de la CIPF sobre plagas, núm. MMR-19/2. Roma, Italia: FAO. <https://www.ippc.int/>
- Correa, A., Menezes, A., Duarte de Souza, J., Ferreira, D., Peterson, C., & Aparecido, O. (2015). *Mortality dynamics of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) immatures in maize*. PLoS One, 10(6) doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0130437>
- Dávalos, A. (2017). *Diversidad de maíz (Zea mays L.) en la selva peruana (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Davis, F. (1992) Visual rating scale for screening whorl stage corn resistance to fall armyworm. Tech. Bull186. USDA, ARS. S. Univ. Mississippi State, USA.
- De La Cruz, J. (2016). *Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en la localidad de La Molina (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. de los Llanos Orientales.
- Decreto 1071 de (2015). Resoluciones del ICA, "Por medio del cual se expide el decreto Único reglamentario del sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural". Disponible en <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-ovm>
- Documento reglamento trabajo de grado, universidad de pamplona (2018).disponible en http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_143/recursos/general/21102020/reglamento_trabajo_grado.pdf
- EPPO, 2018. EPPO Global Database. EPPO Global Database, <https://gd.eppo.int/> EPPO, Paris, France

- EPPO, 2019. *Spodoptera frugiperda* continues to spread in Asia. In: EPPO Reporting Service , (No. 2019/053) . Paris, France: EPPO. <https://gd.eppo.int/reporting/article-6483>
- EPPO. (2019). *Spodoptera frugiperda* continúa extendiéndose en Asia. En: EPPO Reporting Service, (No. 2019/053). París, Francia: EPPO. <https://gd.eppo.int/reporting/article-6483>
- FAO, 2018. Briefing Note on FAO Actions on Fall Armyworm in Africa 31 January 2018. In: Briefing Note on FAO Actions on Fall Armyworm in Africa 31 January 2018 FAO, Rome, Italy, 6 pp.
- FAO. (2019). Declaración de la FAO sobre el gusano cogollero en Sri Lanka. Roma, Italia: FAO. <http://www.fao.org/srilanka/news/detail-events/en/c/1177796/>
- Ganiger, P. C., Yeshwanth, H. M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A. R. V., Chandrashekara, K., 2018. Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India. *Current Science*, 115(4), 621-623.
- Ganiger, PC., Yeshwanth, HM., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, ARV., Chandrashekara, K. (2018). Ocurrencia de la nueva plaga invasora, el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) , en los campos de maíz de Karnataka, India. *Ciencia actual*, 115 (4), 621-623.
- Gutiérrez-Martínez, A., Tolon-Becerra, A., & Lastra-Bravo, XB. (2012). Biological control of *Spodoptera frugiperda* eggs using *Telenomus remus* Nixon in maize-bean-squash polyculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 7(3): 285-292.
- Hernández, J., López, E., Garza, E., & Mayek, N. (2008). Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, México. *International Journal of Tropical Insect Science*, 28(3), 126-129.

doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1742758408096112>

Hidalgo Dávila, J. L. (2017). *La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: el sector florícola ecuatoriano (en línea)*. Maestría en Relaciones Internacionales Mención en Negociaciones Internacionales y Manejo de Conflictos. Quito, Ecuador, Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, p 50. Disponible en <http://hdl.handle.net/10644/6095>

<http://www.fuentedeoro-meta.gov.co/municipio/nuestro-municipio>, <http://www.fuentedeoro-meta.gov.co/mapas/zona-rural-veredas-fuentedeoro>

ICAR-NBAIR. (2018). *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). Insectos en los agrosistemas indios.

ICAR-Oficina Nacional de Recursos Agrícolas de Insectos (NBAIR), India.

http://www.nbair.res.in/insectpests/Spodoptera_frugiperda.php

IITA. (2018). ¡El gusano cogollero ha llegado al subcontinente indio! Ibadan, Nigeria: IITA.

<http://www.iita.org/news-item/fall-armyworm-has-reached-the-indian-subcontinent/>.

Información general alcaldía de Fuente de Oro. (2015). Consultado el 15 de abril de 2021.

Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_Oro#/media/Archivo:Colombia_-_Meta_-_Fuente_de_Oro.svg ,

Injante, P., y Joyo, G. (2010). *Manejo Integrado de Maíz amarillo duro*. La Libertad Perú.

IPPC. (2019). First detection of *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) in Torres Strait. Rome, Italy: FAO. <https://www.ippc.int/>

Jara L. (1990). *Factores sociales y económicos relacionados con la adopción de tecnología en maíz en el distrito del Ariari*. Universidad Tecnológica.

- Jaramillo, C., Monje, B., y Varon, E. (2014). *Dinámica poblacional de tres insectos plaga en cultivos convencionales y transgénicos de maíz, algodón y arroz en Tolima y Huila*. Conference: 41° Congreso Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN.
- Jaramillo, C., Monje, B., y Varon, E. (2015). *Fluctuación poblacional de Spodoptera spp (Lepidoptera: Noctuidae) en genotipos de algodón convencional y transgénico en Tolima y Huila*. Conference: 42° Congreso de la sociedad colombiana de Entomología SOCOLENAt: Medellín (Antioquía).
- Jaramillo, C., Barragan, E., y Monje B. (2019). Poblaciones de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) causan notables daños en cultivos de maíz genéticamente modificados. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8953-8962. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.75730>
- Johnson, t. b., turpin, f. t., schreiber, m. m. & griffith, d. r. (1984). Effects of crop rotation, tillage and weed management systems on black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestations in corn. *Journal of Economic Entomology*, 77(4): 919-921.
- Justiniano, E. (2010). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Komivi, S. A., Kimemia, J. W., Ekesi, S., Khamis, F. M., Ombura, O. L., & Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, doi: 10.1111/jen.12634

- Luginbill, P. (1928). The fall armyworm. Technical Bulletin (34). United States Department of Agriculture (USDA), Washington D. C.
<https://www.redalyc.org/pdf/3220/322028487010.pdf>
- Malo, e. a., cruz-lópez, l., valle-mora, j., virgen, a., sánchez, j. a., & rojas, J. C. (2001).
Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal región of Chiapas, México. Florida Entomologist 84: 659-664.
- Matías-Luis G., García-Montalvo I. A. (2016). Mecanismos de resistencia a patógenos e insectos herbívoros en teosinte y maíz. Journal of Negative & Not Positive Results 1(5):190-198.
 DOI: 10.19230/jonnpr.2016.1.5.1060
- Molina, a. m., y Rugoso de Agrasar, z. e. (2006). *Flora Chaqueña: Gramíneas.* Colección Científica del INTA. Buenos Aires. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322028487010.pdf>
- Molina-Ochoa, J., Carpenter, J. E., Heinrichs, E. A., & Foster, J. E., (2003). Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: and inventory. Florida Entomologist, 86(3), 254-289.
<http://www.fcla.edu/FlaEnt/> doi: 10.1653/0015-4040(2003)086[0254:PAPOSF]2.0.CO;2
- 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.
- Mujica, A. (1988). *Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (Chenopodium quinoa Willd.).* Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillo, México.

- Murúa, G., Molina, J., & Coviella, C. (2006). *Population dynamics of the fall armyworm, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern argentina*. The Florida Entomologist, 89(2),175-182. Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview/219417298?accountid=37610>
- Murúa, MG., Vera, MT., Abraham, S., Juárez, M., Prieto, S., & Head GP, Willink E. (2008). Fitness and mating compatibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations from different host plant species and regions in Argentina. Annals of the Entomological Society of America, 101(3): 639- 649.
- Nava, CU. (2006). *Manejo integrado de las plagas clave del maíz forrajero*. En maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro científico No. 3. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo experimental La Laguna-INIFAP. Pp: 175-215.
- Ojeda, R. (2018). *Insecticidas para el control de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) en maíz (Zea mays L.) en La Molina* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ordóñez, M., Ríos, C., Berlanga, D., Acosta, C., Salas, M., & Cambero, O. (2015). *Occurrence of natural enemies of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, México*. The Florida Entomologist, 98(3), 843-847. Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview/1723774550?accountid=37610>
- Peet, M. (1995). Sustainable Practices for Vegetable Production in the South (en línea). Department of Horticultural Science of North Carolina State University. Consultado 17 agos. 2001. Disponible en <http://www.cals.ncsu.edu/sustainable/peet/IPM/insects/insecphe.html>

- Pinedo, R. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán – Ayacucho (tesis de maestría)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Plagas en la agricultura sostenible. Lima, Perú. 11-60 p.
- Posada, O., I. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Boletín Técnico No. 43. Produmedios, Bogotá. 662 p.
- Quispe, J. (2015). *Desarrollo de una línea base molecular para la evaluación del flujo génico entre maíz amarillo duro (Zea mays L. var. indurata) y el amiláceo (Zea mays L. var. amylacea)* (tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Revelo, M. (2006). *Proyecto de prefactibilidad para la comercialización de maíz* (En línea). Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6982/1/27776_1.pdf
- Reyes Prado, H., Varela Hernández, F. (2018). *Detección y monitoreo de insectos plaga en cultivos agrícolas con feromonas sexuales en línea*. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, 13(31):43-45. Disponible en <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/525>
- Rezende, MAA., Cruz, I., y Della, L. (1994). Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). Sociedad Entomologica de Brasil, 23(3): 473-478.
- Rodríguez, B. (1997). *Proyecto Sustentabilidad del sistema de producción del maíz a través de la evaluación de prácticas de labranza, manejo de residuos y rotación de cultivos*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias 24 p.
- Rojas, J. C.; Virgen, A.; Malo, E. A. (2004). Seasonal and nocturnal flight activity of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera. Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of Chiapas, México. Florida Entomologist 87 (4): 496-503.

- Romero lópez, a., arzuffi, r., & morón, m. (2005). *Feromonas y atrayentes sexuales de coleópteros Melolonthidae de importancia agrícola (en línea)*. Folia Entomológica Mexicana, 44(2):233-245. Consultado 4 oct 2018 Disponible en <http://www.redalyc.org/html/424/42444212/>
- Salas, J. (2001). *Captura de Spodoptera frugiperda con trampas con feromonas*. Manejo Integrado de Plagas. no.59:48-51.
- SENAMHI (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Perú. (En línea). Consultado el 20 de noviembre del 2013. Disponible en: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agro-clima/efenologicos/manual_fenologico.pdf.
- Valdez T., J. B.; Soto L., F.; Osuna E., T.; y Báez S. (2012). Modelos de Predicción Fenológica para Maíz Blanco (*Zea mays* L.) y Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Rev. Agrociencia* 46 (4). 399-410 p.
- Vergara, R. (2000). Retos y posibilidades del control etológico en la agricultura sostenible.
- Zagatti, P. (1989). *Feromonas sexuales de lepidoptera* (en línea). CID
- Zenner, I., arévalo, H., Mejía, R., y J. Díaz (2009). *Spodoptera frugiperda*: respuesta de distintas poblaciones a la toxina Cry1Ab. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1), 2665-4385.

IX. ANEXOS

ANEXO 1 *Posturas de S frugiperda*. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.



ANEXO 2

Planilla de Campo Para Registrar Número de Plántulas Trozadas, Masas de Huevos, Larvas y Daño por Semana, en Cada una de las Parcelas. Fuente Autor Edier Álvarez.

Parcela:

Semana:

Fecha:

Sitio	Plantas trozadas	Número posturas	Número larvas	Daño escala	Etapa fenológica
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

ANEXO 3

Captura de Adultos/Trampa/Semana, en Cada una de las Parcelas. Fuente Autor Edier

Álvarez.

Semana:

Fecha:

Parcela (cultivar)	Trampa	Número adultos	Observaciones
DK 7088 VT 3 PRO (OMG Bt)	1		
	2		
	3		
	4		
DK 7088 RR (convencional)	1		
	2		
	3		
	4		
Maíz criollo clavito	1		
	2		
	3		
	4		

ANEXO 4

Planillas de Campo Utilizadas en la Segunda Semana de Evaluación

A(adulos/trampa/tratamiento), B(tratamiento 1), C(tratamiento 2) y D(tratamiento 3). Fuente

autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.

24 marzo 2021

Parcela (cultivar)	Trampa	Número adultos	Observaciones
DK 7088 VT 3 PRO (OMG Bt)	1	1	Algunos abejorros dentro de la trampa
	2	1	
	3	3	
	4	0	Día Semi-nublado
DK 7088 RR (convencional)	1	1	
	2	0	Temperatura Promedio de 24,31°C
	3	0	
	4	0	Se evidenciaron Algunos insectos beneficios.
Maíz criollo clavito	1		
	2		
	3		
	4		

A

Maiz Criollo

24 marzo 2021

Sitio	Plantas trozadas	Número posturas	Número larvas	Daño escala	Etapa fenológica
1	0	0	0	0	V4
2	0	0	0	0	V4
3	0	0	0	0	V4
4	0	0	0	0	V4
5	0	0	0	0	V4
6	0	0	0	0	V4
7	0	0	0	0	V4
8	0	0	0	0	V4
9	0	0	0	0	V4
10	0	0	0	0	V4

B

Maiz Convencional

24 marzo 2021

Sitio	Plantas trozadas	Número posturas	Número larvas	Daño escala	Etapa fenológica
1	5	0	5	3,4	V5
2	3	0	3	2	V5
3	0	0	0	0	V5
4	0	0	0	0	V5
5	4	0	4	4,2	V5
6	1	0	1	6	V5
7	3	0	3	3	V5
8	8	0	8	3,3	V5
9	1	0	1	5	V5
10	0	0	0	0	V5

C

Maiz Bt 24 mayo 2021

Sitio	Plantas trozadas	Número posturas	Número larvas	Daño escala	Etapa fenológica
1	7	0	7	3,42	V5
2	0	0	0	0	V5
3	4	0	4	3	V5
4	0	0	0	0	V5
5	4	0	4	4	V5
6	0	0	0	0	V5
7	0	0	0	0	V5
8	0	0	0	0	V5
9	1	0	1	3	V5
10	2	0	2	3	V5

ANEXO 5

Acompañamiento por Parte del Cotutor, el Ingeniero Agrónomo Johan Edgardo Linares

González. Fuente autor Edier Álvarez.



Anexo 6

Daños Ocasionados por Larvas de S frugiperda. Fuente autor Edier Álvarez, Yojhana Borja.

**Anexo 7**

Adultos Capturados con Trampas de Feromona Sexual. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.



ANEXO 8

Evaluaciones en Trampas y Follaje. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.



Anexo 9

Visitas a las Parcelas de Trabajo de Investigación. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.



Anexo 10

Daños en Mazorca por Larvas de *S frugiperda*. Fuente autor: Edier Álvarez, Yojhana Borja.

**ANEXO 11**

Prueba de homogeneidad de varianzas, de las variables analizadas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
ADULTOS/TRAMPA	Se basa en la media	,953	2	27	,398
	Se basa en la mediana	,815	2	27	,453
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,815	2	24,999	,454
	Se basa en la media recortada	,971	2	27	,392
PLANTAS TROZADAS	Se basa en la media	3,863	2	27	,033
	Se basa en la mediana	1,652	2	27	,210
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,652	2	21,654	,215
	Se basa en la media recortada	3,660	2	27	,039
LARVAS	Se basa en la media	3,805	2	27	,035
	Se basa en la mediana	1,777	2	27	,188
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,777	2	21,588	,193
	Se basa en la media recortada	3,618	2	27	,041
POSTURAS	Se basa en la media	16,000	2	27	,000
	Se basa en la mediana	2,250	2	27	,125
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,250	2	9,000	,161
	Se basa en la media recortada	11,391	2	27	,000
NIVEL DAÑO	Se basa en la media	6,863	2	27	,004
	Se basa en la mediana	4,280	2	27	,024
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4,280	2	24,192	,026
	Se basa en la media recortada	7,502	2	27	,003

ANEXO 12

Pruebas robustas de igualdad de medias, de las variables analizadas.

Pruebas robustas de igualdad de medias^b

		Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
ADULTOS/TRAMPA	Welch	8,339	2	17,187	,003
	Brown-Forsythe	8,838	2	24,288	,001
PLANTAS TROZADAS	Welch	2,329	2	15,242	,131
	Brown-Forsythe	1,554	2	20,696	,235
LARVAS	Welch	2,397	2	15,261	,124
	Brown-Forsythe	1,590	2	20,675	,228
POSTURAS	Welch
	Brown-Forsythe
NIVEL DAÑO	Welch	11,153	2	15,258	,001
	Brown-Forsythe	7,582	2	21,057	,003

a. F distribuida de forma asintótica

b. Las pruebas robustas de la igualdad de medias no se pueden realizar para POSTURAS porque, como mínimo, un grupo tiene una varianza 0.

ANEXO 13

Prueba post hoc de medias de Tukey para Nivel de Daño

		NIVEL DAÑO		
			Subconjunto para alfa = 0.05	
	TRATAMIENTO	N	1	2
HSD Tukey ^a	1	10	,3000	
	3	10		2,5170
	2	10		3,5290
	Sig.		1,000	,467
Duncan ^a	1	10	,3000	
	3	10		2,5170
	2	10		3,5290
	Sig.		1,000	,243

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.