

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

2.1. Origen y generalidades

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. (Paliwal, s.f.)

El hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoyan seriamente la posición de que el maíz se había originado en México. entre ellos muchos miles de años antes de que el maíz silvestre evolucionara como para llegar a ser una planta cultivada. Como nunca se han encontrado el maíz silvestre o formas silvestres de plantas de maíz, esta teoría no recibe gran consideración. (Paliwal, s.f.)

antropólogo estadounidense Richard Stockton, encontró restos arqueológicos de plantas de maíz, que se estima de hace aproximadamente ocho milenios. Indicios de los procesos que llevaron al pueblo nativo de este valle a dominar el cultivo de este cereal, que hoy en día es de vital importancia para el mundo, han sido encontrados en la cueva de Coxcatlán, Ajalpan y otros sitios de la zona. Esto fue posible gracias a las condiciones tan secas del clima de Tehuacán, que impidieron la descomposición de los xilotes (maíz tierno) de los primeros maíces cultivados en la zona. Actualmente el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición tanto de seres humanos como animales. Es además materia prima indispensable en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y de uso industrial. Los granos, las hojas, las 4 flores y los tallos, es aprovechado para la fabricación de multitud de productos: almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos e incluso, desde hace poco, se emplea como combustible alternativo a la gasolina, más económico y menos contaminante. (PMDM)

2.1.1. Origen y clasificación del maíz

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492. (Acosta, 2009)

El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno -seco estacional en alternancia con las lluvias de verano- y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza. Las propiedades anteriores también describen el área mayor ocupada por el género *Tripsacum*. Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz explican que provenía de: una forma de maíz silvestre, un teocintle silvestre, un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle). Cada teoría deduce su evidencia apoyándose en diferentes campos de investigación, desde la arqueología, los análisis bioquímicos, isoenzimáticos y moleculares, así como los citogenéticos, morfológicos y taxonómicos. Durante los años 70, la idea más aceptada era la del maíz silvestre como ancestro de la forma doméstica. Sin embargo, en los años 80 la teoría más sostenida en este sentido es la del teocintle como progenitor del maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra dilucidado y existen amplias investigaciones en este sentido. (Acosta, 2009)

De acuerdo con otros planteamientos, México es el centro primario de diversidad genética y la Zona Andina el secundario, donde el cultivo del maíz ha tenido una rápida evolución. De las 50 razas encontradas en México, existen siete homólogas en Guatemala, seis en Colombia, cinco en Perú y dos en Brasil, lo que hace que indiscutiblemente México haya sido el centro de difusión de estas, donde alrededor de 27 o más de la mitad de ellas han permanecido como variedades locales endémicas.

(Acosta, 2009)

2.1.2. Importancia del maíz en Bolivia

La producción de maíz en Bolivia es limitada por diversos factores, siendo que representa un importante aporte en la seguridad alimentaria en Bolivia por sus niveles de nutrientes que posee. A pesar de esto, la producción sólo alcanza para satisfacer la demanda interna del país, siendo el departamento de Santa Cruz el que mayor porcentaje aporta a la producción total. (Ibáñez, 2023)

Asimismo, se planteó dos modelos econométricos con posibles variables que sean determinantes para la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz y luego se procedió a analizar los modelos. Las variables de los modelos son: rendimiento de la producción de maíz, superficie cultivada, precio internacional de maíz y producción de sorgo que corresponden al período entre 1984-2019. (Ibáñez, 2023)

Los modelos demostraron ser representativos y la variable rendimiento del cultivo resultó ser determinante para la producción en ambos modelos. En el primer modelo econométrico la variable de superficie cultivada y la variable dummy que se utilizaron fueron representativas. Sin embargo, en el segundo modelo demostró que un cambio en la producción de sorgo afectaría la producción de maíz en el departamento.

Palabras claves: Maíz, Producción, Seguridad alimentaria. La producción de maíz en Bolivia se encuentra limitada por diversos factores, siendo que representa un aporte importante a la seguridad alimentaria en Bolivia debido a sus niveles de nutrientes. Pese a esto, la producción sólo alcanza para satisfacer la demanda interna del país, siendo el departamento de Santa Cruz el que aporta el mayor porcentaje a la producción total. (Ibáñez, 2023)

Asimismo, se propusieron dos modelos econométricos con posibles variables que son determinantes para la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz y luego se analizaron los modelos. Las variables de los modelos son: rendimiento de la producción de maíz, área cultivada, precio internacional de la producción de maíz y sorgo que corresponden al periodo comprendido entre 1984-2019. Los modelos resultaron representativos y la variable rendimiento del cultivo resultó decisiva para la producción

en ambos modelos. En el primer modelo econométrico, la variable área cultivada y la variable ficticia que se utilizó fueron representativas. Sin embargo, en el segundo modelo demostró que un cambio en la producción de sorgo afectaría la producción de maíz en el departamento. (Ibáñez, 2023)

2.1.3. Producción Regional

En los valles de las provincias Nor y Sur Chichas producen variedad de tipos de maíz en atención a su forma, sabor y color, riqueza en azúcar, que alcanza más de cuarenta especies, capaces de transformarse constantemente. (MDREP, 2020)

2.1.4. Requerimientos agroclimáticos

El maíz es una planta de ciclo C4, lo que indica una alta eficiencia fotosintética bajo condiciones de luz, temperatura y humedad.

2.1.5. Luz

Intensidad Lumínica: El maíz necesita alta intensidad lumínica y una alta Intercepción de Radiación Fotosintéticamente y requiere al menos 6 horas de luz solar directa al día. para maximizar la producción de biomasa y rendimiento. La mayoría de los híbridos modernos son poco sensibles al fotoperíodo, aunque originalmente el maíz era una planta de día corto. Esto permite su cultivo en una amplia gama de latitudes. La duración de la luz es el principal factor que modula el inicio de la floración en las variedades fotoperiódicamente sensibles (MAGFOR, 2005)

2.1.6. Temperatura

La temperatura es el factor más crucial, ya que afecta directamente la velocidad de las reacciones fisiológicas y la duración de las fases fenológicas (FAO, 2002).

Fase fenológica	Rango de Temperatura Óptima (°C)	Efectos de Temperaturas Extremas
Germinación	20 a 25	Mínima 10°C. Bajas temperaturas retrasan y reducen el porcentaje de germinación.
Crecimiento vegetativo	24 a 30	Máxima 35°C el crecimiento se detiene o se reduce fuera de este rango.
Floración	20 a 27	Temperatura >32°C reduce la viabilidad del polen y la sincronía floral, resultando en mazorcas con menor números de granos (Lauer, 2013).

2.1.7. Humedad

Requerimiento Total: Se estima que el cultivo necesita entre 500 y 800 mm de precipitación total bien distribuida, dependiendo del clima y el ciclo del híbrido (FAO, 2002).

Fase Crítica: La máxima demanda de agua ocurre durante la floración (periodo que abarca 30 días antes y 30 días después de la antesis/aparición de estigmas). El estrés hídrico en este periodo puede reducir el rendimiento en más del 50%, afectando la elongación de los estigmas y la fertilización (MAGFOR, 2005).

Necesidad de Drenaje: El maíz es muy susceptible al anegamiento (exceso de humedad) o suelos mal drenados, lo cual restringe el oxígeno a la raíz y afecta la absorción de nutrientes, comprometiendo la sanidad y el rendimiento (Sánchez-Hernández, 2006).

2.2. Características botánicas

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros).

2.2.1. Raíz

Son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias. (Jica, 2019)

2.2.2. Tallo

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales.

Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas. (Jica, 2019)

2.2.3. Hoja

La hoja del cultivo de maíz es de tipo lanceolada, con nervaduras paralelas bien marcadas, disposición alterna y envainadoras en su base, lo que permite una eficiente captura de luz solar para la fotosíntesis. Estas hojas son fundamentales para el desarrollo fisiológico del cultivo, ya que su extensión y salud inciden directamente en el rendimiento del grano (González et al., 2018).

2.2.4. Inflorescencia

El maíz es de la inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula vulgarmente denominado espigón o penacho decoloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de

polen en cada florecilla que compone la panícula se presenta tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen alrededor de los 800 a 1000 granos y se forma en una estructura vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. (Castillo Rodríguez, 2019)

2.2.5. Mazorca

El número de mazorcas y de granos por mazorca viene determinado genéticamente, pero deficiencias de humedad o de nutrientes, ataque de enfermedades u otras condiciones adversas, irán en desmedro de llenado del grano. En casos extremos, la planta puede morir antes de que el grano haya alcanzado su tamaño máximo. Por otro lado, si las condiciones de humedad y fertilidad son excepcionalmente favorables, se produce un mejor llenado del grano, lo cual posiblemente se traduzca en un rendimiento más alto que el esperado. (Saavedra del R)

2.2.6. Estructura del grano

Se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano o, más a menudo, mecánicamente. El número de granos y de filas de la mazorca dependerá de la variedad y del vigor del maíz. (Jica, 2019)

2.2.7. Desarrollo fenológico del maíz

El desarrollo fenológico del maíz se refiere al ritmo de crecimiento vegetativo y reproductivo expresado en función de los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta, relacionados con el ambiente. Conocer dicho comportamiento de desarrollo del cultivo permitirá un pronóstico de la incidencia de plagas, lo cual se vuelve esencial al

momento de planificar, estructurar y aplicar algún programa de manejo integrado de plagas, ya que el grado de susceptibilidad del cultivo a los daños causados por las plagas dependerá de su estado de desarrollo. El conocimiento sobre la presencia de plagas de acuerdo al estado de desarrollo de la planta, puede servirle al técnico o productor para determinar los niveles de daño económico y concentrar los esfuerzos en monitoreo, detección y control, más eficientes. Con lo anterior, se puede evaluar con mayor precisión el ataque de una plaga en particular y las posibles medidas de manejo. (INGRITI)

Fase vegetativa. Esta fase inicia desde la siembra y dura hasta poco antes de que aparezcan las estructuras reproductivas, es decir, cuando se comienza a visualizar la espiga del maíz (flor masculina). Durante la etapa de plántula cualquier daño al follaje o a las raíces es crítico y pone en riesgo la supervivencia de las plántulas. En la fase vegetativa la mayor parte de la energía se dirige a la formación de follaje; por tanto, la planta tiene cierta tolerancia a la pérdida de follaje a causa del ataque de alguna plaga. Durante este crecimiento vegetativo predominan plagas como trips (*Frankliniella williamsi*), larvas de diabroticas (*Diabrotica virgifera zea*), Fase reproductiva. Inicia cuando se visualiza la espiga del maíz y termina hasta que se tiene la madurez fisiológica del cultivo (capa negra en el punto de inserción del grano con el maíz). Durante esta etapa se presentan plagas como el picudo, chapulín, araña roja y gusano elotero. (INGRITI)

2.2.8. Ciclo vegetativo

La germinación y emergencia es de 7 a 10 días y se desarrolla el tallo, las hojas y establecen las bases para la formación de espigas este periodo es de 30 a 45 días

El ciclo vegetativo del maíz oscila entre 120 a 160 días y está sujeto a la variedad y las condiciones agroecológicas y climáticas predominantes del lugar. (FAO, 2019)

2.2.9. Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Sub división: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Sub clase: Monocotyledoneae.

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Sub Familia: Panicoideae.

Tribu: Maydeae.

Nombre científico: *Zea mays* L.

Nombre común: Maíz.

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2025).

2.3. Variedades.

2.3.1. Amarillo

Se caracteriza por su mazorca mediana de 14 a 17 cm de longitud y 5,3 -5,5 cm de diámetro. Sus granos son medianos de 15 mm de longitud y 10 mm de ancho tiene forma apastillada triangulada con una superficie contraria y esta acomodada en 10 hileras rectas, (apec-t, 2006)

2.3.2. Blanco

Se caracteriza por su mazorca grande es de granos más firmes de color blanco crema los granos tienen una textura más dura y almidonada que los del maíz amarillo.

(association, 2023)

2.4. Valor nutricional del maíz

2.4.1. Propiedades del maíz

Rico en carbohidratos: Es una fuente importante de energía debido a su alto contenido de carbohidratos complejos.

Fuente de fibra dietética: Ayuda a regular la digestión y prevenir problemas como el estreñimiento.

Contiene antioxidantes: El maíz amarillo es rico en carotenoides, como la luteína y la zeaxantina, que benefician la salud ocular.

Vitaminas y minerales: Aporta vitamina B (especialmente B1 o tiamina), vitamina C y minerales como magnesio, fósforo y potasio.

Sin gluten: Es una opción segura para personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten.

Propiedades prebióticas: Gracias a su contenido en fibra soluble, fomenta el crecimiento de bacterias beneficiosas en el sistema digestivo. (fototecnologia, 2010)

Beneficios:

Mejora la salud cardiovascular por su contenido en fibra y antioxidantes.

Contribuye al control del peso, ya que brinda sensación de saciedad.

Favorece la salud cerebral por su contenido en tiamina, que participa en la función nerviosa y cerebral. (fototecnologia, 2010)

2.4.2. Propiedades nutricionales

El maíz aporta fibra que ayuda mejorar el estado del microbiota. Entre sus carbohidratos encontramos azúcares y almidones. Los azúcares son los que dan el dulzor al maíz y su proporción va disminuyendo al irse secando el maíz, pues se van transformando en más almidón. Su índice glucémico es bajo y el hecho de que tenga almidón no lo hace desaconsejado para las personas diabéticas. Pero sí deben tener en cuenta la ración para no excederse y seguir la recomendación general de acompañar los

hidratos de carbono de fibra, proteínas y grasas que ayudan a modular la entrada de los azúcares al torrente sanguíneo. (Cuerpamente (s.f.)

2.5. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero, (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith), es una de las plagas agrícolas más destructivas y económicamente importantes a nivel mundial, especialmente en cultivos de la familia Poaceae, como el maíz. Su alta capacidad reproductiva, polifagia (se alimenta de muchas plantas) y migratoria la convierten en un desafío constante para la agricultura. (Gutiérrez et al., 2020).

2.5.1. Clasificación taxonómica del gusano cogollero

Reino: Animal.

Phylum: Artrópoda.

Sub phylum: Mandibulata.

Clase: Insecta.

Sub clase: Endopterygota.

División: Pterygota.

Orden: Lepidoptera.

Sub orden: Frenatae.

Familia: Noctuidae.

Tribu: Prodeni.

Género: *Spodoptera*.

Especie: *Frugiperda*.

Fuente: (Laboratorio de biología).

2.6. Características morfológicas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

2.6.1. Huevo

Los huevos son de color blanco perla, son puestos en grupo y protegidos con escamas y secreciones bucales de la palomilla, miden aproximadamente 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura. Una hembra puede poner de 100 a 200 huevos por ovipostura y hasta 1500 en su vida fértil. (MarcadorDePosición2)

2.6.2. Larva

El color de las larvas varía según el alimento, aunque en general son pardo oscuras, con tres rayas pálidas longitudinales. En la parte frontal de la cabeza se distingue una y blanca invertida. Las larvas pasan por seis o siete estadios y llegan a medir hasta 30 a 35 mm de longitud. El período larval dura un promedio de 14-22 días. Para completar su desarrollo, las larvas consumen un promedio total de 179.7 cm² de superficie foliar de hojas de maíz y dejan de alimentarse justo antes de alcanzar el último estadio larval. (Lezaun, 2014)

2.6.3. Pupa y Adulto

El estado de pupa de (*Spodoptera frugiperda*) representa la fase de transición entre la larva y el adulto, durante la cual ocurren intensos procesos fisiológicos de reorganización tisular. La pupa es de tipo obtecta, de coloración marrón rojiza, con una longitud promedio de 14 a 18 mm. Generalmente, la pupación ocurre en el suelo, donde la larva de último estadio cava una cámara subterránea de 2 a 8 cm de profundidad, recubierta por un capullo delgado formado con partículas de tierra y seda. Durante este periodo, el insecto no se alimenta y su metabolismo se reduce considerablemente, concentrándose en la metamorfosis hacia la fase adulta. (Casmuz et al., 2010).

Durante este periodo, el insecto no se alimenta y su metabolismo se reduce considerablemente, concentrándose en la metamorfosis hacia la fase adulta. El adulto de *S. frugiperda* es una polilla nocturna perteneciente a la familia Noctuidae. Presenta un dimorfismo sexual marcado: los machos muestran a las anteriores de color gris oscuro con manchas blancas bien definidas, mientras que las hembras presentan

tonalidades más uniformes de color marrón grisáceo. Los adultos son activos durante la noche y atraídos por la luz. La cópula ocurre pocas horas después de la emergencia, y la hembra inicia la oviposición a las 24 horas, depositando de 100 a 200 huevos por postura sobre el envés de las hojas que suele durar entre 10 y 13 días. (Goergen., 2016).

Ciclo biológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

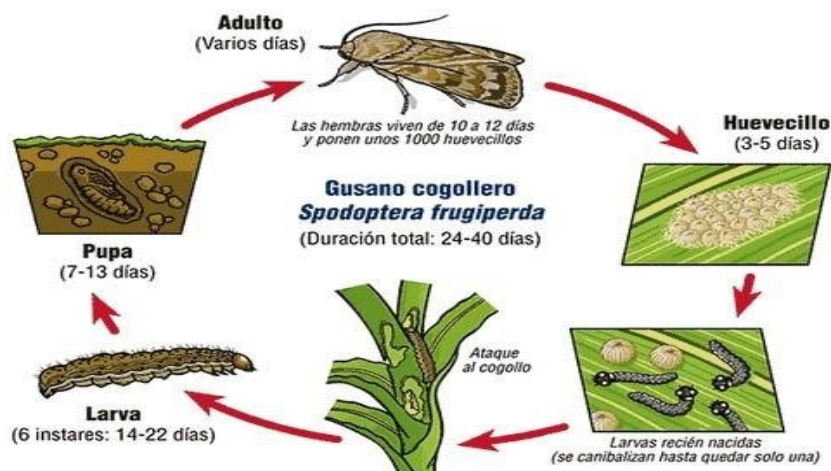


FIGURA 1: ciclo biológico

2.6.4. Daños que ocasiona a la planta

Los daños más característicos se observan en las hojas centrales del maíz, donde las larvas se refugian durante el día y se alimentan durante la noche, dejando orificios irregulares alineados longitudinalmente. A medida que las hojas crecen y se desenrollan, las perforaciones (el daño es mayor entre más chico sea el maíz), lo que ocasiona en plantas de unos 12 cm de altura a la emisión del cogollo, hasta alrededor de los 40 cm de altura (etapa crítica de daño). En casos severos, la alimentación intensa puede provocar la destrucción total del punto de crecimiento, lo que genera la muerte de la planta o la emisión de brotes laterales que afectan su productividad (Sparks, 1979).

2.6.5. Hábitos

Durante las primeras fases de desarrollo del cultivo (de 4 a 6 hojas) las masas de huevos de *S. frugiperda* son más abundantes en la parte baja de la planta de maíz y en el envés de la hoja. Cuando la planta tiene de 8 – 10 y 12 – 24 hojas los huevos son puestos en la región media y en el haz de la hoja. El mayor número de huevos es puesto en la fase de 4 – 6 hojas. Las larvas recién eclosionadas se alimentan principalmente de la misma masa de huevos a la que pertenecieron. Durante las primeras horas, los estadios larvarios jóvenes presentan una respuesta positiva a la luz y como resultado se mueven hacia la parte superior de la planta de maíz, donde pueden ser movidas por el viento a otras plantas. Por si solas las larvas pueden dispersarse en un tiempo de dos horas cuando la temperatura alcanza los 35°C. (Lezaun, 2014)

2.6.6 Daños

La larva de primer estadio consume el tejido foliar, por un lado, sin llegar a perforar, dejando intacta la capa epidérmica del haz de la hoja. A partir del segundo o tercer estadio la alimentación de las larvas en el cogollo se manifiesta con una hilera de perforaciones en las hojas. Los últimos estadios pueden ocasionar una defoliación completa, dejando únicamente las nervaduras o tallo de la planta. Los pequeños agujeros ocasionados por la alimentación en las hojas nuevas se asemejan al daño originado por el gusano barrenador europeo del maíz, y aunque los síntomas iniciales son similares, los umbrales y medidas de control son diferentes en el gusano cogollero. Por lo tanto, es importante encontrar larvas vivas y determinar cuál insecto está causando el daño. (Lezaun, 2014)

2.6.7. Daño por larva de gusano cogollero

El daño económico de esta plaga generalmente es importante. Una infestación no controlada de *S. frugiperda* puede ocasionar una reducción del rendimiento de 13 a 60%, debido a la pérdida de área foliar y a un retraso o inhibición en la emisión de las inflorescencias. Cabe resaltar que las plantas de maíz son susceptibles de ser dañadas por el gusano cogollero durante su desarrollo vegetativo, de la emergencia y hasta 55 – 60 días después de dicha fase; por lo tanto, es en esta etapa cuando debe muestrearse la plaga y en su caso aplicar las medidas de control. (CABI. 2021)

2.7. Medidas de control del gusano (*Spodoptera frugiperda*)

2.7.1. Control legal

El gusano cogollero no se encuentra clasificado en nuestro país como una plaga regulada para los países con los que se tiene planes de trabajo comercial. Sin embargo, en los estados donde ha llegado a ser un problema, esta plaga llega a ser considerada dentro del Programa de trabajo del Manejo Fitosanitario del Maíz donde se contemplan acciones para su control. Derivado de estudios, se evaluaron productos (azadiractina y spinosad) para el control de huevo y larva de *S. frugiperda*, donde mostraron mayor efecto ovicida con mortalidad de huevos de hasta 31.3 y 31.5 % respectivamente; por lo que estos productos podrían usarse en la etapa inicial del cultivo. (Villalobos, 2021)

Para el control de larvas de tercer instar, se observaron mejor actividad de control con los productos spinosad y metoxifenocida alcanzando el 100 y 84.4 % respectivamente

Otros plaguicidas que pueden ser utilizados para el control de esta plaga son: permetrina, cyflutrin, cypermetrina, clorpirifos, carbofuran y deltametrina proporcionó datos de un buen control del gusano cogollero utilizando gránulos fagoestimulantes de harina de maíz tratados con spinosad a dosis ultra bajas de 0.1, 0.3 y 1 g de i.a/ha. Sin embargo, mencionan el preparado de estos gránulos fagoestimulantes en México, pero con otro insecticida, el cual se prepara con: 800 g de harina de maíz + 190 g de almidón de maíz + 10 g de aceite de maíz + 1 litro de agua + 30 mg de spinoteram. Una vez preparada la mezcla se seca a la sombra con el aire, se homogeniza (se muele) y se guarda en recipientes cerrados para su posterior uso. Se utiliza 10 kg/ha de gránulos, los cuales se aplican con un salero en el cogollo de las plantas del maíz, de acuerdo a la época que muestreos indique. A pesar de los estudios mencionados para el control de los diferentes estados de desarrollo de *S. frugiperda* todos los a utilizarse deberán estar autorizados por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios como los que se reportan en el cuadro 2 y 3 para su uso específico en los cultivos de maíz y arroz. (Villalobos, 2021)

2.7.2. Control cultural

Se debe evitar establecer el cultivo en terrenos altamente infestados con maleza, sobre todo aquellas perennes que sean hospedantes del gusano cogollero; al seleccionar el cultivar a sembrar, elegir híbridos que, aunque puedan ser preferidos por la plaga, muestren algún nivel de tolerancia para obtener altos rendimientos. Respetar los periodos de siembra influye en el éxito del cultivo, esto con el objetivo de aprovechar las mejores condiciones de desarrollo del cultivo y menos factores como las plagas. (FAO, 2019)

2.7.3. Control biológico

El género *Telenomus* sp. y *Trichogramma* sp. son organismos benéficos importantes en el control de *S. frugiperda*, estos insectos son parasitoides de huevos y tienen la capacidad de alcanzar poblaciones equivalentes al doble de su hospedante, principalmente debido a que su ciclo de vida de los parasitoides es más corto que el del gusano cogollero. Se reporta parasitismo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) desde 63.25 hasta 99.5 %, el porcentaje de parasitismo depende de los factores como el genotipo del cultivo, sistema de cultivo (monocultivo ó policultivo), presencia de malezas, cantidad de masas y cantidad de huevos por masas; presentándose mayor parasitismo en policultivo. Otros parasitoides reportados para el control de larvas de *S. frugiperda* son *Chelonus insularis* (Cresson), *Chelonus sonorensis* Cameron, *Pristomerus spinator* F., *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Meteorus* sp., *Ophion flavidus* Brulle (Ichneumonidae); *Eucelatoria armígera* y *Lespecia* sp. (Tachinidae) con un porcentaje de parasitismo entre 0.9 a 49.8 %, las especies más abundantes en Sinaloa son *Ch. insularis* y *C. marginiventris*, este último se presenta únicamente durante los meses con temperaturas frescas, a partir de mediados de octubre y prácticamente desaparece a mediados de abril. (Villalobos, 2021)

2.7.4. Control microbiológico

Existen diversos microorganismos benéficos para controlar al gusano cogollero, sin embargo, el más empleado comercialmente es el *Bacillus thuringiensis*, una bacteria que puede alcanzar hasta un 90% de efectividad si se usa correctamente. La aplicación se realiza por aspersión o en forma de cebo dirigida a los cogollos de las plantas. La dosis de la aplicación varía de acuerdo al producto comercial usado, actualmente las tecnologías son muy extensas y cada día se avanza más en productos novedosos que contienen estos microorganismos. (INGRITI)

2.7.5. Control químico

Actualmente el más usado en los sistemas de producción por el conocimiento previo de los agricultores y a que en general ha mostrado buena efectividad; sin embargo, en su aplicación es recomendable usar productos selectivos dirigidos especialmente a la plaga y no de amplio espectro que pudieran dañar a otros organismos benéficos presentes en el sistema de cultivo. Los ataques de *Spodoptera frugiperda* se pueden controlar sin inconvenientes; la mejor herramienta es el monitoreo, y la criteriosa aplicación de fitosanitarios según los niveles de daño económico. La mayoría de los fracasos ocurren como causa de tratamientos tardíos, donde la larva ya se encontraba dentro del cogollo, situación motivada por la falta de acciones oportunas de control o directamente la ausencia de visitas a los lotes sembrados.

(INGRITI)

2.7.6. Insecticidas

Clasificación y características de los insecticidas evaluados.

PALADIN – Clorpirifos 48% EC (Organofosforado).

Nombre comercial en Bolivia.

Paladín 48 EC, Lorsban 48 EC, Clorpirifos 480 EC.

Ingrediente activo

Clorpirifos (organofosforado) – 48% p/v.

Clasificación IRAC

Grupo 1B: Inhibidores de la acetilcolinesterasa (AChE).

Modo de acción

Actúa por contacto e ingestión.

Bloquea la actividad de la acetilcolinesterasa, causando hiperexcitación nerviosa y parálisis.

Recomendaciones y usos

Utilizado en Bolivia para control de *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea*, pulgones y otros lepidópteros.

Eficaz en estadios tempranos, pero requiere rotación debido a resistencia reportada.

Compatibilidad

Compatible con fungicidas y la mayoría de coadyuvantes.

No mezclar con productos alcalinos (riesgo de descomposición).

Fitotoxicidad

Color amarillo = Dañino.

Se aplica en dosis recomendadas.

Puede causar estrés en plantas pequeñas bajo condiciones de alta temperatura.

TRACER – Spinosad 480 SC (Espinosina)

Nombre comercial en Bolivia

Tracer 480 SC, Success, Spintor.

Ingrediente activo

Spinosad (espinosina natural derivada de *Saccharopolyspora spinosa*).

Clasificación IRAC

Grupo 5: Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR).

Modo de acción

Actúa por ingestión y sistémico

Provoca hiperexcitación neuromuscular sin afectar mamíferos ni biocontroladores.

Recomendaciones y usos

Recomendado en Bolivia para control de Spodoptera, minadores, trips y diversos lepidópteros.

Alta eficacia en larvas jóvenes; ideal en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Compatibilidad

Compatible con biofertilizantes, productos biológicos y la mayoría de fungicidas.

Evitar mezclas con aceites minerales pesados.

Fitotoxicidad

Cuidado; Tracer es considerado seguro para el cultivo de maíz y organismos benéficos.

Ideal para rotación antirresistencia.

BENZOTECH 5.7 – Lambda–cihalotrina 5.7% EC (Piretroide).

Nombre comercial en Bolivia.

Benzotech 5.7 EC, Karate Zeon, Lambda 5 EC, Lamdex.

Ingrediente activo

Lambda–cihalotrina – 5.7% (piretroide sintético).

Clasificación IRAC

Grupo 3A: Moduladores de los canales de sodio (Na^+).

Modo de acción

Neurotóxico por contacto e ingestión.

Provoca despolarización repetitiva, hiperexcitación y muerte.

Recomendaciones y usos

Comúnmente usado en Bolivia para control de lepidópteros, chinches y coleópteros.

Mejor rendimiento en aplicaciones nocturnas por fotodegradación diurna.

Compatibilidad

Generalmente compatible con fungicidas y foliares.

Evitar mezclas con productos muy ácidos o alcalinos.

Fitotoxicidad

Dañino|G en maíz.

Puede afectar insectos benéficos (parasitoides y depredadores), por ser un piretroide de amplio espectro.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

Departamento: Potosí, Bolivia.

Provincia: Tomás Frías.

Municipal: Cotagaita.

Comunidad: Tabla palca.

Superficie: 2573m.

Latitud: 20°47'06"°S.

Longitud: 65°32'18"°O.

El valle de Cotagaita

El valle del río Cotagaita se encuentra en la provincia Nor Chichas en el Departamento de Potosí, Bolivia (Figura 3). situación que estimuló el cultivo de la vid y maíz para el riego por inundación es un río que no presenta sequia hasta ahora.

3.1.1. Ubicación

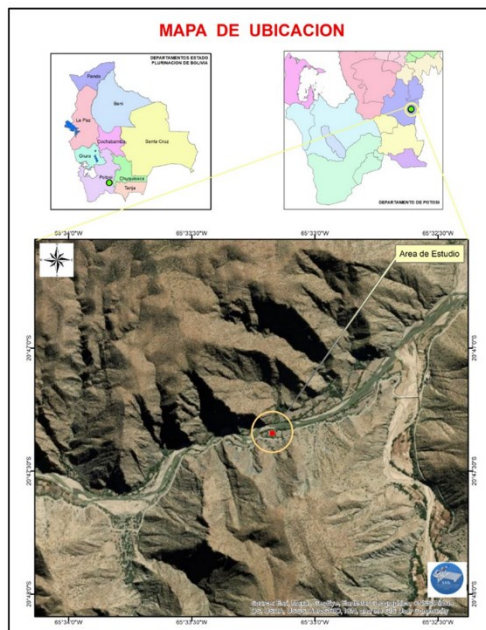


figura n°2 Ubicación

3.1.2. Características agroclimáticas

Clima: Templado con una temperatura media anual de 15.5°C presenta un clima templado característica por verano suave e invierno frío.

Precipitación: La precipitación anual promedio es de 383 mm concentrándose principalmente en los meses de verano (diciembre a marzo)

Humedad: La humedad relativa promedio es de alrededor del 65% con valor más alto en los meses húmedos y más bajo en la estación seca.

Heliofanía: Cotagaita disfruta de una alta heliofanía con un promedio de 2.700 horas sol año.

Tipos de suelo: Cotagaita presenta suelos arcillosos y la capacidad para expandirse y extraerse por cambios de la humedad. Son suelos fértiles con buena capacidad de retención de agua lo que le hace apto para los cultivos frutales.

3.1.3. Cultivos principales de Cotagaita

Cuadro N°1

Nombres científicos y familia.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Papa	Solanum tuberosum L.	Solanaceae
Tomate	Lycopersicon esculentum Mill	Solanaceae
Arveja	pisum sativum L.	Leguminosae
Maíz	Zea mays L.	Poaceae
Churqui	Acacia caven (Molina) Molina	leguminosae
Molle	Schinus molle L.	Anacardiaceae
Higuera	Ficus carica L.	Moraceae
Membrillo	Cydonia oblonga Miller	Rosaceae

Eucalipto	Eucaliptus sp.	Myrtaceae
Vid	Vitis vinífera L.	Vitaceae
Peral	Pyrus communis L.	Rosaceae
Alfalfa	Medicago sativa L.	Leguminiseae
Granada	Púnica granatum L.	Punicaceae
Haba	Vicia faba L.	Leguminosae
Zapallo	Cucúrbita sp.	Cucurbitaceae

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2025).

3.1.4. Fauna de Cotagaita

Cuadro N°2

Fauna de Cotagaita

Nombre común	Nombre científico
Zorro	<i>Lycolopex culpdeus</i>
Liebre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
Canario silvestre	<i>Serinus canaria</i>
Hornero	<i>Furnarius rufus</i>
Loro	<i>Loros típicos</i>
Vaca	<i>Ganado vacuno</i>
Caballo	<i>Equus caballus</i>

Fuente: (Elaboración propia 2025)

3.1.5. Materiales (de campo, laboratorio, gabinete y biológico)

Material de campo

- Mochila pulverizadora.
- Bolsas plásticas.
- Libreta de registros.
- Navaja.
- Papel periódico.
- Conservador de muestras.
- Cámara fotográfica.
- Lupa.

Material Biológico

- Maíz; hojas y tallos.
- Amarillo.

Gabinete

- Computadora.
- Papelería.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Paquetes de office.

Material de laboratorio

- Lupa de aumento 4X.
- Microscopio óptico.
- Cajas Petri.

3.2. Metodología

3.2.1. Tipo de investigación

3.2.2. Proceso experimental:

La investigación se enfocó en el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz en la (Municipalidad de Cotagaita). Se estudiaron diferentes métodos de control, químico. Se espera que los resultados de la investigación sean aplicables a otras regiones con problemas similares de infestación por gusano cogollero.

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, mono factorial con 3 tratamientos químico. dando un total de 9 unidades experimentales. Cada parcela tiene 225m² con distancias de 2. 50m entre parcelas.

3.2.4. Descripción de los tratamientos

Bloque (1) tratamiento (1) - Paladín (clorpirofos) S 480 es un insecticida de contacto para Controlar un amplio espectro de insectos plaga en diversos cultivos.

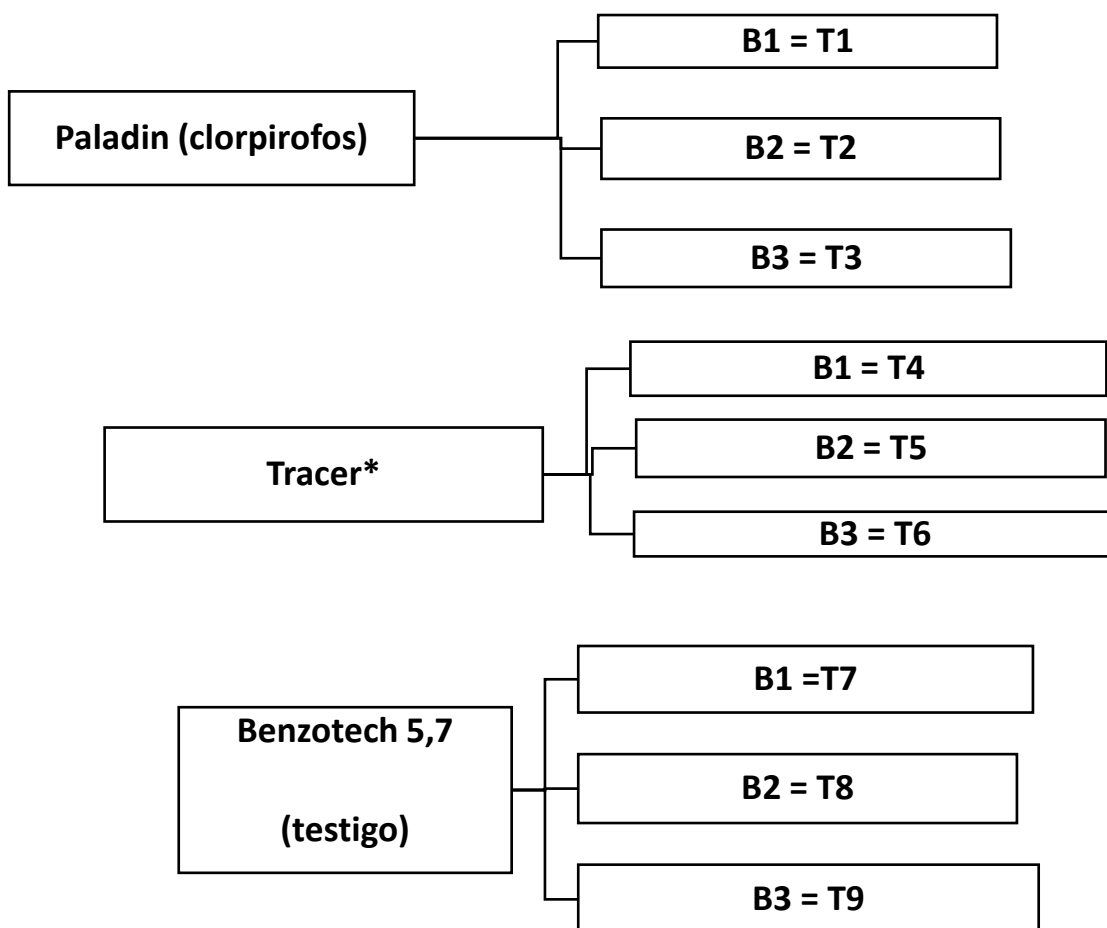
Para una hectárea 0,15 y 0,25 kg/ha. Es importante consultar la etiqueta del producto para obtener las instrucciones específicas de uso y las dosis recomendadas para diferentes niveles de infestación y etapas del cultivo.

Bloque (2) tratamiento (2)- Tracer* es un insecticida sistemático a base de spinosad, de origen natural, recomendado para el control de los insectos mencionados en las recomendaciones de uso, en cultivos de soja, algodón, maíz y cítricos.

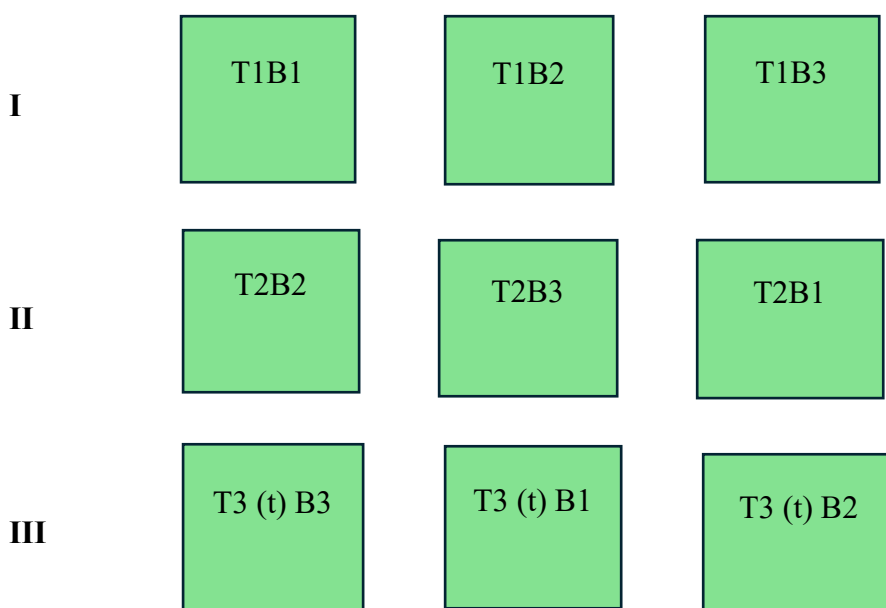
para una hectárea 0,15 y 0,25 kg/ha. En etapas tempranas del cultivo, se puede utilizar una dosis menor, mientras que, en etapas más avanzadas, se puede requerir una dosis mayor. Fuente: Dow AgroSciences

Bloque (3) tratamiento (3)- Benzotech 5,7 insecticida de usa agrícola gránulos dispersables en agua.

Se realizó una aplicación foliar cuando se detectó los primeros individuos de la plaga en el cultivo; volumen de aplicación 250gr – 350gr/L de agua/ha.



3.2.5. Procedimiento experimental



3.3. Modelo lineal de diseño

3.3.1. Modelo estadístico

El modelo lineal aditivo para el DBCA

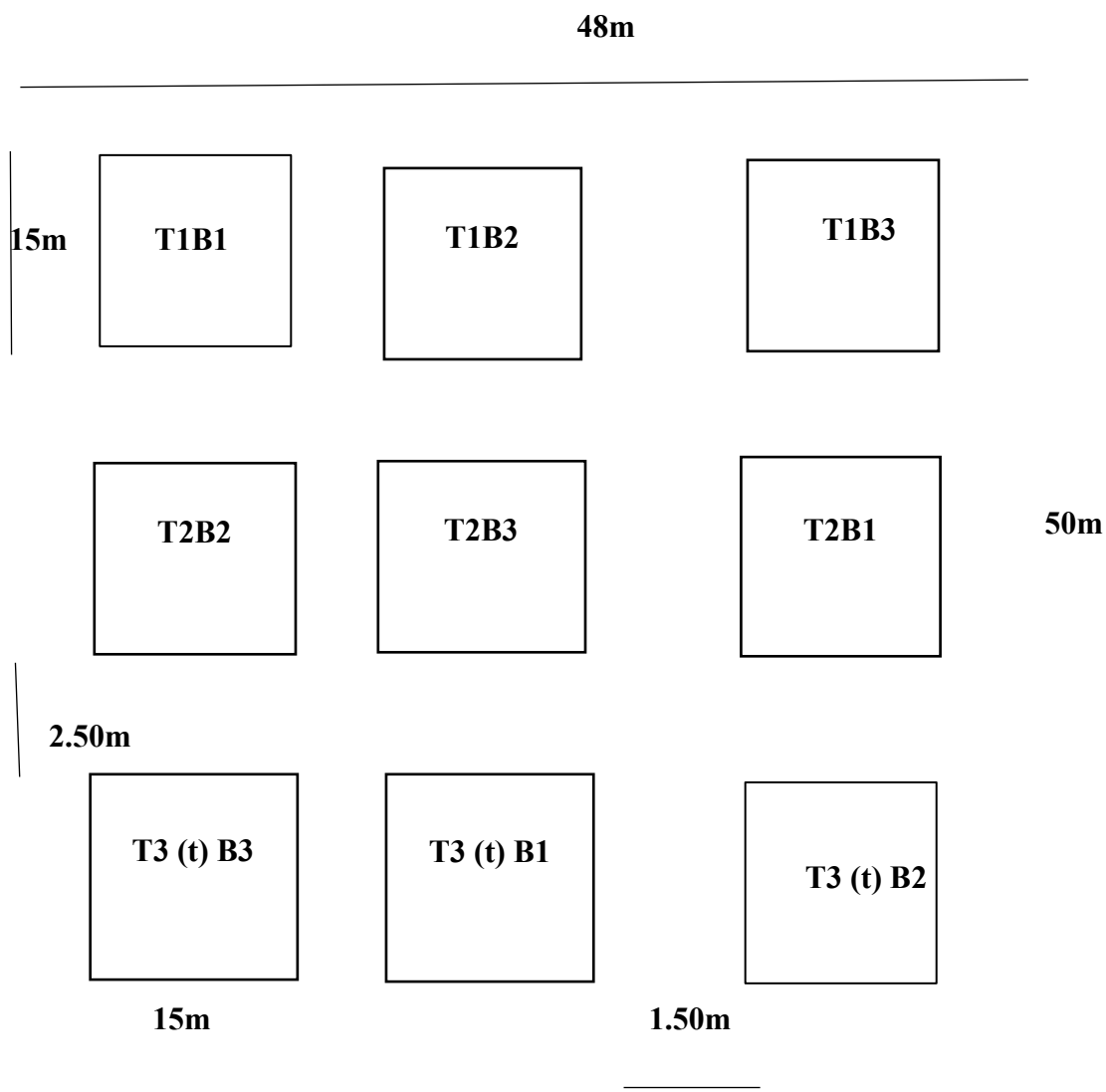
El producto Benzotech 5.7 fue incluido como testigo de Referencia debido a que constituye la práctica fitosanitaria más empleada por los productores del municipio de Cotagaita. Según los antecedentes técnicos y testimonios locales recopilados, este insecticida es considerado el estándar habitual de manejo para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la región. Su inclusión como referencia permitió establecer un punto de comparación realista y representativo de las condiciones de manejo predominantes en el área de estudio. De esta manera, la evaluación de los tratamientos alternativos el producto tracer y paladín solo se contrastó con un producto comercial ampliamente difundido, sino también con el nivel de eficacia que los agricultores reconocen en su práctica cotidiana. Esto posibilita determinar con mayor claridad si las alternativas propuestas ofrecen una mejora técnica y económica significativa frente a la opción tradicional utilizada en la zona, aplicabilidad de los resultados obtenidos.

Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), en el cual todos los tratamientos fueron distribuidos equitativamente dentro de cada bloque.

3.3.2. Tamaño de la unidad experimental

Tamaño de la unidad experimental Cada unidad experimental, está constituida a una distancia 0.75 cm de surco a surco, de planta a planta y 0.15cm de que constituyó una superficie por unidad experimental de 225m² y la superficie total del ensayo abarcó 2400m².

3.3.3. Croquis de diseño experimental



3.4. Descripción del procedimiento agrícola

3.4.1. Preparación del terreno

Arado y rastrado: Labrar la tierra para airearla, romper terrones y eliminar malezas.

Incorporación de materia orgánica: Aplico abono orgánico como compost o estiércol para mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua y nutrientes.

Nivelación: Asegurar una superficie uniforme para facilitar la siembra y el riego.

3.4.2. Tipos de suelo

suelo arenoso se caracteriza por contener un alto porcentaje de arena, ligeros y fáciles de trabajar con maquinaria, ya que no se compactan ni se endurecen al secarse. El suelo ideal para el maíz es suelto, bien drenado y con un pH entre 6 y 7.

3.4.3. Siembra

La siembra del maíz se realizó en el mes de julio, cuando la temperatura del suelo alcanza al menos 10°C. La profundidad de siembra varía entre 3 y 5 cm, y la distancia entre plantas a planta es de 10cm a 14cm de la variedad de kellu sara (tupiceño) de maíz y las condiciones del cultivo.

Métodos de siembra

Siembra manual: se depositó las semillas en los surcos hechos con un arado de madera o una sembradora manual.

3.4.4. Manejo del cultivo

Una vez que las semillas germinan y emergen las plántulas, se brindó cuidados específicos para garantizar el desarrollo óptimo del cultivo. Estas prácticas incluyen:

3.4.5. Monitoreo del gusano cogollero

Inspecciono regularmente cada parcela del cultivo de maíz buscando hojas perforadas o plantas dañadas por el gusano cogollero.

Se realizó un muestreo dirigido se recorrerá la totalidad de cada parcela en busca de plantas con síntomas de ataque del gusano cogollero.

Se monitoreo el cultivo de maíz y se lograron detectar y controlar plagas como el gusano cogollero y enfermedades como el tizón y la mancha de la hoja. Se utilizó métodos de control químico.

3.4.6. Control de plagas y enfermedades

El 15-20% de plantas con puntos de alimentación. Una vez identificado la plaga se procesó a realizar el control fitosanitario con los tratamientos recomendados posteriormente se realizó la evaluación respetivamente.

3.5. Introducciones para el uso de insecticidas

3.5.1. Preparación

- 1) Llenar agua a la mochila pulverizador con agua hasta la mitad de su capacidad.
- 2) Agitar bien el envase y agregar la cantidad de insecticidas necesaria para el área a tratar del cultivo.
- 3) Completar la cantidad de agua a la mochila pulverizadora.
- 4) Es importante que la persona que va realizar la aplicación de insecticidas este con ropa adecuada y protegida.

3.5.2. Aplicación para cada tratamiento

La aplicación de los tratamientos se realizó de la siguiente manera.

De acuerdo a estos datos, se determinó la aplicar de los tratamientos en cada bloque.

Tratamiento (1) Bloques (1)

Consistió en aplicar con insecticida Paladín (clorpirofos) S 480 es un insecticida de contacto.

En cada parcela del bloque (1)

Dosis 20ml/20lt de agua ----- 60ml/Ha.

La primera aplicación se realizó después de la emergencia del cultivo de 35 días, se determinó por plantas afectadas de cada parcela.

La segunda aplicación se realizó a los 14 días después de la primera aplicación

Tratamiento (2) Bloque (1)

Consistió en aplicar con insecticida Tracer* es un insecticida sistemático a base de spinosad.

En cada parcela del bloque (2)

Dosis 20ml/20lt de agua----- 2l/Ha de 300L de agua

La primera aplicación se realizó después de la emergencia del cultivo de 35 días se determinó por plantas afectadas.

La segunda aplicación se realizó a los 16 días, después de la primera aplicación.

Tratamiento (3) (testigo) Bloque (3)

Consistió en aplicar con Benzotech 5,7 insecticida de contacto usa agrícola gránulos dispersables en agua.

En cada parcela del bloque (3)

Dosis 25gr/20lt de agua-----250gr/Ha

La primera aplicación se realizó después de la germinación del cultivo de 35 días se determinó por plantas afectadas.

La segunda aplicación se realizó a los 10 días, después de la primera aplicación.

3.5.3. Periodo de carencias

Para el cultivo de maíz se realiza cada 7 días después de la aplicación.

3.5.4. Tiempo de reingreso al área tratada

Dejar transcurrir 12 horas después de la aplicación para ingresar al área tratada. En caso de necesitar hacerlo con anticipación, realizar el ingreso con el equipo de protección personal adecuado.

3.5.5. Control de malezas, riego y fertilización

Se eliminó las malezas que compiten con el maíz por nutrientes, agua y luz solar. El control de malezas se realizó manualmente, con azadón o a través de herbicidas selectivos.

Riego: El maíz requirió un suministro constante de agua, especialmente durante las etapas de crecimiento y floración. El riego por aspersión son métodos eficientes para proporcionar la cantidad de agua necesaria sin encharcar el suelo.

Fertilización: Se aplicó fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio según las necesidades del cultivo y los resultados del análisis de suelo.

3.5.6. Cosecha y postcosecha

La cosecha del maíz se realizó cuando las mazorcas alcanzaron la madurez y los granos presentaron la consistencia adecuada. Generalmente, la cosecha se efectuó entre 90 y 120 días después de la siembra, dependiendo de la variedad de maíz.

Señales de madurez

Secado de las hojas: Las hojas inferiores del tallo se secaron y tornaron de color amarillo.

Cambio de color de las mazorcas: Las mazorcas pasaron de verde a un color característico de la variedad (amarillo).

Formación de la panícula: La mazorca se sintió firme al tacto y los granos presentaron una consistencia dura.

Cosecha manual: Se realizó a mano, desprendiendo las mazorcas del tallo con un giro suave. Una vez cosechado, el maíz fue manipulado y almacenado adecuadamente para preservar su calidad y evitar pérdidas. Las actividades incluyeron:

Secado: Los granos se secaron a una humedad segura para evitar el deterioro.

Desgrane: Se separaron los granos de las mazorcas.

Almacenamiento: Los granos se almacenaron en condiciones que mantuvieron su calidad y seguridad.

3.5.7. Pruebas significancia

Si es que existiera diferencia significativa en alguna fuente de variación se utilizara la prueba de comparación de medias de Tukey.

3.5.8. Variables de respuesta

Se consideraron variables de respuesta principales: días de la emergencia de la planta, a los 20, 35, 60 y 145 días después de la emergencia (DDE), y la presencia de larvas de *Spodoptera frugiperda*, determinada por inspección visual de síntomas de daño (perforaciones, enrollamiento de hojas, excremento y necrosis apical) y conteo de larvas en 20 plantas seleccionadas aleatoriamente por parcela.

3.5.9. Porcentaje de incidencia

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

3.5.10. Porcentaje de severidad

Nivel de daño	Descripción del daño basado en daño foliar.	Área afectado estimada (%)
0	Sin daño.	0%
1	Daño muy leve algunas perforaciones pequeñas.	1-10%
2	Daño leve varias perforaciones dispersas.	11-25%
3	Daño moderado perforaciones grandes agrupados.	26-50%
4	Daño severo hoja notablemente dañada.	51-75%
5	Daño muy severo más del 75% de hoja destruida.	76-100%

Fuente: (Davis et al., 1992)

Eficacia: La eficacia se expresa como un porcentaje y se calcula comparando el efecto del tratamiento con una condición de referencia.

Cálculo de eficacia (Abbott):

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{(D_t - D_{tr})}{D_t} \times 100$$

Donde:

D_t = daño promedio del testigo.

D_{tr} = daño promedio del tratamiento.

Relación beneficio- costo (RBC)

$$RBC = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{costo total}} =$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Porcentaje de incidencia

Para delimitar el área útil de muestreo y comenzar el monitoreo, se descartaron 4 metros de largo y 4 metros de ancho de cada parcela.

Esta metodología se aplicó sistemáticamente en cada unidad experimental para excluir los bordes y asegurar que los datos de incidencia, severidad y rendimiento se recolectaran únicamente del área central, la cual reflejaba de manera más fiel el efecto de los tratamientos aplicados.

Cuadro N°3 Número de plantas en los bloques o parcelas

Tratamientos	Bloques			Σ	$\bar{X}$
	I	II	III		
T1	666	520	490	1676	558.7
T2	500	530	540	1570	523.3
T3 (t)	595	600	560	1755	585.0
Total	1761	1650	1590	5001	

Fuente: (Elaboración propia 2025)

El Cuadro N°3 muestra la distribución del número de plantas por tratamiento en los tres bloques establecidos en el experimento. El tratamiento T3 (testigo) presentó el mayor número total de plantas (1755), mientras que T2 mostró el menor valor (1570). Cabe mencionar que el bloque I registró la mayor densidad de plantas, lo cual podría reflejar mejores condiciones de establecimiento o germinación en ese sector del campo experimental.

Cuadro N°4 Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación (fv)	Grados de libertad (g.l)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	Relación F (Fc)	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	6336	3168	0.80	3.261	4.746
Tratamientos	2	5432	2716	0.94	3.261	4.746
Error experimental	4	13525	3381			
Total	8	25292	9265			

Fuente: (Elaboración propia 2025)

No hay diferencias significativas entre tratamientos al nivel del 5% ni del 1%.

El análisis de varianza para el número de plantas (Cuadro N°4) mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($F_c = 0.80 < F_t 5\% = 3.261$), ni entre los bloques ($F_c = 0.94 < F_t 5\% = 3.261$), debido a que en esta etapa el manejo agronómico aplicado a cada unidad experimental es el mismo en todas, mostrando homogeneidad estadística en el número de plantas.

CUADRO N°5 porcentaje de plantas afectadas por gusano cogollero a los 20 días después de la emergencia.

Tratamientos	Bloques			Σ	$\bar{X}$
	I	II	III		
T1	27,5	26.3	25,8	79,6	26,53
T2	25,5	26,7	27,5	79,7	26.56

T3 (t)	28,2	26,5	28,5	83,2	27,73
Total	81.2	79.5	81.8	242,5	

Fuente: (Elaboración propia 2025)

A los 20 días de emergencia, los tratamientos T1, T2 y T3 registraron en promedio entre 26 y 28 plantas afectadas lo que representa aproximadamente 3-4% de la población total.

Aunque numéricamente el tratamiento T3 (testigo) tuvo un valor mayor (27.73 plantas afectadas), la diferencia con T1 y T2 fue mínima, lo que concuerda con que no existe diferencias estadísticas significativas.

En el Cuadro N°5 se observa que los tratamientos presentan un promedio de afectación por gusano cogollero entre 26.53% y 27.73% a los 20 días después de la emergencia. Según la literatura técnica, el umbral económico de daño para el inicio de control se sitúa en un rango del 20% al 30% de plantas afectadas con presencia de larvas.

según el monitoreo, a los 35 días empezaron aparecer más plantas afectadas, lo que indica que la población de gusano cogollero aumentó con el avance del ciclo.

Esta estrategia permitió optimizar el uso de insumos

4.1.1. Análisis de varianza para el número de plantas afectadas por gusano cogollero a los 20 días de emergencia

Cuadro N°6. Análisis de varianza (ANOVA) porcentaje de plantas afectadas a los 20 días de emergencia

Fuente de variación (fv)	Grados de libertad (g.l)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	Relación F (Fc)	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	0.95	0.47	0.059	6.94	18.5
Tratamientos	2	2.80	1.4	0.18	6.94	18.5

Error experimental	4	31.48	7.87			
Total	8	35.23	9.74			

Fuente: (Elaboración propia 2025)

No existe una diferencia estadísticamente significativa entre los bloques. Esto indica que el diseño experimental de bloques (probablemente usado para controlar variabilidad espacial, como diferencias de suelo

4.1.2. Determinación el porcentaje de incidencia del gusano cogollero a los 35 días después de la emergencia

Cuadro N°7. Porcentaje de plantas evaluadas después de la aplicación de insecticidas

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1	8	7	5	20	6,6
T2	6	5	9	20	6.6
T3 (t)	9	10	7	26	8,6
SUMA	23	22	21	6- 6	

Fuente: (Elaboración propia 2025)

En el cuadro N°7 se presenta los valores obtenidos del número de plantas afectadas por el gusano cogollero a los 25 días después de la emergencia considerando los tratamientos evaluados (T1, T2 y T3) en los tres bloques experimentales.

Los resultados muestran que el tratamiento T1 (Paladín) registro un total de 20% plantas afectadas con una media de 6.6; de manera similar, el tratamiento T2 (Tracer) presento también 20% plantas afectadas alcanzando la misma media de 6.6: por otro lado, el tratamiento T3

(Benzotech) (testigo) evidenció una mayor incidencia, con 26% de plantas afectadas y una media de 8.6.

A partir de estos valores se observa que el tratamiento T3 presento una tendencia a mayor afectación por el gusano cogollero en comparación con el tratamiento T1 y T2.

4.1.3. Análisis de varianza para el número de plantas afectadas por gusano cogollero a los 35 días de emergencia

Cuadro N°8. Análisis de varianza para la primera evaluación del efecto de insecticidas a los 35 días de emergencia

Fuente de variación (fv)	Grados de libertad (g.l)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	Relación F (Fc)	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	0.67	0.34	0.08	3.261	4.746
Tratamientos	2	8	4	0.94	3.261	4.746
Error experimental	4	17.33	4.33			
Total	8	26	8.67			

Fuente: (Elaboración propia 2025)

Los datos del ANOVA (Cuadro N°8) muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al número de plantas afectadas a los 35 días de emergencia, con un nivel de confianza del 5% y 1%.

La eficacia se mide en términos de comparación de cada tratamiento.

4.1.4. Determinación el porcentaje de incidencia del gusano cogollero a los a los 60 días

Cuadro N°9. Porcentaje de plantas afectadas después de la aplicación de insecticidas

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1	30	35	20	85	28.33
T2	15	12	10	37	12.33
T3 (t)	15	22	40	77	25.66
SUMA	60	69	70	199	

Fuente: (Elaboración propia 2025)

El Cuadro N°9 muestra los datos de incidencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) a los 60 días de evaluación durante el mes de septiembre, comparando tres tratamientos (T1, T2 y T3) en tres bloques (I, II y III), bajo un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA).

Cada celda representa el porcentaje de plantas afectadas por el insecto en cada tratamiento y bloque. Se presentan también la suma total de plantas afectadas por tratamiento y su respectiva media aritmética.

Tratamiento 1 (Paladín) registró la mayor incidencia absoluta con lo que representa un 28.43% de incidencia con respecto al total de 1676 plantas evaluadas. Esto sugiere que T1 fue el menos eficaz en controlar al gusano cogollero.

Tratamiento 2 (Tracer) presentó la menor incidencia equivalente al 12.37% del total. Este resultado indica que T2 fue el tratamiento más efectivo en la reducción del ataque del gusano cogollero a los 60 días.

Tratamiento 3 (Benzotech) (testigo) tuvo una incidencia intermedia correspondiente al 25.75%, lo cual indica que T3 tuvo una eficacia moderada frente al insecto.

4.1.5. Análisis de varianza para el número de plantas afectadas por gusano cogollero a los 60 días de emergencia

Cuadro N°10. Análisis de varianza (ANOVA) Número de plantas afectadas a los 60 días de emergencia

Fuente de variación (fv)	Grados de libertad (g.l)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	Relación F (Fc)	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	20.22	10.11	0.09	3.261	4.746
Tratamientos	2	440.89	220.45	2.00	3.261	4.746
Error experimental	4	440.89	110.22			
Total	8	902	10.2			

Fuente: (Elaboración propia 2025)

El valor de F calculado ($F_c = 0.09$) es menor que el F tabular ($F_t = 3.261$) al 5% de probabilidad.

El valor de F calculado ($F_c = 2.00$) es menor que el F tabular ($F_t = 3.261$) al 5% y también menor que el Ft al 1% (4.746).

A los 60 días de emergencia, el análisis estadístico indica que los tratamientos en base a insecticidas utilizados en la investigación no produjeron diferencias significativas en el número de plantas afectadas por *S. frugiperda*.

4.1.6. Determinación el porcentaje de incidencia del gusano cogollero a los a los 90 días

Cuadro N°11. Porcentaje de plantas evaluadas después de la aplicación de insecticidas

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1	25	30	24	79	26.33
T2	15.3	20,83	16,66	52.79	17.60

T3	32	30,4	35,4	97,8	32.60
SUMA	72.3	81.23	76.6	230	

Fuente: (Elaboración propia 2025)

Los datos representan al porcentaje de plantas afectadas por *Spodoptera frugiperda* en tres bloques experimentales (I, II y III), después de la aplicación de los insecticidas evaluados a los 90 días.

Tratamiento T2 (Tracer) con una incidencia promedio de 17.60%, este tratamiento fue el más eficaz para mantener el menor número de plantas infestadas o dañadas por *S. frugiperda* a los 90 días. El producto aplicado en T2 tiene una fuerte acción preventiva y/o curativa inicial que se mantuvo en el tiempo, limitando la dispersión de la plaga.

Tratamiento T3 (Benzotech) (testigo) presentó la incidencia más alta, con un promedio de 32.60%. Esto indica que casi una de cada tres plantas en este tratamiento estaba afectada por el gusano cogollero, lo que implica una baja eficacia del producto a los 90 días.

Tratamiento T1 (Paladín) obtuvo una incidencia promedio de 26.33%, ubicándose en un nivel intermedio de control entre T2 y T3.

Los resultados del cuadro N°11 indican que el comportamiento de los tratamientos frente a la incidencia del gusano cogollero fue consistente con las tendencias observadas en etapas previas (como a los 60 días). En ambos periodos, T2 se mantuvo como el tratamiento más efectivo, lo que sugiere una mayor persistencia en su acción o un mecanismo más eficiente de control.

Por el contrario, T3 (testigo) presentó el mayor porcentaje de incidencia a los 90 días, lo que podría estar asociado a una disminución de su eficacia a medida que avanza el ciclo fenológico del cultivo.

4.1.7. Análisis de varianza para el número de plantas afectadas por gusano cogollero a los 90 días de emergencia

Cuadro N°12 Análisis de varianza (ANOVA) plantas afectadas a los 90 días de emergencia

					FT
--	--	--	--	--	----

Fuente de variación (fv)	Grados de libertad (g.l)	Suma de cuadrados (S.C)	Cuadrado medio (C.M)	Relación F (Fc)	5%	1%
Bloques	2	19.95	9.97	1.31	3.261	4.746
Tratamientos	2	319.77	159.88	21.09	3.261	4.746
Error experimental	4	30.35	7.58			
Total	8	370.07	177.43			

Fuente: (Elaboración propia 2025)

El análisis de varianza para el número de plantas (Cuadro N°12) mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($F_c = 21.09 < F_t 5\% = 3.261$), entre los bloques no hubo diferencias estadísticamente significativas. ($F_c = 0.94 < F_t 5\% = 3.261$),

Por tanto, existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos respecto al porcentaje de plantas afectadas.

4.1.8. Prueba de tukey

Cuadro N°13. Tukey: incidencia de plantas afectadas a los 90 días después de la emergencia

			Valor critico
T3 = 32.6	T1 = 26.33	T2 = 17.60	
B	B	A	6.42

Fuente: (Elaboración propia 2025).

Los resultados obtenidos en el Cuadro N°13 demuestran diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en el control de (*Spodoptera frugiperda*) a los 90 días después de la emergencia. La prueba de Tukey confirmó que el tratamiento T2 (Tracer) fue estadísticamente diferente y superior a los tratamientos T1 (Paladín) y T3 (Benzotech 5.7), (testigo) mostrando la menor incidencia de plantas afectadas (17.60%).

Estos resultados concuerdan con estudios realizados por otros autores, quienes reportan que productos a base de espinosinas, como Tracer (Spinosad), presentan una alta eficacia en el control de (*S. frugiperda*) debido a su modo de acción sobre el sistema nervioso del insecto y su buena persistencia residual. En cambio, Paladín (clorpirifos) y Benzotech 5.7, basados en ingredientes activos fosforados o biológicos, mostraron menor efectividad, posiblemente por su rápida degradación o menor poder residual en condiciones de campo.

El menor porcentaje de incidencia observado en Tracer se traduce en una mayor protección foliar, lo cual contribuye a un mejor desarrollo vegetativo y potencialmente a un mayor rendimiento del cultivo. En contraste, la similitud entre Paladín y Benzotech indica que ambos tratamientos ofrecieron un control intermedio, insuficiente para reducir significativamente la incidencia del gusano cogollero en comparación con Tracer.

4.2. Porcentaje de severidad

La evaluación a los 90 días se realizó 7 días después de la tercera aplicación de insecticidas

Se evaluaron 20 plantas que se utilizó un diseño completamente al azar en el tratamiento T1, T2 y T3 de los bloques 1, 2 y 3 a los 97 días.

Utilizando una escala visual de severidad del 0 al 5 basada en el porcentaje de área foliar dañada, después de la aplicación de insecticidas

Se distribuyó el daño así:

Cuadro N°14. Distribución de la severidad del daño foliar por *Spodoptera frugiperda* a los 90 días

Tratamientos	Producto (Insecticidas)	Nivel de daño	Severidad estimada (%)	N° de plantas	Severidad promedio (%)	Eficacia de daño
--------------	----------------------------	---------------------	------------------------------	------------------	------------------------------	---------------------

T1	Paladin (clorpirofos)	3	26-50%	20	29.85	moderado
T2	Tracer*	2	11-25%	20	16.00	Bajo
T3	Benzotech 5.7 (testigo)	3	26-50%	20	45.75	alto

Fuente: (Elaboración propia 2025)

Tratamiento T1: Paladin (clorpirofos)

La severidad promedio del daño fue de 29.85%, correspondiente a un nivel de daño 3 (26–50%), obtuvo una severidad intermedia, lo que indica eficacia moderada.

El producto logró cierta reducción de la plaga, su control no fue completamente eficaz, permitiendo una pérdida apreciable de área fotosintética.

El producto no logro mantener el daño de severidad por debajo del umbral.

Tratamiento T2: Tracer*

Mostró la menor severidad promedio (16.00%), correspondiente al nivel de daño 2 (11–25%).

Este valor indica un control eficiente de *S. frugiperda*, con daños leves en el follaje.

El producto logró mantener la mayoría de las plantas en un nivel de daño inferior (11-25%) en comparación con los otros tratamientos.

Logro mantener la severidad por debajo del umbral, demostrando que controlo adecuadamente al gusano cogollero del daño económico para el cultivo de maíz.

Tratamiento T3: Benzotech 5.7 (testigo)

Presentó la mayor severidad promedio (45.75%), correspondiente a un nivel de daño 3 (26–50%), próximo nivel al daño severo.

Esto refleja una alta incidencia del ataque y baja efectividad de control.

Por tanto, Benzotech 5.7 resultó menos eficaz frente al control del *S. frugiperda* con pérdidas de rendimiento del cultivo hasta en 30%

Lo observado concuerda con lo reportado por **Martínez et al. (2022)**, quienes advierten que aplicaciones repetidas del mismo insecticida pueden generar resistencia en la plaga, disminuyendo su efectividad. Además, **Pérez et al. (2021)** destacan que daños superiores al 40% de severidad, especialmente en fases reproductivas del cultivo, se asocian con pérdidas de rendimiento de hasta el 30%.

4.2.1 Calcular la eficacia (Abbott) de los productos utilizados.

Cuadro N°15 Porcentaje de eficacia a los 35, 60 y 90 días después de la emergencia

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA	% de eficacia
	I 35 días	II 60 días	III 90 días			
T1 (Paladín)	6.6	28.33	26.33	61.26	20.42	0.64
T2 (Tracer)	6.6	12.33	17.60	36.53	12.17	40.40
T3 (Benzotech 5.7) (testigo)	8.6	25.66	32.60	66.86	20.29	

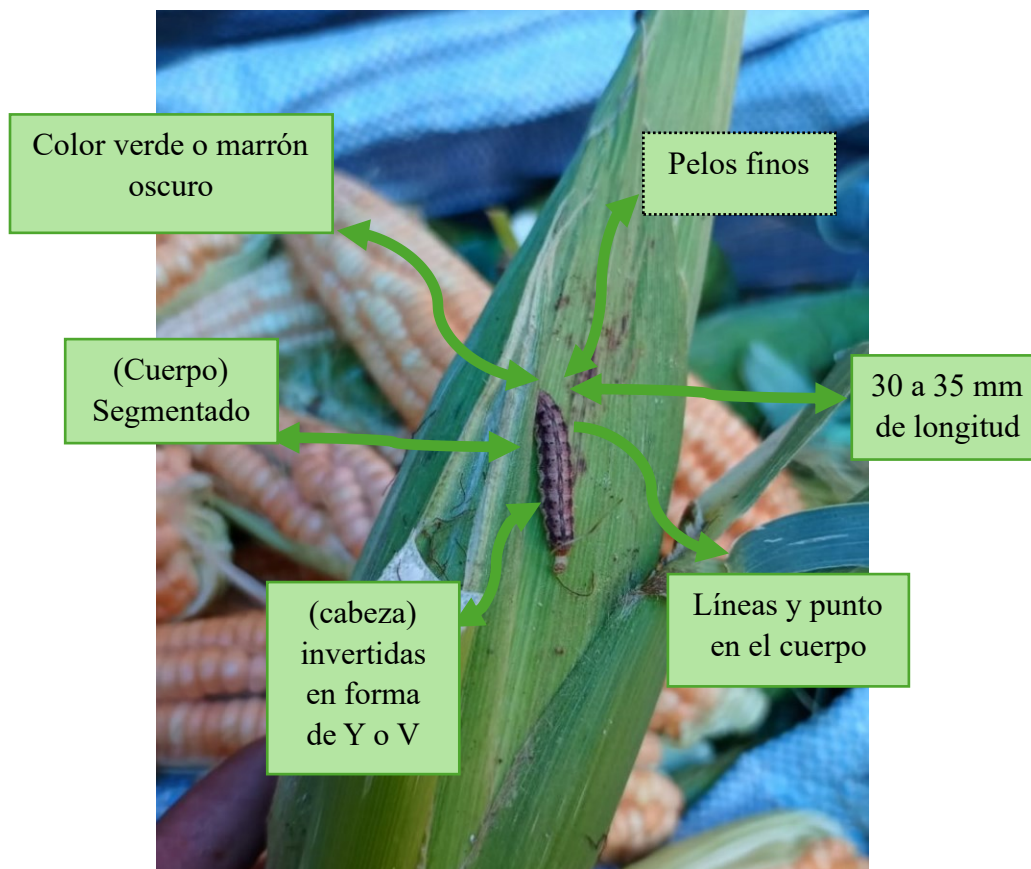
Los resultados obtenidos en los tres tratamientos evaluados muestran diferencias relevantes en el porcentaje de la incidencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. El comportamiento promedio de los tratamientos evidencia que Tracer (T2) presentó la menor incidencia de plantas afectadas (12.17%), mientras que Paladín (T1) y Benzotech 5.7 (T3) (testigo) mostraron valores similares (20.42% y 20.29%, respectivamente), lo cual indica que el desempeño de estos últimos fue comparativamente menor.

En cuanto al porcentaje de eficacia, Tracer mostró un valor de 40.40%, ubicándose como el tratamiento más eficaz en la reducción del daño y la incidencia del gusano cogollero. Este resultado sugiere que el ingrediente activo spinosad posee una efectividad superior en el control de larvas jóvenes, lo cual coincide con estudios previos que destacan su rápida acción neurotóxica y su residualidad adecuada en el follaje. La reducción significativa de la incidencia

sugiere una mayor capacidad del producto para evitar la progresión del daño hacia estadios de mayor severidad.

Por otro lado, el producto Paladín (clorpirifos) presentó una eficacia extremadamente baja (0.64%), lo cual indica que su efecto sobre la población larval fue mínimo bajo las condiciones del ensayo. Este resultado puede estar asociado a varios factores:

4.2.2. Identificación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en estadio larva.



(Figura N°3 *S. frugífera*)

La identificación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en estado larval se realizó con Las muestras que fueron recolectadas directamente del cogollo de plantas de maíz que presentaban síntomas característicos de ataque, tales como perforaciones irregulares en las hojas jóvenes.

Cápsula Cefálica (Cabeza): Dura de color marrón a negro. no se aprecian claramente los sutures frontales invertidas en forma de Y o V. Contiene las piezas bucales masticadoras.

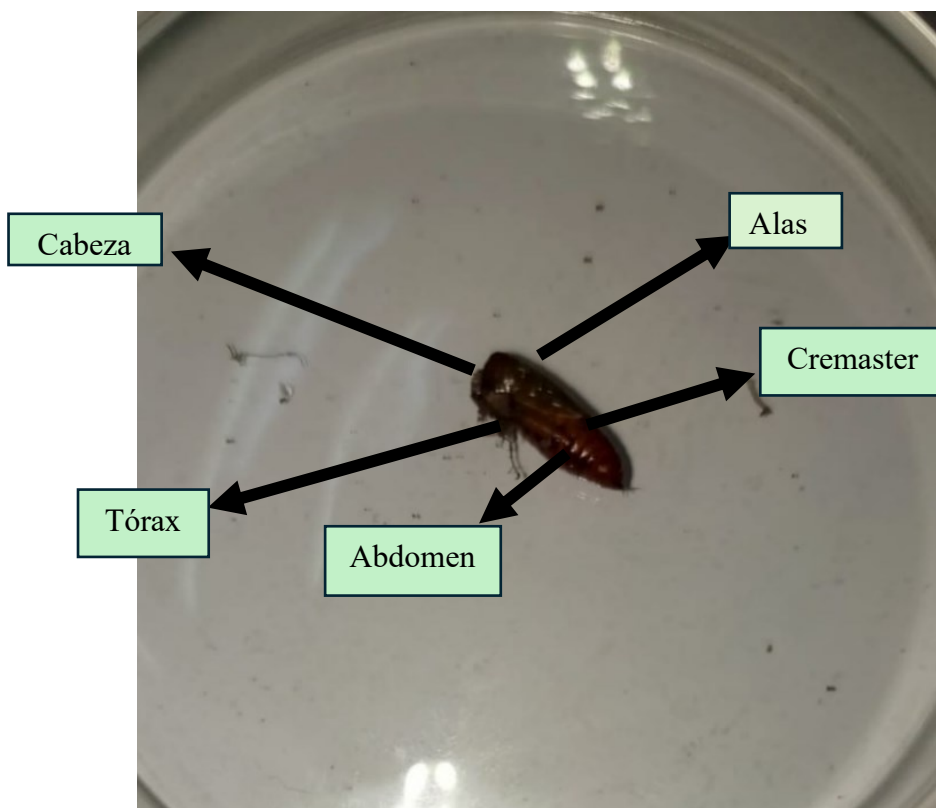
Tegumento (Cuerpo): Presenta una coloración general que varía de marrón-rojizo a pardo y se observan líneas longitudinales a lo largo del cuerpo.

Tórax y Abdomen: Cuerpo segmentado y el tórax tiene tres pares de patas torácicas (verdaderas), seis manchas negras dispuestas en forma de cuadrado en el último segmento abdominal.

Pilosidad (finos) Cuerpo relativamente poco peludo o liso, a diferencia de otras orugas, típico de la familia Noctuidae.

Daño: La larva de primer estadio consume el tejido foliar, por un lado, sin llegar a perforar, dejando intacta la capa epidérmica del haz de la hoja. A partir del segundo o tercer estadio la alimentación de las larvas en el cogollo se manifiesta con una hilera de perforaciones en las hojas.

4.2.3. Identificación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en estadio pupa



1 Figura N°4 pupa

Color: La pupa es de color café rojizo a caoba oscuro. Esta coloración es característica de muchas especies de la familia.

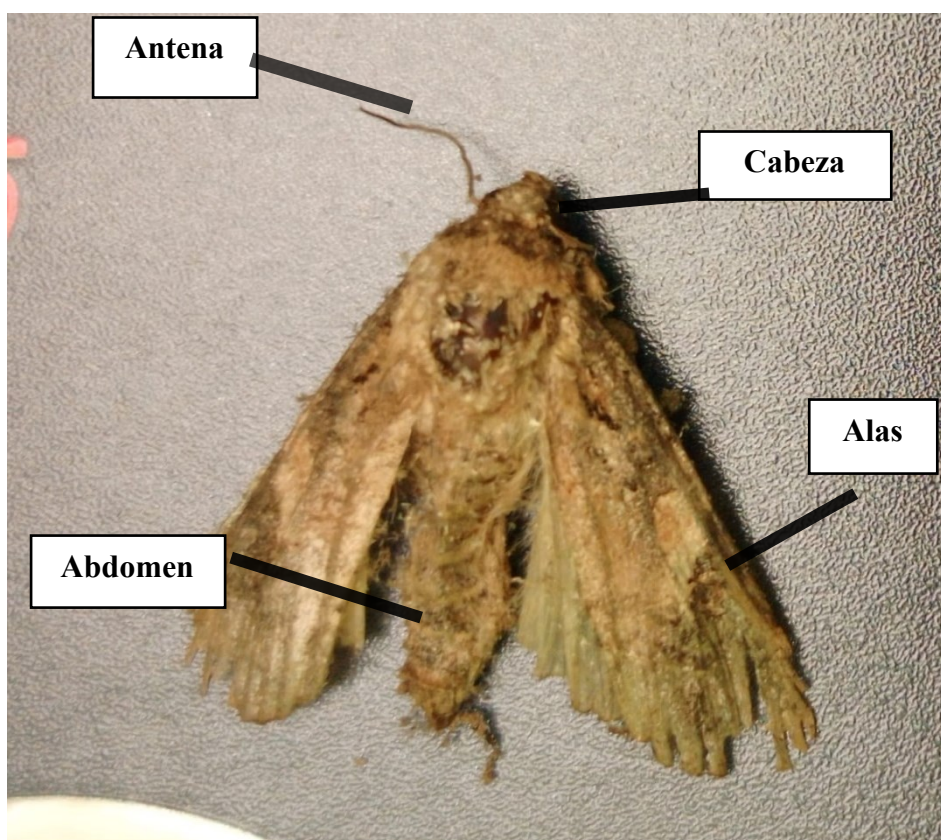
Forma: Es una pupa de tipo obtecta (momia), donde las alas, antenas y apéndices están fuertemente adheridos al cuerpo. Adopta una forma cilíndrica y ahusada, típica de los lepidópteros que pupan en el suelo.

Longitud: La pupa de *S. frugiperda* generalmente mide entre 14 y 18 mm de longitud.

Diámetro: Alrededor de 4 a 5 mm de diámetro.

Crémaster: Es la punta del abdomen (segmento abdominal terminal) y termina en una estructura distintiva.

4.2.4. Identificación del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en estadio adulto



El adulto de (*S. frugiperda*) es una polilla de tamaño medio, con una envergadura alar de aproximadamente 32 a 40 mm.

Alas anteriores: La coloración y el patrón de las alas anteriores son los rasgos más importantes para diferenciar a la polilla de *S. frugiperda* de otras especies del género *Spodoptera*.

Machos: Son generalmente más fáciles de identificar. Presentan una mezcla de tonos grisáceos y marrón oscuro. La característica clave es la presencia de una mancha triangular o reniforme distintiva, de color claro (blanco o gris pálido), cerca del ápice (punta) del ala.

Hembras: Tienen un patrón más uniforme, con alas de color gris o pardo, a menudo moteadas, y el patrón es menos definido y llamativo que el del macho.

Alas posteriores: Tanto en machos como en hembras, las alas posteriores son de color blanco nacarado o iridiscente, con las venas ligeramente marcadas y una línea marginal estrecha y oscura que las bordea.

Cabeza y tórax

Antenas: Son filiformes (en forma de hilo) en la hembra y setáceas (con pequeños pelos o cerdas) en el macho.

Ojos: Grandes y bien desarrollados, adaptados para la actividad nocturna.

Tórax: Cubierto de escamas, de color pardo o grisáceo, a juego con las alas anteriores.

Abdomen: El abdomen es cilíndrico y alargado, también cubierto de escamas. En la hembra, el abdomen puede aparecer más abultado cuando está cargado de huevos. El extremo del abdomen de la hembra tiene un mechón de escamas abdominales que utiliza para cubrir la masa de huevos durante la oviposición.

4.2.5. Beneficio-costo para cada tratamiento

Cuadro N°16: Beneficio-costo de cada tratamiento de aplicados en el control de *Spodoptera frugiperda*. Para (tn/ha)

Tratamiento	Costo de producto Bs.	Ingreso bruto Bs.	Ingreso neto Bs.	Relación B/C
T1 (Paladín)	10.870	18.000	7.130	1.65
T2 (Tracer)	11.150	22.500	11.150	2.07

T3 (Benzotech 5.7) (testigo)	10.750	14.000	3.250	1.30
-------------------------------------	--------	--------	-------	------

Fuente: (Elaboración propia 2025)

El tratamiento Tracer (T2) demostró ser la opción económicamente más viable, al registrar la mejor relación Beneficio-Costo (B/C) de 2.07. Este valor implica que, por cada boliviano (Bs) invertido en el manejo de la plaga, se obtuvo un retorno neto de 2.07 Bs. Esta superioridad se fundamenta en que T2 presentó la menor severidad de daño foliar y la mayor eficacia de control, lo que se tradujo directamente en el mayor ingreso neto del experimento (11,350Bs). Esto confirma que la inversión en un producto de alta eficiencia se capitaliza en mayores beneficios económicos para el productor.

El control químico Paladín (T1) alcanzó una rentabilidad moderada, con una relación B/C de 1.65. Por su parte, el tratamiento Benzotech 5.7 (T3) (t) fue el menos rentable, con una B/C de 1.30. Si bien ambos tratamientos generaron beneficios, su margen económico fue limitado en comparación con T2. Los menores retornos de T1 y T3 se asocian directamente a sus niveles más altos de daño foliar y su menor eficacia de control poblacional, conforme se evidenció en los cuadros anteriores.

Este comportamiento concuerda plenamente con la literatura agronómica. Como lo señalan García et al. (2021), la efectividad biológica de un insecticida incide de forma crítica en la rentabilidad del cultivo, no solo al reducir las pérdidas de rendimiento causadas por la plaga, sino también al evitar costos adicionales por aplicaciones correctivas ineficaces. Por lo tanto, el éxito económico de T2 subraya la importancia de integrar productos de alto desempeño en el manejo fitosanitario para maximizar el retorno de inversión en el cultivo de maíz.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✚ La investigación realizada en el Municipio de Cotagaita, Potosí, sobre el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), La evaluación de la severidad del daño foliar permitió caracterizar el comportamiento del ataque de *S. frugiperda*, evidenciando que las larvas jóvenes producen lesiones superficiales, mientras que los estadios avanzados ocasionan perforaciones irregulares dentro del cogollo, afectando el punto de crecimiento y reduciendo notablemente el área fotosintética de la planta. Esta caracterización del daño contribuyó directamente al cumplimiento del objetivo, al permitir cuantificar y comparar la severidad entre tratamientos.
- ✚ Los análisis de incidencia de plantas afectadas y la severidad promedio del daño demostraron diferencias en el desempeño de los insecticidas evaluados. El tratamiento Tracer (T2) mostró la mayor eficacia, registrando la menor incidencia numérica (12.37%) y la menor severidad total del daño. Aunque el ANOVA a los 60 días no evidenció diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, Tracer mantuvo un comportamiento superior de manera consistente, lo que refleja su mayor efectividad bajo las condiciones locales del experimento.
- ✚ La integración de los indicadores evaluados confirma que Tracer (T2) fue el tratamiento químico más eficaz para el control de *S. frugiperda* en maíz, seguido por Paladín (T1), mientras que Benzotech 5.7 (T3) (testigo) presentó la menor efectividad. Por tanto, el estudio logró comparar y determinar la eficacia relativa de los tres insecticidas, cumpliendo plenamente el objetivo general planteado.
- ✚ Se confirmó que la plaga predominante en el área de estudio es *S. frugiperda*, identificada mediante la morfología larvaria (presencia de la "Y" invertida en la cápsula cefálica), pupal (crémaster cónico con espinas) y adulta (patrón alar característico).
- ✚ El producto Tracer (Spinosad) demostró la mayor eficacia, presentando bajo de severidad promedio de daño (12.37%), manteniendo el ataque por debajo del umbral económico y confirmando su alta eficacia en el control del gusano cogollero. En contraste, el insecticida Paladín (Clorpirifos) mostró una eficiencia moderada con una severidad intermedia (29.85%). Por último, Benzotech 5.7 resultó ser la menos eficaz,

al registrar la mayor severidad de daño (45.75%), lo que proyecta una alta probabilidad de pérdidas de rendimiento.

- ✚ La evaluación económica de los tratamientos aplicados en el control de *Spodoptera frugiperda* permitió determinar la rentabilidad diferencial de cada alternativa. Se concluye que todos los tratamientos resultaron económicamente viables ($RBC > 1$), pero con diferencias significativas en su eficacia económica.
- ✚ El tratamiento T2 (Tracer) demostró ser el más rentable, al obtener la mayor Relación Beneficio-Costo de 2.07. Esto significa que, por cada unidad monetaria invertida en su aplicación, se obtuvieron 2.07 unidades monetarias de beneficio neto. El tratamiento T1 (Paladin) presentó una rentabilidad moderada (1.65), mientras que T3 (Benzotech 5.7) (testigo) registró la menor eficiencia económica (1.30).
- ✚ Por lo tanto, el uso de Tracer se consolida como la mejor alternativa económica y agronómica, al maximizar los beneficios financieros en el control del gusano cogollero.

5.1.1. Recomendaciones

- ✚ Realizar monitoreos periódicos en campo desde las etapas tempranas del cultivo, a fin de detectar oportunamente la presencia de larvas de (*S. frugiperda*) y aplicar medidas de control antes de que alcancen estadios de umbral.
- ✚ Se recomienda el uso del producto Tracer (Spinosad) para el control eficaz del gusano cogollero, especialmente en las etapas críticas de desarrollo del cultivo.
- ✚ Para mejorar los resultados de control, se sugiere rotar Tracer con otros insecticidas de diferente grupo químico, evitando así la generación de resistencia en la plaga.
- ✚ Es importante complementar el manejo químico con prácticas de manejo integrado de plagas como el monitoreo constante, el uso de trampas y la conservación de enemigos naturales.
- ✚ Se recomienda realizar nuevas evaluaciones considerando diferentes dosis y frecuencias de aplicación, con el fin de optimizar el control y minimizar el impacto ambiental y económico.