



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE *Zea mays* L. CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL BIOLÓGICO CONTRA *Spodoptera frugiperda*

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Paul José Cacao Cuvi

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE *Zea mays* L. CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL BIOLÓGICO CONTRA *Spodoptera frugiperda*

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Paul José Cacao Cuvi

Tutora: Ing. Verónica Cristina Andrade Yucailla, Ph. D.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **PAUL JOSÉ CACAO CUVI** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2025

Ing. Lenni Ramírez Flores, Mgtr.
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mercedes Santistevan Méndez, Ph. D.
PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.
PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios, por haberme dado la vida, la fortaleza y la claridad para superar cada reto en este camino. A la universidad Estatal Península de Santa Elena, por brindarme los conocimientos necesarios para mi formación como un gran profesional.

A mis padres, Sandra y René por su amor incondicional. A mi madre que desde el cielo ilumina mis pasos y sigue siendo mi fuerza a diario.

A mi enamorada Melanie por recordarme día a día el objetivo y la meta durante todos estos años.

Este logro es el resultado de la constancia, la fe y el esfuerzo acogido de cada uno de ustedes los que creyeron en mí.

Paul José Cacao Civi

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño a mis padres, Sandra y René. A mi madre Sandra quien, aunque ya no está físicamente conmigo vive eternamente en mi corazón. Su amor, fortaleza y ejemplo me han guiado en los momentos más difíciles.

A mi padre René, por su constante apoyo, sacrificio y confianza en mí, por impulsarme siempre a alcanzar mis metas.

A mi enamorada Melanie, por su amor, compañía, apoyo y paciencia durante este recorrido, por motivarme a seguir con una sonrisa incluso en los días más complicados.

A toda mi familia por su comprensión y amor incondicional.

A Dios, por darme sabiduría, fortaleza y perseverancia para culminar este proceso.

Finalmente, a mí mismo, por no rendirme, por creer en mis capacidades y por creer en mis sueños por demostrarme que todo es posible.

Paul José Cacao Civi

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento agrícola del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), bajo la implementación de un protocolo biológico y un control químico contra *Spodoptera frugiperda*. La investigación fue desarrollada en el Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con los protocolos mencionados. Además, fueron evaluados los siguientes parámetros: altura de planta, diámetro del tallo, longitud y ancho de las hojas, se incluyen variables relacionadas con el rendimiento. Los resultados obtenidos demostraron un establecimiento al control químico como el más efectivo para maximizar este componente estructura en mazorcas, además el rendimiento productivo del cultivo de maíz presentó resultados con diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) donde el máximo valor alcanzó el control químico 9.98 t/ha, estableciendo una ventaja numérica sobre el control biológico que reportó 9.04 t/ha y sobre el tratamiento sin Control 8.87 t/ha, donde se destacó eficacia en el control biológico de *Spodoptera frugiperda* y su contribución a un agroecosistema más sostenible. Finalmente se concluye que el control biológico es una alternativa eficiente y amigable con el medio ambiente, en comparación con el control químico, se contribuye a reducir el uso de insecticidas.

Palabras claves: Agroecosistema, ambiente, biológico, insecticidas, rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agricultural yield of the corn crop (*Zea mays* L.), under the implementation of a biological protocol against *Spodoptera frugiperda*. The research was developed at the colonche support center of the peninsula de Santa Elena state university, a completely random block design was used with the aforementioned biological protocol. In addition, the following parameters were evaluated: plant height, stem diameter, leaf length and width, variables related to yield are included. The results obtained demonstrated an establishment of chemical control as the most effective to maximize this component structure in cobs, in addition the productive yield of the corn crop presented results with highly significant differences ($P < 0.0001$) where the maximum value reached the chemical control 9.98 t/ha, establishing a numerical advantage over the biological control that reported 9.04 t/ha and over the treatment without control 8.87 t/ha., where the effectiveness in the organic control of *Spodoptera frugiperda* and its contribution to a more sustainable agroecosystem was highlighted. Finally, it is concluded that biological management is an efficient and environmentally friendly alternative, compared to chemical control, it contributes to reducing the use of insecticides.

Keywords: agroecosystem, environment, biological, insecticides, performance.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE *Zea mays* L. CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CONTROL BIOLÓGICO CONTRA *Spodoptera frugiperda***” y elaborado por **Paul José Cacao Cuvi**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 Clasificación taxonómica del maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	3
1.1.1 Taxonomía del maíz.....	3
1.2 Descripción botánica del maíz.....	3
1.2.1 Raíz.....	3
1.2.2 Tallo.....	3
1.2.3 Hoja.....	4
1.2.4 Mazorca.....	4
1.2.5 Grano	4
1.3 Requerimientos nutricionales, clima y suelo del cultivo de maíz.	4
1.3.1 Requerimientos nutricionales.....	4
1.3.2 Necesidades edáficas.....	5
1.3.3 Clima y suelo	6
1.4 Producción de maíz a nivel mundial.....	6
1.5 Producción de maíz en el Ecuador.....	7
1.6 Principales plagas y enfermedades del cultivo de maíz.....	8
1.6.1 Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	8
1.6.2 Diabrotica (<i>Diabrotica balteata</i>).....	8
1.6.3 Tizón foliar (<i>Exserohillum turcicum</i>).....	8
1.7 Uso de híbridos del maíz en el Ecuador.....	9
1.8 Factores agronómicos que influyen en el rendimiento del maíz	9
1.9 Principales tratamientos aplicados en cultivos de maíz	10
1.9.1 Control biológico	10
1.10 El género <i>Trichogramma</i>.....	10
1.10.1 Clasificación taxonómica.....	10
1.10.2 <i>Trichogramma</i> como agente de control biológico	10
1.11 <i>Tetrastichus howardi</i>.....	11
1.11.1 Clasificación taxonómica.....	11
1.11.2 <i>Tetrastichus howardi</i> como agente de control biológico.....	11
1.11.3 <i>Telenomus remus</i> como agente de control biológico.....	11
1.12 Clasificación taxonómica de <i>Telenomus remus</i>	11
1.13 <i>Chrysoperla carnea</i> como control biológico	12
1.13.1 Clasificación taxonómica de <i>Chrysoperla carnea</i>	12
1.13.2 Control químico.....	12
1.13.3 Principios activos utilizados en el control de plagas	13

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1 Caracterización del área	14
2.2 Materiales, equipos y reactivos.....	14
2.2.1 Material biológico	14
2.2.2 Material de campo para colecta de muestras	14
2.2.3 Material fitosanitario	14
2.2.4 Agentes biológicos.....	15
2.3 Tipo de investigación	15
2.4 Diseño de investigación	15
2.4.1 Preparación del terreno.....	19
2.4.2 Siembra.....	19
2.4.3 Fertilización.....	20
2.4.4 Control de arvenses	20
2.5 Parámetros evaluados	20
2.5.1 Morfológicos.....	20
2.6 Análisis estadístico de los resultados.....	21
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.3 Parámetros morfológicos del maíz.....	22
3.3.1 Altura de planta (cm)	22
3.3.2 Diámetro del tallo (cm)	23
3.3.3 Longitud de la hoja (cm).....	24
3.3.4 Ancho de la hoja (cm).....	26
3.4 Parámetros productivos del maíz.....	27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
Conclusiones.....	29
Recomendaciones.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. clasificación taxonómica del maíz.....	3
Tabla 2. Requerimientos del cultivo de maíz	5
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>Trichogramma</i>	10
Tabla 4. Clasificación taxonómica de <i>Tetrastichus howardi</i>	11
Tabla 5. Clasificación taxonómica de <i>Telenomus remus</i>	12
Tabla 6. Clasificación taxonómica de <i>Chrysoperla carnea</i>	12
Tabla 7. Ingredientes activos para control de plagas en tratamientos químicos.....	13
Tabla 8. Características del área del experimento	16
Tabla 9. Esquema para el diseño experimental completamente aleatorio (DBCA)	17
Tabla 10. Frecuencia y tipo de aplicación de controladores biológicos	17
Tabla 11. Calendario de aplicación de productos químicos	18
Tabla 12. Fenología del cultivo de maíz.....	18
Tabla 13. Parámetros de comportamiento productivo del maíz (<i>Zea mays L.</i>) con la aplicación de protocolos de control de plagas.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena	14
Figura 2. Exploración mediante el método de muestreo con manejo experimental de la investigación.....	19
Figura 3. Altura de la planta en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post siembra.	22
Figura 4. Diámetro del tallo en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post siembra.	23
Figura 5. Longitud de la hoja en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post-siembra.	25
Figura 6. Evolución del ancho de la hoja (cm) en el cultivo de maíz bajo diferentes.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Recolección de pepas para calcular porcentaje de humedad.	36
Figura 2A. Medición de la humedad del maíz.	36
Figura 3A. Identificación de pudrición	36
Figura 4A. Recolección de maíz	37
Figura 5A. Fumigación en tratamiento químico.....	37
Figura 6A. Toma de datos de control biológico	37
Figura 7A. Toma de datos de variables.....	38
Figura 8A. Toma de datos y seguimiento de la investigación.....	38
Figura 9A. Datos que permitieron obtener gráficas.....	37

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal global más importante, crucial en esferas alimentarias, económicas y sociales (Borbor Neira y Andrade Yucailla, 2025; Pinos, 2023), presenta varios beneficios de cadenas de alimentación esencial humana y animal, así como ingresos, y materia prima para subproductos industriales (Zambrano Mero *et al.*, 2024; Zúñiga y Rocel, 2023), lo que ha permitido al cultivo de maíz generar fuentes de empleo significativo, mejorando directamente la calidad de vida familiar en zonas rurales (Tanumihardjo *et al.*, 2020; Erenstein *et al.*, 2022).

La gravedad del daño por insectos plaga en cosechas depende del entorno, la fenología del cultivo, y el comportamiento específico del insecto (Ávila-Martínez *et al.*, 2023), adicionalmente, se ha documentado que más de 70 tipos de insectos causan estragos en el cultivo de maíz (López *et al.*, 2022). Estos insectos presentan una amplia diversidad en características como su color, morfología, tamaño en diferentes cultivos (Rueda-Adán, 2023).

La manera fitosanitaria histórica contra *Spodoptera frugiperda* ha consistido predominantemente en la intervención química intensiva mediante uso de insecticidas sintéticos (Prado, 2023) lo que ha generado que las plagas se han vuelto resistentes e incrementando la contaminación ambiental y alimentaria por residuos químicos persistentes (Vélez *et al.*, 2021; Bonilla & Singaña, 2019; Ramzan *et al.*, 2021). El escenario toxicológico exige urgente reorientación hacia modelos ecológicos y viables, alineados con el Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Vásconez *et al.*, 2021).

El gusano cogollero es un lepidóptero clave y la mayor plaga económica del maíz en el Neotrópico (Fernández *et al.*, 2022), presentando pérdidas de rendimiento por infestación de insectos en un 13 al 60 %, con mayor afectación en trópicos y subtrópicos (Crosby-Galván *et al.*, 2024). Para lo cual minimizar efectos requiere prácticas amigables, las cuales son inocuas, aumentan rendimientos y reducen costos (Caviedes-Cepeda *et al.*, 2022). Con lo mencionado la investigación tiene como finalidad evaluar el impacto agronómico de un protocolo de control biológico, diseñado para mitigar los daños de *Spodoptera frugiperda*, sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) optimizando la rentabilidad y la responsabilidad ecológica.

Problema Científico

¿La implementación de un protocolo de control biológico contra *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) influye en la evaluación morfológica y la productividad del cultivo de *Zea mays L.*?

Objetivos

2.4.6 Objetivo General:

- Evaluar el impacto de la implementación del protocolo de control biológico contra *Spodoptera frugiperda* sobre las características morfológicas y el rendimiento productivo del cultivo de maíz (*Zea mays L.*).

2.4.7 Objetivos Específicos:

1. Caracterizar las variables morfológicas del cultivo de *Zea mays L.* con la implementación de un protocolo de control biológico contra *Spodoptera frugiperda*.
2. Determinar el comportamiento productivo del cultivo de *Zea mays L.* con la implementación de un protocolo de control biológico contra *Spodoptera frugiperda*.

Hipótesis

La implementación de un protocolo de control biológico contra la plaga *Spodoptera frugiperda* mantendrá las características morfológicas y la productividad del cultivo de *Zea mays L.*, alcanzando niveles similares a los obtenidos mediante el control de plagas convencional.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Clasificación taxonómica del maíz (*Zea Mays* L.)

2.4.8 Taxonomía del maíz

Según, Barcia and Triviño (2019) indican que el maíz es una monocotiledónea que ha sido cultivada en todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones a nivel mundial. Perteneciente a la familia de las Poaceae es un cultivo de mayor importancia económica para los productores y para las industrias ya que del maíz se obtienen diversos productos, como lo muestra la Tabla 1.

Tabla 1. clasificación taxonómica del maíz (Barcia & Triviño, 2019).

Detalle	Descripción
Reino	Plantae
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Subtribu:	Tripsacinae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i>

1.2 Descripción botánica del maíz

2.4.9 Raíz

Tiene una raíz fibrosa y fasciculada la cual sirve de anclaje, de ella sobresalen nudos a nivel del suelo y por lo general aparecen raíces secundarias o adventicias (Arevalo, 2023).

2.4.10 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 (Pilla, 2024).

2.4.11 Hoja

Son de forma alargada, alternas, lanceoladas, para lelinervias y de vasto tamaño. Se localizan cerca del tallo y con vellosidad en la parte del haz suelen alcanzar una longitud de 40 a 50 cm y una anchura de 6 - 8 cm (Uzho y Quintero, 2024).

2.4.12 Mazorca

Al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo (Barcia y Triviño, 2019).

2.4.13 Grano

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano (Tapia, 2023).

1.3 Requerimientos nutricionales, clima y suelo del cultivo de maíz.

2.4.14 Requerimientos nutricionales

En la productividad del suelo, la MO es un reservorio importante de carbono (C) y fuente de nutrientes que requieren las plantas para su crecimiento como el Nitrógeno (N), con aproximadamente más del 90% en sus formas orgánicas. Sus componentes se encuentran en un estado dinámico debido a que por las diversas transformaciones constantemente pasan de un estado a otro (Jiménez Ortiz *et al.*, 2019).

El análisis físico, químico y biológico del suelo es una herramienta fundamental para realizar un correcto y eficiente programa de fertilización. La falta de un nutriente en la cantidad requerida hace que la planta produzca sólo hasta donde lo permiten los resultados del elemento en deficiencia (ley del mínimo). Por lo anterior, la herramienta indispensable para realizar planes de nutrición es el análisis de suelos (Tabla 2) (Salinas y Clavijo, 2022).

Tabla 2. Requerimientos del cultivo de maíz (Ortiz, 2024).

Elemento	kg/ha
*Nitrógeno (N)	187
*Fósforo (P)	38
*Potasio (K)	192
*Calcio (Ca)	38
*Magnesio (Mg)	44
*Azufre (S)	22
Cobre (Cu)	0,1
Zinc (Zn)	0,3
Boro (B)	0,2
Hierro (Fe)	1,9
Manganeso (Mn)	0,3
Molibdeno (Mo)	0,01

Nota: *Nutrimentos que se absorben en mayores cantidades (macroelementos) y elementos secundarios

Durante las primeras fases vegetativas, el nitrógeno es el nutriente más demandado, ya que promueve el crecimiento inicial del follaje, la expansión foliar y el establecimiento de una arquitectura vegetal adecuada. En la fase de floración, el cultivo incrementa su demanda de fósforo, debido a su papel en la formación del sistema radicular y el desarrollo de estructuras reproductivas como la espiga y el polen. Posteriormente, durante el llenado de grano y hacia la madurez fisiológica, se incrementa la necesidad de potasio y calcio, que son esenciales para el transporte de foto asimilados, el llenado adecuado de los granos, y la integridad estructural de los tejidos celulares (Vera, 2025).

2.4.15 Necesidades edáficas

El cultivo de maíz posee la capacidad de adaptarse a una gran diversidad de suelos, si se emplean las técnicas adecuadas es capaz de producir en numerosos tipos de terrenos. Sin embargo, al ser una planta con gran desarrollo vegetativo, las raíces necesitan un sustrato

que les brinde un punto de anclaje resistente a cualquier tipo de condición abiótica que pueda causar un volcamiento (Aroca, 2023).

Para la conservación del suelo es importante la aplicación de tecnologías para evitar la degradación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas para mantener su capacidad productiva, el uso correcto de estas tecnologías disminuye los impactos y aumenta la fertilidad del suelo (Ortiz, 2023). El maíz se adapta bien a zonas tropicales y subtropicales, pero requiere condiciones agroclimáticas específicas para expresar su máximo potencial productivo. Prefiere suelos de textura franca, bien drenados, con pH entre 5.8 y 7.0, y alta disponibilidad de materia orgánica (Vera, 2025).

2.4.16 Clima y suelo

El maíz gracias a su gran capacidad de adaptación, es capaz producir en aproximadamente cualquier tipo de clima, algunas variedades llegando incluso a ser cultivados hasta cerca de casi 3 000 msnm (Aroca, 2023).

El maíz para la germinación y desarrollo requiere de una temperatura promedio de 15°C, además de luz solar durante todo el ciclo del cultivo. El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo que sean profundos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje para evitar encharcamientos (Tarazona, Chavarría y Moreira, 2022).

1.4 Producción de maíz a nivel mundial

El cultivo de maíz es de gran importancia socioeconómica, por sembrarse aproximadamente 162.0000 de hectáreas anuales a nivel mundial, con una producción que sobrepasa 950 millones de toneladas en grano, alcanzando rendimientos promedios de 5.2 t/ha. Los productores más extensivos están localizados en EUA, China con 37 y 21 % del total mundial respectivamente, también sobresalen EUA, Argentina, Brasil como los principales exportadores (Hasang *et al.*, 2021).

El maíz, un cultivo ampliamente consumido a nivel mundial, es una valiosa fuente de carbohidratos, proteínas y nutrientes esenciales (Córdova *et al.*, 2024). Es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, debido a su utilidad como alimento para humanos y ganado, este cultivo es fuente de un gran número de productos industriales (Leonhardt, 2019).

El maíz es el tercer cereal más cultivado del mundo, solamente detrás del trigo y el arroz. Se puede desarrollar en una gran variedad de climas, que van desde el trópico hasta los climas templados, desde el nivel del mar hasta altitudes de 300 msnm, latitudes ecuatoriales entre 23° norte y 23° sur desde el Ecuador (Vera, 2024).

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta perteneciente a la familia de las poaceas gramínea anual originaria de México, prácticamente introducida a Europa durante el siglo XVI después de la invasión española. Actualmente, el maíz es el cereal de mayor producción a nivel mundial que generalmente se encuentra por encima de las otras gramíneas como es el trigo y el arroz (Tomalá, 2023).

1.5 Producción de maíz en el Ecuador

En Ecuador, a lo largo de los años el sector agrícola ha jugado un papel importante en la economía del Ecuador, sin embargo, en la década de los 70, con la inesperada aparición del aceite negro, petróleo, esta inversión agrícola ha disminuido y esto se ha visto reflejado en un mínimo aporte a la economía llegando a ser 7.32% del PIB en el 2024, esta cifra se ha recuperado por aumento en la productividad en los últimos años gracias a la caída del precio del aceite negro.

Zambrano and Andrade (2024) comentan que el maíz amarillo duro en el Ecuador es uno de los productos más significativos de la economía que no ha sido inmune a la pandemia por lo que el objetivo de la investigación es evaluar el efecto en la productividad y precios de maíz duro. De acuerdo a Zambrano and Andrade (2024), expresan que a nivel nacional considerando las provincias de mayor importancia económica, el 37% del área maicera se siembra en Los Ríos, un 32% en Manabí y un 15% en Guayas; los rendimientos más altos se obtienen en Los Ríos 6.2 t/ha, seguidos por los de Guayas con 4.6 t/ha y Manabí con la productividad más baja 5.5 t/ha.

Beltrán (2021), manifiesta que en la Provincia de Santa Elena se cosecho aproximadamente 3.390 hectárea de maíz, obteniendo un rendimiento de 12.306 toneladas cosechadas cuya cantidad representa al 1% a escala nacional, ese mismo año el país se cosecho 365.33 hectárea de maíz, teniendo un rendimiento promedio a nivel nacional de 3,63 toneladas por hectárea cultivada.

1.6 Principales plagas y enfermedades del cultivo de maíz

2.4.17 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El ciclo biológico del gusano cogollero es de tipo holometábolo o de metamorfosis completa el cual presenta cuatro estadios: huevo, larva (seis instares), pupa y adulto, El gusano cogollero ha sido reconocido como una de las principales plagas de interés para los productores maiceros del país, pues es el principal causante de pérdidas en los niveles de rendimientos ocasionados por la alta incidencia que llegan a encontrarse en el desarrollo del maíz, limitando su correcto desarrollo y afectando la cosecha esperada (Litardo, 2019).

La plaga más importante en el cultivo del maíz es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el estado juvenil es una larva que aparece en número de una o dos por planta, protegiéndose en el cogollo; como barredor aparece en los meses de junio y julio, coincidiendo con las lluvias. Como cogollero causa mayores daños en las épocas secas, además, causan estrés a la planta, dañan tejidos sanos, y en respuesta a ello, las plantas activan mecanismos de defensa, reduciendo el rendimiento (Yanqui *et al.*, 2022).

2.4.18 Diabrotica (*Diabrotica balteata*)

Es una plaga polífagas tanto como adulta como durante la etapa larvaria, durante la etapa larvaria se alimenta esencialmente de las raíces del maíz (Cabrera *et al.*, 2020). Los daños que llega a causar la diabrotica en etapas tempranas muchas veces hacen necesaria una nueva siembra, por el alto porcentaje de mortandad de plantas. Cuando ataca en etapas más avanzadas la planta se torna débil y amarillenta y muchas veces puede caerse por la falta de soporte, ya que sus raíces están dañadas o su desarrollo es pobre, e incluso presenta síntomas de falta de agua a pesar de una buena humedad. Los daños que causa esta plaga pueden diferenciarse por aquellos ocasionados por la larva y los provocados por el adulto (INTAGRI, 2024).

2.4.19 Tizón foliar (*Exserohillum turcicum*)

El tizón foliar del maíz causado por *Exserohillum turcicum* es una de las enfermedades foliares más importantes en el maíz sembrado en México, hoy en día no existe suficiente evidencia científica acerca de la etiología de la enfermedad, aunque los productores de maíz y asesores de campo demuestran interés en determinar su etiología. En consecuencia, el objetivo principal del presente estudio fue confirmar la identidad del agente

causal del tizón foliar del maíz a nivel de especie, con base en datos morfométricos y moleculares del anamorfo (Félix *et al.*, 2018).

1.7 Uso de híbridos del maíz en el Ecuador

El desarrollo del maíz híbrido es indudablemente una de las más refinadas y productivas innovaciones en el ámbito del fitomejoramiento. Esto ha dado lugar a que el maíz haya sido el principal cultivo alimenticio para someter a transformaciones tecnológicas en su cultivo y en su productividad, rápida y ampliamente difundidas; ha sido también un catalizador para la revolución agrícola en otros cultivos. Actualmente la revolución híbrida no está limitada a los cultivos de fecundación cruzada, donde se originó exitosamente, y el desarrollo de los híbridos se está difundiendo rápidamente a las especies auto fecundas: el algodón y el arroz híbridos son casos exitosos y conocidos y el trigo híbrido puede ser una realidad en un futuro cercano (FAO, 2024).

El uso de híbridos trilineales en los programas de mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) se ha incrementado en las últimas décadas, ya que cuenta con la ventaja de obtener mayor rendimiento de grano causado por la heterosis. Además, cuenta con grandes ventajas para su producción porque requiere menor número de progenitores (menor costo) y presentan una menor interacción genotipo por ambiente (López *et al.*, 2019).

1.8 Factores agronómicos que influyen en el rendimiento del maíz

El potencial de rendimiento y calidad nutricional del maíz forrajero está influenciado por muchos factores agronómicos, pero los ciclos de producción de este cultivo influyen significativamente en los parámetros de producción y calidad nutricional del forraje (Granados *et al.*, 2022).

El incremento del rendimiento en el cultivo de maíz en el mundo ha sido posible gracias al aumento de la densidad de siembra, niveles de fertilización y mejores híbridos (Villaseca, 2001). El rendimiento de los cultivos se los puede considerar de acuerdo con la producción total, lo que se conoce como rendimiento biológico; al contrario, el rendimiento económico considera los órganos comerciales de las plantas (Tomalá, 2024).

1.9 Principales tratamientos aplicados en cultivos de maíz

2.4.20 Control biológico

Particularmente el control biológico es una alternativa viable, contribuye a la sustentabilidad y no afecta al ambiente. El interés que se ha observado en cuanto a la utilización de agentes de control biológico es debido a la demanda de estos, ya que han sido creados centros de reproducción de organismos benéficos. Por lo que, insectos parasitoides, depredadores y microorganismos patógenos, se utilizan con la finalidad de disminuir las poblaciones de insectos plaga a un nivel en el que no ocasione daño económico, detallados en la (Hernández *et al.*, 2019).

1.10 El género *Trichogramma*

2.4.21 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de *Trichogramma* Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Trichogramma* (Acuña, 2025).

Detalle	Descripción
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Superfamilia	Chalcidoidea
Familia	Thichogrammatidae
Género	<i>Trichogramma</i>

2.4.22 *Trichogramma* como agente de control biológico

Los parasitoides de huevos de la familia Trichogrammatidae se encuentran entre los principales agentes biocotroladores de plagas de lepidópteros en diversos cultivos y se ubican dentro del programa de control biológico más grande del mundo (Mazzini *et al.*, 2025). Este agente biológico o parasitoide especializado en huevos de *D. saccharalis* es liberado en plantaciones maiceras con la finalidad de que parasite huevos como un medio de control biológico en el cultivo de maíz (Páliz, 2020).

1.11 *Tetrastichus howardi*

2.4.23 **Clasificación taxonómica**

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica de la especie Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de *Tetrastichus howardi*. (Pereira *et al.*, 2025).

Detalle	Descripción
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Familia	Eulophidae
Género	Tetrastichus
Especie	Howardi

2.4.24 ***Tetrastichus howardi* como agente de control biológico**

Tetrastichus howardi (Hymenoptera: Eulophidae) es un Endo parasitoide gregario principalmente de pupas de Lepidóptera y Coleóptera con gran potencial en el control biológico de plagas. Los hospederos de esos parasitoides son fisiológicamente adecuados, siendo naturales o alternativos (Palombo, 2021). Los parasitoides utilizados actualmente para el control biológico aplicado de los barrenadores del tallo del maíz atacan huevos y larvas, y *T. howardi* incrementa la mortalidad de la plaga con una alta tasa de supervivencia. Sin embargo, las aplicaciones de insecticidas requeridas para controlar los barrenadores y otras plagas del maíz pueden afectar el parasitismo de *T. howardi* (Bermúdez *et al.*, 2023).

2.4.25 ***Telenomus remus* como agente de control biológico**

Telenomus remus, tiene una mayor eficiencia como control biológico, cuando las aplicaciones de insecticidas químicos son bajas, por consiguiente, las etapas fenológicas del maíz no inciden con el trabajo del parasitoide ya que, la mayor parte del daño ocasionado por la plaga es en pleno crecimiento vegetativo, por lo tanto *Telenomus remus*, es un eficaz parasitoide de huevos de *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis* (Orellana, 2024).

1.12 **Clasificación taxonómica de *Telenomus remus***

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica de la especie Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Telenomus remus* (L. Ramírez, 2019).

Detalle	Descripción
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Familia	Scelionidae
Género	Telenomus
Especie	<i>T. remus</i>

1.13 *Chrysoperla carnea* como control biológico

La familia Chrysopidae presenta especies que son altamente promisorias para programas de control biológico, destacándose *Chrysoperla carnea* Stephens (*Neuroptera: Chrysopidae*), la cual es una predadora generalista y se alimenta de diversas plagas de cuerpo blando, como huevos y larvas de algunos lepidópteros, áfidos como la mosca blanca y trips (Fernández, 2019). Dentro de la familia Chrysopidae tenemos a la especie de *C. carnea* esta se alimenta de néctar, polen y de algunas secreciones de insectos. Las hembras ponen huevo en pequeños grupos o de forma aislada en el envés de las hojas, soportado por un pedicelo de aproximadamente 10 a 15 mm de longitud (Escalante, 2021).

2.4.26 Clasificación taxonómica de *Chrysoperla carnea*

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica de la especie Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación taxonómica de *Chrysoperla carnea* (Valencia, 2019).

Detalle	Descripción
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Neuroptera
Familia	Chrysopidae
Genero	Chrysoperla
Especie	Carnea

2.4.27

2.4.28 Control químico

En la práctica agrícola de este cultivo, en muchas partes del mundo se hace un uso excesivo de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, control de

arvenses y en la fertilización inorgánica. Si bien la aplicación de estos insumos permite obtener rendimientos representativos, también constituyen un alto costo para el proceso productivo e impacta de forma negativa sobre el agroecosistema este sería para los títulos de tercer nivel (Neira *et al.*, 2025).

Para controlar la infestación que ocasiona *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz los agricultores utilizan el control químico como única alternativa. Siendo los insecticidas, quizás, la herramienta de control de plagas más difundida a nivel global (Pérez, Neira y Calderón, 2019). Las enfermedades foliares en maíz no representaban mayor interés económico, sino hasta el apareamiento de la mancha de asfalto. Adicionalmente, la irregularidad del establecimiento de las lluvias y consecuente retraso en la época de siembra, la introducción de cultivares y el cambio climático, han provocado que las enfermedades foliares tomen importancia económica, especialmente la conocida como mancha de asfalto (Morán, 2022).

2.4.29 Principios activos utilizados en el control de plagas

Las dinámicas de las plagas varían de acuerdo con los sistemas de cultivos; los policultivos son más estables pues presentan una menor incidencia de insectos plagas que los monocultivos. Por ello se suelen utilizar los siguientes principios activos como se muestra en la Tabla 7 (Ramírez *et al.*, 2025).

Tabla 7. Ingredientes activos para control de plagas en tratamientos químicos.

Ingrediente activo	Dosis por ha
Triflumuron	150 cc
Imidacloprid + Thiodicarb	5 mL de p.c. por cada 1 000 semillas
Indoxacarb	300 cc
Dimetoato	301 cc

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La presente investigación se realizó en el periodo comprendido de enero a mayo 2025, en el Centro de Apoyo Colonche, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), ubicado a 21 msnm en las coordenadas geográficas 2°02'22.91'' Latitud S y -80°36'45.05'' longitud E, presenta precipitaciones de 125-250 mm/año (Rosales, 2014), con una temperatura de 23 a 30°C y la humedad relativa oscila entre 70 - 85% (Guale Malavé, 2021)



Figura 1. Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (Google Earth, 2025).

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.4.30 2.2.1 Material biológico

- Maíz híbrido ADV9139

2.4.31 2.2.2 Material de campo para colecta de muestras

- Flexómetro Stanley
- Calibrador vernier digital Stanley
- Balanza digital Free Home Style

2.4.32 2.2.3 Material fitosanitario

- Semeprid
- Premio

- Radian
- Tejo
- Imediacoprip

2.4.33 2.2.4 Agentes biológicos

- *Trichogramma pretiosum*
- *Telenomus remus*
- *Tetrastichus howardi*
- *Chrysoperla carnea*

2.3 Tipo de investigación

El estudio es de tipo experimental, cuantitativo y transaccional, caracterizado por la manipulación intencional de la variable independiente (protocolos de manejo de plagas) para cuantificar su impacto en las variables dependientes (morfología y producción del maíz). Esta metodología permite establecer y comparar la efectividad causal de cada tratamiento, proporcionando evidencia objetiva para determinar la mejor estrategia de protección vegetal al momento de la cosecha.

2.4 Diseño de investigación

En esta investigación, se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), utilizando la metodología de Zona Agroecológica de Desarrollo Experimental (ZADE) (Barrera *et al.*, 2019) empleado para reducir la variabilidad en los resultados en las unidades experimentales con características edafoclimáticas semejantes.

2.4.1 Diseño experimental

El experimento fue implementado en un Diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con tres tratamientos cuatro repeticiones (Tabla 8).

Tabla 8. Características del área del experimento

Items	Medidas
Unidades o parcelas experimentales	12
Número de tratamientos	3
Repeticiones	4
Área de la parcela	625 m ²
Longitud de parcela	25 m
Ancho de la parcela	25 m
Distancia entre plantas	0.4 m
Distancia entre hileras	1.0 m

2.4.2 Análisis estadístico modelo aditivo lineal

El experimento fue analizado con un modelo aditivo lineal de diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (Gabriel *et al.*, 2021).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}= Valor de una variable de respuesta observada en el j-ésima

tratamiento evaluado en el i-ésimo bloque τ_i = Media general

μ = Media general

T_i = Efecto fijo de la j-ésima tratamiento

B_j= Efecto del bloque

E_{ij}= Error experimenta o residual

2.4.2 Esquema para el diseño experimental

Una vez que se analizó la normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos con base al modelo definido, se realizó un análisis de varianza para probar hipótesis acerca de los efectos fijos, así como comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey al $P < 0.05$ de probabilidad. El análisis de

varianza también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios (Tabla 9).

Tabla 9. Esquema para el diseño experimental completamente aleatorio (DBCA)

Fuentes de variación	Grados de libertad
Repeticiones	3
Tratamientos	2
Error experimental	9
Total	11

2.4.3 Tratamientos

Los tratamientos estuvieron conformados como se detalla a continuación:

Tratamiento 0 (T0): Sin manejo en el control para plagas

En este tratamiento no fue aplicado ningún tipo de insecticida o principio activo, sin embargo, las demás actividades culturales se realizaron en todos los tratamientos.

Tratamiento 1 (T1): Manejo de plaga control biológico (Tabla 10).

Tabla 10. Frecuencia y tipo de aplicación de controladores biológicos

Frecuencia de aplicación	Productos	Estado que controla
5-8 días (d) antes de la siembra	<i>Tetrastichus howardi</i> 7 000 U/ha ¹	Pupas o crisálidas
10 d postsiembra	<i>Telenomus remus</i> 7 000 U/ha ¹	Huevos <i>Spodoptera frugiperda</i>
20 d postsiembra	<i>Chrysoperla carnea</i> 10 000 U/ha ¹	Control de huevos y larvas de cuerpos blandos
30 d postsiembra	<i>Trichogramma</i> 100 000 U/ha ¹	Huevos del género <i>Lepidoptera</i>
35 d postsiembra	<i>Chrysoperla carnea</i> 10 000 U/ha ¹	Control de huevos y larvas de cuerpos blandos
45 d postsiembra	<i>Trichogramma</i> 100 000 U/ha ¹	Huevos del género <i>Lepidoptera</i>
60 d postsiembra	<i>Tetrastichus howardi</i> 7 000 U/ha ¹	Pupas o crisálidas

d: días.; **U/ha¹:** Unidades por hectárea

Tratamiento 2 (T2): Manejo de plaga control químico (Tabla 11).

Tabla 11. Calendario de aplicación de productos químicos

Frecuencia de aplicación	Aplicación	Productos
Momento de la siembra	200 - 250 gramos por funda de semilla	Semeprid
15 d postsiembra	20 ml de producto / 100 litros de agua	Premio + Imediacoprip
25 d postsiembra	50 ml de producto por 100 litro de agua	Radian + Imediacoprip
40 d postsiembra	0.14 cc por litro de agua	Tejo + Imediacoprip

Para evaluar los parámetros morfométricos de las plantas de maíz (*Zea mays* L.) se ejecutó mediante un muestreo sistemático en las parcelas experimentales, esto permitió identificar la evolución del desarrollo vegetativo de los diferentes protocolos de manejo de plagas, las mediciones se realizaron de forma periódica en las etapas fenológicas (Fase I, II y III) como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Fenología del cultivo de maíz (Colazo y Rivarola, 2015)

ETAP	CARACTERÍSTICA	DÍAS
A		
VE	Emerge de la superficie del suelo, también se produce un crecimiento debajo de la superficie de la tierra conforme el sistema radicular nodal comienza a crecer.	5
V		
E		
G		
V1	Surge la primera hoja completamente y el collar de la hoja es visible.	9
V2	A surgido dos hojas totalmente con collares visibles.	12
V3	Inicio del proceso fotosintético, la planta comienza a depender del sistema radicular nodal, las raíces aumentan de tamaño y empiezan a formar pelo radical. El crecimiento del sistema radicular seminal se ha detenido.	30
Vn	Determinación de las hileras de grano. Conforme la planta se acerca a la VT, la humedad de la tierra y su disponibilidad de nutrientes son cruciales para la determinación del rendimiento. Última rama de la panícula o panoja es visible.	45
VT		55
Etapa	Característica	Días
R	R0 Antesis o floración masculina. Liberación de polen.	57
E		
P		

R O D U C T I V A	R1	Emisión de los estigmas. Fecundación.	59
	R2	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.	71
	R3	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.	80
	R4	Etapa mazorca. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.	90
	R5	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.	102
	R6	Madurez fisiológica. Cosecha.	112

Para la cuantificación de los componentes de rendimiento y el análisis de los granos del *Zea mays* L., se implementó el muestreo al azar sistemático en la fase de madurez fisiológica de la cosecha, el muestreo se ejecutó siguiendo la metodología del "Método de los Cinco de Oros" dentro de cada una de las parcelas experimentales correspondientes a los tratamientos de estudio establecidos bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar.

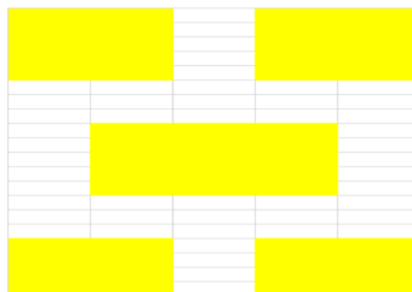


Figura 2. Exploración mediante el método de muestreo con Manejo experimental de la investigación.

2.4.3 Preparación del terreno

Consistió en una serie de labores mecánicas para roturar y desmenuzar el suelo y subsuelo. Esto con el objeto de facilitar el enraizamiento del cultivo, aprovechar la humedad, posteriormente se distribuyó y organizó los bloques y parcelas, para proceder con la instalación del sistema de riego por goteo.

2.4.4 Siembra

Previamente, las semillas se curaron con el insecticida Tiodicarb + Imidacloprid en dosis de 25 cc por cada kg de semilla, para evitar en el suelo el ataque de insectos trozadores, el día de la siembra se realizó de forma manual con ayuda de estacas a una profundidad de cinco centímetros, introduciéndose por golpe tres

semillas cubriendo las mismas con una capa fina de materia orgánica, siendo la distancia de siembra 1 m entre surcos 40 cm entre plantas.

2.4.5 Fertilización

Esta actividad se realizó y se consideró la dosis de 200 – 120 – 90 de NPK por hectárea. Como fuente de nutrición se usaron 49 kg de nitrato de amonio, 19 kg de nitrato de potasio y 24 kg de fosfato triple de calcio para todo el campo experimental. Se fertilizó en mezcla en un 100% después de la emergencia del total de plantas la primera fertilización se fraccionó el nitrógeno y se utilizó todo el potasio y fosforo; la segunda fertilización se hizo en el aporque donde fue incorporado al 50% restante de nitrógeno

2.4.6 Control de arvenses

En el control de arvenses se aplicó Callisto Xtra, herbicida post-emergente al cultivo y a las arvenses, se aplicó compuesto de dos ingredientes activos: Mesotrione + Atrazina en dosis de 1 L ha⁻¹. el control se realizó a los 14 días de la siembra en forma manual, con el objetivo de favorecer el desarrollo normal de las plantas y evitar la competencia con malezas en cuanto a luz y nutrientes para proporcionar a las plantas buena iluminación manteniendo el campo limpio durante el periodo vegetativo del maíz.

2.5 Parámetros evaluados

2.5.3 Morfológicos

Altura de la planta (cm): posteriormente de la selección de las plantas se midió la altura con un flexómetro Stanley, desde el suelo hasta la base de la espiga, los datos se toman de 50 plantas del área útil.

Diámetro del tallo (cm): con un calibrador vernier digital Stanley, se midió el diámetro del tallo a 50 cm del nivel del suelo.

Longitud de la hoja (cm): se midió la longitud de la hoja desde la lígula hasta la punta considerando que esté completamente desarrollada de la parte media de la planta, con un flexómetro Stanley.

Ancho de la hoja (cm): se midió el ancho de la hoja de la parte central con un flexómetro Stanley, se consideró aquella hoja que estuvo completamente desarrollada en la parte media de la planta.

Longitud de la mazorca (cm): Con una cinta graduada se midió la longitud de la mazorca, desde la parte basal hasta el punto final de la mazorca.

Ancho de la mazorca (cm): Se midió la longitud de la mazorca.

Semilla por mazorca: Se procedió a contar el número total de hileras de granos presentes alrededor de la circunferencia de la mazorca.

Rendimiento kg/ha: Para determinar el rendimiento por hectárea se procedió a considerar el peso total de los granos obtenidos de las plantas de muestreo y se presentan los resultados en kg/ha.

2.6 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, en el cual se aplicó la prueba *post-hoc* de Tukey para la comparación de medias y determinar si presentan diferencias significativas, el análisis y procesamiento de datos se efectuó utilizando el *software* especializado SPSS versión 21.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de las respuestas morfológicas como la altura de la planta y el rendimiento del maíz bajo protocolos de control de plagas como control químico y biológico de *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) son cruciales porque demuestran la eficacia comparativa de las diferentes estrategias de manejo.

3.4 Parámetros morfológicos del maíz

3.4.3 Altura de planta (cm)

La evolución de la altura de la planta en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas y en el contexto de la evaluación de respuestas morfológicas ante el control de *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero), los valores alcanzados no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) en la evaluación del desarrollo vegetativo del maíz, a intervalos de 20 a 120 días post siembra, entre los tratamientos sin embargo, al mostrar la evolución de la altura del maíz a la edad de 120 días la pendiente de la curva es más pronunciada. No obstante, las diferencias se hicieron evidentes a partir de la etapa de máxima elongación (a los 60 días), donde el tratamiento sin control de plagas alcanzó su pico de 241.24 cm para luego mostrar un estancamiento, este patrón contrastó con el tratamiento biológico (con insectos entomófagos), el cual exhibió un crecimiento sostenido y superó a las otras modalidades a partir de los 80 días (Figura 3).

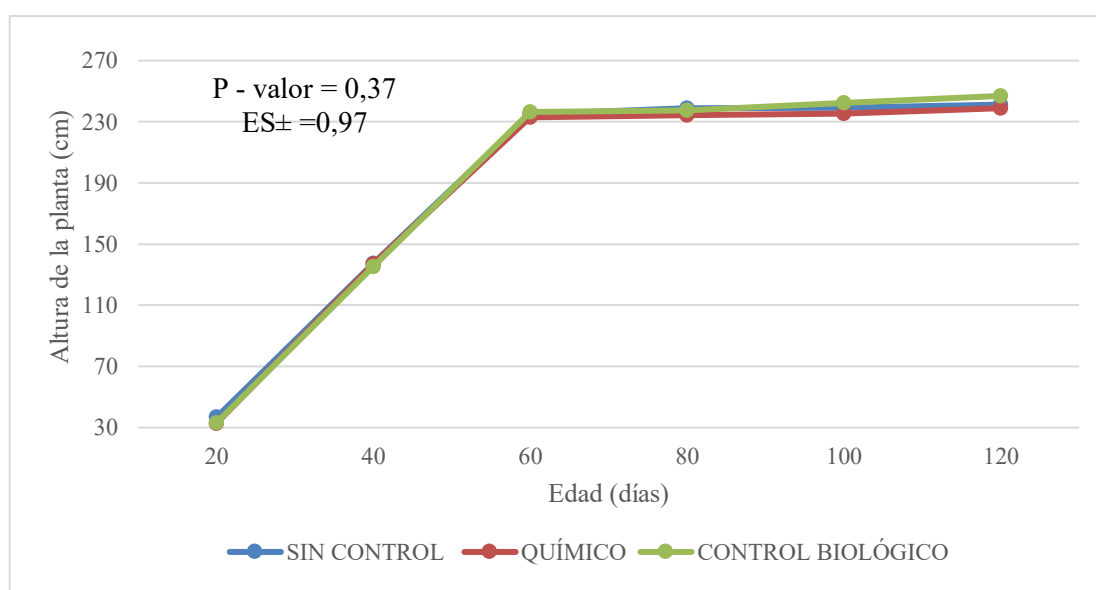


Figura 3. Altura de la planta en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post siembra.

ES: Error estándar; **P-valor:** Diferencias significativas.

Los resultados alcanzados en este estudio son similares a los reportados por Borbor Neira et al. (2025), esta curva de desarrollo superior implica que la planta no sufrió daños significativos en el cogollo, lo que permitió una asimilación de nutrientes y una fotosíntesis óptimas, resultando en un desarrollo vegetativo completo y saludable.

Así también Hernández (2019) indica que el crecimiento sostenido y la altura alcanzada en estas plantas pueden atribuirse a un ecosistema más equilibrado, donde los enemigos naturales. Por el contrario Carranza et al. (2023) en su revisión, el uso de pesticidas puede provocar daños fisiológicos en las plantas, afectando su desarrollo y crecimiento; considerando al crecimiento como un incremento constante en el tamaño de un organismo determinado por procesos de morfogénesis y diferenciación (Taiz y Zeiger 2006.)

3.4.4 Diámetro del tallo (cm)

El diámetro del tallo es un indicador importante del vigor estructural y la capacidad de soporte en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), el monitoreo de este parámetro es fundamental para evaluar la eficacia de las prácticas agronómicas y su impacto directo en la eficiencia fisiológica y el rendimiento final del cultivo, los resultados alcanzados de la evaluación no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) aunque si una ligera ventaja en la plantación donde se aplicó control biológico entre los tratamientos de estudio durante el periodo de estudio hasta los 120 días (Figura 4).

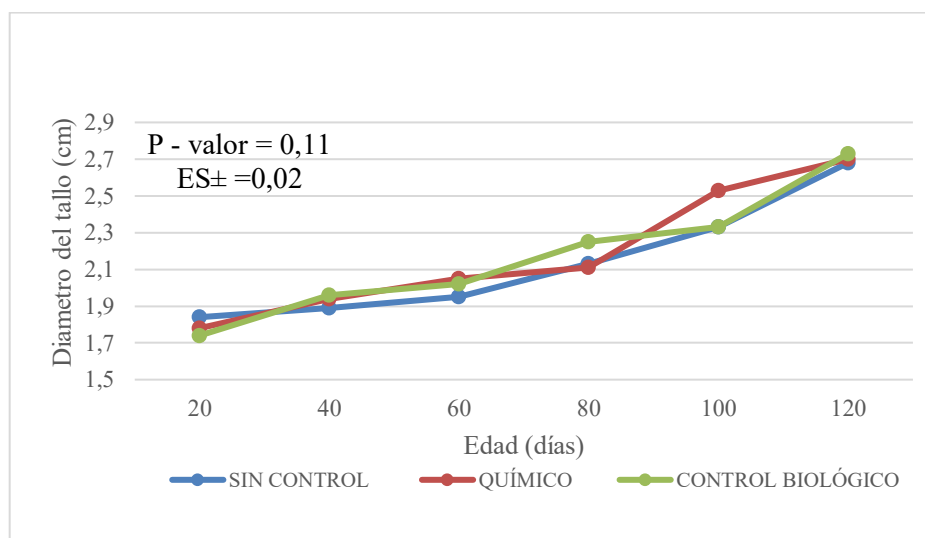


Figura 4. Diámetro del tallo en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post siembra.

ES: Error estándar; **P-valor:** Diferencias significativas.

La distinción más notable se encuentra en la cinética de crecimiento donde el tratamiento de control biológico exhibió un desarrollo más rápido y alcanzó su máximo relativo de 2.25 cm a los 80 días, esto sugiere que el CB proporciona condiciones tempranas que optimizan la asimilación y la acumulación de biomasa estructural, posiblemente a través de efectos bioestimulantes de los agentes biológicos que mejoran la absorción de nutrientes y la salud radicular en el control químico mostró un pico tardío de 2.53 cm a los 100 días. Esta respuesta podría deberse a que el control químico, aunque efectivo en la mitigación de plagas, puede causar un estrés transitorio inicial que retrasa la acumulación de biomasa, o su acción residual se manifiesta más tarde.

Al respecto, López et al. (2022) plantean que el grosor del tallo está regulado por genes asociados a la síntesis de lignina y celulosa, variedades híbridas con mayor expresión del gen *ZmCCR1* (involucrado en la biosíntesis de lignina) presentaron tallos un 18% más gruesos que las variedades tradicionales. El crecimiento es similar entre los tres grupos de estudio en las primeras etapas vegetativas del maíz, donde la planta se enfoca en el establecimiento de sus estructuras básicas y la presión de las plagas aún no es un factor limitante determinante (López *et al.*, 2023). Durante la fase reproductiva, la planta moviliza los carbohidratos no estructurales y nutrientes almacenados en el tallo y las hojas para destinarlos al llenado de grano en la mazorca (Lafitte, 2022).

Un tallo más grueso al final del ciclo está directamente relacionado con una mayor resistencia al acamado (quiebre del tallo) y una mejor capacidad para sostener el peso de la mazorca, lo que es crucial para asegurar el rendimiento lo que indica que el daño directo ocasionado por los insectos reduce la capacidad fotosintética de la planta y la obliga a desviar recursos hacia mecanismos de defensa, en detrimento del crecimiento y acumulación de biomasa en el tallo (Hernández *et al.*, 2019).

3.4.5 Longitud de la hoja (cm)

La longitud de la hoja en el maíz (*Zea mays* L.) permite determinar la eficiencia del aparato fotosintético del cultivo, los resultados alcanzados en el estudio entre los tratamientos no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) en la evaluación del desarrollo vegetativo de la longitud de la hoja del maíz en el intervalo de 20 a 120 días post siembra. A la vez se observa una longitud promedio de la hoja inducida por los diferentes tratamientos

donde el T3 del Control Biológico alcanzó 106,12 cm, el control químico presentó un valor de 106,5 cm y el T0 alcanzó 113,2 cm a los 120 días (Figura 5).

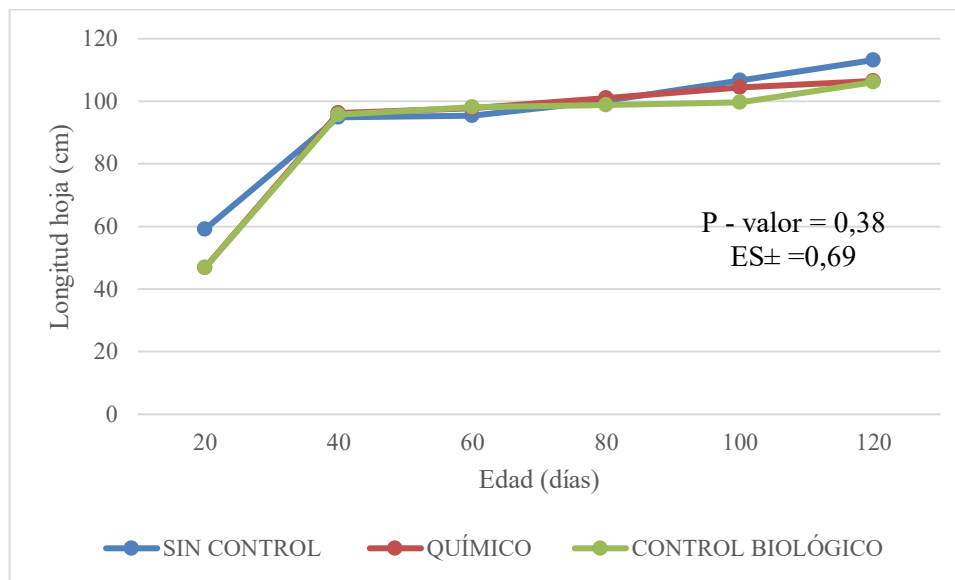


Figura 5. Longitud de la hoja en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos de control de plagas durante 120 días post-siembra.

ES: Error estándar; **P-valor:** Diferencias significativas.

Los resultados alcanzados son similares a los reportados por Borbor et al. (2025), dicha concordancia refuerza la validez de los hallazgos en el ecosistema local de la Comuna Manantial de Guangala, donde se demostró una tendencia convergente en el manejo no afecta significativamente la morfología de la planta y es favorable realizar cultivos bajo condiciones agroecológicas específicas.

Según Rivera et al. (2020), en variedades de maíz con hojas más largas se observó un incremento del 15-20% en la tasa fotosintética neta, comparado con genotipos de hojas cortas, esto se asocia con una mayor eficiencia en la conversión de energía lumínica a biomasa, especialmente durante etapas críticas como la floración y el llenado de granos, Rojas et al. (2021) plantea que hojas más anchas en variedades de maíz tropical mostraron un aumento del 12% en la asimilación de CO₂, comparado con genotipos de hojas estrechas por lo que esto se atribuye a una mayor densidad de estomas y una mejor distribución de los cloroplastos en la lámina foliar coincidiendo, López et al. (2022) menciona que la falta de manejo adecuado vuelve al cultivo más vulnerable a la presión de plagas y limita su desarrollo posterior.

3.4.6 Ancho de la hoja (cm)

La evaluación del ancho de la hoja con los protocolos de estudio T0 sin control de plagas, T1 control químico y T2 control biológico reportaron valores que estadísticamente no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) en la evaluación del desarrollo vegetativo del maíz, a intervalos de 20 a 120 días post siembra. La Figura 6 presenta la dinámica del ancho de la hoja del cultivo de maíz a lo largo de un ciclo de 120 días. Los datos obtenidos indican que todos los tratamientos siguieron una pauta de crecimiento similar, caracterizada por un incremento inicial en el ancho foliar.

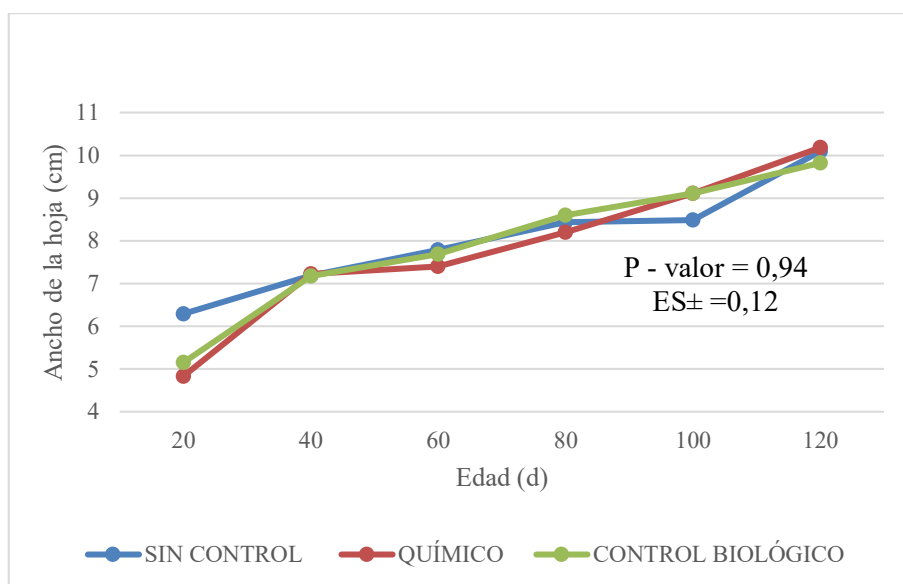


Figura 6. Evolución del ancho de la hoja (cm) en el cultivo de maíz bajo diferentes. **ES:** Error estándar; **P-valor:** Diferencias significativas.

Al respecto, Chen et al. (2024) plantearon que el ancho de la hoja es un parámetro fisiológico clave en la productividad del maíz (*Zea mays* L.), ya que determina la eficiencia de interceptación de luz y la síntesis de foto asimilados. Estudios recientes (García-López *et al.*, 2024) refuerzan la hipótesis de que un mayor tamaño de hoja se correlaciona positivamente con el rendimiento de grano, aunque su efectividad depende de factores genéticos, ambientales y de manejo, el comportamiento del ancho foliar del maíz observado en este estudio refleja los procesos fisiológicos naturales de crecimiento y senescencia propios del cultivo, durante las primeras etapas, el incremento progresivo del ancho de la hoja corresponde a la expansión celular y al aumento de la capacidad fotosintética,

fundamentales para la acumulación de biomasa y el establecimiento del potencial productivo (Singh & Kumar, 2025).

3.5 Parámetros productivos del maíz

La Tabla 13 presenta los resultados alcanzados en el estudio del comportamiento productivo del maíz con la aplicación de diferentes protocolos para el manejo de las plagas, T0 sin control de plagas, T1 control químico y T2 control biológico presentando diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre los tratamientos, el T0 presenta un tamaño menor con 16.65 cm y el tamaño superior el T3 con 19.2 cm.

El control químico presenta una mazorca de mayor tamaño que el control biológico es posible se atribuye principalmente a la superioridad en la eficacia inmediata del control de plagas y la minimización del estrés biótico. Al eliminar rápidamente la presión de plagas, la planta no necesita desviar grandes cantidades de energía hacia mecanismos de defensa, permitiendo que esos recursos metabólicos se canalicen directamente hacia el crecimiento estructural y la elongación del raquis de la mazorca, lo que resulta en un tamaño absoluto final superior (Hernández-Trejo, 2019).

Tabla 13. Parámetros de comportamiento productivo del maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de protocolos de control de plagas.

Variable	TRATAMIENTOS			ES±	CV (%)	(P - Valor)
	Sin control de plagas	Biológico	Químico			
Largo mazorca (cm)	16.65	18.37	19.2	0.14	2.43	<0.0001
Ancho mazorca (cm)	4.41	4.62	5.12	0.03	2.00	<0.0001
Semilla por mazorca	405.7	468.1	501.1	1.5	1.03	<0.0001
Rendimiento t/ha ⁻¹	8.81	9.04	9.98	0.09	3.15	<0.0001

Los resultados para el ancho de la mazorca (cm) revela una superioridad estadísticamente significativa ($P < 0.0001$) del manejo del control químico en la determinación de esta dimensión estructural del rendimiento. Los datos demuestran que el control químico alcanzó el mayor diámetro con 5.12 cm. Este valor es notablemente superior al registrado por el control biológico de 4.62 cm y al de la condición sin control con 4.41 cm. Esta significancia indica que la estrategia de control químico indujo una expansión lateral de la mazorca (determinada principalmente por el número de hileras y el grosor del

raquis) que excede el potencial de desarrollo alcanzado por los otros tratamientos (López *et al.*, 2022), estableciendo al control químico como el más efectivo para maximizar este componente estructural, esto se atribuye a su alta y rápida eficacia en la mitigación de la plaga *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero) durante la fase crítica de la diferenciación del ápice floral, la protección intensiva proporcionada por el químico garantiza la mínima interrupción fisiológica, permitiendo que la planta desarrolle completamente las primordias florales (Wang y Hu, 2021)

El rendimiento productivo del cultivo de maíz presentó resultados con diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) donde el máximo valor alcanzó el control químico 9.98 t/ha, estableciendo una ventaja numérica sobre el control biológico que reportó 9.04 t/ha y sobre el tratamiento Sin Control 8.87 t/ha. La ausencia de control permite que plagas como *Spodoptera frugiperda*, una de las más perjudiciales en el cultivo de maíz en la región, provoquen daños directos que merman el rendimiento (Caviedes *et al.*, 2022). Esto se podría atribuir a una mitigación superior del estrés biótico, lo que optimizó los componentes de rendimiento estructurales en las etapas críticas del desarrollo (Ávila-Martínez *et al.*, 2023).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se caracterizó las variables morfológicas del maíz y la implementación de los protocolos de control biológico y químico donde los parámetros no presentan un impacto diferenciado en el desarrollo vegetativo del cultivo, mostrando las características similares entre los tratamientos a los 120 días.

Se determinó el comportamiento productivo del cultivo de maíz donde todos los protocolos de manejo de plagas en estudio si presentaron diferencias en la producción, el tratamiento testigo (T0) que no recibió ningún protocolo para el control de las plagas presentó un menor resultado en términos de rendimiento alcanzando 8.81 t/ha, mientras que el tratamiento de control químico (T2) alcanzó 9.98 t/ha y el control biológico (T1) produjo 9.04 t/ha presentado una diferencia en producción de 0.94 t/ha con respecto al químico.

Recomendaciones

- Implementar una estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) donde el control biológico sea el componente primario considerando el protocolo y la población de enemigos naturales en sus liberaciones.
- Priorizar el control biológico como pilar para la conservación del medio ambiente y la salud del suelo y disminuir el uso de insecticidas sintéticos convencionales los cuales generan en las plagas resistencia y contaminación por residuos químicos persistentes, lo cual impacta negativamente la microbiología del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A., Ullah, F., Hafeez, M., Han, X., Dara, M. Z. N., Gul, H., & Zhao, C. R. (2022). Biological control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy*, 12(11), 2704. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112704>
- Acuña, J. (2025). *Parasitoidismo de Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) en condiciones de laboratorio* [Documento de repositorio]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/7118>
- Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Antonietta, M. (2013). *Impacto de la senescencia foliar sobre la producción de fotoasimilados y el rendimiento de maíz (Zea mays L.) bajo condiciones de estrés abiótico* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/26214>
- Arevalo, T. (2023). *Evaluación de la eficacia de tres mezclas de fertilizantes inorgánicos en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) parroquia Taracoa* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional ESPOCH. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21873>
- Aroca, J. (2023). *Aplicación complementaria de ácidos carboxílicos en la nutrición del maíz (Zea mays), Cerecita - Guayas* [Tesis de pregrado]. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AROCA%20TORRES%20JOEL%20RENE.pdf>
- Ávila-Martínez, D., Cervantes-Ortiz, F., Rodríguez-Pérez, G., Gámez-Vázquez, A. J., García-Rodríguez, J. G., & Mendoza-Elos, M. (2023). Daño y dinámica poblacional del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en líneas élite de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3).
- Bale, J. S., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2007). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 761–776. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>
- Beltrán, A. (2021). *Eficiencia de Trichogramma sp. en el control de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz, Zea mays, Var. O híbrido Hércules en San Marcos, Santa Elena* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6430>
- Bermúdez, N., Morato, R., da Silva, C., & Torres, J. B. (2023). Biological and behavioural responses of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi* to insecticides. *Journal of Applied Entomology*, 147(9), 728–741. <https://doi.org/10.1111/jen.13165>
- Barrera, M. (2019) «Población de arvenses en suelos tratados con diferentes técnicas de manejo en caña de azúcar», *Centro Agrícola*, 46(3), pp. 76-85. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852019000300076&lng=es&nrm=iso&tlng=es (Accedido: 11 de diciembre de 2025).

- Borbor Neira, A. F., Andrade Yucailla, V. C., Fuentes Sandoval, F., & León Mejía, Á. R. (2025). Impacto del control biológico en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Comuna Manantial de Guangala. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(3), 69–83.
- Cabrera, G., Ávila, C., Cabrera, N., Nava, D., Sene, A., & Weber, D. (2020). Biology and management of pest *Diabrotica* species in South America. *Insects*, 11(7), 421. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/7/421>
- Carranza-Patiño, M., Contreras-Mora, M., Macias-Leon, M., Pincay-Pin, P., Rendón-Margallón, E., & J, H.-F. R. (2023). Uso de los pesticidas y su efecto en el cultivo de *Zea mays*: Una revisión de la literatura. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(E2), 1258–1286. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/nE2/219>
- Caviedes-Cepeda, M., Carvajal-Larenas, F., & Zambrano-Mendoza, J. L. (2022). Generación de tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), 21–21. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Córdova, J. J. L., Olivares, R. A. P., Juárez, H. D. G., Zapata, J. A. N., & Abraham, A. R. R. (2024). Gestionar el efecto de fertilizantes NPK y dos densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Alfa*, 8(23), Artículo 23. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.276>
- Davis, F., & Williams, W. (1989). Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm. *Actas Agronómicas*, 101-108.
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security*, 14, 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Escalante, G. (2021). *Biología, comportamiento y capacidad de predación de Chrysoperla carnea sobre Planococcus ficus bajo condiciones de laboratorio en La Molina* [Tesis de pregrado]. [Nombre de la Universidad].
- FAO. (2024). *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Recuperado de <https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s16.htm>
- Félix, R., Lizárraga, G. J., Maldonado, I. E., Leyva, K. Y., Herrera, G., & Espinoza-Matías, S. (2018). Confirmación de la identidad de *Exserohilum turcicum*, agente causal del tizón foliar del maíz en Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3), 468–478. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1803-1>
- Fernández, J. (2019). *Respuesta comportamental de Chrysoperla carnea Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) al salicilato de metilo en condiciones de laboratorio* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UNAD. Recuperado de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/25415>
- Fernández, O. C., González, P. S., da Silva, O. M., & Morel, L. E. (2022). Efecto del riego sobre las características agronómicas de diferentes híbridos de maíz. *Revista Científica de la UCSA*, 9(2), 86–93.
- Flores, P. (2025). *Implementación de control biológico en el cultivo de caña de azúcar para reducir pérdidas económicas en la empresa Inversiones Raíz S.A.C., Lambayeque*

2024 [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional USIL. Recuperado de <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/b6fce5f8-0e9e-475d-9404-293a5c9b49f5>

- Granados, J. A., Sánchez, J. I., Ochoa-Martínez, E., Rodríguez-Hernández, K., Reta-Sánchez, D. G., & López-Calderón, M. J. (2022). Efecto del ciclo de producción sobre el potencial de rendimiento y calidad nutricional del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(SPE28), 207–217. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3276>
- Hasang, E., García, S., Carrillo, M., Durango, W. D., & Cobos, F. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), 26–40. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9507437>
- Hernández, A., Estrada, B., Rodríguez, R., García, J., Patiño, S., & Osorio, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
- INTAGRI. (2024). *Manejo de la Diabrotica en el cultivo de maíz*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/manejo-de-la-diabrotica-en-el-cultivo-de-maiz>
- Jiménez Ortiz, M. M., Gómez Álvarez, R., Oliva Hernández, J., Granados Zurita, L., Pat Fernández, J. M., & Aranda Ibáñez, E. M. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*, 11(23). <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Lafitte, H. (2022). Fisiología del maíz tropical. En Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Recuperado de https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s05.htm#P0_0
- Leonhardt, D. A. (2019). *Maiz*. Ediciones INTA Anguil.
- Litardo, L. (2019). *Efecto de la aplicación de insecticida al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) en la época lluviosa en la zona de Mocache* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3624>
- López, E., Mendoza, P., & Rivera, H. (2023). Respuesta de genotipos de maíz con diferente ancho foliar al estrés térmico. *Agricultura y Cambio Climático*, 15(3), 112–125.
- López, F., Chura, J., & García, G. (2019). Interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 859–872. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1696>
- López, J. J., Chirinos, D. T., Ponce, W. H., Solórzano, R. F., & Alarcón, J. P. (2022). Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1). <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11739>
- Mazzini, P., Yucailla, V., Sandoval, F., Salinas, J., & Limonte, A. (2025). Identificación de ecotipos de *Trichogramma* spp, como biocontrolador en cultivos de maíz de la provincia de Santa Elena. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario*,

- Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 7(1), 17. Recuperado de <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/article/view/1022>
- Morán, J. (2022). *Principales fungicidas químicos para el control del hongo Fusarium verticillioides, que afectan en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UTB. Recuperado de <https://dspace.utb.edu.ec/items/f8b1937e-1b39-4adf-94e3-7d4ff3caf3ae>
- Orellana, E. (2024). *Ecotipos zonales de Telenomus remus Nixon, como alternativa de biocontrolador de Spodoptera frugiperda en productores de maíz, Santa Elena* [Tesis de pregrado]. [Nombre de la Universidad].
- Ortiz, A. (2024). *Respuestas agronómicas de dos híbridos de maíz al manejo de varios métodos y aplicaciones de fuentes nutricionales* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UNESUM. Recuperado de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6271>
- Ortiz, J. (2023). *Respuesta del maíz (Zea mays) a la aplicación de tres enmiendas edáficas en las condiciones edafoclimáticas del Cantón La Troncal* [Tesis de pregrado]. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SEVILLA%20PAREDES%20PRISCILA%20JAMILETH.pdf>
- Páliz, E. (2020). *Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (Diatraea saccharalis) empleando Trichogramma pretiosum* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6035>
- Palombo, I. (2021). *Parasitismo de Tetrastichus howardi (Hymenoptera: Eulophidae) em insetos alvo e não alvo* [Tesis de maestría]. Repositorio Institucional UFGD. Recuperado de <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/4957>
- Pereira, F., Kassab, S., Ferreira, V., & Zanuncio, J. (2025). Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. *ResearchGate*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271504966_Parasitism_and_Emergence_of_Tetrastichus_howardi_Hymenoptera_Eulophidae_on_Diatraea_saccharalis_Lepidoptera_Crambidae_Larvae_Pupae_and_Adults
- Pérez, E., Neira, M., & Calderón, C. (2019). Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 541–550. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.11>
- Pilla, A. (2024). *Evaluación del desarrollo inicial del cultivo de maíz (Zea mays L.) con la aplicación de fertilización química y orgánica* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UTA. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/items/eb385607-7439-46e2-92d4-89d618bb0a3d>
- Pinos, D. (2023). *Evaluación del rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón Joya de los Sachas* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional ESPOCH. Recuperado de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/b389c52f-0858-425c-9c53-18a0eec1acb3>
- Prado, A. (2023). *Evaluación agronómica del cultivo de maíz (Zea mays L.) híbrido Dekalb 7088 con la aplicación de distintas dosis de fertilización en la parroquia Tres de*

- Noviembre* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional ESPOCH. Recuperado de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/7424b58b-c1ec-42d0-a000-6dc08770775c>
- Ramírez, A., Ligarreto, G. A., & Sánchez, D. M. (2025). *Insectos plagas del maíz y su control*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87786>
- Ramírez, L. (2019). *Primeros registros de parasitoides (Torymidae y Eupelmidae: Chalcidoidea: Hymenoptera) de ootecas de mantis en la ciudad de Querétaro, México* [Tesis de pregrado]. [Nombre de la Universidad].
- Salinas, S., & Clavijo, K. (2022). *Efecto de fertilizantes de liberación controlada en un cultivo de* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UNILLANOS. Recuperado de <https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/f0e24214-091b-43c3-b180-cca8fe451726/content>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology* (4a ed.). Sinauer Associates.
- Tanumihardjo, S. A., McCulley, L., Roh, R., Lopez-Ridaura, S., Palacios-Rojas, N., & Gunaratna, N. S. (2020). Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Global Food Security*, 25, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100327>
- Tapia, J. (2023). *Productividad de la variedad de maíz Advanta 9789 en diferentes densidades con manejo convencional en la Joya de los Sachas* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19040>
- Tarazona, N., Chavarría, J., & Moreira, J. (2022). El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 5(9), Artículo 9. Recuperado de <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/349>
- Tashiro, K., Ishitani, M., Niimi, S., Tobisa, M., Idota, S., Adachi, T., & Ishii, S. (2024). Efecto de la defoliación sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del forraje en maíz, como simulación del impacto del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Enfoque UTE*, 15(2), 30–35. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.1016>
- Tomalá, L. (2024). *Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el Valle del Rio Javita* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UPSE. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9772c351-6500-4e21-9747-fba4ddd64ae6/content>
- Tomalá, W. (2023). *Rendimiento del maíz Zea mays híbrido trueno NB 7443 bajo tres distancias de siembra en la comuna Loma Alta, Santa Elena* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9749>
- Uzho, D., & Quintero, L. (2024). *Efectividad de un bioestimulante líquido de pescado sobre el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays L.)* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional ESPAM MFL. <http://repositorio.esPAM.edu.ec/handle/42000/2473>
- Valencia, A. (2019). *Eficiencia de predación de tres especies de Chrysopas (Chrysoperla carnea, Chrysoperla asoralis, Chrysoperla externa), sobre los estadios ninfales de Liorhyssus sp., bajo condiciones de laboratorio en la Irrigación Majes. 2017* [Tesis

- de pregrado]. Repositorio Institucional UCSM.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9045>
- Vásconez, G., Caicedo, L., Véliz, D., & Sánchez, F. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(Extra-3), 417–431. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8081781>
- Vélez, M., Betancourt, C., & Mendoza, J. (2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Ciencia y Tecnología*. Recuperado de <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/500>
- Vera, C. (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de dos genotipos de maíz frente al estrés hídrico en la comuna Colonche, provincia de Santa Elena* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UPSE.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10912>
- Vera, F. (2025). *Efecto de enmienda mineral de calcio con aplicaciones edáficas y foliares en la producción de maíz (Zea mays L.) en el cantón Valencia* [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional UTC.
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/14977>
- Wang, J., & Hu, X. (2021). Research on corn production efficiency and influencing factors of typical farms: Based on data from 12 corn-producing countries from 2012 to 2019. *PLoS ONE*, 16(7), e0254423.
- Yanqui, F., Alarcón, J., Carrasco, H., Caballero, S., Sauñe, B., Chávez Bocanegra, D. E., Moreno Llacza, S. M., Buendía Molina, M. A., & Bravo Choque, N. M. (2022). Umbral de tratamiento del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L. ssp amiláceo). *Manglar*, 19(3), 291–297. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.037>
- Zambrano, C. E., & Andrade, M. S. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143–150. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202021000400143&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Zambrano Mero, J. D., Vega Lucas, N. E., Solís Bowen, A. L., Chirinos Torres, D. T., Perla Gutiérrez, D. R., Delgado Párraga, A. G., & Peñaherrera Villafuerte, S. L. (2024). Prospección de los coccinélidos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Siembra*, 11(1), e6021. <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.6021>
- Zúñiga, W. W. B., & Rocel, D. O. P. (2023). Evaluación del rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón Joya de los Sachas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), Artículo 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6005

ANEXOS



Figura 1A. Recolección de pepas para calcular porcentaje de humedad.



Figura 2A. Medición de la humedad del maíz.



Figura 3A. Identificación de pudrición



Figura 4A. Recolección de maíz



Figura 5A. Fumigación en tratamiento químico



Figura 6A. Toma de datos de control biológico



Figura 7A. Toma de datos de variables



Figura 8A. Toma de datos y seguimiento de la investigación