



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

**SUCESIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA**  
**ENTOMOFAUNA EN EL AGROECOSISTEMA DE MAÍZ**  
**(*Zea mays L.*) EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE**  
**DESARROLLO FENOLÓGICO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Bryan Alexander Pacheco Baque.

**LA LIBERTAD, 2025**



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

**SUCESIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA  
ENTOMOFAUNA EN EL AGROECOSISTEMA DE MAÍZ  
(*Zea mays* L.) EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE  
DESARROLLO FENOLÓGICO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Bryan Alexander Pacheco Baque

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

**LA LIBERTAD, 2025**

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **BRYAN ALEXANDER PACHECO BAQUE** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10 de diciembre de 2025



Firmado electrónicamente por:  
**LENNI CRISOL RAMIREZ FLORES**  
Validar únicamente con FirmaEC.  
Firmado electrónicamente por:  
**LENNI CRISOL RAMIREZ FLORES**

---

Ing. Lenni Ramirez Flores, Mgtr.

**DIRECTORA DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA QUEVEDO PINOS**  
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.

**PROFESORA ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**VERONICA CRISTINA ANDRADE YUCAILLA**  
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.

**PROFESORA TUTORA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA QUEVEDO PINOS**  
Validar únicamente con FirmaEC

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.

**PROFESORA GUÍA DE LA UIC  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.  
Firmado electrónicamente por:  
**WASHINGTON VIDAL PERERO VERA**

---

Ing. Washington Perero Vera, MSc.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más profundo agradecimientos a las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis.

A la Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D., por ser guía constante en este trabajo, por su orientación técnica, paciencia y dedicación que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Al Especialista Fermín Fuentes Sandoval y su equipo del Laboratorio de Interpretación del Gobierno Provincial de Santa Elena, por el apoyo logístico y la colaboración brindada durante la ejecución del trabajo de campo, sin los cuales no habría sido posible obtener los datos en el agroecosistema.

A mis padres, Felipe Pacheco Ramon y Lorena Baque Merchán, por ser los pilares inamovibles en mi vida; su apoyo incondicional, esfuerzo y confianza fueron el motor que me impulso a llegar hasta aquí.

## **DEDICATORIA**

Al final somos una mezcla de todas las personas que han sido parte de nuestro camino. Me alegra saber que algunas de ellas son parte esencial de quien soy hoy.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, tuvo como objetivo principal caracterizar la dinámica de sucesión de la entomofauna asociada al agroecosistema de maíz (*Zea mays* L.) y evaluar la eficacia comparada del control biológico (CB) frente al control químico y la autorregulación natural (Testigo). Los resultados revelaron una marcada heterogeneidad temporal en la comunidad de artrópodos. La Fase I (VE-V6) se caracterizó por una intensa presión de infestación fitófaga, dominada por la plaga clave *Spodoptera frugiperda*, registrando su pico de abundancia y el punto de máxima vulnerabilidad ontogénica del cultivo, las Fases II y III (V7-R6) evidenciaron una respuesta numérica de la fauna benéfica. El análisis del equilibrio ecológico (Proporción Plaga:Benéfico) demostró la superioridad del control biológico. Este agroecosistema alcanzó la máxima eficiencia, logrando un equilibrio de 1 Plaga: 1.07 Benéfico, minimizando a *S. frugiperda*. En contraste, el control químico generó el desequilibrio más desfavorable un ratio P:B de 5.95:1 debido al impacto rígido de los insecticidas sobre los enemigos naturales, induciendo una severa dependencia química. La eficacia del CB se basó en la activación de la red trófica, donde las Crisopas (*Chrysopidae*) se consolidaron como el agente de supresión poblacional más abundante y de respuesta rápida en la Fase II, complementadas por la acción de las arañas como depredadores generalistas de estabilidad. Se concluye que el control biológico representa la estrategia más sostenible y ecológicamente resiliente para el manejo de *s. frugiperda* en el agroecosistema de maíz.

**Palabras claves:** Control biológico, entomofauna, equilibrio, plaga, *Spodoptera frugiperda*

## ABSTRACT

This study was conducted at the Colombe Support Center of the Peninsula State University of Santa Elena, with the primary objective of characterizing the succession dynamics of the entomofauna associated with the corn (*Zea mays* L.) agroecosystem and evaluating the comparative efficacy of biological control (BC) against chemical control and natural self-regulation (Untreated Control). The results revealed a marked temporal heterogeneity in the arthropod community. Phase I (VE-V6) was characterized by intense phytophagous infestation pressure, dominated by the key pest *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm), which registered its abundance peak and the point of maximum ontogenic vulnerability of the crop. In contrast, Phases II and III (V7-R6) evidenced a strong numerical response from the beneficial fauna. The analysis of ecological balance (Pest:Beneficial Ratio) demonstrated the superiority of biological control. This treatment achieved maximum efficiency, reaching an equilibrium of 1 Pest: 1.07 Beneficial, successfully minimizing *S. frugiperda* populations. In stark contrast, chemical control generated the most unfavorable imbalance with a P:B ratio of 5.95:1 due to the severe impact of insecticides on natural enemies, inducing a strong chemical dependency. The efficacy of BC relied on the activation of the trophic web, where Lacewings (*Chrysopidae*) consolidated as the most abundant and rapid-response population suppression agent in Phase II, complemented by the action of spiders as stabilizing generalist predators. It is concluded that biological control represents the most sustainable and ecologically resilient strategy for the management of *S. frugiperda* in the corn agroecosystem.

**Key words:** Biological control, entomofauna, equilibrium, pest, *Spodoptera frugiperda*

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“SUCESIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ENTOMOFAUNA EN EL AGROECOSISTEMA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO FENOLÓGICO”** y elaborado por **Bryan Alexander Pacheco Baque**, 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".



Bryan Alexander  
Pacheco Baque



---

Firma del estudiante

## ÍNDICE

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                      | <b>1</b>  |
| <b>Problema Científico.....</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>Objetivos.....</b>                                          | <b>3</b>  |
| <b>Hipótesis .....</b>                                         | <b>3</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>                | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Maíz (<i>Zea mays</i> L.).....</b>                      | <b>4</b>  |
| <b>1.2 Origen y Distribución.....</b>                          | <b>4</b>  |
| <b>1.3 Taxonomía del maíz (<i>Zea mays</i> L.).....</b>        | <b>4</b>  |
| <b>1.4 Descripción botánica y morfológica.....</b>             | <b>5</b>  |
| <b>1.5 Características botánicas del cultivo.....</b>          | <b>5</b>  |
| 1.5.1 Raíces.....                                              | 5         |
| 1.5.2 Tallo.....                                               | 6         |
| 1.5.3 Hojas.....                                               | 6         |
| 1.5.4 Inflorescencia.....                                      | 6         |
| 1.5.5 Granos.....                                              | 6         |
| <b>1.6 Producción de maíz en Ecuador.....</b>                  | <b>6</b>  |
| 1.6.1 Producción de maíz en Santa Elena.....                   | 7         |
| <b>1.7 Fenología del cultivo.....</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>1.8 Requerimientos edafoclimáticos.....</b>                 | <b>8</b>  |
| 1.8.1 Requerimientos de temperatura .....                      | 8         |
| 1.8.2 Requerimientos hídricos .....                            | 9         |
| <b>1.9 Biodiversidad e identificación de especies .....</b>    | <b>9</b>  |
| <b>1.10 Interacción entre la entomofauna y el cultivo.....</b> | <b>10</b> |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.10.1 Descripción de insectos plagas en el cultivo de maíz.....                                   | 10        |
| 1.10.2 Etapas de los insectos plagas presentes en el cultivo .....                                 | 11        |
| 1.10.3 Descripción de insectos benéficos en el cultivo de maíz.....                                | 12        |
| <b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                                                       | <b>14</b> |
| <b>2.1 Caracterización del área .....</b>                                                          | <b>14</b> |
| <b>2.2 Materiales, equipos y reactivos.....</b>                                                    | <b>14</b> |
| 2.2.1 Material biológico.....                                                                      | 14        |
| 2.2.2 Material de campo para colecta de muestras .....                                             | 14        |
| 2.2.3 Material de laboratorio .....                                                                | 15        |
| 2.2.4 Equipos de laboratorio.....                                                                  | 15        |
| 2.2.5 Agentes biológicos .....                                                                     | 15        |
| <b>2.3 Tipo de investigación .....</b>                                                             | <b>15</b> |
| <b>2.4 Metodología de muestreo .....</b>                                                           | <b>16</b> |
| 2.4.1 Trabajo de campo y aplicación del manejo para control de plagas .....                        | 16        |
| <b>2.5 Manejo del experimento.....</b>                                                             | <b>17</b> |
| <b>2.6 Parámetros evaluados en cada manejo de plagas en estudio.....</b>                           | <b>18</b> |
| 2.6.1 Numero de espécimen capturados .....                                                         | 18        |
| 2.6.2 Identificación de los principales insectos plaga e insectos benéficos en el cultivo..        | 18        |
| 2.6.3 Variables de respuesta .....                                                                 | 19        |
| <b>2.7 Análisis estadístico de los resultados.....</b>                                             | <b>19</b> |
| <b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                                    | <b>19</b> |
| <b>3.1 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, sin control de plagas.....</b>        | <b>19</b> |
| 3.1.1 Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, sin control de plagas ...           | 22        |
| 3.1.2 Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica sin control de plagas..... | 24        |
| <b>3.2 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, manejo control biológico.....</b>     | <b>24</b> |

|                                                                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1 Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, manejo control biológico .....                                                                            | 26        |
| 3.2.2 Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica con aplicación de control biológico .....                                                        | 28        |
| <b>3.3 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, manejo control químico .....</b>                                                                            | <b>29</b> |
| 3.3.1 Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, manejo control químico .....                                                                              | 31        |
| 3.3.2 Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica con aplicación de control químico .....                                                          | 33        |
| <b>3.4 Comparación del balance ecológico y la estructura de la entomofauna total entre los manejos de plagas (sin manejo, control biológico y control químico) .....</b> | <b>34</b> |
| <b>3.5 Lista de insectos plagas y beneficos observados en los agroecosistemas en el cultivo de Maíz (Zea mays L.) .....</b>                                              | <b>36</b> |
| 3.5.1 Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos en el cultivo de maíz (Zea mays L.) .....                                                      | 38        |
| 3.5.2 Abundancia de individuos por orden taxonómico, grupo funcional y agroecosistema .....                                                                              | 39        |
| 3.5.3 Diversidad de la entomofauna en los diferentes agroecosistemas de maíz .....                                                                                       | 41        |
| 3.5.4 Diversidad beta entre los agroecosistemas .....                                                                                                                    | 42        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                                                                                                              | <b>46</b> |
| <i>Conclusiones</i> .....                                                                                                                                                | 46        |
| <i>Recomendaciones</i> .....                                                                                                                                             | 47        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                                                                                                  |           |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                                                                                                       |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del maíz .....                                                                                                                     | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Fenología del cultivo de maíz .....                                                                                                                         | 7  |
| <b>Tabla 3.</b> Requerimientos térmicos según el ciclo fenológico del maíz .....                                                                                            | 9  |
| <b>Tabla 4.</b> Principales insectos (plagas).....                                                                                                                          | 11 |
| <b>Tabla 5.</b> Agroecosistemas.....                                                                                                                                        | 16 |
| <b>Tabla 6.</b> Frecuencia y tipo de aplicación de controladores biológicos. ....                                                                                           | 17 |
| <b>Tabla 7.</b> Calendario de aplicación de productos químicos. ....                                                                                                        | 17 |
| <b>Tabla 8.</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) sin manejo de plagas. ....                 | 20 |
| <b>Tabla 9.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) sin manejo de plagas.....               | 22 |
| <b>Tabla 10 .</b> Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) sin manejo de plagas.....                                  | 24 |
| <b>Tabla 11.</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control biológico. ....    | 25 |
| <b>Tabla 12.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control biológico. .... | 26 |
| <b>Tabla 13.</b> Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control biológico.....                       | 28 |
| <b>Tabla 1 .</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control químico. ....      | 29 |
| <b>Tabla 15.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control químico. ....   | 31 |
| <b>Tabla 16.</b> Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control químico.....                         | 33 |
| <b>Tabla 17.</b> Balance ecológico y la estructura de la entomofauna total entre los manejos de plagas (sin manejo, control biológico y control químico). ....              | 34 |

|                                                                                                                                                             |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Tabla 18.</b> Lista de insectos plagas y benéficos observados en los agroecosistemas en el cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.). .....                  | 36                                   |
| <b>Tabla 19.</b> Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos observados en los agroecosistemas de maíz ( <i>Zea mays</i> L.). ..... | 38                                   |
| <b>Tabla 20.</b> Abundancia de individuos por orden taxonómico y grupo funcional en los agroecosistemas de maíz ( <i>Zea mays</i> L.). .....                | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Tabla 21.</b> Índices de diversidad alfa de la entomofauna asociada al cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en los tres agroecosistemas evaluados. .... | 41                                   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena .<br>.....                                                                                                    | 14 |
| <b>Figura 2.</b> Exploración mediante el método cinco de oros .....                                                                                                                                        | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) sin manejo de plagas.....                                                | 21 |
| <b>Figura 4.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) sin manejo de plagas.....                                             | 23 |
| <b>Figura 5.</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control biológico. ....                                   | 25 |
| <b>Figura 6.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control biológico. ....                                | 27 |
| <b>Figura 7.</b> Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control químico. ....                                     | 30 |
| <b>Figura 8.</b> Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) bajo manejo de control químico. ....                                  | 32 |
| <b>Figura 9.</b> Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos observados en los agroecosistemas de maíz ( <i>Zea mays</i> L.). ....                                                 | 39 |
| <b>Figura 10.</b> Dendrograma de agrupamiento jerárquico (UPGMA) basado en distancias de Bray-Curtis, que representa la diversidad beta de la entomofauna entre los agroecosistemas de maíz evaluados..... | 44 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1A.</b> Semilla ADVANTA.....                     | 53. |
| <b>Figura 2A.</b> Siembra. ....                            | 53  |
| <b>Figura 3A.</b> Primer avistamiento de insecto.. ....    | 53  |
| <b>Figura 4A.</b> Preparación de agroquímico.....          | 53  |
| <b>Figura 5A.</b> Preparacion de <i>Trichograma</i> .....  | 54  |
| <b>Figura 6A.</b> Colocacion de <i>Trichograna</i> .....   | 54  |
| <b>Figura 7A.</b> Recoleccion de insectos .....            | 54  |
| <b>Figura 8A.</b> Colecta de araña .....                   | 54  |
| <b>Figura 9A.</b> Aplicación de agroquímico .....          | 55  |
| <b>Figura 10A.</b> Efectividad de agroquímico .....        | 55  |
| <b>Figura 11A.</b> Identificación de insectos varios ..... | 55  |
| <b>Figura 12A.</b> Daño de <i>Sfrugiperda</i> , .....      | 55  |

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel global, siendo una fuente primaria de alimento humano, forraje animal y materia prima industrial. En el Neotrópico, este cultivo constituye un agroecosistema dinámico que alberga una compleja red de interacciones bióticas, siendo la entomofauna un componente clave que influye decisivamente en su productividad. Ecuador se dedica a la producción del maíz sin embargo enfrenta desafíos causados por organismos nocivos (plagas) los cuales afectan significativamente el rendimiento del cultivo, aumentando los costos de producción debido al uso intensivo de productos químicos como controladores. Estos químicos no solo eliminan la plaga, sino que también causan daños a la fauna auxiliar (Carranza-Patiño *et al.*, 2023).

El estudio de la entomofauna en el maíz es crucial, ya que incluye tanto especies plaga que causan daños económicos directos (*Spodoptera frugiperda*, *Diatraea saccharalis*) como especies benéficas (depredadores, parasitoides y polinizadores) esenciales para el control biológico natural (Pardo-López *et al.*, 2024). Los artrópodos constituyen el 75% de animales en la tierra. En los ecosistemas agrícolas, se calcula que solo el 3% de las especies actúan como plagas, mientras que el 97% restante cumple funciones como fauna auxiliar. De estas, un 35% corresponde a enemigos naturales. Esto significa que la presencia de organismos vivos en los campos no implica necesariamente que todos ellos perjudicaran los cultivos (Mendoza, 2024). El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es un organismo plaga del maíz en Latinoamérica, causa daños de alrededor del 60% en rendimiento, dañando los tejidos jóvenes. El principal método para su control es la utilización de plaguicidas químicos, sin embargo, el uso de estas sustancias repercute negativamente la salud humana y sobre todo insectos benéficos, tales como los polinizadores, parasitoides y depredadores del gusano cogollero y otros como *Helicoverpa zea* (Cevallos *et al.*, 2021).

La fenología del cultivo (etapas de desarrollo como V3, V6, R1, y otros) induce cambios en la arquitectura de la planta, la composición química y la disponibilidad de recursos, lo que provoca una sucesión ecológica en las comunidades de insectos (Zhao *et al.*, 2023). Comprender esta sucesión temporal y espacial es fundamental para desarrollar estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) basadas en la ecología, optimizando las intervenciones de control biológico aumentativo o por conservación. Una caracterización precisa permite determinar los momentos críticos para el monitoreo y la liberación de

enemigos naturales, reduciendo la dependencia de plaguicidas sintéticos que impactan negativamente la biodiversidad y la salud ambiental (Bale *et al.*, 2022).

El control biológico se presenta como una alternativa efectiva y ambientalmente sostenible frente al uso de insecticidas químicos en el cultivo de maíz (*Zea mays*) (Chirinos *et al.*, 2025). Este método ayuda a reducir la infestación de plagas a niveles que no afectan económicamente el cultivo, evitando la contaminación ambiental y el desarrollo de resistencia en plagas, su eficacia depende de factores como las condiciones climáticas, la etapa de desarrollo del cultivo y la interacción entre plagas y organismos benéficos (Flota *et al.*, 2024).

La investigación se orienta a evaluar la dinámica de la entomofauna asociada al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y su interdependencia con las estrategias de manejo fitosanitario (químico y biológico), considerando las fases fenológicas específicas del cultivo. El fundamento de su relevancia radica en la trascendencia del maíz como pilar agroalimentario y socioeconómico clave dentro de la estructura productiva de la provincia de Santa Elena.

## **Problema Científico**

¿Cómo se estructura la sucesión de la entomofauna en el agroecosistema de maíz a lo largo de las etapas de desarrollo fenológico, y que especies de enemigos naturales predominantes se podrían aprovechar para de control biológico?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Caracterizar la composición, abundancia y dinámica de sucesión de la entomofauna asociada al agroecosistema de maíz (*Zea mays* L.) en las diferentes etapas de desarrollo fenológico.

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar la presencia de las especies de insectos en cada etapa fenológica del cultivo de maíz.
2. Evaluar la proporción entre la entomofauna plaga y la entomofauna benéfica en los diferentes agroecosistemas del cultivo de maíz.
3. Identificar las especies de enemigos naturales con potencial de control biológico que se establecen o migran en las etapas de mayor vulnerabilidad del cultivo maíz.

## **Hipótesis**

La entomofauna del maíz varía de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, con presencia de fitófagos en etapa vegetativa, depredadores y parasitoides en etapa reproductiva, y saprófagos en etapa senescencia, además los enemigos naturales predominantes son *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* y parasitoides como *Trichogramma* y *Telenomus* siendo organismos representativos para estrategias de control biológico.

## **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 Maíz (*Zea mays* L.)**

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos básicos más importantes a nivel mundial y un componente fundamental de la seguridad alimentaria. Su producción es indispensable en numerosos países, tanto en economías avanzadas como en desarrollo, y su rendimiento depende de diversas condiciones agroecológicas. Sin embargo, una de las principales limitaciones de su producción es el daño causado por insectos plaga, que afectan significativamente la cantidad y calidad del grano, especialmente en etapas fenológicas críticas (INIAP, 2016).

### **1.2 Origen y Distribución**

Campuzano Franco (2018) menciona que *Zea mays* tiene origen mesoamericano y sus primeros asentamientos fueron en México aproximadamente 8000 A.C, debido a una diversidad genética se encontraron especies provenientes de los valles altos de Perú, Ecuador y Bolivia.

El maíz además de poseer una amplia distribución geográfica cuenta con una gran variedad genética la cual le permite adaptarse a las diferentes condiciones climáticas de cada región incluso puede llegar adaptarse en regiones centrales como Norteamérica, América central y América del sur (Caballero *et al.*, 2019).

### **1.3 Taxonomía del maíz (*Zea mays* L.)**

El maíz cultivado pertenece a la tribu Maydeae, Subfamilia Andropogoneae, familia Gramineae Y género *Zea*. Dicho género incluye formas cultivadas, todas ellas conocidas como maíz, y formas silvestres denominadas teosintes. Las primeras fueron desconocidas en Europa hasta su introducción por Colón, siendo descubiertas probablemente en la isla de Cuba. El conocimiento del teosinte llega a Europa mucho más tarde y es Schrader (1832) quien describe una forma anual del mismo, denominándola *Euchlaena perennis* Hitchcock. Gradualmente y a través de una serie de trabajos realizados por numerosos botánicos se establecieron puntos de unión entre el maíz y el teosinte obtienen ya una relación formal entre estas especies, incluyéndolas en el género *Zea* (Tabla 1) (Ruiz de Galarreta, 1993).

**Tabla 1** Clasificación taxonómica del maíz (Acosta, 2009).

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

#### 1.4 Descripción botánica y morfológica

Se menciona que hay ciertas variedades de maíz que miden de 0.4-0.6 m de altura y se las considera plantas enanas, también existen variedades que pueden llegar a medir hasta 8 m de altura, poseen un diámetro de aproximadamente 1.5-4.0 cm, el tallo está relleno de una pulpa que actúa como almacén para las reservas producidas fotosintéticamente en las hojas, en su totalidad el sistema radicular puede llegar a crecer hasta 2 m de profundidad dependiendo de las reservas de humedad de los suelos (Barcia Márquez *et al.*, 2019)

#### 1.5 Características botánicas del cultivo

##### 1.5.1 Raíces

La planta de maíz presenta dos tipos de raíces: fasciculadas y adventicias. Las raíces fasciculadas (en forma de cabellera), son robustas y tienen como función principal dotar a la planta de agua y nutrientes por medio del proceso de absorción, y a su vez brindar un perfecto anclaje y sostén, que se refuerza con la presencia de raíces adventicias, las cuales brotan del primer nudo de la planta, como una red espesa de raíces fibrosas (Batista Ramos y Ceballos Tamayo, 2022).

### **1.5.2 Tallo**

El tallo de la planta de maíz es cilíndrico, y se encuentra formado por nudos y entrenudos, cuyo número puede variar. Presenta una altura promedio de 2 metros aproximadamente, y está conformado por una epidermis impermeable y transparente, revertida de una cutícula que le brinda protección contra plagas y enfermedades; una pared, que está formada por el tejido de conducción y el tejido de protección; y una médula de tejido esponjoso, que reserva agua y sustancias nutritivas para periodos de sequía (Villacís Seme, 2021).

### **1.5.3 Hojas**

Las hojas de este cereal son largas, alternas, sésiles (carecen de pecíolo), paralelinervadas y lanceoladas. Están formada por la vaina y el limbo, en cuya unión encontramos la lígula y la aurícula. Se encuentran abrazadas al tallo, y presentan pubescencia en el haz, pero son glabras en su envés (Andy Huatatoca, 2020).

### **1.5.4 Inflorescencia**

El maíz se considera una planta monoica, por lo que presenta las inflorescencias masculinas y femeninas separadas, dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula o panoja (vulgarmente conocida como espiga) de coloración amarilla, de donde brotan florecillas con tres estambres, en donde se produce el polen. Su producción promedio de polen esta entre 20 a 25 millones de granos aproximadamente (Rochina Meza, 2020).

### **1.5.5 Granos**

Cada grano que se presenta en la mazorca es un fruto independiente llamado pericarpio, que está insertado en el olote. El grano se dispone en hileras longitudinales y hay varios cientos en una mazorca. La cantidad que produce cada mazorca es limitada por el número de granos por hilera (Silva, 2019).

## **1.6 Producción de maíz en Ecuador**

En Ecuador, este cultivo es fundamental para la seguridad alimentaria al constituir la base principal en la formulación de alimento balanceado (Zambrano *et al.*, 2021). Su

relevancia económica y nutricional lo consolida como un pilar estratégico dentro del sector agroindustrial del país. Las estadísticas de producción de maíz en Ecuador reflejan una actividad agrícola sustancial. Durante el año 2024, el país registró una superficie total cosechada que ascendió a 273.835 hectáreas. A partir de esta área cultivada, la producción nacional total de este cereal se ubicó en un volumen significativo de 1.1 millones de toneladas (INEC, 2025). Estos datos subrayan la magnitud del maíz dentro de la economía agrícola ecuatoriana.

**1.6.1 Producción de maíz en Santa Elena**

La provincia de Santa Elena se ha consolidado como una región clave en la producción de maíz a nivel nacional. Durante el año 2023, esta provincia alcanzó una cosecha estimada de 25 423 toneladas, obtenidas de una superficie cultivada de 5 463 hectáreas. Estos resultados posicionaron a Santa Elena en el quinto lugar de producción de maíz en Ecuador, demostrando una significativa capacidad productiva que impulsa el desarrollo agrícola y económico de la zona costera (Quintana, 2024).

**1.7 Fenología del cultivo**

La fenología del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se refiere a las distintas etapas de crecimiento y desarrollo que atraviesa la planta, desde la emergencia hasta la madurez. Estas etapas se agrupan en tres fases clave para la entomología: Fase I (Vegetativa Temprana: VE-V6), caracterizada por la emergencia y alta vulnerabilidad; Fase II (Vegetativa Avanzada y Floración: V7-R1), de máximo desarrollo foliar y reproductivo inicial; y Fase III (Llenado de Grano y Madurez: R2-R6), etapa final donde se consolida el rendimiento (Tabla 2).

**Tabla 2.** Fenología del cultivo de maíz (Colazo y Rivarola, 2015)

| ETAPA |    | CARACTERÍSTICA                                                                                                                                                   | DÍAS |
|-------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| V     | 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    |

| E        |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| G        | <b>V1</b> | Surge la primera hoja completamente y el collar de la hoja es visible.                                                                                                                                                                                         | <b>9</b>   |
| E        | <b>V2</b> | A surgido dos hojas totalmente con collares visibles.                                                                                                                                                                                                          | <b>12</b>  |
| T        | <b>V3</b> | 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.                                      | <b>30</b>  |
| A        | <b>Vn</b> | 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.                                                                    | <b>45</b>  |
| T        |           | Última rama de la panícula o panoja es visible.                                                                                                                                                                                                                |            |
| I        | <b>VT</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>55</b>  |
| V        |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| A        |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| Etapa    |           | Característica                                                                                                                                                                                                                                                 | Días       |
| <b>R</b> | <b>R0</b> | Antesis o floración masculina. Liberación de polen.                                                                                                                                                                                                            | <b>57</b>  |
| <b>E</b> | <b>R1</b> | Emisión de los estigmas. Fecundación.                                                                                                                                                                                                                          | <b>59</b>  |
| <b>P</b> | <b>R2</b> | Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.                                                                                                                                                                         | <b>71</b>  |
| <b>R</b> | <b>R3</b> | Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.                                                                                                                                                                                             | <b>80</b>  |
| <b>O</b> | <b>R4</b> | Etapa mazorca. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.                                                                                                                                       | <b>90</b>  |
| <b>D</b> | <b>R5</b> | 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. | <b>102</b> |
| <b>U</b> |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>C</b> |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>T</b> |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>I</b> |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>V</b> |           |                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| <b>A</b> | <b>R6</b> | Madurez fisiológica. Cosecha.                                                                                                                                                                                                                                  | <b>112</b> |

## 1.8 Requerimientos edafoclimáticos

### 1.8.1 Requerimientos de temperatura

El maíz suave se cultiva entre los 0 a 3100 msnm, en un clima templado frío y subcálido, requiere de una temperatura de 10 a 20 °C. Es importante que la temperatura óptima para la germinación de la semilla esté entre los 15 a 20 °C, el maíz requiere una

temperatura que debe estar entre 15 y 30 °C, además el maíz puede soportar temperaturas mínimas de 8 °C y máximas de 30 °C (Tarazona *et al.*, 2022)

La temperatura ideal para el desarrollo de la mazorca está entre los 20 a 32 °C, el maíz requiere de un porcentaje de humedad que está entre 80 – 90%, una pluviosidad que va desde los 700 a 1300mm, cada etapa fenológica tiene un requerimiento en particular (Tabla 3) (Ospina Noreña *et al.*, 2024)

**Tabla 3.** Requerimientos térmicos según el ciclo fenológico del maíz (Inpofos, 2018)

| Etapa fenológica | Temperatura en °C |        |        |
|------------------|-------------------|--------|--------|
|                  | MÍNIMO            | OPTIMO | MÁXIMO |
| Germinación      | 10                | 20-25  | 40     |
| Crecimiento      | 15                | 20-30  | 40     |
| Floración        | 20                | 21-30  | 30     |

### 1.8.2 Requerimientos hídricos

El factor más importante que limita el desarrollo y producción del maíz en las zonas tropicales es el agua. Si en los primeros 30 días después de haber sembrado existe estrés hídrico por deficiencia de agua se pueden ocasionar pérdidas considerables en el rendimiento del cultivo ya que se estaría reduciendo la densidad poblacional. Si el estrés hídrico se da en la etapa de floración se ve afectado directamente en el número de granos y tamaño del grano. A lo largo de las etapas fenológicas del cultivo se necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo (INIAP, 2018).

### 1.9 Biodiversidad e identificación de especies

La biodiversidad de la entomofauna asociada al cultivo de maíz se caracteriza por su amplitud y diversidad, abarcando tanto insectos benéficos como perjudiciales. Los insectos benéficos, entre los que destacan las abejas y las mariposas, desempeñan un papel significativo en el éxito del cultivo. Una polinización eficiente, mediada por estos organismos, optimiza la fecundación de las flores del maíz, lo que favorece la formación

adecuada de las mazorcas y, en consecuencia, mejora la calidad de la cosecha. Asimismo, esta interacción contribuye a reducir la incidencia de organismos nocivos (plagas) en el agroecosistema (González *et al.*, 2022)

No obstante, las especies perjudiciales, tales como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y los pulgones (*Rhopalosiphum maidis*), generan daños considerables en el cultivo de maíz, al comprometer el crecimiento y el desarrollo fisiológico de la planta. La habilidad para diferenciar entre especies benéficas y perjudiciales facilita la aplicación de estrategias de manejo selectivo y sostenible.

La identificación taxonómica precisa de las especies resulta esencial, dado que no todos los insectos asociados al maíz ejercen efectos negativos. Es imperativo reconocer la diversidad funcional de esta entomofauna, puesto que ciertos grupos desempeñan roles positivos en el equilibrio del agroecosistema (Livia, Sánchez y Cruces, 2020).

## **1.10 Interacción entre la entomofauna y el cultivo**

### **1.10.1 Descripción de insectos plagas en el cultivo de maíz**

- **Gusano cogollero** (*Spodoptera frugiperda*).

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se reconoce como una de las plagas más frecuentes en cultivos de granos. Su control resulta necesario al detectar poblaciones elevadas, ya que puede ocasionar la destrucción de más del 25 % del follaje. Esta especie figura entre las plagas de mayor relevancia en el maíz dentro de las regiones tropicales y subtropicales de América. En diversas entidades del país se han documentado pérdidas atribuibles a este insecto que oscilan entre el 13 % y el 60 %. Los daños más severos se registran en las zonas de temporal de regiones tropicales y subtropicales. Su distribución abarca de manera extensa todas las áreas productoras de maíz (Castro Mena, 2021).

- **Barrenador del tallo** (*Diatraea saccharalis*)

Se considera una plaga significativa en los cultivos agrícolas, ya que las larvas recién eclosionadas devoran el tejido foliar de las plantas en sus etapas iniciales de desarrollo. Cuando el cultivo alcanza un estado vegetativo más avanzado, estas larvas

se introducen en el interior de los tallos, lo que provoca el desprendimiento prematuro de las hojas o su secado anticipado, afectando gravemente la productividad de la planta (Moreira Cedeño, 2020).

- **Gusano alfilerillo** (*Diabrotica spp*)

Los daños ocasionados por esta plaga se distinguen claramente según la etapa del insecto: las larvas atacan las raíces y la zona basal de los tallos, mientras que los adultos consumen los bordes de las hojas y perforan las hojas más jóvenes. Estos adultos son escarabajos con élitros de tonalidad amarilla y manchas de color café oscuro (Martínez, 2022).

### 1.10.2 Etapas de los insectos plagas presentes en el cultivo

De acuerdo con la tabla 2, que describe las etapas fenológicas del cultivo de maíz, los insectos plaga que afectan tanto el cultivo convencional como el asociado pueden reducir significativamente el rendimiento de la producción, causando pérdidas considerables para los agricultores. La Tabla 4 detalla los insectos encontrados en las etapas vegetativa y reproductiva del cultivo.

**Tabla 4.** Principales insectos (plagas) (Martínez, 2022).

| Nombre científico            | Larvas                                                                              | Adultas                                                                             | Etapa de daño     |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <i>Spodoptera frugiperda</i> |  |  | Estado vegetativo |
| <i>Diatraea saccharalis</i>  |  |  | Estado vegetativo |

|                      |                                                                                   |                                     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Diabrotica sp</i> |  | Estado vegetativo y<br>reproductivo |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|

### 1.10.3 Descripción de insectos benéficos en el cultivo de maíz

- **Crisopas** (*Chrysopiadae*)

Becerra Juárez (2020) menciona que las crisopas son depredadores generales y se alimentan de una variedad de insectos, incluyendo orugas, pulgones y trips. Las larvas de crisopas son especialmente voraces y contribuyen significativamente al control biológico de plagas en el maíz.

- **Avispa** *Trichogramma*

Las especies pertenecientes al género *Trichogramma*, identificadas como parasitoides de *Spodoptera frugiperda*, se distinguen por tratarse de diminutos himenópteros con cuerpos que varían del tono amarillo-anaranjado al negro intenso y una longitud corporal aproximada de 0.5 mm. En ellas, las hembras exhiben antenas sencillas de contorno claviforme, mientras que los machos poseen antenas con ramificaciones plumosas. El valor de estos insectos radica en su capacidad para depositar sus huevos dentro de los de *S. frugiperda*, impidiendo así el desarrollo de esta plaga (Najera Ulloa, 2024).

- **Avispa** *Telenomus remus* Nixon

Pertenece a la familia Platygasteridae y actúa como un parasitoide microscópico de huevos, destacando por su rol en la regulación natural de lepidópteros perjudiciales, entre ellos *Spodoptera frugiperda*. Con un tamaño que oscila entre 0.5 y 1 mm, este insecto exhibe un cuerpo robusto de tonalidad negra lustrosa con destellos metálicos, antenas articuladas de once segmentos de forma claviforme en las hembras y más delgadas en los machos y alas transparentes con venas mínimas. Las hembras detectan las posturas de la plaga, introducen un único huevo en cada uno y finalizan su ciclo en 10 a 14 días a temperaturas ideales de 25-30 °C, dando lugar a adultos que eliminan el embrión del hospedador (Gonzalez-Cabrera *et al.*, 2025).

- **Avispa** *Tetrastichus howardi*

Es un endoparásitoide que vive en grupos en las pupas y forma parte de la familia Eulophidae (*Hymenoptera*). Está muy extendido en áreas tropicales y es conocido por su función esencial en el control biológico de lepidópteros plaga como *Chrysodeixis includens*, *Spodoptera frugiperda* y *Diatraea saccharalis*. Este pequeño insecto, que en su etapa adulta mide alrededor de 1-2 mm de largo, tiene un cuerpo metálico negro con alas hialinas y antenas geniculadas. Las hembras ponen varios huevos en las pupas jóvenes o prepupas del hospedador, completando su ciclo en 20-31 días a temperaturas óptimas de 25-30 °C, generando entre 50 y 100 descendientes por cada pupa parasitada (Oliveira, Diniz y Reigada, 2024).

- **Mariquitas** (*Coccinellidae*)

Las mariquitas son depredadores voraces de áfidos y otros insectos plaga. Su presencia ayuda a controlar las poblaciones de plagas que podrían dañar las hojas de maíz. Las larvas de mariquitas son particularmente eficientes en la depredación de áfidos (Ramírez López, 2022).

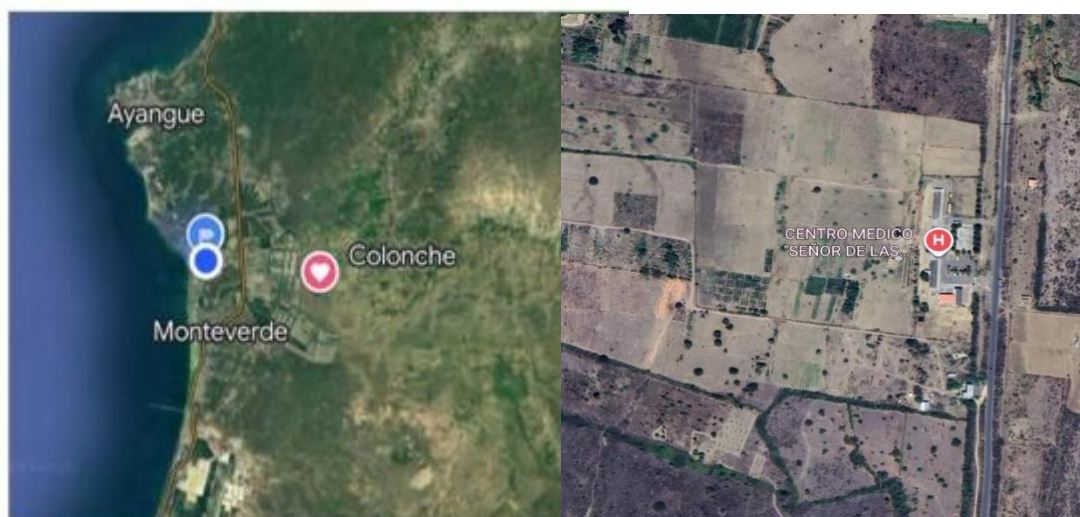
- **Arañas** (*Araneae*)

Estas arañas son cazadoras activas y se alimentan de una variedad de insectos. Su presencia en el maíz ayuda a controlar poblaciones de insectos plaga en la vegetación circundante (Castillo-Carrillo *et al.*, 2021).

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización del área

La presente investigación se realizó en el periodo comprendido de enero a mayo 2025, los experimentos de campo se realizaron en el Centro de Apoyo Colonche que pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), está ubicada a 21 msnm en las coordenadas UTM -2°02'22.91''LS y -80°36'45.05''LO, presenta precipitaciones de 125-250 mm/año, con una temperatura de 23 a 30°C y la humedad relativa oscila entre 70 - 85% (IGM, 2023)



**Figura 1.** Centro de Apoyo Colonche de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (Google Earth, 2024).

### 2.2 Materiales, equipos y reactivos

#### 2.2.1 *Material biológico*

- Maíz híbrido ADV9139
- Insectos benéficos

#### 2.2.2 *Material de campo para colecta de muestras*

- Tubo de ensayo
- Tijeras

- Etiquetas
- Algodón
- Cámara fotográfica

### **2.2.3 *Material de laboratorio***

- Placas de Petri
- Papel de filtro
- Alcohol
- Libreta y esferos

### **2.2.4 *Equipos de laboratorio***

- Estereoscopio
- Guías taxonómicas

### **2.2.5 *Agentes biológicos***

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

## **2.3 Tipo de investigación**

Esta investigación aplico un diseño no experimental de campo observacional, descriptivo y longitudinal. Se clasifica como no experimental debido se analiza la presencia de los entomófagos benéficos y plagas en cada uno de los métodos de control de plagas y no se realiza una interacción entre los método de control y gestión fitosanitaria; Agroecosistema de control SC sin control de plaga; CB control biológico y CC control convencional, por su dimensión temporal, como un estudio de corte longitudinal, dado que la recolección de datos sobre la sucesión temporal de artrópodos se realizó mediante muestreos periódicos a lo largo de las 13 semanas que comprenden las fases fenológicas del cultivo y se incorporó un

componente descriptivo esencial, enfocado en la caracterización taxonómica y funcional de la comunidad de artrópodos asociados al agroecosistema de maíz (Cebrián, 2009).

## 2.4 Metodología de muestreo

El diseño incluye un componente de corte longitudinal a través de muestreos periódicos, esenciales para capturar la dinámica de sucesión temporal de la entomofauna a lo largo de las fases fenológicas del cultivo (VE a R6). El muestreo se realizó una vez por semana. Se utilizaron métodos estandarizados para la cuantificación de artrópodos a través de la recolección directa/visual en 50 plantas por unidad experimental

**Tabla 5.** Agroecosistemas

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Agroecosistema SC</b> | Sin manejo control de plagas      |
| <b>Agroecosistema CB</b> | Manejo de plaga control biológico |
| <b>Agroecosistema CC</b> | Manejo de plaga control químico   |

### 2.4.1 Trabajo de campo y aplicación del manejo para control de plagas

**Agroecosistema (SC):** Sin manejo control para plagas

En este agroecosistema no fue aplicado ningún tipo de insecticida o principio activo, se la maneja solo con un riego constante.

**Agroecosistema (CB):** Manejo de plaga control biológico

**Agroecosistema (CC):** Manejo de plaga control químico

**Tabla 6.** 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 individuos x ha | Pupas o crisálidas                            |
| 10 d postsiembra                 | <i>Telenomus remus</i> 7 000 individuos x ha      | Huevos <i>Spodoptera frugiperda</i>           |
| 20 d postsiembra                 | <i>Chrysoperla carnea</i> 10 000 individuos x ha  | Control de huevos y larvas de cuerpos blandos |
| 30 d postsiembra                 | <i>Trichogramma</i> 100 individuos x ha           | Huevos del género <i>lepidoptera</i>          |
| 35 d postsiembra                 | <i>Chrysoperla carnea</i> 10 000 individuos x ha  | Control de huevos y larvas de cuerpos blandos |
| 45 d postsiembra                 | <i>Trichogramma</i> 100 individuos x ha           | Huevos del género <i>lepidoptera</i>          |
| 60 d postsiembra                 | <i>Tetrastichus howardi</i> 7 000 individuos x ha | Pupas o crisálidas                            |

**Tabla 7.** Calendario de aplicación de productos químicos.

| FRECUENCIA DE 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                 |

## 2.5 Manejo del experimento

Se aplicó el método de muestreo denominado cinco de oros, que consiste en definir cinco puntos de muestreo dentro de cada agroecosistema, uno en el centro y los cuatro restantes en los extremos, de forma que todas las unidades o elementos tengan la misma probabilidad de ser incluidos, de cada punto se tomará 10 plantas de forma aleatoria para un total de 50 plantas por muestreo en cada agroecosistema.

Se realizará la recolección entre 8:00 a 10:00 a.m. las cuales se realizarán con una frecuencia semanal, en cada muestreo se determinará la riqueza específica (S), para ello se contarán todas las especies presente, lo que permitirá disponer un inventario total de especies asociadas al cultivo en los agroecosistemas de estudio. Los insectos adultos serán colocados en tubos de ensayo con una solución de 70% de alcohol para posterior clasificación taxonómica en el Centro de Interpretación Entomológica, para su identificación, utilizando métodos convencionales de diagnóstico como observación directa, uso de estereoscopios, empleo de claves y descripciones de especies.



**Figura 2.** Exploración mediante el método cinco de oros

## **2.6 Parámetros evaluados en cada manejo de plagas en estudio**

### **2.6.1 *Numero de espécimen capturados***

Se realizo un conteo del total de insectos capturados por cada método de manejo de plagas y la colecta en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de maíz.

### **2.6.2 *Identificación de los principales insectos plaga e insectos benéficos en el cultivo***

Los insectos colectados fueron llevados al Centro de Interpretación Entomológica ubicada en la parroquia Colonche y con ayuda de un estereoscopio se procedió a la identificación se utilizaron claves taxonómicas para ordenes, género y especie. Para identificación de los insectos se siguieron las claves taxonómicas descritas por (Borror y White, 1970), (Alayo y Valdés, 1977) y (Páliz Sánchez y Mendoza Mora, 1999).

### 2.6.3 Variables de respuesta

- **Abundancia y composición:** Número total de individuos por especie y por categoría funcional (Plaga vs. Benéfico).
- **Dinámica poblacional:** Información de crecimiento y colapso poblacional de *S. frugiperda* y *Chrysopidae* por fase fenológica.
- **Equilibrio ecológico:** Cálculo de la proporción plaga:benéfico (P:B).

## 2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo en Excel y posteriormente organizadas y analizadas a través de una estadística descriptiva. El Análisis de datos de la entomofauna se basó en la cuantificación de individuos en información estructural y funcional de la comunidad biótica en cada uno de los agroecosistemas.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio comparativo de la entomofauna en el agroecosistema de *Zea mays* L. demostró que la estrategia de gestión fitosanitaria constituye el factor modulador primordial de la estructura de la comunidad biótica y, por ende, de la estabilidad y resiliencia ecológica del cultivo. Los resultados confirman una dinámica poblacional espaciotemporal bien definida a lo largo de la sucesión fenológica de las especies asociadas al maíz como se muestra en los siguientes resultados.

### 3.1 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, sin control de plagas

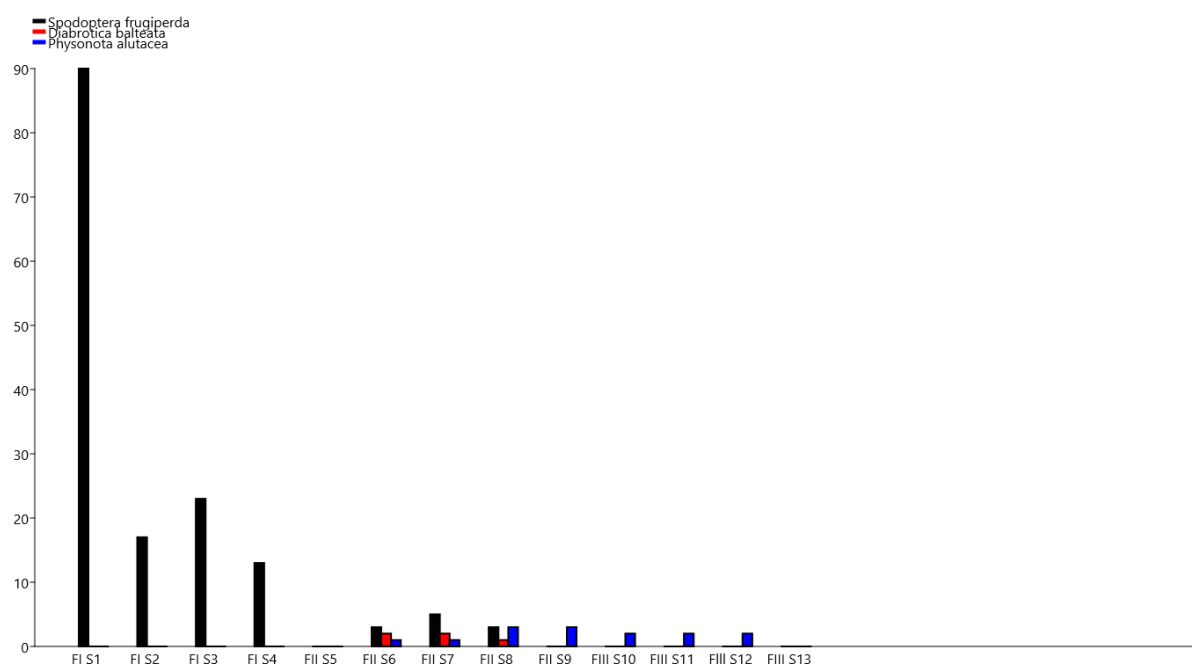
Los resultados alcanzados en la caracterización de la entomofauna asociada al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la parcela Testigo, la cual fue mantenida sin ningún tipo de intervención fitosanitaria, esta información es crucial para comprender la presión de

infestación natural y el patrón de respuesta de los enemigos naturales en ausencia de estresores químicos, permitiendo así valorar la verdadera eficacia biológica de los agroecosistemas de control biológico y químico en comparación con los mecanismos de autorregulación del ecosistema demostró un patrón de autorregulación que, si bien permitió un daño inicial significativo, culminó en la supresión natural de la plaga clave antes de la cosecha. La alta presión inicial fue ejercida por el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, que registró un pico dominante de 143 individuos en la Fase I (VE-V6). Esta concentración masiva de la plaga en las etapas vegetativas tempranas subraya la alta presión de infestación natural que caracteriza a este agroecosistema, independientemente de la estrategia de manejo. Esta fase inicial representa el período de máxima vulnerabilidad agronómica, donde el daño al meristemo apical de la plántula establece una cicatriz biológica que puede impactar irreversiblemente la producción final (Tabla 8).

**Tabla 8.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sin manejo de plagas.

| <b>Especie Plaga</b>         | <b>Fase I<br/>(VE - V6)</b> | <b>Fase II<br/>(V7 - R1)</b> | <b>Fase III<br/>(R2 - R6)</b> |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <i>Spodoptera frugiperda</i> | 143                         | 11                           | 0                             |
| <i>Physonota alutacea</i>    | 0                           | 8                            | 6                             |
| <i>Escarabajos Fitófagos</i> | 0                           | 5                            | 0                             |
| Otras Plagas                 | 4                           | 2                            | 0                             |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica



**Figura 3.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sin manejo de plagas.

La drástica disminución de la población de *S. frugiperda* a partir de la Fase II y su desaparición total en la Fase III no fue resultado de una intervención humana, sino de una combinación de factores de mortalidad natural. En primer lugar, la Resistencia Ontogénica del maíz contribuye significativamente, ya que la planta se vuelve estructural y bioquímicamente menos susceptible al daño de lepidópteros (ej. mayor lignificación y cambios en la composición de volátiles) a partir de la Fase V6-V7. En segundo lugar, el factor biológico ejerce una presión letal, el aumento de los enemigos naturales Crisopas, arañas registrado en la Fase II, ejerce una intensa depredación y parasitismo natural sobre los huevos y larvas pequeñas de *S. frugiperda*, logrando su eliminación poblacional. Esto ha permitido observar una dinámica poblacional que mostró una clara sucesión trófica a medida que el cultivo maduraba. Mientras *S. frugiperda*, la plaga de las etapas juveniles desaparecía, otros artrópodos fitófagos como el escarabajo *Physonota alutacea* aumentaron su población en la Fase III (R2-R6), esto indica que diferentes especies de plagas explotan diferentes nichos ecológicos según la fenología y biomasa del maíz, así como la presencia tardía de estos escarabajos fitófagos se asocia al consumo del follaje maduro y otras estructuras vegetativas en el final del ciclo, confirmando la complejidad de la comunidad entomológica y el continuo reajuste de las relaciones hospedero-plaga en un ecosistema no intervenido.

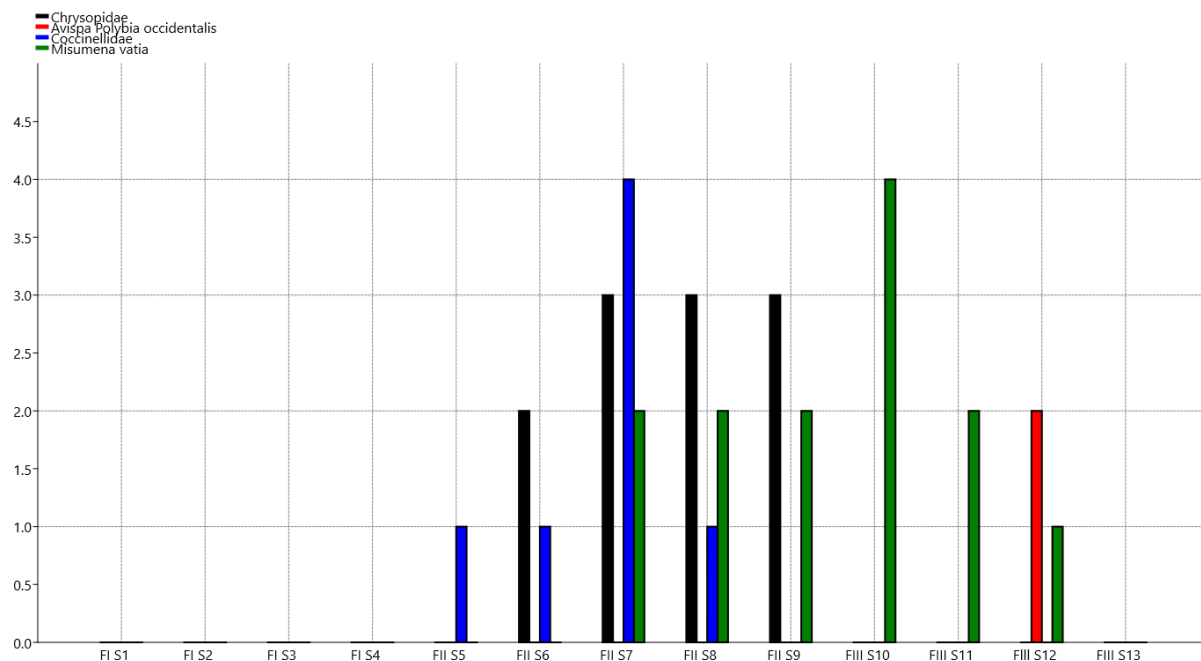
### 3.1.1 Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, sin control de plagas

Los resultados establecen la composición y abundancia de la entomofauna benéfica en la parcela testigo sin manejo químico ni biológico a través de sus fases fenológicas (VE-R6), donde se demuestran que, tras un desfase inicial, la fauna benéfica responde a la alta presión de plagas, logrando la autorregulación del cultivo, con la Crisopa y la araña como agentes clave, el análisis de la entomofauna benéfica demostró una respuesta numérica funcional, aunque inherentemente tardía, a la alta presión de plagas, lo cual es característico del control biológico natural en agroecosistemas, en la Fase I (VE-V6), se observa la presencia de enemigos naturales mínima con 5 individuos, principalmente hormigas (Tabla 9).

**Tabla 9.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sin manejo de plagas.

| Espece benéfica                    | Fase I<br>(VE - V6) | Fase II<br>(V7 - R1) | Fase III<br>(R2 - R6) |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Crisopa ( <i>Chrysopidae</i> )     | 0                   | 11                   | 0                     |
| Araña (varias especies)            | 0                   | 6                    | 7                     |
| Mariquita ( <i>Coccinellidae</i> ) | 0                   | 7                    | 0                     |
| Hormiga (varias especies)          | 5                   | 0                    | 0                     |
| Otros benéficos                    | 0                   | 3                    | 2                     |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica



**Figura 4.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sin manejo de plagas.

Esta ausencia de agentes de control en el momento de la máxima vulnerabilidad de la plántula impide una protección efectiva y permite que el daño inicial, denominado cicatriz biológica, se establezca en el cultivo, evidenciando que la comunidad biológica no está sincronizada con la llegada masiva de la primera generación de la plaga (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2003). La Fase II (V7-R1) marca el punto de inflexión biológico del sistema. En respuesta a la alta densidad de presas de la fase anterior, la población benéfica total se dispara a 27 individuos, multiplicándose por más de cinco respecto a la Fase I. Este aumento masivo constituye una respuesta numérica efectiva, liderada por la Crisopa 11 individuos y la mariquita (*Coccinellidae*) 7 individuos en la Fase III (R2-R6), la comunidad benéfica transiciona hacia un rol de estabilidad y resiliencia, aunque los depredadores de ciclo más corto (crisopas y mariquitas) pueden disminuir su abundancia tras el colapso de la presa principal, la araña (*Araneae*) mantiene una presencia continua y significativa de 7 individuos. Este grupo actúa como depredador de estabilidad que, al no depender de una sola especie, ejerce una presión basal constante que amortigua cualquier resurgimiento tardío de plagas (Orellana Valdivia *et al.*, 2025). La aparición marginal de la avispa (Parasitoide) en esta fase refuerza la evidencia de una red trófica funcional y resiliente capaz de manejar la plaga sin necesidad de insumos externos (Borbor Neira y Andrade Yucailla, 2025).

### 3.1.2 Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica sin control de plagas

Los resultados indican que, tras un desfase inicial, la fauna benéfica responde a la alta presión de plagas, logrando la autorregulación del cultivo, con la Crisopa y la araña como agentes clave, donde en la Fase I (VE-V6) el total de entomófagos plaga es 143 y benéficos 5 esto documenta una vulnerabilidad crítica con una proporción de 28.6 plagas por cada 1 benéfico (Tabla 10).

**Tabla 10.** Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sin manejo de plagas

| Tipo Funcional   | Fase I (VE - V6) | Fase II (V7 - R1) | Fase III (R2 - R6) |
|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Total, plagas    | 143              | 24                | 8                  |
| Total, benéficos | 5                | 27                | 9                  |
| Proporción P:B   | 28.6:1           | 1:1.1             | 1:1.1              |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica

La transición a la Fase II (V7-R1) es el punto de inflexión donde se demuestra la corrección biológica del desequilibrio, los resultados muestran una inversión significativa en la presencia de la población benéfica casi igualando a la de la plaga, alcanzando una proporción de 1 plagas por cada 1.1 benéfico.

Esta desproporción extrema no es más que el costo biológico que el cultivo debe absorber, conocido en ecología como la cicatriz de daño, generada por el desfase temporal entre la llegada y el establecimiento masivo de la plaga *S. frugiperda* y la respuesta lenta de los enemigos naturales, este desequilibrio inicial confirma que, sin intervención, el nivel de daño en la plántula es elevado, aunque proporciona la masa de presas necesaria para activar los mecanismos de control biológico (Rodríguez Sánchez *et al.*,2024).

### 3.2 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, manejo control biológico

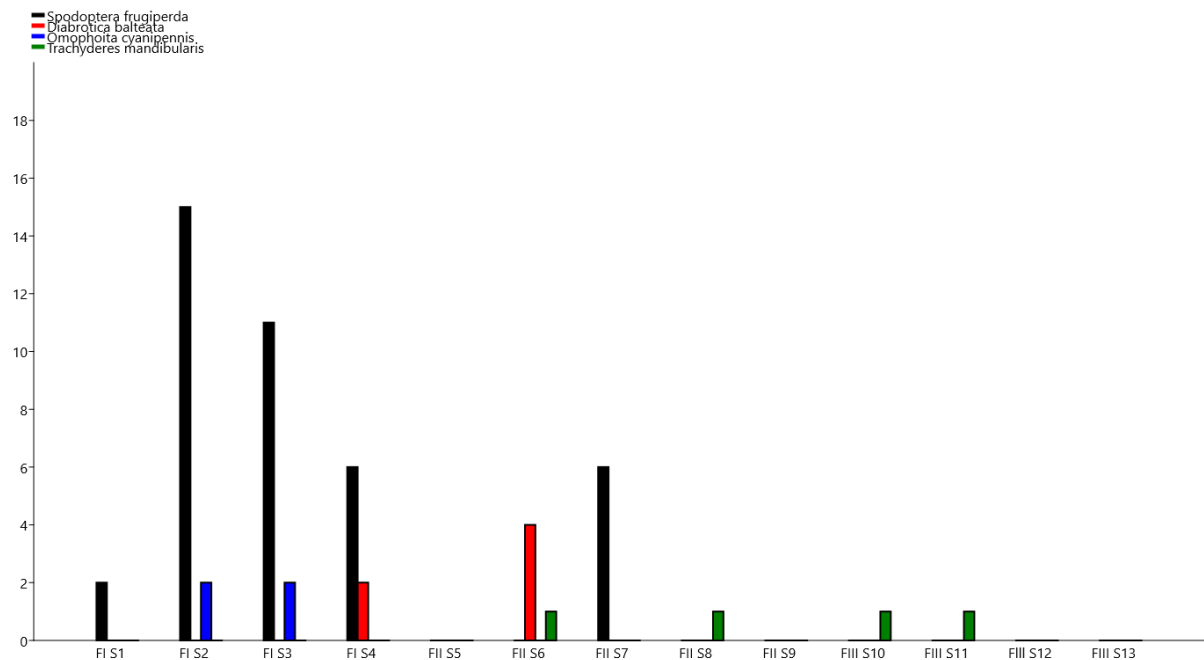
Durante la Fase I del cultivo (Semanas 1 a 4), caracterizada por la emergencia y el desarrollo de las primeras hojas, la entomofauna estuvo dominada por la presencia de insectos plaga, totalizando 45 individuos. La especie predominante fue el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, que registró 34 individuos en estas primeras cuatro semanas,

representando el 75.6% del total de plagas de la fase. En la Fase II (Semanas 5 a 9) representa el punto de inflexión en la dinámica poblacional, registrando solo 14 individuos y en la Fase III del ciclo (Semanas 10 a 14), la abundancia total de plagas se mantuvo en niveles bajos 8 individuos, con *S. frugiperda* ausente por completo (Tabla 11).

**Tabla 11.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control biológico.

| Especie plaga                   | Fase I    | Fase II   | Fase III  |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                 | (VE - V6) | (V7 - R1) | (R2 - R6) |
| <i>Spodoptera frugiperda</i>    | 34        | 6         | 0         |
| <i>Diabrotica balteata</i>      | 2         | 4         | 0         |
| <i>Omophoita cyanipennis</i>    | 4         | 0         | 0         |
| <i>Trachyderes mandibularis</i> | 0         | 2         | 2         |
| Otras plagas                    | 5         | 2         | 6         |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica



**Figura 5.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control biológico.

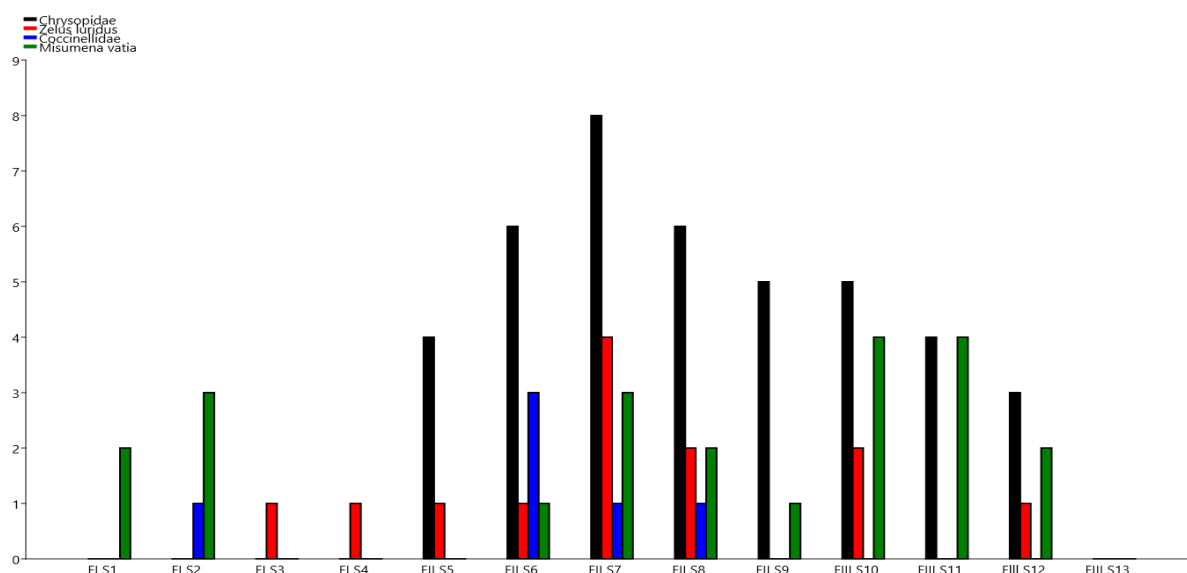
La alta abundancia de *S. frugiperda* en las etapas VE a V6 es un patrón consistente y

esperado en el agroecosistema de maíz, ya que las plántulas y los cogollos tiernos representan el recurso alimenticio óptimo en este periodo, esta fase fenológica constituye el punto de mayor vulnerabilidad del cultivo frente a la plaga principal (Terrones-Salgado, 2022). A medida que va desarrollándose el cultivo la supresión de *S. frugiperda* coincide temporalmente con el aumento rápido de las Crisopas, cuyas larvas son depredadores voraces de huevos y larvas pequeñas de lepidópteros, esto sugiere fuertemente que la respuesta numérica de los depredadores fue el principal factor de regulación de la plaga, cumpliendo la función esperada de la fauna benéfica en un agroecosistema manejado ecológicamente (Gamboa *et al.*, 2025). El establecimiento de altas poblaciones de depredadores generalistas (crisopas, arañas, calosoma) durante las etapas de mayor biomasa vegetal demuestra que el Control Biológico crea un ambiente propicio para el Control Biológico por Conservación, donde los agentes de biocontrol se mantienen y actúan de forma natural (Carpio *et al.*, 2025).

### ***3.2.1 Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, manejo control biológico***

La presencia de enemigos naturales demostró una tendencia de aumento y establecimiento después de la fase inicial de infestación, consolidándose como los agentes de regulación más abundantes en las fases posteriores. Los resultados alcanzados muestran el aumento de la entomofauna benéfica de la Fase I a la Fase II, dominado por las Crisopas (*Chrysopidae*), y la presencia constante de Arañas (*Araneae*), constituye la evidencia central del éxito del manejo del control biológico. En la Fase I (VE - V6) se observa una baja actividad de entomofauna benéficos (10 individuos) en las etapas vegetativas tempranas (semanas 1 a 4) así como en la Fase II (V7 - R1) se marca el punto de inflexión ecológico, destacando el rol de las Crisopas (*Chrysopidae*) con una población que pasa de cero a 29 individuos, convirtiéndose en el grupo benéfico dominante y finalmente en la entre la Fase I a Fase III el rol estabilizador de las arañas (*Araneae*) a diferencia de las Crisopas que tienen un pico definido, las arañas exhiben un incremento sostenido de 7 a 10 individuos a lo largo de las tres fases, en la Tabla 12 se demuestra que el Control Biológico presento una respuesta masiva y sincronizada de los depredadores.

**Tabla 12.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control biológico.



| Especie Benéfica                           | Fase I (VE - V6) | Fase II (V7 - R1) | Fase III (R2 - R6) |
|--------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Crisopa (Chrysopidae)</i>               | 0                | 29                | 12                 |
| <i>Araña (varias especies)</i>             | 5                | 7                 | 10                 |
| <i>Chinche depredadora (Zelus luridus)</i> | 2                | 8                 | 3                  |
| <i>Coccinellidae</i>                       | 1                | 5                 | 0                  |
| Otros benéficos                            | 3                | 3                 | 1                  |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica.

**Figura 6.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control biológico.

La baja actividad de entomofauna benéficos en las etapas vegetativas tempranas (semanas 1 a 4) es un fenómeno común en los agroecosistemas. Esto se debe a dos factores principales de baja Complejidad del Hábitat donde la plántula de maíz aún no ofrece la complejidad estructural (biomasa foliar densa) necesaria para el refugio y el establecimiento de muchos depredadores móviles (Vásconez *et al.*, 2021). Los enemigos naturales requieren tiempo para migrar, alimentarse y reproducirse en respuesta a la densidad de la plaga. La plaga clave, *Spodoptera frugiperda*, establece su pico poblacional inicial antes de que los depredadores puedan alcanzar una abundancia suficiente para ejercer una presión regulatoria efectiva (Muñoz *et al.*, 2017).

La persistencia de una alta población de enemigos naturales en la Fase III, a pesar de la disminución general de plagas y el inicio de la senescencia del cultivo, demuestra la consolidación de la red trófica (Vázquez, 2008). Este fenómeno es crucial, ya que un agroecosistema con un equilibrio tan marcado en favor de los benéficos no solo controla la plaga clave, sino que también previene la aparición de posibles plagas secundarias o tardías como *Monochamu scutellatus* o *Physonota alutacea*, presentes en esta fase (Ramon Mazzini et al., 2025).

### 3.2.2 Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica con aplicación de control biológico

El análisis de la dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico en las parcelas bajo control biológico reveló una sucesión temporal de especies directamente ligada a las etapas de desarrollo del maíz. Los resultados demuestran que, si bien la Fase I (Vegetativa Temprana) exhibió una alta presión de la plaga clave, *Spodoptera frugiperda*, las Fases II y III (Avanzadas y Reproductivas) experimentaron una inversión crítica del equilibrio ecológico. Esta inversión se logró gracias al incremento poblacional de la entomofauna benéfica, liderada por las Crisopas (*Chrysopidae*), lo que resultó en la eliminación total de la plaga durante la etapa de llenado de grano y confirmó la eficacia de la estrategia biológica el agroecosistema de control biológico mostró un total de 93 individuos benéficos frente a 67 plagas, resultando en una proporción de 1 Plaga: 1.38 Benéfico (Tabla 13).

**Tabla 13.** Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control biológico.

| Tipo funcional   | Fase I (VE - V6) | Fase II (V7 - R1) | Fase III (R2 - R6) |
|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Total, plagas    | 45               | 14                | 8                  |
| Total, benéficos | 11               | 52                | 30                 |
| Proporción P:B   | 4:1              | 1:3.71            | 1:3.75             |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica

Esta proporción, cercana a la paridad (1:1), es el indicador más consistente del éxito de la estrategia biológica. El manejo de control biológico no solo mantuvo las plagas bajo control, sino que promovió activamente el aumento y establecimiento de la fauna auxiliar (principalmente *Chrysopidae* y arañas). Este equilibrio demuestra la capacidad del

agroecosistema para autorregularse al mantener una reserva de enemigos naturales suficiente para ejercer una presión depredadora constante, resultando en un sistema ecológicamente estable y resiliente (Vera Avilés *et al.*, 2020).

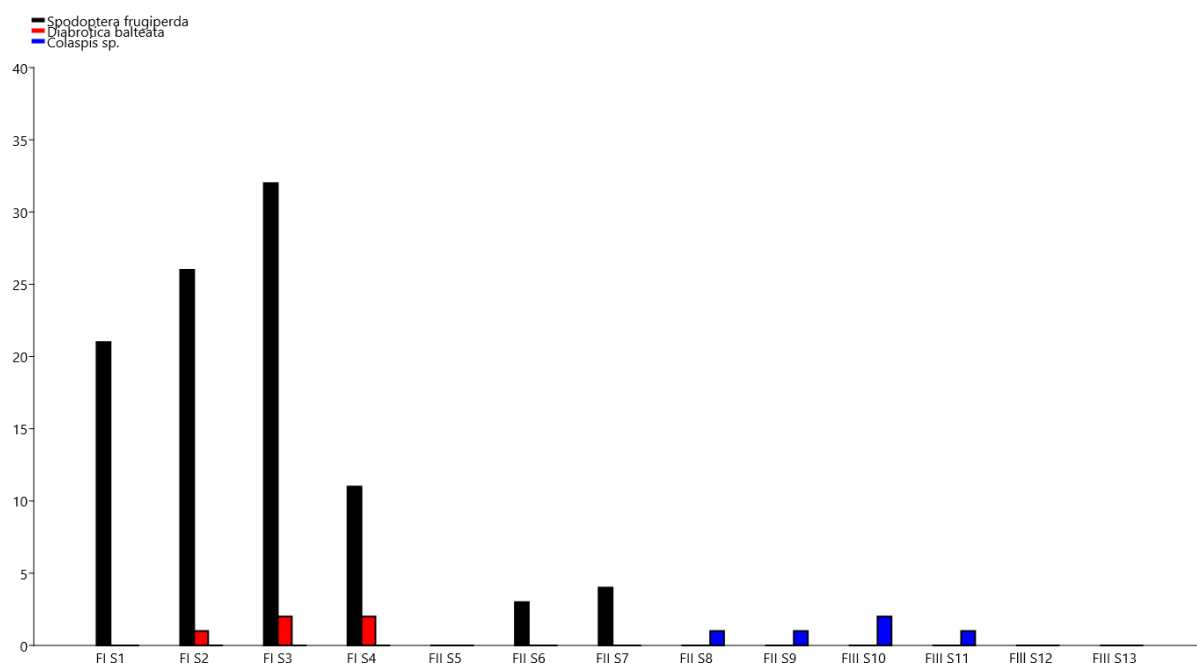
### 3.3 Dinámica de la entomofauna plaga por fase fenológica, manejo control químico

El análisis de la dinámica de la entomofauna plaga bajo el régimen de control químico evidenció un patrón poblacional distinto, marcado por la alta incidencia inicial de fitófagos y una ineficiencia de la estrategia para mantener las plagas en niveles bajos. Los resultados alcanzados en el agroecosistema de control químico revelaron un patrón de sucesión poblacional caracterizado por una alta fragilidad inicial del cultivo, seguida de una supresión rápida y eficaz de la plaga *Spodoptera frugiperda*, en concordancia con el mecanismo de acción de los plaguicidas sintéticos. Durante las etapas vegetativas tempranas (Fase I: VE-V6), la plántula de maíz experimentó la mayor presión de infestación por el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* con 90 individuos. Los resultados muestran que *Spodoptera frugiperda* (Gusano Cogollero), alcanzó niveles de infestación crítica en las fases vegetativas tempranas Fase I, a pesar de las intervenciones (Tabla 14).

**Tabla 14.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control químico.

| Especie plaga                | Fase I (VE - V6) | Fase II (V7 - R1) | Fase III (R2 - R6) |
|------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Spodoptera frugiperda</i> | 90               | 7                 | 0                  |
| <i>Diabrotica balteata</i>   | 5                | 0                 | 0                  |
| <i>Colaspis sp.</i>          | 0                | 2                 | 3                  |
| Otras plagas                 | 1                | 10                | 2                  |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica



**Figura 7.** Composición y abundancia de la entomofauna plaga por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control químico.

En esta Fase I se considera el período más crítico de vulnerabilidad fenológica, ya que el daño al meristemo apical (cogollo) resulta en la pérdida total de la planta o en una reducción drástica del rendimiento, a diferencia del daño foliar posterior. La concentración inicial de la plaga demanda una intervención inmediata, y es en este punto donde la estrategia química se justifica primariamente, buscando un efecto de derribo rápido para proteger la emergencia y el desarrollo inicial de la biomasa.

En la Fase II (V7-R1) se muestra una caída abrupta de las poblaciones de plagas y su posterior ausencia total en la Fase III (R2-R6) demuestran que el control químico, aplicado siguiendo los umbrales de acción, fue altamente efectivo en la eliminación de la *Spodoptera frugiperda*. La plaga desaparece precisamente cuando el cultivo alcanza el punto de espigamiento (VT) y la formación del grano (R2), etapas donde la presencia de *S. frugiperda* en la mazorca si llegara a migrar o en la estructura foliar podría impactar directamente la calidad y el rendimiento final del grano. La acción del insecticida logra detener el ciclo biológico de la plaga, eliminando las larvas y previniendo la migración y el daño en las estructuras reproductivas, asegurando así la integridad del rendimiento agronómico.

Estos resultados radican en la letalidad y la persistencia de los productos agroquímicos empleados si bien este resultado valida la eficacia agronómica inmediata del método químico para la protección del rendimiento en etapas críticas, es fundamental contrastarlo con las implicaciones a largo plazo (Carranza-Patiño *et al.*, 2023). La eliminación casi total de *Spodoptera frugiperda* se obtiene al costo de un desequilibrio ecológico elevada proporción Plaga:Benéfico, ya que los insecticidas de amplio espectro suelen impactar de forma no selectiva a la entomofauna benéfica depredadores y parasitoides, generando una dependencia del agroecosistema a la intervención química para futuros ciclos, por lo tanto, aunque la plaga desaparece, el ecosistema pierde su capacidad de autorregulación (Wang *et al.*, 2021).

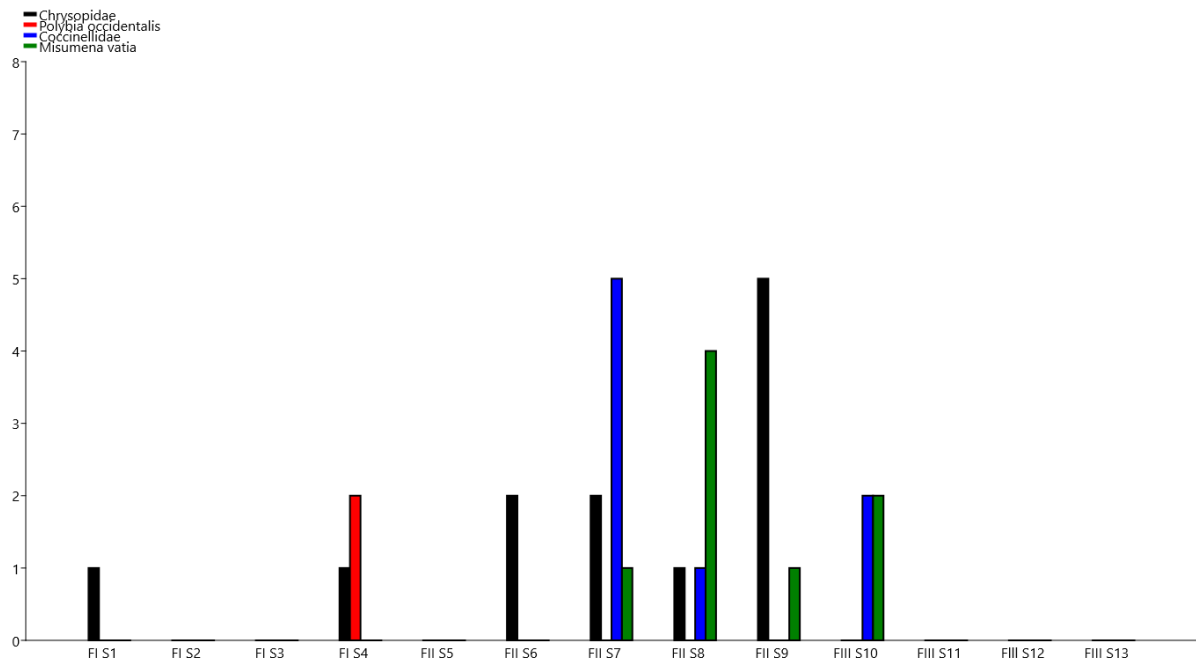
### 3.3.1 *Dinámica de la entomofauna benéfica por fase fenológica, manejo control químico*

El análisis de la dinámica de la entomofauna benéfica en la parcela de control químico es un indicador crítico del impacto no objetivo de los insecticidas. Los resultados muestran una ausencia casi total de la red trófica funcional, lo cual se evidencia en un número total de enemigos naturales de 4 individuos Fase I (VE - V6). Los grupos clave, como las Crisopas (*Chrysopidae*) y las arañas, registraron casi una ausencia y una presencia esporádica en todas las fases del estudio. Esta drástica supresión de la fauna auxiliar es la causa directa del colapso del control biológico natural, generando el peor desequilibrio ecológico y haciendo que el agroecosistema sea completamente dependiente de las aplicaciones químicas (Tabla 15).

**Tabla 15.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control químico.

| Espece benéfica                      | Fase I<br>(VE - V6) | Fase II<br>(V7 - R1) | Fase III<br>(R2 - R6) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>Crisopa (Chrysopidae)</i>         | 2                   | 10                   | 0                     |
| <i>Araña (varias especies)</i>       | 0                   | 6                    | 5                     |
| <i>Coccinellidae</i>                 | 0                   | 6                    | 2                     |
| <i>Avispa (Polybia Occidentalis)</i> | 2                   | 0                    | 0                     |
| Otros benéficos                      | 0                   | 4                    | 3                     |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica.



**Figura 8.** Composición y abundancia de la entomofauna benéfica por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control químico.

El análisis de la parcela bajo control químico confirma que la eficacia agronómica inmediata en la supresión de la plaga clave, *Spodoptera frugiperda*, se logró a expensas de un costo ecológico significativo, manifestado en un profundo desequilibrio del agroecosistema, la actividad benéfica fue mínima y funcionalmente ineficaz en todas las fases del cultivo, demostrando que el insecticida no es selectivo (Thompson, 2013), esto se evidencia de forma crítica en los parasitoides: la Avispa, registrada marginalmente en la Fase I (2 individuos, desapareció completamente en las fases posteriores. Esta extinción local temprana es un fuerte indicativo de la alta sensibilidad de los parasitoides a los ingredientes activos sintéticos, comprometiendo uno de los mecanismos de regulación natural más eficientes y específicos del ecosistema (Orellana Valdivia *et al.*, 2025). Los grupos depredadores generalistas también mostraron una supresión de su respuesta numérica a la alta presión de plagas. A pesar de la infestación de *S. frugiperda* en la Fase I (90 individuos) una fuente de alimento masiva, la población de Crisopas (*Chrysopidae*) fue insignificante al inicio (2 individuo) y solo alcanzó una presencia ligera en las Fases II y III (máximo 10

individuos). Este fracaso contrasta directamente con la respuesta explosiva observada en el manejo biológico e implica un efecto colateral negativo y persistente del químico sobre la viabilidad de los huevos, la supervivencia larval o la capacidad de colonización de los adultos. Las Arañas, aunque más resilientes, tuvieron un número absoluto muy bajo (8 individuos totales), siendo insuficientes para ejercer una presión regulatoria significativa. Esto indica la principal consecuencia de esta dinámica poblacional es el deterioro de la capacidad de autorregulación del agroecosistema. El agroecosistema creó un ambiente hostil que cortó la cadena trófica, eliminando la presión de depredación y parasitismo, esta eliminación de los enemigos naturales provoca un vacío ecológico que se traduce en dos riesgos agronómicos críticos: el aumento de la susceptibilidad a la resurgencia de plagas (al no haber presión natural que las contenga) y la dependencia química total del cultivo para mantener las poblaciones de insectos bajo el umbral de daño económico, elevando los costos y la sostenibilidad del sistema de producción (Vásquez, 2022).

### 3.3.2 *Dinámica de la entomofauna Plaga vs. Benéfico por fase fenológica con aplicación de control químico*

Los siguientes resultados demuestran los hallazgos entomológicos obtenidos en el estudio donde se aplicó un control químico (Agroecosistema CC), con el objetivo de evaluar el impacto de las aplicaciones sintéticas sobre la composición y la sucesión de la entomofauna asociada al cultivo de maíz y esta estrategia se orienta inicialmente a lograr una supresión rápida de la plaga clave *Spodoptera frugiperda*, este análisis se enfoca en determinar la variación de la población de insectos a través de las etapas fenológicas del maíz (VE a R6) Tabla 16.

**Tabla 16.** Entomofauna Plaga vs. Benéfico por fases fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo manejo de control químico.

| <b>Tipo funcional</b> | <b>Fase I<br/>(VE - V6)</b> | <b>Fase II<br/>(V7 - R1)</b> | <b>Fase III<br/>(R2 - R6)</b> |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Total, plagas         | 96                          | 22                           | 8                             |
| Total, benéficos      | 4                           | 21                           | 13                            |
| Proporción P:B        | 24:01                       | 1.05:1                       | 1:1.6                         |

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica.

Se puede observar que en la fase I existe un desequilibrio máximo con la relación que presenta de 24 plagas por cada benéfico, indicando la máxima vulnerabilidad y el desequilibrio inicial, en la fase II y III se muestra la línea de plagas colapsando, mientras que la línea de benéficos permanece en un nivel muy bajo. Aunque la proporción numérica mejora drásticamente 1:1.6 en fase III, esto se debe a la eliminación de los entomófagos por el químico, y no a la fuerza de la regulación biológica (Borbor Neira y Andrade Yucailla, 2025). El ecosistema pasa de una infestación severa a un estado de dependencia química con una comunidad benéfica secundario (Hernández-Trejo *et al.*, 2019).

### 3.4 Comparación del balance ecológico y la estructura de la entomofauna total entre los manejos de plagas (sin manejo, control biológico y control químico)

Los resultados se centran en la evaluación del equilibrio ecológico, utilizando como indicador clave la proporción entre insectos plaga y benéfico (P: B). Esta comparación de la estructura de la comunidad biótica determina cuál estrategia de gestión fitosanitaria es la más eficiente para la regulación poblacional sostenida y la resiliencia ecológica del cultivo, el análisis comparativo de la proporción Plaga: Benéfico (P:B) por agroecosistema es el indicador fundamental de la eficiencia ecológica de cada estrategia de gestión fitosanitaria implementada en el agroecosistema de *Zea mays* L., el agroecosistema sin control (SC) donde no se aplicó ningún manejo de plagas está dependiendo de un control biológico natural, donde presentó una marcada dominancia de fitófagos 111 plagas vs. 40 benéficos. La proporción de 2.78 plagas: 1 benéfico refleja un sistema en desequilibrio moderado. La presencia de 40 individuos benéficos confirma que el potencial biológico intrínseco del ecosistema está activo; sin embargo, esta relación demuestra que el control natural actúa con un desfase temporal, ya que la respuesta numérica de los depredadores ocurre tardíamente, permitiendo que la plaga principal (*Spodoptera frugiperda*) cause una alta infestación y daño significativo durante la vulnerable Fase I (vegetativa temprana) (Tabla 17).

**Tabla 17.** Balance ecológico y la estructura de la entomofauna total entre los manejos de plagas (sin manejo, control biológico y control químico).

| Agroecosistema | Abundancia | Total plagas | Total benéficos | Proporción Plaga : Benéfico | Equilibrio ecológico |
|----------------|------------|--------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
|----------------|------------|--------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|

|                        |     |     |    |          |                                                |
|------------------------|-----|-----|----|----------|------------------------------------------------|
| Sin control(SC)        | 154 | 111 | 40 | 2.78 : 1 | Desequilibrio con regulación natural retrasada |
| Control biológico (CB) | 156 | 71  | 76 | 1 : 1.07 | Equilibrio biológico                           |
| Control químico (CC)   | 140 | 113 | 19 | 5.95 : 1 | Profundo desequilibrio y dependencia           |

---

VE: Emergencia; V6: 6ta hoja desarrollada; V7: 7ma hoja desarrollada; R1: Emergencia de estigma; R2: Cuaje de ampolla; R6: Madurez fisiológica

El manejo de plagas con control biológico registró el mayor número total de artrópodos (147 individuos) y, crucialmente, fue el único agroecosistema que logró una paridad numérica funcional entre los fitófagos (71 individuos) y los entomófagos/depredadores (76 individuos). Esta proporción de 1 Plaga : 1.07 Benéfico indica el establecimiento de un equilibrio ecológico funcional y una elevada resiliencia sistémica. La fauna auxiliar, impulsada por las liberaciones aumentativas y la conservación principalmente de *Chrysopidae* y arañas, logró superar la densidad de la plaga clave y ejercer una regulación poblacional sostenida que mantuvo las poblaciones de fitófagos bajo el umbral de daño económico a lo largo de las fases reproductivas (Chirinos *et al.*, 2025). En el agroecosistema de manejo con aplicación de químicos y las aplicaciones de insecticidas, este agroecosistema mostró el mayor número total de fitófagos (113 individuos) y, de manera crítica, la menor abundancia de entomófagos (solo 19 individuos). La proporción resultante de 5.95 Plagas : 1 Benéfico evidencia un desequilibrio ecológico complejo de los tres manejos, con una dominancia de plagas que casi sextuplica a la fauna benéfica, lo que fundamenta el impacto no objetivo de los plaguicidas, que destruyeron la red trófica y anularon la capacidad de autorregulación del sistema, induciendo un agroecosistema inestable y completamente dependiente de la intervención química para la supresión de plagas.

### 3.5 Lista de insectos plagas y benéficos observados en los agroecosistemas en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.)

Durante el período de muestreo en los agroecosistemas de maíz se registró un total de 21 taxones de artrópodos asociados al cultivo, distribuidos en 9 órdenes principales: Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Diptera, Araneae, Phasmatodea y otros. De estos, 9 taxones fueron clasificados como plagas clave del maíz y 13 como entomófagos benéficos (depredadores, parasitoides y polinizadores/auxiliares).

La Tabla 18. presenta la lista completa de especies/morfospecies identificadas, su orden taxonómico y la abundancia total de individuos capturados en cada agroecosistema: SC (sin control de plagas), CB (control biológico), CC (control convencional químico).

**Tabla 18.** Lista de insectos plagas y benéficos observados en los agroecosistemas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

| <b>Especie</b>               | <b>Orden</b> | <b>SC</b> | <b>CB</b> | <b>CC</b> |
|------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Plagas</b>                |              |           |           |           |
| <i>Spodoptera frugiperda</i> | Lepidoptera  | 154       | 40        | 97        |
| <i>Diabrotica balteata</i>   | Coleoptera   | 5         | 6         | 5         |
| <i>Omophoita cyanipennis</i> | Coleoptera   | 0         | 4         | 0         |
| <i>Colaspis sp.</i>          | Coleoptera   | 3         | 3         | 5         |
| <i>Lema apicalis</i>         | Coleoptera   | 1         | 0         | 2         |
| <i>Stenodontes exsertus</i>  | Coleoptera   | 0         | 3         | 2         |
| <i>Ostrinia nubilalis</i>    | Lepidoptera  | 2         | 0         | 1         |
| <i>Nezara viridula</i>       | Hemiptera    | 0         | 2         | 0         |
| <i>Physonota alutacea</i>    | Coleoptera   | 14        | 2         | 0         |
| <b>Benéficos</b>             |              |           |           |           |
| <i>Chrysopidae</i>           | Chrysopidae  | 11        | 41        | 12        |
| <i>Misumena vatia</i>        | Araneae      | 13        | 22        | 8         |
| <i>Zelus luridus</i>         | Hemiptera    | 0         | 13        | 1         |
| <i>Polybia occidentalis</i>  | Hymenoptera  | 2         | 3         | 2         |
| <i>Coccinellidae</i>         | Coleoptera   | 7         | 6         | 8         |

|                                           |             |   |   |   |
|-------------------------------------------|-------------|---|---|---|
| <i>Ocypus olens</i>                       | Coleoptera  | 3 | 7 | 0 |
| <i>Calosoma alternans</i>                 | Coleoptera  | 1 | 2 | 0 |
| <i>Euthyrhynchus floridanu</i>            | Coleoptera  | 0 | 3 | 1 |
| <i>Anthocomus rufus</i>                   | Coleoptera  | 5 | 0 | 3 |
| <i>Stenolophus ochropezus</i>             | Coleoptera  | 0 | 0 | 3 |
| <b>Otros</b>                              |             |   |   |   |
| <i>Hormiga (Formicidae)</i>               | Hymenoptera | 5 | 7 | 0 |
| <i>Microchrysa polita (Mosca soldado)</i> | Diptera     | 2 | 2 | 0 |
| <i>Phasmatodea/Crenomorpha</i>            | Phasmatodea | 2 | 3 | 0 |

El total de individuos registrados fue de aproximadamente 549 (suma aproximada de las columnas). La plaga más abundante en todos los agroecosistemas fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), con 291 individuos en total, representando la mayor proporción de la entomofauna fitófaga. Su abundancia fue notablemente mayor en el Agroecosistema SC (154 individuos) en comparación con CB (40) y CC (97), lo que sugiere una mayor presión de esta plaga en ausencia de cualquier control.

Otras plagas relevantes fueron *Physonota alutacea* (principalmente en SC, 14 individuos) y *Diabrotica balteata* (distribuida de manera similar entre agroecosistemas).

En cuanto a los entomófagos benéficos, los más abundantes fueron las crisopas (Chrysopidae, 64 individuos totales), con mayor presencia en el agroecosistema de control biológico CB (41 individuos), seguido de CC (12) y SC (11). Las arañas (*Misumena vatia*) también mostraron alta abundancia (43 individuos totales), equilibrada entre SC y CB. Los coccinélidos (Coccinellidae) se mantuvieron estables entre agroecosistemas (alrededor de 7-8 individuos).

El agroecosistema CB (control biológico) presentó la mayor abundancia de benéficos en varios taxones (*Chrysopidae*, *Polybia occidentalis*, *Stenolophus ochropezus*), lo que indica un favorecimiento de los enemigos naturales. Por el contrario, el agroecosistema CC (control convencional) mostró una reducción notable en algunos depredadores (ausencia o baja presencia de *Ocypus olens*, *Calosoma alternans* y hormigas), probablemente debido al impacto negativo de los plaguicidas químicos.

El agroecosistema SC (sin control) registró la mayor abundancia de plagas, pero también una presencia razonable de benéficos, aunque menor que en CB en varios casos clave.

Estos resultados preliminares destacan que el control biológico (CB) promueve un mayor equilibrio ecológico al mantener poblaciones significativas de entomófagos, reduciendo la dominancia de plagas como *S. frugiperda* en comparación con el control convencional y la ausencia de manejo.

### 3.5.1 *Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*

Los 22 taxones identificados se distribuyeron en 8 órdenes taxonómicos principales. El orden más diverso fue Coleoptera, con 11 taxones registrados, seguido de Hemiptera (3 taxones), Hymenoptera y Lepidoptera (2 taxones cada uno). Los órdenes Phasmatodea, Chrysopidae (considerado aquí como Neuroptera), Araneae y Diptera presentaron solo 1 taxón cada uno.

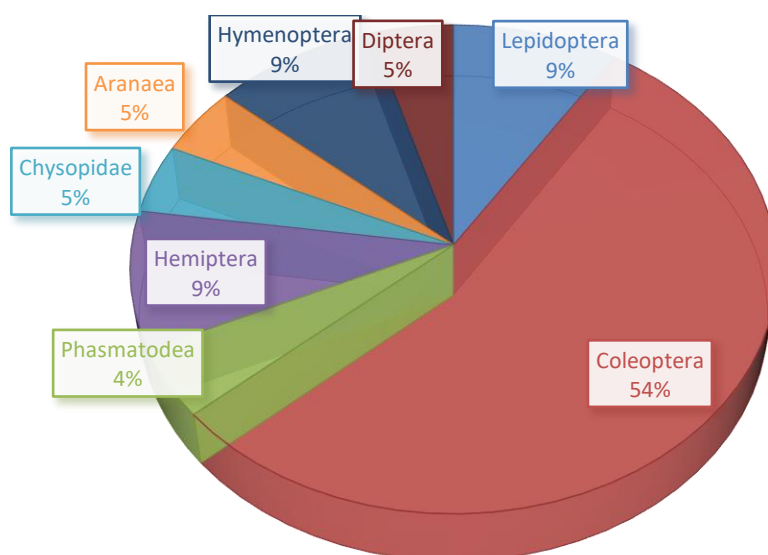
**Tabla 19.** Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos observados en los agroecosistemas de maíz (*Zea mays* L.).

| Espece       | Número    |
|--------------|-----------|
| Lepidoptera  | 2         |
| Coleoptera   | 11        |
| Phasmatodea  | 1         |
| Hemiptera    | 3         |
| Chysopidae*  | 1         |
| Aranaea      | 1         |
| Hymenoptera  | 2         |
| Diptera      | 1         |
| <b>Total</b> | <b>22</b> |

\*Nota: Chrysopidae corresponde a la familia de Neuroptera; se presenta por separado en la tabla original para resaltar su importancia como grupo benéfico.

Esta distribución refleja la predominancia de coleópteros tanto en grupos fitófagos (plagas como *Diabrotica balteata*, *Colaspis sp.*, *Physonota alutacea*, entre otros) como en depredadores benéficos (Coccinellidae, *Calosoma alternans*, *Stenolophus ochropezus*, etc.), lo que posiciona a Coleoptera como el orden más representativo en la entomofauna asociada al agroecosistema de maíz durante el ciclo de muestreo.

La alta diversidad en Coleoptera sugiere una amplia gama de nichos ecológicos ocupados por este grupo, desde defoliadores y consumidores de raíces hasta depredadores generales y especialistas, lo cual es consistente con estudios previos en cultivos de maíz en regiones tropicales y subtropicales.



**Figura 9.** Distribución por orden taxonómico de los insectos plaga y benéficos observados en los agroecosistemas de maíz (*Zea mays* L.).

### 3.5.2 Abundancia de individuos por orden taxonómico, grupo funcional y agroecosistema

La abundancia total de individuos registrados en los muestreos fue de 549 artrópodos. De estos, 351 correspondieron a plagas (principalmente Lepidoptera y Coleoptera), 177 a entomófagos benéficos y 21 a otros grupos (hormigas, moscas soldado y fásquidos).

| <b>Plaga</b>    | <b>SC</b> | <b>CB</b> | <b>CC</b> |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Lepidoptera     | 156       | 40        | 98        |
| Coleoptera      | 23        | 18        | 14        |
| Hemiptera       | 0         | 2         | 0         |
| <b>Benefico</b> |           |           |           |
| Chysopidae      | 11        | 41        | 12        |
| Aranaea         | 13        | 22        | 8         |
| Hemiptera       | 0         | 13        | 1         |
| Hymenoptera     | 2         | 3         | 2         |
| Coleoptera      | 16        | 18        | 15        |
| <b>otros</b>    |           |           |           |
| Hymenoptera     | 5         | 7         | 0         |
| Diptera         | 2         | 2         | 0         |
| Phasmatodea     | 2         | 3         | 0         |

- **Plagas:** La mayor abundancia se concentró en el orden Lepidoptera (294 individuos, casi exclusivamente *Spodoptera frugiperda*), representando el 59.8% del total de artrópodos capturados. Este grupo mostró la mayor cantidad de individuos en el agroecosistema SC (179 plagas), seguido de CC (112) y CB (60). El control biológico (CB) fue el agroecosistema que registró la menor abundancia de plagas, con una reducción notable (66% menos que SC).

- **Benéficos:** Los entomófagos benéficos alcanzaron 177 individuos. El agroecosistema CB presentó la mayor abundancia de benéficos (97 individuos), especialmente en Chrysopidae (41) y Araneae (22), lo que representa un incremento del 77% respecto al agroecosistema CC (38 benéficos) y del 35% respecto a SC (42 benéficos). El control convencional (CC) mostró la menor presencia de enemigos naturales, particularmente en Araneae, Hemiptera depredadores y algunos Coleoptera benéficos.

- **Otros:** Los grupos neutros o auxiliares (principalmente hormigas) fueron más abundantes en CB y SC, y prácticamente ausentes en CC, lo que refuerza el impacto negativo de los plaguicidas químicos sobre la entomofauna no objetivo.

### 3.5.3 *Diversidad de la entomofauna en los diferentes agroecosistemas de maíz*

Se calcularon diversos índices de diversidad alfa para caracterizar la comunidad de artrópodos en cada agroecosistema: SC (sin control de plagas), CB (control biológico) y CC (control convencional químico). Los resultados se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 20.** Índices de diversidad alfa de la entomofauna asociada al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en los tres agroecosistemas evaluados.

| Índices de diversidad<br>alfa | Agroecosistemas |        |        |
|-------------------------------|-----------------|--------|--------|
|                               | SC              | CB     | CC     |
| Taxa_S                        | 16              | 18     | 14     |
| Individuals                   | 230             | 169    | 150    |
| Dominance_D                   | 0,4605          | 0,1464 | 0,434  |
| Simpson_1-D                   | 0,5395          | 0,8536 | 0,566  |
| Shannon_H                     | 1,428           | 2,305  | 1,453  |
| Evenness_e^H/S                | 0,2607          | 0,5567 | 0,3053 |
| Brillouin                     | 1,325           | 2,136  | 1,324  |
| Menhinick                     | 1,055           | 1,385  | 1,143  |
| Margalef                      | 2,758           | 3,314  | 2,594  |
| Equitability_J                | 0,5151          | 0,7973 | 0,5505 |
| Fisher_alpha                  | 3,911           | 5,098  | 3,777  |
| Berger-Parker                 | 0,6696          | 0,2426 | 0,6467 |
| Chao-1                        | 16,2            | 18     | 14,75  |

### Interpretación de los índices de diversidad

- **Riqueza de especies (Taxa S y Chao-1):** El agroecosistema CB presentó la mayor riqueza de especies (18 taxones), seguido por SC (16) y CC (14). El estimador Chao-1 confirmó esta tendencia, indicando que el control biológico favorece una mayor acumulación de taxones en la comunidad.
- **Abundancia total:** SC registró la mayor cantidad de individuos (230), principalmente debido al alto número de plagas (especialmente *Spodoptera frugiperda*). CB y CC mostraron menor abundancia (169 y 150, respectivamente), reflejando una reducción en las poblaciones de plagas.
- **Diversidad propiamente dicha (Shannon\_H y Simpson\_1-D):** El índice de Shannon fue significativamente mayor en CB ( $H' = 2,305$ ), indicando una comunidad más diversa. De manera similar, el índice de Simpson (1-D) alcanzó su valor máximo en CB (0,8536), lo que refleja una menor dominancia de especies individuales. En contraste, SC y CC presentaron valores más bajos (Shannon  $\approx 1,44$ ; Simpson  $\approx 0,55$ ), evidenciando comunidades menos diversas.
- **Equidad y uniformidad (Evenness, Equitability\_J):** La mayor equidad se observó en CB ( $e^{H/S} = 0,5567$ ;  $J = 0,7973$ ), lo que significa que los individuos se distribuyeron de manera más uniforme entre las especies. En SC y CC, la equidad fue menor ( $\approx 0,26-0,30$  y  $\approx 0,51-0,55$ , respectivamente), debido a la fuerte dominancia de *S. frugiperda*.
- **Dominancia (Dominance\_D y Berger-Parker):** Los valores más altos de dominancia se registraron en SC (0,4605) y CC (0,434), con Berger-Parker superior a 0,64 en ambos, confirmando el dominio de una sola especie plaga. En CB, la dominancia fue notablemente menor (0,1464 y 0,2426), gracias a la mayor presencia y acción de entomófagos benéficos que regulan las poblaciones de plagas (Tuomisto, H. 2010).

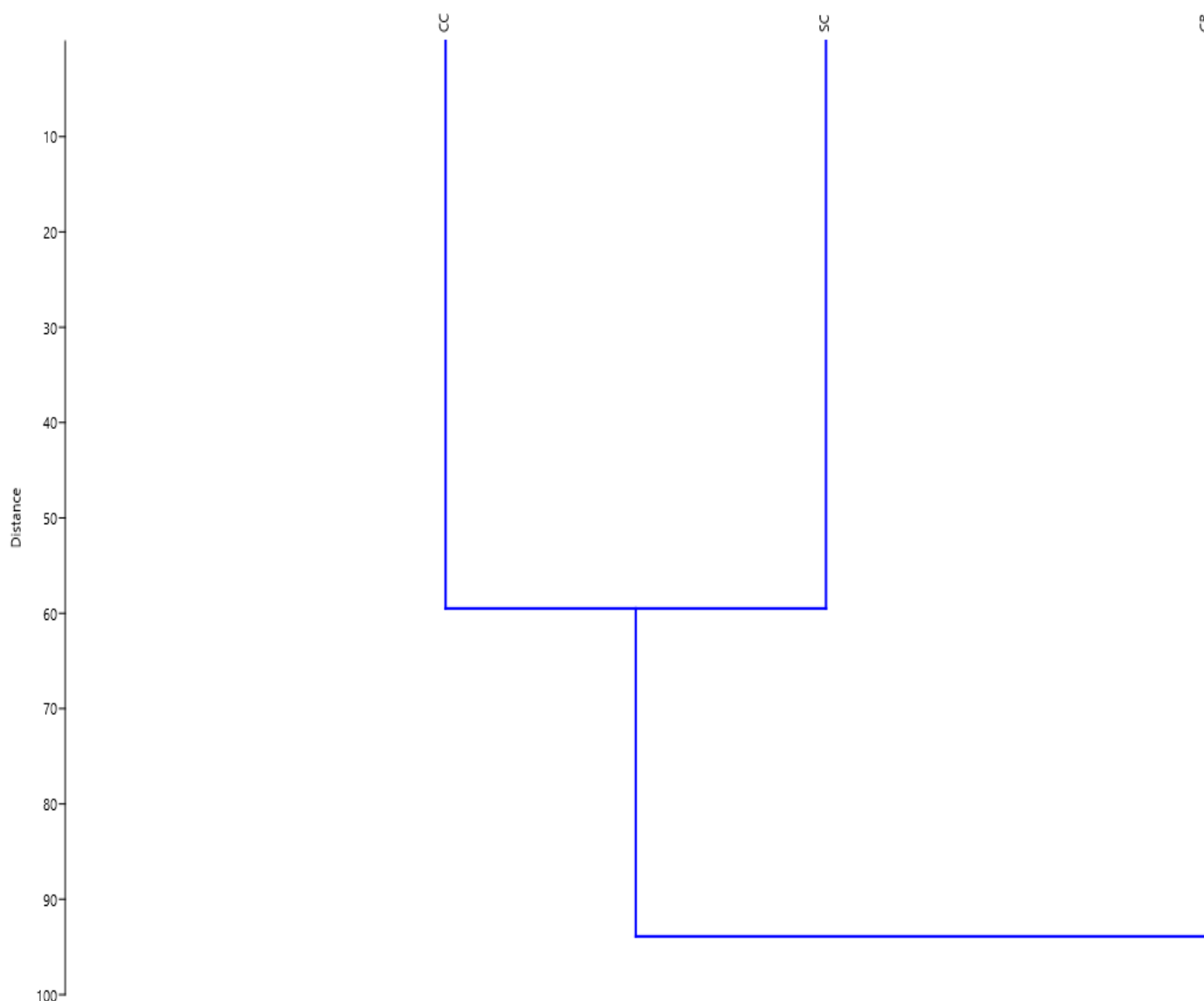
#### 3.5.4 Diversidad beta entre los agroecosistemas

Para evaluar las diferencias en la composición de la entomofauna entre los agroecosistemas se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico (método UPGMA)

basado en la matriz de distancias de Bray-Curtis (calculada a partir de las abundancias de los taxones). Los resultados se presentan en la **Figura 3.1**, que muestra el dendrograma de similitud entre los tres agroecosistemas: S

SC (sin control de plagas), CB (control biológico) y CC (control convencional químico).

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|



**Figura 10.** Dendrograma de agrupamiento jerárquico (UPGMA) basado en distancias de Bray-Curtis, que representa la diversidad beta de la entomofauna entre los agroecosistemas de maíz evaluados.

El dendrograma revela una clara diferenciación entre los agroecosistemas:

- Los agroecosistemas SC (sin control) y CC (control convencional químico) presentan la mayor similitud en la composición y abundancia relativa de artrópodos (distancia Bray-Curtis  $\approx 60$ ), agrupándose en un mismo clúster. Esta similitud indica que ambos agroecosistemas comparten una estructura comunitaria

comparable, caracterizada por una alta dominancia de plagas (principalmente *Spodoptera frugiperda*) y una menor presencia de entomófagos benéficos.

- El agroecosistema CB (control biológico) se separa marcadamente de los anteriores, uniéndose al clúster SC-CC a una distancia mucho mayor ( $\approx 95$ ). Esta mayor disimilitud refleja cambios significativos en la entomofauna: mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales (Chrysopidae, Araneae, Hemiptera depredadores, etc.), menor proporción de la plaga dominante y una distribución más equilibrada de los taxones segun Whittaker, R. J. *et al.* (2001).

Estos resultados confirman que las prácticas de control biológico generan una comunidad de artrópodos estructuralmente distinta, con mayor reemplazo de especies y una composición más funcional desde el punto de vista del control natural de plagas. En contraste, el control químico convencional mantiene una comunidad similar a la del agroecosistema sin intervención, probablemente debido al impacto negativo de los plaguicidas sobre los entomófagos benéficos, sin lograr una reducción sustancial en la dominancia de las plagas clave.

La alta diversidad beta entre CB y los otros agroecosistemas (SC y CC) subraya el efecto positivo del manejo biológico en la diferenciación ecológica del agroecosistema, promoviendo una entomofauna más diversa y equilibrada en el cultivo de maíz.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *Conclusiones*

- La dinámica de la entomofauna asociada al cultivo de maíz presenta una clara sucesión temporal, definida por las fases fenológicas. La Fase I, vegetativa temprana (VE-V6) se caracterizó por la dominancia de la plaga clave, *Spodoptera frugiperda*, registrando su pico de abundancia y marcando el punto de mayor vulnerabilidad del cultivo, con mínima presencia de enemigos naturales, a diferencia, las Fases II y III avanzadas y reproductivas, (V7-R6) vieron un incremento en la población benéfica, liderada por las Crisopas (*Chrysopidae*).
- El agroecosistema del control biológico fue el manejo más eficiente, logrando un equilibrio de 1 plaga: 1.07 benéfico, minimizando a *Spodoptera frugiperda*. El agroecosistema sin manejo de plagas mostró un desequilibrio (2.78:1) por respuesta natural tardía. El agroecosistema convencional (control de plagas con químico) generó el desequilibrio más desfavorable (5.95:1) debido al rígido impacto de los insecticidas en los enemigos naturales, creando dependencia química.
- En el agroecosistema del control biológico las Crisopas (*Chrysopidae*) se consolidaron como el microorganismo más abundante y de respuesta rápida, registrando un aumento inmediato en la Fase II que suprimió la *Spodoptera frugiperda*, así como las arañas actuaron como depredadores generalistas de estabilidad, con presencia constante. Esta red trófica incluyendo chinches depredadoras y escarabajos valida al control biológico como la estrategia más sostenible, donde los resultados confirman que representa una alternativa más efectiva, sostenible y ecológicamente equilibrada que el control químico, al reducir las poblaciones de plagas sin alterar negativamente el ambiente ni la dinámica natural de la entomofauna.

## **Recomendaciones**

- Priorizar el uso del control biológico como estrategia principal en el manejo de plagas del maíz, por su capacidad de conservar la biodiversidad funcional y favorecer la sostenibilidad ambiental, sustituyendo los insecticidas y establecer liberación estratégica temprana de agentes como Crisopas (*Chrysopidae*) o Trichogramma, sincronizada con la Fase I (VE-V6) del maíz, para mitigar la presión de *Spodoptera frugiperda*. Esto debe complementarse con la conservación de depredadores como las arañas en Fases II y III, evitando pesticidas.
- Implementar programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) como estrategia de gestión fitosanitaria principal y sostenible. Este programa debe articularse en torno a la integración de tácticas de control biológico, etológicas y culturales, y debe operar bajo los siguientes principios técnicos como el monitoreo y diagnóstico fitosanitario periódico, acción prioritaria de control biológico, uso racional y selectivo de plaguicidas.
- Fomentar la investigación agronómica complementaria orientada a la evaluación holística de la viabilidad del control biológico (CB) como estrategia de gestión fitosanitaria a largo plazo. El análisis debe enfocarse en determinar la relación costo-beneficio del CB frente al manejo químico convencional, integrando variables críticas como la eficiencia económica, el impacto diferencial en la producción y la estabilidad del agroecosistema bajo diversas condiciones agroecológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A., Ullah, F., Hafeez, M., Han, X., Dara, M. Z. N., Gul, H., & Zhao, C. R. (2022). Control biológico del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomía*, 12(11), 2704.
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales*, 30(2).
- Alayo, P., & Valdés, E. (1977). Introducción al estudio de los lepidópteros de Cuba, Sección Macrolepidoptera. Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba.
- Antonietta, M. (2012). Impacto de la senescencia foliar sobre la producción de fotoasimilados y el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de estrés abiótico [Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata].
- Barcia Márquez, K. E., & Triviño Parrales, E. J. (2019). Incidencia y severidad de *Spodoptera frugiperda* e identificación de enemigos naturales en el cultivo de maíz (*Zea mays*), Pichincha-Junín.
- Batista Ramos, M. I., & Ceballos Tamayo, A. (2022). Evaluación de la incidencia y daño causado por la mosca de los estigmas *Euxesta* spp (Díptera: *Otitidae-Ulidiidae*), en cultivares comerciales de maíz.
- Becerra Juárez, K. A. (2020). Evaluación de los estadios larvarios del controlador biológico crisopas (*Chrysoperla carnea*) en el control de pulgón (*Aphis gossypii*) a nivel de laboratorio–INIA Chiclayo . INIA Chiclayo.
- Borbor Neira, A. F., & Andrade Yucailla, V. C. (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.
- Borror, D. J., & White, R. E. (1970). *A field guide to insects: America north of Mexico*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Caballero-García, M., Córdova-Téllez, L., & Agustín de J., L. (2019). Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México.
- Campuzano Franco, J. G. (2018). Comportamiento del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo tres fechas de siembra, en Jipijapa-Manabí [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1016>
- Carpio Intriago, B., Valladolid Ontaneda, J., Fuentes Sandoval, F., & Andrade Yucailla, V. (2025). Identificación de insectos entomófagos en cultivos de maíz en la provincia de Santa Elena, Ecuador. *DATEH (Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista)*, 7(1), 1–10.
- Carranza-Patiño, M., Contreras-Mora, M., Macias-Leon, M., Pincay-Pin, P., & Rendón-Margallón, E. (2023). Uso de los pesticidas y su efecto en el cultivo de *Zea mays*: Una revisión de la literatura. *Código Revista de Investigación*, 4.
- Castillo-Carrillo, P. S., Calle-Ulfe, P. G., & Silva-Alvarez, J. C. (2021). Especies de arañas como agentes de control biológico natural de la “cigarrita marrón” (*Tagosodes*

- orizicolus* Muir) en el cultivo de arroz en el valle de Tumbes. *Manglar*, 18(2), 157-168.
- Castro Mena, Y. A. (2021). Dinámica poblacional de los principales insectos plagas asociados al maíz con relación a las fases fenológicas del cultivo.
- Caviedes, M., Carvajal-Larenas, F. E., & Zambrano, J. L. (2020). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, especial.  
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1>
- Cebrián, L. F. (2009). Análisis estadístico descriptivo. Universidad Inca Garcilaso de la Vega Facultad de Ciencias de la Comunicación Turismo y Hotelería.
- Cevallos Cevallos, D., Santana Cedeño, J., & Chirinos, D. T. (2021). Predators and the management of some agricultural pests in Ecuador. *Manglar*, 18(1), 51–59.  
<https://doi.org/10.17268/manglar.2021.007>
- Chirinos, D. T., Sánchez-Mora, F., Zambrano, F., Castro-Olaya, J., Vasconez, G., Cedeño, G., Pin, K., Zambrano, J., Suarez-Navarrete, V., Proaño, V., Mera-Macias, J., & Vasquez, C. (2024). Entomofauna Associated with Corn Cultivation and Damage Caused by Some Pests According to the Planting Season on the Ecuadorian Coast. *Agronomy*, 14(4), 748. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040748>
- Colazo, Juan Cruz, y Ricardo Rivarola.(2015). «PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS.» La publicación que se presenta titulado El cultivo de maíz en la provincia de San Luis es un actualizado trabajo de información para la toma de decisiones relacionado con el cultivo. El índice nos señala un recorrido de datos, información y resultados de ensayos demostrativos localizados realizado por un grupo interdisciplinario público-privado., 1.
- Flores Vilchez, 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 [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad San Ignacio de Loyola].
- Flota, D. L. M. (2024). Insectos parasitoides asociados al agroecosistema de maíz criollo en Yucatán. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28(Especial), 14–15.  
<https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.15>
- Gamboa, S., Souza, B., & Morales, R. (2016). Actividad depredadora de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) en cultivo de Rosa sp. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 54–58. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882016000100010&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882016000100010&lng=en&tlng=es)
- Gonzalez-Cabrera, J. (2025). Biological and population parameters of *Telenomus remus* and *Trichogramma atopovirilia* as biological control agents for *Spodoptera frugiperda*. *Crop Protection*, 188, 106995.
- González, M. T. G.(2022). Biodiversidad de insectos en sistemas de policultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas*, 31(3), 2400-2400. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2400>
- Guale Malavé, F. L. (2021). Identificación de parásitos gastrointestinales en venados de cola blanca *Odocoileus virginianus* en bosque desiduos de tierras bajas de

- Colonche-Santa Elena [Trabajo de Titulación de Grado Ingeniero Agropecuario]. [Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador].
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, 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>
- Huatatoca, L. S. A. (2020). Elaboración del Papel Artesanal a Base de los Residuos Vegetales de los Tallos de Maíz (*Zea Mays* L) y Cáscaras de Platano (*Musa Paradisiaca* L) Utilizando los Métodos Químicos de Jayme-Wise, Kurshner Y Hoffner [Trabajo de Titulación de Grado Ingeniero Agroindustrial]. [Universidad Nacional de Chimborazo].
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2025, abril). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC): Boletín técnico. Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, Unidad de Gestión de Estadísticas Agropecuarias. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2016). GUIA-MAIZ.pdf. [https://drive.google.com/file/d/1-MARaLxQMNEh0HEfZEY2Pcrj5BHwwb8t/view?usp=sharing&usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1-MARaLxQMNEh0HEfZEY2Pcrj5BHwwb8t/view?usp=sharing&usp=embed_facebook)
- Livia, C., Sánchez, G., & Cruces, L. (2020). Diversidad de insectos del suelo asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en La Molina/Lima/Perú. *Ecología Aplicada*, 19(2), 57–64.
- López, J. J. (2022). Insecticide activity of botanical formulates on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1).
- Martínez, M. E. E. (2022). Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 182–191.
- Mendoza, E. (2024). Entomofauna asociada al cultivo de maíz *Zea mays* L. en Quebrantadero, Morelos [Trabajo de Titulación de Grado Licenciatura en Biología]. [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Mexico].
- Mitchell, C. (2016). Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1132.
- Moreira Cedeño, L. E. (2020). Determinación del ciclo de vida del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), de maíz en condiciones controladas [Trabajo de titulación no publicado]. [Institución no especificada].
- Muñoz, C. X. C., Comboza, Q. W. F., Lara, O. E. J., Mendoza, G. M. V., Mejía, Z. N. N., López, M. J. C., & Moran, S. N. L. (2017). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro Agrícola*, 44, 20–27. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000300003&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300003&lng=es&tlng=es)
- Najera Ulloa, A. D. (2024). Aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) [Trabajo de titulación no publicado]. [Institución no especificada].

- Oliveira, J. S., Diniz, A. J., & Reigada, C. (2024). Effects of interactions between the parasitoids *Tetrastichus howardi* and *Cotesia flavipes* on biological control of sugar cane borer *Diatraea saccharalis*: insights from an experimental study. *Entomologia Generalis*, 44(5).
- Orellana Valdivia, E., Andrade Yucailla, V., Fuentes Sandoval, F., Rivera, F. E., & Álvarez Hernández, U. (2025). Ecotipos zonales de *Telenomus remus* Nixon, como alternativa de biocontrolador de *Spodoptera frugiperda* en productores de maíz, Santa Elena. DATEH (Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista), 7(1), 1–10.
- Ospina Noreña, J. E. (2024). Climatología y requerimiento hídrico del cultivo del maíz. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Páliz Sánchez, V., & Mendoza Mora, J. R. (1999). Plagas del maíz (*Zea mays*) en el Litoral ecuatoriano, sus características y control.
- Quintana, D. (2024, 18 de octubre). Las provincias líderes en la producción de maíz en Ecuador. Forbes Ecuador. <https://www.forbes.com.ec/rankings/las-provincias-lideres-produccion-maiz-ecuador-n60447>
- Ramírez López, E. T. (2022). Los coccinélidos en el manejo de plagas: enfoques de su uso en función de la producción masiva y eficacia biocontroladora.
- Ramon Mazzini, P., Andrade Yucailla, V., Fuentes Sandoval, F., De La A Salinas, J., & Cruz Limonte, A. (2025). Identificación de ecotipos de *Trichogramma spp*, como biocontrolador en cultivos de maíz de la provincia de Santa Elena. DATEH (Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista), 7(1), 1–10.
- Rochina Meza, F. L. (2020). Efecto de concentraciones de humus y microorganismos eficientes (EM) aplicados al suelo, en la producción de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Simón Bolívar [Trabajo de titulación no publicado]. [Institución no especificada].
- Rodríguez Sánchez, I. P., Peña Carrillo, K. I., Gómez Govea, M. A., de Luna, M., & Ramírez Ahuja, M. de L. (2024). The Collection of Benefic and Entomophagous Insects (CIBE) of the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México: A collection focused on parasitoids Hymenoptera. *Acta Zoológica Mexicana* (N.S.), 40(1), 1–13.
- Ruiz de Galarreta, J. I. (1993). Agrupación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) mediante caracteres morfológicos y parámetros ambientales. [Trabajo de investigación]. <https://digital.csic.es/handle/10261/23040>
- Salas-Araiza, M. D., & Salazar-Solís, E. (2003). Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria*, 13(1), 29–35.
- Silva, J. (2019). Agropedia. Agrotendencia.delmaiz. Descripción: Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays*) para silo en tres localidades del departamento San Justo, Córdoba (campaña 2018/2019)
- Tarazona-Meza, N. L., Chavarría-Párraga, J. E., & Moreira-Saltos, J. R. (2022). El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 5(9), 2–11.

- Tashiro, K., Ishitani, M., Murai, S., Niimi, M., Tobisa, M., Idota, S., Adachi-Hagimori, T., & Ishii, Y. (2024). Efecto de la defoliación sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del forraje en maíz, como simulación del impacto del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *AgriIngeniería*, 6(2), 1847–1858.
- Terrones-Salgado, J., Pedroza-Sandoval, A., Samaniego-Gaxiola, J. A., & Michel-Aceves, A. C. (2022). Uso de probióticos y agroquímicos en la infestación de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de maíz: su impacto en el crecimiento y rendimiento de la planta. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, e458. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.458>
- Thompson, L. (2013). Pesticide impacts on beneficial species. Grape and wine research and development corporation. <http://research.agwa.net.au/wp-content/uploads/2012/09/2012-05-FS-Pesticide-Impacts2.pdf>
- Vásconez Montúfar, G. H., Caicedo Acosta, L. A., Véliz Zamora, D. V., & Sánchez Mora, F. D. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(Esp.3), 417–431.
- Vásquez, P. (2022). Capacidad de parasitismo de dos linajes de *Trichogramma atopovirilia* Oatman y Planter para control de *Spodoptera frugiperda* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c2b8947a-a56f-4aad-9a8b-c3a592acc163/content>
- Vázquez, L. L., Matienzo, Y., Veitía, M., & Alfonso, J. (2008). Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. INISAV.
- Vera Avilés, D., Comte Saltos, E., Guamán Jiménez, R., & Mora Espinoza, J. (2020). Calidad del cultivo de maíz en la provincia de Santa Elena: Rendimiento, sanidad y condiciones agroclimáticas. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 25(número especial 3), 381–390.
- Villacís Seme, J. Y. (2021). Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos [Trabajo de titulación de Grado]. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador].
- Wang, F., Li, X., Yu, S., He, S., Cao, D., Yao, S., Fang, H., & Yu, Y. (2021). Chemical factors affecting uptake and translocation of six pesticides in soil by maize (*Zea mays* L.). *Journal of Hazardous Materials*, 405. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124269>
- War, A. R., Taggar, G. K., Hussain, B., Taggar, M. S., Nair, R. M., & Sharma, H. C. (2018). Plant defence against herbivory and insect adaptations. *AoB plants*, 10(4), ply037.
- Zambrano, C. E., & Andrade Arias, 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. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-3620202100040014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-3620202100040014)

## ANEXOS



a 11A. Semilla ADVANTA.



Figura 12A. Siembra.



Figura 13A. Primer avistamiento de insecto.  
agroquímico



Figura 14A. Preparación de



**Figura 15A.** Preparación de *Trichograma*.  
*Trichograna*.



**Figura 16A.** Colocación de



**Figura 17A.** Recolección de insectos



**Figura 18A.** Colecta de araña  
*Gasteracantha cancriformis*.



**Figura 19A.** Aplicación de agroquímico



**Figura 20A.** Efectividad de agroquímico



**Figura 21A.** Identificación de insectos varios



**Figura 22A.** Daño de *S. frugiperda*, sin manejo de plagas