

# Control de Spodoptera Frugiperda mediante insecticida aplicado con drones y aguilón fumigador

## Control of Spodoptera Frugiperda using insecticides applied with drones and spray boom

Paola España Valencia<sup>1</sup>, Jonathan Zhiminaicela-Cabrera<sup>2</sup>, Sayda Herrera-Reyes<sup>3</sup>

### Resumen

En este estudio se evaluaron diferentes tratamientos y métodos de aplicación para el control de plagas en el cultivo de maíz. Se analizaron variables como el porcentaje de incidencia de la plaga, el grado de infección del cultivo según la escala DAVIS y el número de larvas a diferentes días de aplicación. Los resultados mostraron que los tratamientos con dosis de 200 cc/ha, ya sea aplicados mediante DRON o de forma convencional (Aguilón fumigador), fueron los más efectivos en términos de incidencia de la plaga y grado de infección del cultivo. A los 5 días de aplicación, se observó una disminución significativa en el número de larvas en los tratamientos con dosis de 200 cc/ha aplicados mediante DRON. Sin embargo, a los 7 y 10 días, se registró un incremento moderado en el número de larvas en todos los tratamientos. Además, se encontró que la aplicación mediante DRON permitió una mejor dispersión del producto y una mayor cobertura en el área tratada. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la dosis y el método de aplicación para lograr un control eficaz de las plagas en el cultivo de maíz.

**Palabras Clave:** Gusano Cogollero, control de plagas, insecticidas, drones agrícolas, Clorantraniliprole, Lambda-cyhalothrin

### Abstract

This study evaluated different treatments and application methods for pest control in corn cultivation. Variables such as the percentage of pest incidence, the level of crop infection according to the DAVIS scale, and the number of larvae at different days post-application were analyzed. The results showed that treatments with a dose of 200 cc/ha, whether applied by drone or conventionally (using the Aguilón sprayer), were the most effective in terms of pest incidence and crop infection level. At 5 days post-application, a significant decrease in the number of larvae was observed in treatments with a dose of 200 cc/ha applied by drone. However, at 7 and 10 days, a moderate increase in the number of larvae was recorded in all treatments. Additionally, it was found that drone application allowed for better product dispersion and greater coverage in the treated area. These findings emphasize the importance of considering both the dose and application method to achieve effective pest control in corn cultivation.

**Keywords:** Corn bollworm, pest control, insecticides, agricultural drones, Chlorantraniliprole, Lambda-cyhalothrin

**Recepción:** 9-Septiembre-2023

**Aceptación:** 17-Diciembre-2023

<sup>1</sup> Ing. Agrícola, Estudiante de PhD. Universidad la Molina, La Molina, Perú: Dirección electrónica: pao-la.espana@syngenta.com

<sup>2</sup> Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador. Dirección electrónica: jzhimi-nai1@utmachala.edu.ec

<sup>3</sup> Bioq. Clínica, Mg. Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador. Dirección electrónica: sherre-ra@utmachala.edu.ec

## 1. Introducción

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo y en Ecuador, es una fuente vital de alimento, también desempeña un papel fundamental en la agricultura [1]. A nivel global, es un alimento básico para más de mil millones de personas, especialmente en América Latina, África y Asia [2]. Es un cultivo versátil que puede ser utilizado para la alimentación humana, la producción de biocombustibles y la alimentación animal, en Ecuador es uno de los cultivos más significativos para la agricultura y es cultivado en todo el país, así mismo, aporta a su economía, ya que es una fuente importante de ingresos para los agricultores y es exportado a otros países [3].

El control de *Spodoptera frugiperda* es un desafío constante para los productores agrícolas en todo el mundo [4]. Sin embargo, recientemente se han desarrollado nuevas tecnologías para el control de plagas, como la aplicación de insecticida mediante drones y aguilonos fumigadores [5]. Estas técnicas pueden ser más eficientes y efectivas que los métodos tradicionales de aplicación manual de insecticidas.

La aplicación de insecticida con equipos no tripulados se ha convertido en una práctica cada vez más popular en la agricultura de precisión [6]. Los drones pueden llegar a áreas difíciles de acceder y aplicar el insecticida de manera precisa y uniforme en el campo. Además, se puede reducir el tiempo y los costos asociados con la aplicación manual de insecticidas [7].

El aguilón fumigador, también conocido como atomizador, es otra herramienta para la aplicación de insecticidas, este dispositivo se monta en un tractor y pulveriza el insecticida a través de una boquilla de alta presión; el aguilón fumigador es capaz de cubrir grandes áreas de cultivo y es particularmente útil en cultivos de maíz y soja [8].

La eficacia de la aplicación de insecticida con drones y aguilonos fumigadores ha sido demostrada en estudios científicos. Por ejemplo, un estudio realizado en Brasil encontró que la aplicación de insecticida con drones fue más eficiente y efectiva que la aplicación manual de insecticidas [9]. Otro estudio realizado en Argentina encontró que la aplicación de insecticida con aguilón fumigador fue más efectiva que la aplicación manual en el control de la *Spodoptera frugiperda* [10].

Convirtiéndose en una técnica prometedora para el con-

trol de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz y otros cultivos. Estas técnicas pueden reducir el tiempo y los costos asociados con la aplicación manual de insecticidas, además de ser más eficientes y efectivas. Sin embargo, se necesitan más estudios para evaluar la efectividad y seguridad a largo plazo de estas técnicas y garantizar que se utilicen de manera responsable y sostenible [8].

A su vez, el ingrediente activo que se utilice influye en el control, entre ellos Clorantropilprole y Lambda-cyhalothrin son dos ingredientes activos altamente efectivos en el control del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) [11]. Cada uno de ellos controla esta plaga; el Clorantropilprole actúa sobre el sistema nervioso de los insectos mediante la interacción con los receptores de rianodina. Esta interacción provoca una liberación excesiva de calcio intracelular en los músculos del insecto, lo que resulta en la parálisis y eventual muerte de la plaga [12]. El Clorantropilprole se adhiere a los tejidos vegetales y se ingiere por las larvas del cogollero al alimentarse de las partes tratadas de las plantas [13]. Este ingrediente activo muestra una excelente eficacia contra el cogollero en diferentes estadios de desarrollo y ofrece una protección duradera debido a su actividad residual.

El Lambda-cyhalothrin pertenece a la clase de los piretroides sintéticos y actúa sobre el sistema nervioso de los insectos [14]. Este ingrediente activo se une a los canales de sodio en las células nerviosas de la plaga, provocando una despolarización prolongada y la interrupción de las señales nerviosas. Esta interacción con los canales de sodio provoca una parálisis irreversible y finalmente la muerte del cogollero [13]. El Lambda-cyhalothrin tiene una acción rápida y es efectivo tanto por contacto como por ingestión. Además, ofrece una actividad residual que contribuye a la protección continua de los cultivos contra el cogollero [14].

Evaluar la eficiencia del control de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz mediante la aplicación de insecticidas utilizando drones agrícolas y aguilón fumigador, analizando la incidencia de la plaga, el grado de infección del cultivo según la escala DAVIS y el número de larvas a diferentes días y dosis de aplicación.

## 2. Materiales y método

### 2.1. Localización

Se seleccionó un lote de 10 hectáreas dedicado a la producción de maíz variedad Esplendor cultivado en una topografía plana, ubicados en el sector Patricia Pilar, en la provincia de Los Ríos-Ecuador. La ubicación geográfica es: latitud 0°30'10,8" **Sur**, longitud 79°20'38,4" **Oeste**, a 620 msnm, temperatura media entre 24°C, y el promedio anual de precipitación de 780 mm. Con fecha de siembra en Junio del 2022.

### 2.2. Manejo del ensayo

El estudio comenzó con la primera aplicación el en Julio del 2022 del cultivo de maíz con la variedad Esplendo y se evaluaron luego de la aplicación 4 variables a los 15 a 20 días después de la siembra, siendo: el porcentaje de incidencias de plantas con daño, se evaluó el número de larvas vivas por planta, se evaluó la escala Davis y el estadio de las larvas. Se aplicaron insecticida del grupo Clorantranilprole y Lambda-cyhalothrin de la empresa Syngenta nombre comercial "100 Clorantranilprole + 50 Lambdacihalotrina" aplicadas y evaluada su aplicación con el método convencional un aguilón fumigador la máquina CONDOR-800 modelo M-112 con capacidad de 400 L/ha adaptado en un tractor agrícola y con un drone con capacidad de 30 L/ha.

### 2.3. Diseño experimental

El diseño del experimento corresponde a un diseño completamente al azar (DCA) [15] con cuatro tratamientos y un tratamiento control, cada una en 4 parcelas de 20000 m<sup>2</sup>, donde se identificaron parcelas de evaluación aislando 10 metros de los bordes al centro a las que se aplicaron las diferentes dosis (Tabla 1).

El tratamiento uno (T1) y tratamiento dos (T2) se conformaron en dosis de 0.2 L del producto AMPLIGO (100 Clorantranilprole + 50 Lambdacihalotrina) con una variación en el T1 agregando con adyuvante. El Tratamiento tuvo el mismo ingrediente activo con una variación de la dosis de 0.15 L, siendo esta aplicada con drones, el T4 con la dosis de 0.20 L aplicada con aguilón fumigador o método convencional. En el tratamiento control (T5) no se agregó ningún producto químico se dejó como tratamiento control.

La aplicación del ingrediente activo y dosis de cada

tratamiento fueron aplicados el 8 de Julio del 2022, evaluado las variables descritas en 4 momentos, evaluación luego de la aplicación el mismo día, evaluación 5 días, 7 días y 10 días después de la aplicación. Los valores obtenidos por tratamiento fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo (media y desviación estándar) [16]. Los valores obtenidos se tomaron por triplicado y se tabularon en una hoja de cálculo de Office.

## 3. Resultados y discusiones

La incidencia de *Spodoptera frugiperda* se evaluó en diferentes tratamientos utilizando distintas dosis de insecticida y métodos de aplicación (Figura 1). A continuación, se presentan los resultados del porcentaje de incidencia a diferentes momentos después de la aplicación.

Los resultados obtenidos indican que la incidencia de *Spodoptera frugiperda* fue significativamente afectada por los diferentes tratamientos de aplicación de insecticidas [17, 18]. A los 0 días de la aplicación, se observó una alta incidencia en todos los tratamientos, lo cual es consistente con la presencia inicial de la plaga en el campo. Sin embargo, a los 5 días de la aplicación, se observó una disminución en el porcentaje de incidencia en todos los tratamientos [14]. Esto sugiere que los insecticidas aplicados, ya sea mediante drones o de manera convencional, tuvieron un efecto inicial en la reducción de la población de *Spodoptera frugiperda* [19].

Es interesante destacar que los tratamientos con dosis de 150 cc/ha, 200 cc/ha y 200 cc/ha + 0.5 cc/L de coadyuvante aplicados mediante drones mostraron una tendencia similar en la reducción de la incidencia en comparación con el tratamiento convencional de 200 cc/ha. Esto sugiere que la aplicación de insecticidas mediante drones puede ser una alternativa eficiente para el control de *Spodoptera frugiperda*, ya que logra resultados similares a los métodos convencionales [20].

Sin embargo, a los 10 días de la aplicación, se observó un incremento en el porcentaje de incidencia en todos los tratamientos. Esto podría indicar una posible resistencia de la plaga al insecticida utilizado o una capacidad de recuperación de su población. Es importante considerar que la resistencia de *Spodoptera frugiperda* a los insecticidas es un problema común en muchos cultivos de maíz, y se requieren estrategias de manejo integrado de plagas para controlar eficazmente esta plaga [21, 22].

En general, estos resultados respaldan la eficacia de la

Tabla 1: Tratamientos aplicados en las parcelas

Tratamiento	Producto	Dosis	Mecanismo de aplicación
1	100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina + adyuvante ARPON	200 cc/ha	Dron
2	100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	200 cc/ha	Dron
3	100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	150 cc/ha	Dron
3	100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	200 cc/ha	Convencional (Aguilón fumigador)
5	<b>Control</b>	0 cc/ha	Sin aplicación

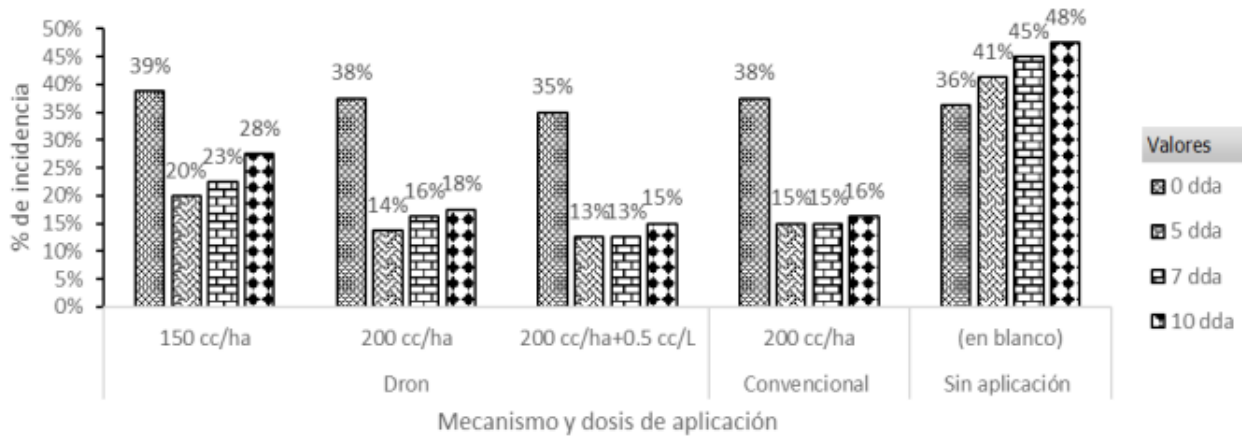


Figura 1: Porcentajes promedios de la incidencia de Spodoptera de los 0 a los 10 días utilizando diferentes dosis con el mecanismo de aplicación drones y aguiones fumigadores

aplicación de insecticidas mediante drones y métodos convencionales para el control de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz [23]. Sin embargo, es necesario realizar estudios adicionales para evaluar la persistencia del control a largo plazo y la posible aparición de resistencia en la población de la plaga [8, 24]. Además, se deben considerar otras medidas de manejo integrado de plagas, como la rotación de cultivos y el monitoreo regular, para lograr un control sostenible y efectivo de *Spodoptera frugiperda* [12, 13].

En conclusión, la aplicación de insecticidas mediante drones y métodos convencionales mostró una reducción inicial en la incidencia de *Spodoptera frugiperda*. Sin embargo, se observó un aumento en la incidencia a los 10 días de la aplicación, lo que destaca la necesidad de estrategias de manejo integrado de plagas para un control efectivo y sostenible de esta plaga en cultivos de maíz.

El grado de infección del cultivo de maíz por *Spodoptera frugiperda* fue evaluado utilizando la escala DAVIS como medida cuantitativa de la severidad de la infestación (Figura 2). Esta variable es de vital importancia, ya que permite comprender el nivel de daño ocasionado

por la plaga en el cultivo y evaluar la efectividad de los diferentes métodos de aplicación de insecticidas [13].

Los resultados revelaron diferencias significativas en el grado de infección entre los tratamientos y métodos de aplicación de insecticidas evaluados [22]. Además, se observó un incremento gradual en el grado de infección a medida que avanzaba el tiempo de evaluación en todos los tratamientos, lo cual refleja la progresión de la infestación de *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz [11].

En el presente estudio, se compararon dos métodos de aplicación de insecticidas: el método convencional mediante aguilón fumigador y la aplicación mediante drones [25, 26]. Ambos métodos demostraron ser efectivos en el control de la infestación, indicando una disminución en el grado de infección a medida que se incrementaba la dosis de insecticida [24, 27].

En el caso del método convencional, se observó que a los 10 días de aplicación presentó el grado de infección más bajo, con un promedio de 2.5 en la escala DAVIS. Sin embargo, se registró un aumento en el grado de infección hacia el final del período de evaluación, alcanzando un promedio de 3.775. Esto sugiere que, si

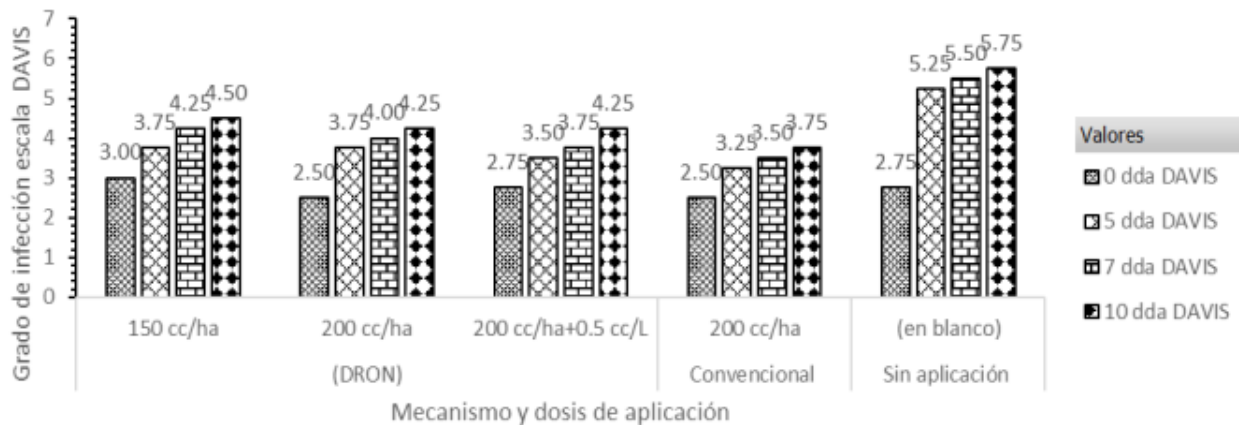


Figura 2: Porcentajes promedios del grado de infección en base a la escala DAVIS de *Spodoptera* de los 0 a los 10 días utilizando diferentes dosis con el mecanismo de aplicación drones y aguiones fumigadores.

bien inicialmente el método convencional es efectivo, su eficacia puede verse comprometida con el tiempo [23].

Por otro lado, la aplicación de insecticidas mediante drones también mostró buenos resultados en el control de la infestación. Los tratamientos con una dosis de 200 cc por hectárea aplicados con drones presentaron un grado de infección inicial de 2.5 y experimentaron un incremento gradual a lo largo del tiempo, llegando a un promedio de 4.25 a los 10 días. Estos resultados indican que el uso de drones puede ser una alternativa eficaz para el control de *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz [28, 29].

Es importante destacar que el tratamiento control, sin aplicación de productos químicos, mostró el mayor grado de infección a los 10 días, con un promedio de 5.75 en la escala DAVIS [30, 31]. Esto enfatiza la necesidad de implementar estrategias de control adecuadas para prevenir daños significativos en los cultivos de maíz y resalta la importancia de los métodos de aplicación de insecticidas evaluados en este estudio [24, 29].

El número de larvas de *Spodoptera frugiperda* se evaluó a diferentes intervalos de tiempo después de la aplicación de los tratamientos con insecticida. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a los 0 días, 5 días, 7 días y 10 días.

A los 0 días, se observaron diferencias mínimas en el número de larvas entre los diferentes tratamientos. Los valores oscilaron entre 0.6 y 0.775 larvas por planta, sin mostrar una clara tendencia o superioridad de un tratamiento sobre los demás.

A los 5 días, se observó una disminución generalizada en el número de larvas en todos los tratamientos. Sin embargo, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento convencional 100 Clorantropilprole + 50 Lambdacihalotrina 0.20 L/ha mostró la reducción más marcada, con un promedio de 0.2 larvas por planta. Por otro lado, el tratamiento control sin aplicación de insecticida registró el valor más alto, con un promedio de 0.775 larvas por planta.

A los 7 días, se mantuvo la tendencia de disminución en el número de larvas en todos los tratamientos. Los valores oscilaron entre 0.225 y 0.875 larvas por planta. Nuevamente, el tratamiento convencional 100 Clorantropilprole + 50 Lambdacihalotrina 0.20 L/ha descubrió una reducción significativa en el número de larvas, mientras que el tratamiento control continuó presentando el valor más alto.

A los 10 días, se observó una disminución adicional en el número de larvas en la mayoría de los tratamientos. Los valores oscilaron entre 0.225 y 1 larva por planta. El tratamiento control sin aplicación de insecticida continuó presentando el número más alto de larvas, mientras que los tratamientos con insecticida en dosis de 0.15 L/ha y 0.2 L/ha mostraron los valores más bajos.

Los resultados del presente estudio indican que la aplicación de insecticida tuvo un efecto significativo en la reducción del número de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz [32, 33]. A medida que transcurrió el tiempo después de la aplicación, se observó una disminución general en el número de larvas en todos los tratamientos, lo cual indica la eficacia del insecticida

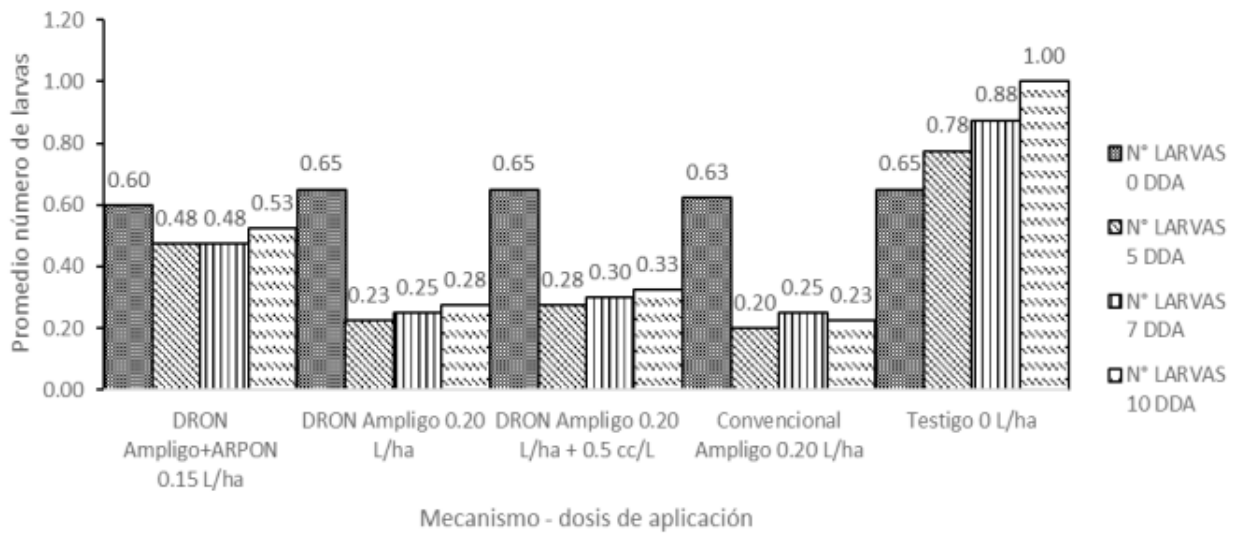


Figura 3: Promedio del número de larvas de *Spodoptera frugiperda* de 0 a los 10 días utilizando diferentes dosis con el mecanismo de aplicación drones y aguilones fumigadores.

utilizado [34, 35].

En cuanto a la comparación entre los diferentes tratamientos, se observaron diferencias significativas en el número de larvas a los 5, 7 y 10 días. El tratamiento convencional 100 Clorfaniliprole + 50 Lambdacihalotrina 0.20 L/ha mostró consistentemente una mayor reducción en el número de larvas en comparación con los tratamientos aplicados con drones y el tratamiento control sin aplicación. Esto sugiere que la aplicación mediante aguilón fumigador puede ser más efectiva en el control de las larvas de *Spodoptera frugiperda* en este contexto.

Por otro lado, los tratamientos aplicados con drones mostraron resultados variables en comparación con el tratamiento convencional. Si bien se observó una reducción en el número de larvas, no fue tan pronunciada como en el tratamiento convencional. Esto puede deberse a diferencias en la precisión de la aplicación y la cobertura del insecticida en el campo.

Cabe destacar que el tratamiento control sin aplicación de insecticida registró el número más alto de larvas en todos los intervalos de tiempo evaluados [32]. Esto indica que la presencia de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz es significativamente mayor en ausencia de tratamiento insecticida [36]. Estos hallazgos resaltan la importancia de la aplicación de medidas de control para prevenir daños significativos causados por esta plaga [26, 36].

Es importante destacar que, si bien se observaron diferencias entre los tratamientos, los valores de larvas encontrados en todos los casos fueron relativamente bajos. Esto sugiere que los tratamientos evaluados en este estudio, incluyendo tanto la aplicación mediante drones como el método convencional, fueron efectivos en la reducción del número de larvas. Sin embargo, se debe considerar que estos resultados son específicos para las condiciones y dosis de insecticida utilizadas en este estudio, y podrían variar en otros escenarios [31].

Además, es necesario tener en cuenta otros factores que pueden influir en la eficacia de los tratamientos, como las condiciones climáticas, la resistencia de las larvas a los insecticidas y la precisión en la aplicación. Estos aspectos pueden afectar la penetración y distribución del insecticida en el cultivo, así como la susceptibilidad de las larvas a los productos químicos utilizados.

Los resultados muestran diferencias significativas en la cantidad de gotas por centímetro cuadrado y la cobertura obtenida entre los diferentes tratamientos evaluados.

El tratamiento con 100 Clorfaniliprole + 50 Lambdacihalotrina+Adyuvante ARPON aplicado mediante DRON presentó la mayor cantidad de gotas por centímetro cuadrado, con un valor de 102, y una cobertura en un área de 350 metros cuadrados. Esto indica una distribución más uniforme del producto en comparación con los demás tratamientos.

El tratamiento con 100 Clorfaniliprole + 50 Lamb-

Tabla 2: Tratamientos aplicados en las parcelas

Producto	Dosis	Mecanismo de aplicación	gotas/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina +Adyuvante ARPON	200 cc/ha+0.5 cc/L	DRON	102	350
100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	200 cc/ha	DRON	98	320
100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	150 cc/ha	DRON	95	315
100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina	200 cc/ha	Convencional	52	362
Control		Sin aplicación		

dacihalotrina aplicado mediante DRON a una dosis de 200 cc/ha también mostró una cantidad significativa de gotas por centímetro cuadrado, con un valor de 98, y una cobertura en un área de 320 metros cuadrados. Esto demuestra la efectividad del mecanismo de aplicación con DRON en la dispersión del producto.

En el caso del tratamiento con 100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina a una dosis de 150 cc/ha aplicado mediante DRON, se obtuvo una cantidad de gotas por centímetro cuadrado ligeramente menor, con un valor de 95, y una cobertura en un área de 315 metros cuadrados. Aunque la cantidad de gotas es ligeramente menor, sigue siendo una distribución adecuada para el control de la plaga.

El tratamiento con 100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina a una dosis de 200 cc/ha aplicado mediante el método convencional presentó una menor cantidad de gotas por centímetro cuadrado, con un valor de 52, y una cobertura en un área de 362 metros cuadrados. Esto podría deberse a la naturaleza del método convencional, que puede resultar en una dispersión menos uniforme del producto.

En el caso del tratamiento control, que no recibió ninguna aplicación de producto, no se registraron valores de gotas por centímetro cuadrado ni cobertura, ya que no se realizó ninguna aplicación.

En general, los resultados sugieren que la aplicación de 100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina+Adyuvante ARPON mediante DRON y 100 Clorantraniliprole + 50 Lambdacihalotrina mediante DRON a dosis de 200 cc/ha son los tratamientos que lograron una mayor cantidad de gotas por centímetro cuadrado y una mayor cobertura en el área tratada. Estos resultados indican una mejor dispersión del producto y una potencial mayor eficacia en el control de la plaga objetivo [30, 37].

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la efica-

cia del control de plagas no solo depende de la cantidad de gotas y la cobertura, sino también de otros factores, como la concentración del producto, el modo de acción, la resistencia de la plaga y las condiciones ambientales. Por lo tanto, es necesario realizar análisis adicionales para evaluar la efectividad de cada tratamiento en términos de reducción de la plaga y protección del cultivo de maíz [21, 32, 33].

En futuros estudios, sería relevante considerar otros parámetros relacionados con la eficacia del control de plagas, como el porcentaje de mortalidad de las larvas y la evaluación del estado de salud y desarrollo del cultivo de maíz. Además, se recomienda realizar pruebas de campo en diferentes ubicaciones y condiciones ambientales para obtener resultados más representativos y extrapolables.

#### 4. Conclusiones

Los tratamientos con dosis de 200 cc/ha, ya sea aplicados mediante DRON o de forma convencional, demostraron ser los más efectivos en el control de plagas en el cultivo de maíz. Estos tratamientos lograron reducir la incidencia de la plaga y limitar el grado de infección del cultivo, lo que indica su potencial para mejorar la salud y rendimiento de los cultivos.

La aplicación mediante DRON mostró ventajas significativas en términos de dispersión del producto y cobertura en el área tratada. Esta tecnología emergente puede ser una herramienta prometedora para el control de plagas en cultivos extensos, ofreciendo una distribución más uniforme y eficiente de los agentes de control.

Aunque se observó una disminución en el número de larvas a los 5 días de aplicación, se registró un incremento moderado en los niveles de infestación a los 7 y 10 días en todos los tratamientos. Esto sugiere la importancia de considerar medidas de control adicionales, como monitoreo regular y aplicaciones periódicas, para mantener

la eficacia del control de plagas a lo largo del ciclo de cultivo.

## Referencias

- [1] G. H. Vásconez Montúfar, L. A. Caicedo Acosta, D. V. Véliz Zamora, y F. D. Sánchez Mora, “Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador”, *Rev. Cienc. Soc.*, vol. 27, pp. 417–431, 2021.
- [2] C. Carrillo Trueba, “El origen del maíz. Naturaleza y cultura en Mesoamérica”, *Ciencias*, vol. 92, 2009.
- [3] M. Remache, M. Carrillo, R. Mora, W. Durango, y F. Morales, “Absorción de macronutrientes y eficiencia del N en híbrido promisorio de maíz, Patricia Pilar, Ecuador”, *Agron. Costarricense*, vol. 41, 2017. <https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31303>.
- [4] L. G. Batista-Pereira, T. C. Castral, M. T. M. da Silva, B. R. Amaral, J. B. Fernandes, P. C. Vieira, et al., “Insecticidal Activity of Synthetic Amides on *Spodoptera frugiperda*”, *Z. Naturforsch. C*, vol. 61, pp. 196–202, 2006. <https://doi.org/10.1515/znc-2006-3-408>.
- [5] J. W. Chapman, T. Williams, A. M. Martínez, J. Cisneros, P. Caballero, R. D. Cave, et al., “Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) reduce the risk of predation?”, *Behav. Ecol. Sociobiol.*, vol. 48, pp. 321–327, 2000. <https://doi.org/10.1007/s002650000237>.
- [6] T. Abate, B. Shiferaw, A. Menkir, D. Wegary, Y. Kebede, K. Tesfaye, et al., “Factors that transformed maize productivity in Ethiopia”, *Food Secur.*, vol. 7, pp. 965–981, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0488-z>.
- [7] S. Meivel y S. Maheswari, “Remote Sensing Analysis of Agricultural Drone”, *J. Indian Soc. Remote Sens.*, vol. 49, pp. 689–701, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01244-y>.
- [8] K. V. C. Sabando, G. A. M. Mera, A. A. V. Esmeraldas, y M. R. Bowen, “Evaluación de la distribución de gotas en la pulverización de plaguicida en maíz por el método tradicional y por dron”, *La Técnica*, pp. 65–78, 2020.
- [9] J. M. dos Santos, P. F. Batista, E. M. Sperandio, L. C. A. Nogueira, T. P. Gonçalo, G. Castol-di, et al., “Spectral responses at visible and near-infrared wavelengths of soybean plants to fungicides”, *Ciência Rural*, vol. 52, 2022. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210380>.
- [10] L. de L. Lopes, J. P. A. R. da Cunha, y Q. S. S. Nomelini, “Use of Unmanned Aerial Vehicle for Pesticide Application in Soybean Crop”, *AgriEngineering*, vol. 5, pp. 2049–2063, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5040126>.
- [11] Y.-X. Zhao, J.-M. Huang, H. Ni, D. Guo, F.-X. Yang, X. Wang, et al., “Susceptibility of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), to eight insecticides in China, with special reference to lambda-cyhalothrin”, *Pestic. Biochem. Physiol.*, vol. 168, p. 104623, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104623>.
- [12] Y. Liu, H. Zhang, F. He, X. Li, H. Tan, y D. Zeng, “Combined toxicity of chlorantraniliprole, lambda-cyhalothrin, and imidacloprid to the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae)”, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 25, pp. 22598–22605, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2374-7>.
- [13] B. Feng, H. Zhi, H. Chen, B. Cui, X. Zhao, C. Sun, et al., “Development of Chlorantraniliprole and Lambda Cyhalothrin Double-Loaded Nano-Microcapsules for Synergistical Pest Control”, *Nanomaterials*, vol. 11, p. 2730, 2021. <https://doi.org/10.3390/nano11102730>.
- [14] M. P. Pes, A. A. Melo, R. S. Stacke, R. Zanella, C. R. Perini, F. M. A. Silva, et al., “Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)”, *PLoS One*, vol. 15, no. e0229151, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229151>.
- [15] J. V. Coral Valenzuela, H. J. Andrade Bolaños, M. M. Pumisacho Gualoto, J. D. Caicedo Chávez, y D. R. Salazar Vizuete, “Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguú”, *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, vol. 11, 2019. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1091>.
- [16] J. D. Vargas, I. C. Arregocés, A. D. Solano, y K. K. Peña, “Aprendizaje basado en proyectos soportado en un diseño tecno-pedagógico para la enseñanza de la estadística descriptiva”, *Form. Univ.*,



- vol. 14, pp. 77–86, 2021. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600077>.
- [17] J. Suto, “Codling Moth Monitoring with Camera-Equipped Automated Traps: A Review”, *Agriculture*, vol. 12, 1721, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101721>.
- [18] C. O. Adetunji, O. T. Olaniyan, O. A. Anthony Anani, A. Inobeme, O. O. Osemwegie, D. Hefft, et al., “Artificial Intelligence and Automation for Precision Pest Management”, in *Sensing and Artificial Intelligence Solutions for Food Manufacturing*, New York, CRC Press, pp. 49–70. 2023. <https://doi.org/10.1201/9781003207955-4>.
- [19] S. M. Ismail, “Effect of sublethal doses of some insecticides and their role on detoxication enzymes and protein-content of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae)”, *Bull. Natl. Res. Cent.*, vol. 44, p. 35, 2020. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00294-z>.
- [20] G. Gupta y N. R. Kumar, “Growth and development of ladybird beetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), on plant and animal based protein diets”, *J. Asia Pac. Entomol.*, vol. 20, pp. 959–963, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.07.008>.
- [21] D. Rizzo, D. Da Lio, L. Bartolini, G. Cappellini, T. Bruscoli, C. Salemi, et al., “Development of Three Molecular Diagnostic Tools for the Identification of the False Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae)”, *J. Econ. Entomol.*, vol. 114, pp. 1796–1807, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab103>.
- [22] P. Basnet, R. Dhital, y A. Rakshit, “Biopesticides”, in *Biopesticides*, Elsevier, pp. 107–116, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823355-9.00019-5>.
- [23] A. T. Marshall y E. H. Beers, “Efficacy and Non-target Effects of Net Exclusion Enclosures on Apple Pest Management”, *J. Econ. Entomol.*, vol. 114, pp. 1681–1689, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab094>.
- [24] N. Moses-Gonzales y M. J. Brewer, “A Special Collection: Drones to Improve Insect Pest Management”, *J. Econ. Entomol.*, vol. 114, pp. 1853–1856, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab081>.
- [25] G. Brookes, “Environmental Impacts of Genetically Modified (GM) Crop Use: Impacts on Pesticide Use and Carbon Emissions”, in *Plant Biotechnology*, Cham, Springer International Publishing, pp. 87–101, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68345-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68345-0_7).
- [26] J. Van den Berg, B. M. Prasanna, C. A. O. Midega, P. C. Ronald, Y. Carrière, y B. E. Tabashnik, “Managing Fall Armyworm in Africa: Can Bt Maize Sustainably Improve Control?”, *J. Econ. Entomol.*, vol. 114, pp. 1934–1949, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab161>.
- [27] V. Martel, R. C. Johns, L. Jochems-Tanguay, F. Jean, A. Maltais, S. Trudeau, et al., “The Use of UAS to Release the Egg Parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Against an Agricultural and a Forest Pest in Canada”, *J. Econ. Entomol.*, vol. 114, pp. 1867–1881, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa325>.
- [28] M. E. Karar, F. Alsunaydi, S. Albusaymi, y S. Alotaibi, “A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system”, *Alexandria Eng. J.*, vol. 60, pp. 4423–4432, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.03.009>.
- [29] H. Tian, H. Peng, Q. Yao, H. Chen, Q. Xie, B. Tang, et al., “Developmental Control of a Lepidopteran Pest *Spodoptera exigua* by Ingestion of Bacteria Expressing dsRNA of a Non-Midgut Gene”, *PLoS One*, vol. 4, no. e6225, 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006225>.
- [30] M. Vélez, C. Betancourt, y J. Mendoza, “Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz”, *Ciencia y Tecnología*, vol. 14, pp. 33–40, 2021. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.500>.
- [31] Lionovna Z, Mikhailovna L. Chemicals for Protecting Corn Crops from Cotton Budworm. *KnE Life Sciences* 2021. <https://doi.org/10.18502/cls.v0i0.9030>.
- [32] A. Hernández-Trejo, B. Estrada Drouaillet, R. Rodríguez-Herrera, J. M. García Giron, S. A. A. Patiño-Arellano, y E. Osorio-Hernández, “Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.)”, *Rev. Mex. de Cienc. Agric.*, vol. 10, pp. 803–813, 2019. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>.

- [33] M. Guerra Blandino, J. Poveda Suárez, S. Miranda Calero, E. Rivers Carcache, J. Ruíz Urbina, M. Lacayo Romero, et al., “Análisis de la composición proximal y potencial insecticida de la semilla de guanábana (*Annona muricata* L.) para el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith)”, *Rev. Torreón Univ.*, vol. 9, pp. 27–44, 2020. <https://doi.org/10.5377/torreon.v9i24.9722>.
- [34] St. Clair CR, Gassmann AJ. Linking land use patterns and pest outbreaks in Bt maize. *Ecological Applications* 2021;31. <https://doi.org/10.1002/eap.2295>.
- [35] M. K. Balaško, R. Bažok, K. M. Mikac, H. A. Benítez, M. J. Suazo, J. P. G. Viana, et al., “Population Genetic Structure and Geometric Morphology of Codling Moth Populations from Different Management Systems”, *Agronomy*, vol. 12, p. 1278, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061278>.
- [36] Qiao Z, Li P, Yao X, Sun S, Li X, Zhang F, et al. Cyantraniliprole seed treatment effectively controls wireworms (*Pleonomus canaliculatus* Faldermann) and white grubs (*Anomala corpulenta* Motschulsky) in maize fields. *Heliyon* 2023;9:e17302. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17302>.
- [37] F. Yanqui, J. Alarcón, H. Carrasco, S. Caballero, B. Sauñe, D. Chávez, et al., “Threshold of treatment of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in the crop of starchy corn (*Zea mays* L. ssp *amylaceo*)”, *Manglar*, vol. 19, pp. 291–297, 2022.