

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz
mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10
y mochila de aspersión SHP-800-2

Estudiantes

Samuel Humberto Hernández Pérez
Laurence Ovilso Andrade Izaguirre

Asesores

José Adrián Ordoñez Bonilla, Mgtr.
Carolina Avellaneda Barbosa, Ph.D.
Erick Mauricio Figueroa Santin, Ing. Agrónomo

Honduras, octubre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación	13
Selección del Lote	14
Delimitación del Área.....	14
Rutas de Vuelo	15
Aplicación de Fungicida.....	15
Equipo de Aplicación.....	17
Producto Utilizado	18
Variables Evaluadas	18
Evaluación del control.....	18
Escala de Severidad Según Grado de Reacción.....	19
Muestras en Campo	20
Cobertura de Aplicación y Promedio de gotas/cm ²	21
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	22
Tamaño de unidad experimental.....	22
Resultados y Discusión.....	24
Promedio de Gotas/cm ²	26
Conclusiones	30

Recomendaciones..... 31

Referencias..... 32

Anexos..... 34

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos utilizados para la evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.	15
Cuadro 2 Variables climatológicas de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	16
Cuadro 3 Muestreos de campo para la evaluación de la severidad del complejo de mancha de asfalto según el promedio de incidencia con base en la calificación por clase de daño en el lote Pivote Laguna de la Escuela Agrícola Panamericana, analizados para los cuatro tratamientos del experimento en las cuatro repeticiones. Noviembre del 2023	25
Cuadro 4 Promedio de gotas/cm ² en hojas de zona alta de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	27
Cuadro 5 Promedio de gotas en hojas de zona media de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	27
Cuadro 6 Promedio de gotas en hojas de zona baja de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	28

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa satelital de la ubicación geográfica del lote Laguna de la finca San Nicolás, ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras, donde se realizó el experimento.....	13
Figura 2 Escala de severidad empleada para la evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	20
Figura 3 Distribución de tratamientos utilizados en el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.	22
Figura 4 Área de unidad experimental los tratamientos utilizados para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	23
Figura 5 Gráfico comparativo de control durante los 4 tratamientos del experimento Evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.....	26

Índice de Anexos

Anexo A Delimitación de área.....	34
Anexo B Colocación de papel hidro sensible y aplicación	35
Anexo C Aplicación con dron y retiro de papel hidro sensible	36
Anexo D Muestreos de las plantas.....	37
Anexo E Prueba de Duncan de todas las aplicaciones divididas por zonas de la planta.	39

Resumen

En la búsqueda de soluciones innovadoras para el manejo eficiente de enfermedades en el cultivo de maíz, se llevó a cabo el estudio comparativo entre dos métodos de aplicación de fungicida; se usó el dron DJI Agras T10 (10 y 15 L/ha) y la mochila de aspersión SHP-800-2. Se comparó la efectividad de ambos métodos para controlar la enfermedad de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*). Las variables que se evaluaron en los diferentes tratamientos fueron severidad de la enfermedad, cobertura y uniformidad de aplicación. Se realizaron muestreos periódicos y análisis de gotas por cm² para comparar la distribución y penetración del producto aplicado en diferentes partes de la planta, se establecieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. El dron resultó en una cobertura significativa ($P < 0.05$) más uniforme en las zonas altas de la planta en comparación con la mochila de aspersión, la mochila tuvo resultados más uniformes en las partes altas, medias y bajas de la planta. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los diferentes volúmenes de aplicación con el dron. Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en cuanto al control de la severidad de la enfermedad. La aplicación con el dron DJI Agras T10 presentó limitaciones en la penetración del fungicida en las zonas medias y bajas de la planta; y la mochila de aspersión SHP-800-2 fue más efectiva en las diferentes zonas de la planta, lo cual explica el mejor control de la mancha de asfalto en este tratamiento.

Palabras clave: Agricultura de precisión, cobertura de aplicación, control de enfermedades, eficiencia operativa, *Phyllachora maydis*.

Abstract

In the search for innovative solutions for efficient disease management in corn, a comparative study was carried out between two fungicide application methods, using the DJI Agras T10 drone (10 and 15 L/ha) and the SHP-800-2 backpack sprayer. The effectiveness of both methods was compared to control Tar Spot (*Phyllacora maydis*). The variables evaluated in the different treatments were disease severity, coverage and uniformity of application. Periodic sampling and droplet analysis per cm² were carried out to compare the distribution and penetration of the product applied in different parts of the plant, and four treatments with four replications were established. The drone resulted in significant ($P < 0.05$) more uniform coverage in the upper parts of the plant compared to the backpack spray, the backpack had more uniform results in the middle and lower upper parts of the plant. No significant differences ($P > 0.05$) were observed between the different application volumes with the drone. However, significant differences ($P < 0.05$) were observed between treatments in terms of disease severity control. The application with the DJI Agras T10 drone presented limitations in the penetration of the fungicide in the middle and lower zones of the plant; and the SHP-800-2 backpack sprayer was more effective in the different zones of the plant, which explains the better control of asphalt spot in this treatment.

Keywords: Application coverage, disease control, operational efficiency, *Phyllacora maydis*, precision agriculture.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial; este representa un papel crucial en la alimentación humana y animal. Originario de América, el maíz ha sido una fuente fundamental de sustento para diversas civilizaciones a lo largo de la historia. La producción mundial de maíz alcanzó 1.116 millones de toneladas en 2020, destacándose como el cereal más cultivado a nivel global (Food and Agriculture Organization [FAO], 2024). En general, existen diferentes variedades genéticas del cultivo de maíz, cada una con características de interés productivo de acuerdo con las plagas, cultura y sistemas de producción específicos de cada región.

Algunas variedades de maíz son empleadas con fines de forrajeo para la alimentación animal, ya que su alto contenido en carbohidratos y fibra. Esto lo convierte en una opción nutritiva y eficiente para la alimentación de rumiantes (Robles Jiménez et al., 2017). La correcta gestión de su cultivo, que incluye prácticas específicas de siembra, mantenimiento y cosecha, es esencial para maximizar su rendimiento y garantizar una alimentación balanceada en sistemas ganaderos (Ortega y Gómez, 2019). Existen algunas plagas y enfermedades que afectan el cultivo de maíz y amenazan los índices productivos, las cuales son causadas principalmente por insectos, hongos, bacterias y virus, afectando la salud y desarrollo de la planta de maíz.

Una de las enfermedades más representativas en el cultivo de maíz es causada por el hongo *Phyllachora maydis*, conocida también como la enfermedad de la mancha de asfalto. Este patógeno ataca principalmente las estructuras foliares y los síntomas más representativos son la aparición de lesiones negras, con una apariencia brillante y un aspecto aceitoso en las hojas; de ahí se deriva su nombre (Puerto y Avellaneda, 2021). Esta enfermedad genera cambios en la capacidad fotosintética de las plantas por la reducción del área foliar; además, es un causante de estrés fisiológico que influye directamente en el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas. La presencia de este hongo se puede observar en los estadios vegetativos tardíos y en los estadios reproductivos del maíz.

Phyllachora maydis es el principal agente causal de la enfermedad. Sin embargo, las lesiones generadas por el hongo son un punto de infección de otros patógenos (especialmente hongos), los cuales forman un complejo de hongos que interactúan entre sí. Este complejo incluye a *Monographella maydis* y *Coniothyrium phyllachorae*, que colonizan los tejidos previamente infectados. "Estos hongos secundarios intensifican los síntomas y la severidad de la enfermedad, aumentando la destrucción del tejido foliar e intensificando la reducción del rendimiento del cultivo" (Kleczewski et al., 2020). La interacción entre estos hongos complica la respuesta defensiva de la planta, la cual disminuye su capacidad de recuperación.

Las plantas infectadas son más susceptibles a otras enfermedades y al estrés ambiental, lo que puede llevar a una mayor pérdida de rendimiento. En casos severos, la mancha de asfalto puede reducir el rendimiento del maíz hasta en un 50% (Hock et al., 1992). La debilidad generada por esta enfermedad también puede incrementar su vulnerabilidad a plagas y condiciones climáticas adversas, como sequías o inundaciones. Representa una preocupación crucial para los agricultores debido a su impacto directo en la calidad y cantidad de la cosecha de maíz. Savary et al., (2019) destacan el impacto económico de varias enfermedades en el maíz, incluyendo la mancha de asfalto, donde resaltan la necesidad de estrategias eficientes para su manejo con el fin de reducir las pérdidas económicas en la producción de maíz.

Existen diferentes estrategias para el control de esta enfermedad. El uso de maquinaria, como instrumentos de aspersión masiva (boom), para la aplicación de agroquímicos resulta ser una de las estrategias más efectivas para los sistemas agrícolas (Jaramillo, 2023). Sin embargo, el uso de estos dispositivos se ve limitado a las fases avanzadas de desarrollo en cultivos como el maíz, por su tamaño. No obstante, existen equipos alternativos como las mochilas de aspersión, las cuales permiten realizar aplicaciones más precisas y con una cobertura total del área vegetal.

La mochila de aspersión es una herramienta esencial en el manejo de enfermedades foliares. Este dispositivo permite la aplicación directa y controlada de fungicidas sobre las plantas afectadas,

ofreciendo una solución práctica y eficiente para agricultores en áreas con acceso limitado a tecnologías más avanzadas. Según García y Pérez, (2020), la aplicación precisa de fungicidas con mochilas de aspersión puede reducir significativamente la incidencia de la mancha de asfalto. Además, el uso de mochilas de aspersión permite ajustar las dosis y frecuencias de aplicación en función de la severidad de la enfermedad, lo que minimiza el uso excesivo de químicos y reduce el impacto ambiental (Rodríguez y Sánchez, 2018). Por otro lado, existen alternativas de vanguardia asociadas a desarrollos tecnológicos modernos, los cuales hacen parte de lo que se conoce como agricultura 4.0, destacando el uso de drones en los últimos años.

La Agricultura 4.0 representa una revolución en el sector agrícola, integrando tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), drones (VANTS), la inteligencia artificial (IA), el Big Data y la robótica para optimizar la producción y sostenibilidad de los cultivos. Esta nueva era agrícola busca mejorar la eficiencia y reducir los costos mediante la automatización y el análisis de datos en tiempo real, permitiendo a los agricultores tomar decisiones más informadas y precisas. El uso de drones en la agricultura moderna es un claro ejemplo de cómo la tecnología está revolucionando el manejo de plagas y enfermedades en los cultivos, mediante aplicaciones precisas y eficientes de productos químicos en grandes extensiones de terreno. Especialmente útil para controlar problemas como la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en los cultivos de maíz. Gracias a su capacidad de focalizar áreas específicas, los drones reducen los volúmenes de productos químicos necesarios (Nunes, 2023). Esta tecnología no solo podría mejorar el control de la mancha de asfalto, sino que también fomenta prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Zhang et al., 2014).

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de aplicación con dron y aspersor de mochila de un fungicida para el control de la enfermedad de la Mancha de Asfalto en maíz.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se realizó en la finca San Nicolás de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras (Figura 1). El sitio se encuentra a 30 km al este de Tegucigalpa, 14° latitud norte, 87° longitud oeste, a 800 msnm. El experimento se realizó del 05 de noviembre al 06 de diciembre del 2023 con una precipitación de 107 mm y una temperatura promedio de 22 C°.

Figura 1

Mapa satelital de la ubicación geográfica del lote Laguna de la finca San Nicolás, ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras, donde se realizó el experimento.



Nota. Figura obtenida de Google Earth Pro

Selección del Lote

Se seleccionó un terreno con características uniformes, ubicado en una zona con topografía plana con una ligera pendiente de 2%. Con un suelo Ar, ArA, ArL y con un pH entre 4.6 y 5.56. Esto garantizó condiciones homogéneas para el experimento. Estas características pudieron haber influido en la eficacia de la fumigación. La textura pudo haber favorecido el acame por retención de agua, mientras que el pH podría haber afectado la salud del maíz, haciéndolo más susceptible a la mancha de asfalto. El lugar elegido fue el lote Laguna, situado en la finca San Nicolás, perteneciente a la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). Contaba con la variedad de maíz forrajero P4082, el cual es susceptible a la enfermedad de la mancha de asfalto, en una densidad de siembra de 7 plantas por metro lineal y distanciamiento de 80 cm entre surcos, bajo un sistema de riego por pivote central. Estas densidades y el sistema de riego pudieron crear un microclima húmedo, afectando la penetración y distribución del fungicida, especialmente en los tratamientos con dron.

Delimitación del Área

Se hizo uso del navegador GPS Montana 750i, el cual cuenta con una autonomía de pila de hasta 330 horas en su modo de bajo consumo y una precisión alta con diferencia mínima (0.5 m). El dispositivo es compatible con múltiples sistemas globales de navegación por satélite (GPS, GLONASS Y GALILEO) lo que mejora su precisión y confiabilidad (Garmin, s.f) Se realizó la delimitación del área del experimento, dejando 4 tratamientos con 4 repeticiones (Cuadro 1), lo que da un total de 16 unidades experimentales con un área de 510 m² cada una. Estas fueron divididas por estacas y diferenciadas con banderines de color seguido de cinta reflectante en las repeticiones con mochila de aspersión. El testigo absoluto, junto con el tratamiento de dron, solo estaban delimitados por estacas y banderines en una de cada una de sus repeticiones.

Cuadro 1

Tratamientos utilizados para la evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.

Tratamiento	Dosis
DR10: Aplicación con dron Agras T-10 Volumen 1	Aplicación con dron a un volumen de 10L/Ha
DR15: Aplicación con dron Agras T-10 Volumen 2	Aplicación con dron a un volumen de 15L/Ha
ASPM: Aplicación con Mochila de Aspersión	Aplicación con un aspersor de mochila SHP-800-2 marca Echo
TestAB: Testigo Absoluto	Cultivo sin aplicación

Rutas de Vuelo

Se utilizó el dron DJI Phantom 4 multiespectral para realizar la fotogrametría al terreno de estudio. En conjunto con las coordenadas trazadas por medio del GPS Montana 750i y la aplicación DJI Terra, se establecieron las rutas de vuelo precisas. Dichas rutas de vuelo posteriormente fueron descargadas del Smart Agriculture Cloud Platform al Smart Control para que se llevaran a cabo las aplicaciones con el dron Agras T10.

Aplicación de Fungicida

Al momento de realizar las aplicaciones del fungicida, se tomaron en cuenta los factores climáticos, como ser la humedad relativa, la temperatura, dirección y velocidad del viento. Además, durante el transcurso del ensayo se continuaron monitoreando las condiciones climáticas (Cuadro 2). El objetivo de esto fue minimizar la pérdida por deriva y evitar el posible lavado del producto (Vargas, 2021). Se dividieron las aplicaciones en dos etapas. Las aplicaciones realizadas el 06 de noviembre del 2023 a las 8:45 am y el 27 de noviembre del 2023 a las 9.15 am.

Cuadro 2

Variables climatológicas de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.

Variables climatológicas	Primera aplicación 30 DDS	Segunda aplicación 51 DDDS
Temperatura (C°)	24,4	24
Humedad relativa (%)	75	77
Velocidad (m/s) / Dirección del viento	1,3/N	1,8/NE
Radiación solar (W/m ²)	514	230
Lluvia (mm)	0	0

Nota. DDS: Días después de siembra.

La primera aplicación se llevó a cabo cuando el cultivo se encontraba en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo a los 30 después de la siembra. Antes de iniciar las aplicaciones, se colocaron cinco unidades de papel hidro-sensible en la parcela útil de cada una de las unidades experimentales. Estos papeles se distribuyeron aleatoriamente en diferentes puntos de la planta (AgroSpray, 2020), ubicándolos en las hojas inferiores, medias y superiores.

Se emplearon tarjetas hidro sensibles de la empresa Syngenta de 27 x 76 mm para evaluar la distribución de la pulverización. Estas son papeles rígidos con una cobertura especial; presentan una coloración amarilla que cambia azul al momento de entrar en contacto con las gotas acuosas. La coloración azul se produce en las áreas donde las gotas impactan. Esto se ha desarrollado con el objetivo de evaluar de manera rápida y precisa la cobertura y uniformidad de la aplicación del fungicida (Syngenta, 2021).

Posteriormente, se calibraron los equipos de aspersión por medio del método ejemplificado por Padilla y Ordoñez, (s.f) quienes mencionan que es necesario cargar una cantidad conocida de agua, medir una distancia en línea recta, recorrerla pulverizando agua siempre manteniendo el mismo ritmo de avance, para luego medir el volumen final, esto para asegurar una dosificación uniforme. Acto seguido, se procedió a aplicar todos los tratamientos, asegurándonos de considerar el tiempo

adecuado para cada aplicación. Se prestó especial atención a mantener una velocidad constante y una altura de 2 metros por encima del cultivo para optimizar la cobertura en ambos dispositivos de aplicación. Después de completar las aplicaciones, se permitió un tiempo de secado suficiente para que las gotas de los productos quedaran impresas en los papeles hidro-sensibles. A continuación, se recolectaron los papeles con cuidado, evitando cualquier manipulación que pudiera alterar las marcas de las gotas.

La segunda aplicación se llevó a cabo cuando el cultivo se encontraba en la etapa fenológica de floración a los 51 días después de siembra. Consecutivamente, se realizó la colocación de los papeles hidro-sensibles de manera estratégica y aleatoria, asegurando una cobertura representativa de las áreas de interés. Luego, se calibraron los equipos de aplicación para poder comenzar las aplicaciones de manera uniforme. Una vez finalizadas las aplicaciones, se permitió un tiempo de secado adecuado para asegurar que las gotas de los productos quedaran claramente impresas en los papeles hidro-sensibles. Finalmente, se recolectaron los papeles con sumo cuidado, evitando cualquier manipulación que pudiera alterar las marcas de las gotas.

Equipo de Aplicación

La aplicación se llevó a cabo con un aspersor de mochila SHP-800-2 marca Echo y con el dron DJI AGRAS T10. La mochila de aspersión SHP-800-2, cuenta con un motor de 22.8 cm³, una capacidad de tanque de 25 litros y una presión máxima de 25 PSI (Echo, 2018). En comparación con el dron DJI AGRAS T10, cuenta con una batería de 9,500 mAh, con un tanque de 8 litros (DJI, 2021). Las aplicaciones con dron se llevaron a cabo con boquillas de cono hueco modelo SX110015VS, las cuales cuentan con un caudal máximo de 2.4 L/min a una presión de 25 PSI, un tamaño de gota de 170-265 µm y con un ancho de pulverización de 3 a 5.5 m. En la mochila de aspersión se utilizó una boquilla tipo cono hueco, la cual cuenta con un tamaño de gota de 170-265 µm, un ángulo de 50° o 60° y una capacidad de descarga de 2 L/min a una presión de 15 PSI. Se cubrieron de manera uniforme todo el

follaje del cultivo, utilizando diferentes volúmenes en el caso de los tratamientos con dron. Para el caso de la mochila de aspersión se mantuvo un volumen constante en cada una de sus repeticiones.

Producto Utilizado

El producto utilizado fue un fungicida sistémico Tebuconazole 200 g/L + Azoxystrobin 120 g/L. El Azoxystrobin es un “fungicida de movimiento translaminar (se mueve a través de la hoja) ascendente que logra controlar enfermedades que se encuentran debajo de la superficie de la hoja. El mismo inhibe la germinación y desarrollo de las esporas por lo que su mejor efecto es al inicio de la infección. También afecta el crecimiento del micelio y esporulación” (Adama, 2020). Por otro lado, el Tebuconazole es un fungicida sistémico de acción curativa, preventiva y erradicante, que se distribuye en forma ascendente dentro de la planta. Su alta solubilidad y gran velocidad de acción le permiten detener rápidamente el desarrollo de los patógenos. Se absorbe rápidamente por la hoja, lo que lo hace resistente al lavado por las lluvias. Para *P. maydis* se recomienda aplicarlo entre desarrollo y prefloración del cultivo, con un máximo de dos aplicaciones por campaña. Entre sus especificaciones se recalca que no es fitotóxico a las dosis en los cultivos recomendados.

Variables Evaluadas

Evaluación del control

Utilizando los muestreos de las unidades experimentales, se compararon los tratamientos evaluados, logrando estimar el daño en cada una de las unidades experimentales. Una vez obtenidos los datos de severidad, se procedió a realizar un análisis comparativo de cada uno de los tratamientos, evaluando los porcentajes de daño causado por *P. maydis*. Para obtener datos representativos de control, se analizaron los rangos de severidad obtenidos de cada repetición. Las aplicaciones con el dron DJI Agras T10 a diferentes volúmenes y la mochila de aspersión SHP-800-2 fueron comparadas con el testigo absoluto, el cual no tuvo aplicación alguna, sirviendo como base para determinar las diferencias de los tratamientos. De igual manera, el análisis comparativo permitió no solo identificar las diferencias en la severidad del daño causado por *P. maydis*, sino también, junto a la cobertura y

uniformidad de aplicación. En la evaluación de control, se promediaron los datos de cada muestreo por unidad experimental de cada tratamiento para luego ser introducidos en el software de análisis estadístico SAS (Statistical Analysis System) y así comprobar que sí hubo diferencias en la variable de control. Los datos se introdujeron por muestreo para obtener datos de control.

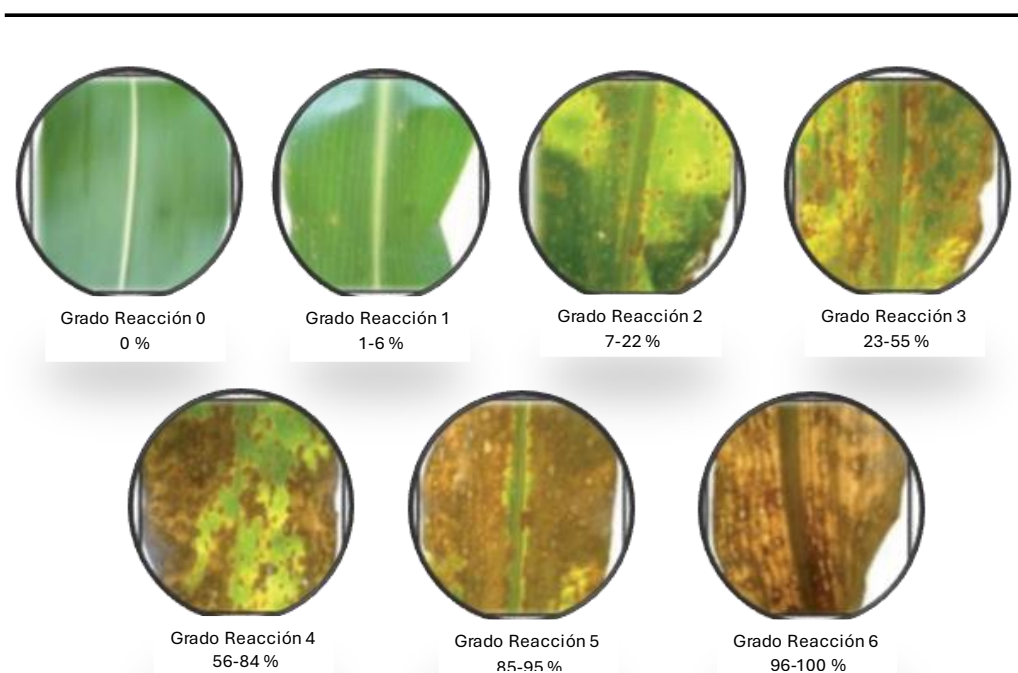
Escala de Severidad Según Grado de Reacción

Se empleó una escala de severidad (Figura 2), la cual va del rango de 0%-100%. El 0% representa una planta sana y el 100% hace referencia a una planta en senescencia y muerte prematura del área foliar. Esta escala está constituida por seis grados de reacción representados según su porcentaje de daño. 0 (0%), 1 (1-6%), 2 (7-22%), 3 (23-55%), 4 (56-84%), 5 (85-95%) y 6 (96-100%) (Hernández Ramos y Sandoval Islas, 2015).

Las evaluaciones realizadas con las muestras recolectadas en campo fueron llevadas a laboratorio para determinar los niveles de severidad en los cuales se encontraba cada uno de los tratamientos en estudio. Este sistema estandarizado para la cuantificación de la enfermedad resultó ser una herramienta ampliamente útil para este estudio, ya que permitió realizar comparaciones puntuales dentro de los resultados, por medio de la replicación de resultados de diferentes instituciones investigadoras.

Figura 2

Escala de severidad empleada para la evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.



Nota. Figura basada en Hernández Ramos y Sandoval Islas (2015).

Muestras en Campo

Se hicieron cuatro muestreos en campo en diferentes estados fenológicos del cultivo en los días 35, 42, 50 y 60 después de la siembra. Después, las muestras se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología para su análisis. En cada muestreo se recolectaron diez hojas de diferentes puntos de la planta (bajeras, medias y altas). Estas muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria dentro de la parcela útil de cada unidad experimental, lo cual ayudó a asegurar la representatividad de los datos. Con el objetivo de determinar la eficacia de las aplicaciones en el control de la enfermedad causada por *P. maydis* y definir la escala diagramática en la que se encuentra la enfermedad.

Cobertura de Aplicación y Promedio de gotas/cm²

Con las aplicaciones ya finalizadas, se procedió a analizar los papeles hidro-sensibles de cada unidad experimental, dividiéndolos según el punto de colocación (hojas altas, medias y bajas) de igual forma por lado (envés y haz de la hoja). El objetivo de esta división era evaluar detalladamente la cantidad de microgotas por cm² aplicadas y la variabilidad existente entre diferentes volúmenes de aplicación, tanto con dron como con mochila de aspersión.

En el caso de la aplicación con dron, se evaluó el alcance de la aplicación en las hojas de la zona baja de la planta y si la diferencia de volúmenes (10 L/ha y 15 L/ha) interfería significativamente en el resultado. El análisis se realizó mediante la aplicación Cuthill HydroreReader, la cual evalúa características específicas como el número, tamaño, cobertura, volumen y densidad de las microgotas por cm² (Cuthill, s.f.). Para así obtener un promedio de gotas/cm². Este procedimiento permitió evaluar la distribución y efectividad del pesticida aplicado en las diferentes partes de la planta, proporcionando una visión clara de la eficiencia de los métodos utilizados.

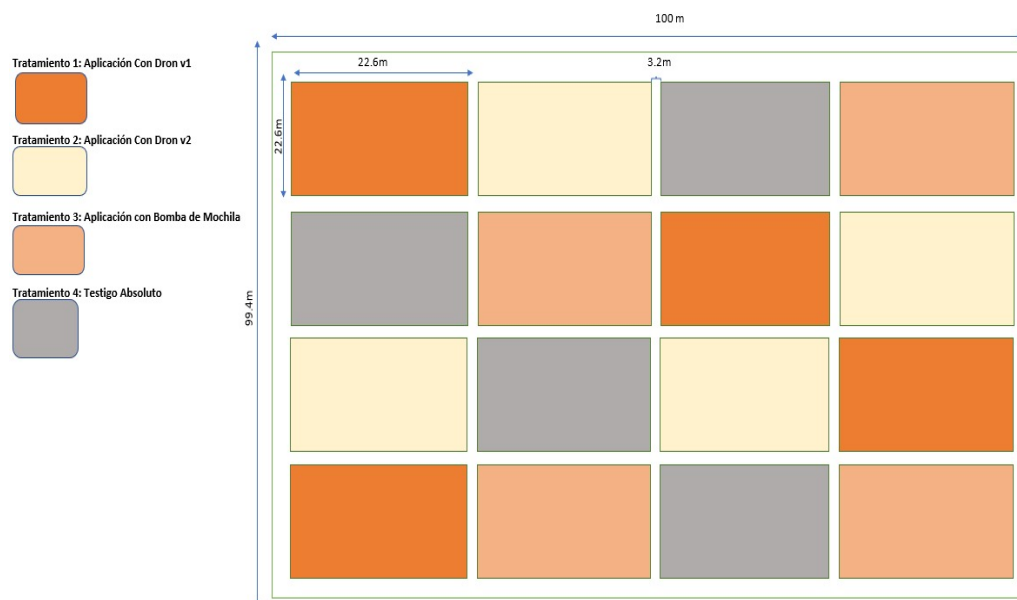
El análisis de las tarjetas se realizó una vez que estas estaban secas, permitiendo determinar el porcentaje de área impactada por las gotas, el tamaño de las gotas y la uniformidad de la aplicación. Dando una base cuantitativa para el estudio. Con los datos obtenidos de los papeles hidro-sensibles brindados por Cuthill, se realizó el análisis, dividiendo los resultados en la calidad de aplicación en hojas altas, medias y bajas. Debido a que el daño de *P. maydis* inicia en la zona baja de la planta (Muñiz Izquierdo, 2022). Con la ayuda del software estadístico SAS (Statistical Analysis System) se obtuvo un promedio de gotas/cm² de todos los tratamientos en las diferentes zonas de la planta, excluyendo el TestAB, ya que en este no se realizaron aplicaciones con el fin de comparar si el volumen de aplicación en dron cambia la penetración de la aplicación en el cultivo y si la aplicación con mochila tiene una mejor uniformidad de aplicación en todas las zonas de la planta.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Las plantas se distribuyeron en el campo siguiendo un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (Figura 3). Los tratamientos fueron distribuidos al azar, por medio de una tabla de Excel y una fórmula de aleatorización donde se colocaron los números de parcelas y los tratamientos, para generar de manera automática su distribución.

Figura 3

Distribución de tratamientos utilizados en el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del



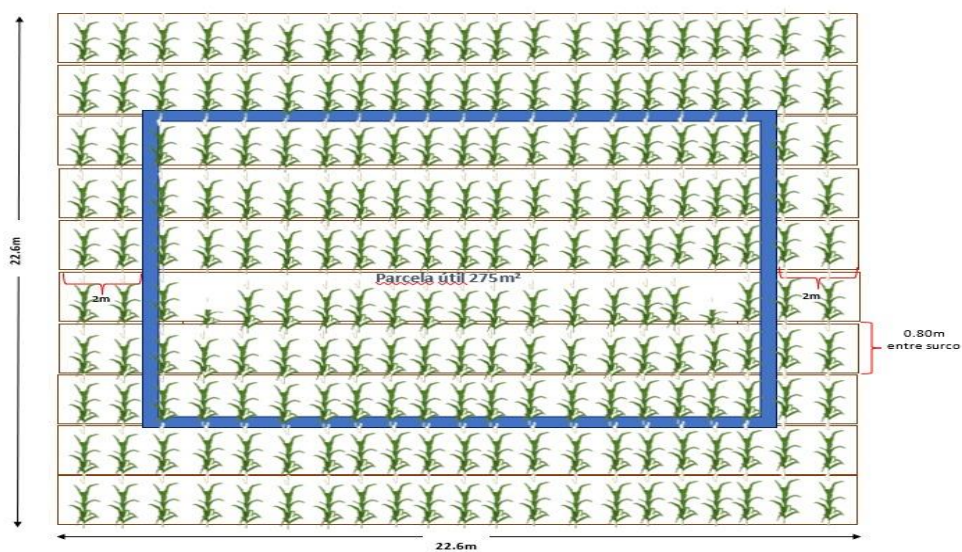
2023.

Tamaño de unidad experimental

Cada parcela experimental estuvo conformada por un área de 22.60 m de largo por 22.60 m de ancho, abarcando un total de 510 m². La distancia entre surcos fue de 0.8 m. La parcela útil estuvo constituida por los 28 surcos centrales, dejando 2 m al inicio y 2 m al final de cada surco, resultando en un área útil de 275 m²(Figura 4).

Figura 4

Área de unidad experimental los tratamientos utilizados para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.



Resultados y Discusión

Los datos obtenidos en el primer muestreo realizado el 11 de noviembre del 2023, indican que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre TestAB en comparación con ASPM, el cual fue el que presentó mejor control de la enfermedad. Al finalizar la primera aplicación, se observó que, debido al tamaño de las plantas, el estado del suelo y la distribución del aire generado por el dron, las plantas de maíz se acamaron. Este fenómeno puede explicarse por el impacto combinado de varios factores ambientales y físicos (Arellano et al., 2000). La altura y densidad de las plantas aumentaron la susceptibilidad al acame, mientras que el estado del suelo posiblemente afectó la estabilidad de las plantas. Además, la distribución del aire por el dron, la cual estuvo dentro de los parámetros normales en cuanto a la dispersión del fungicida, pudo haber contribuido a este problema al generar corrientes de aire que desestabilizaron las plantas.

Los datos obtenidos del segundo muestreo realizado el 18 de noviembre del 2023, en el cual se ve reflejado que, debido a su mejor calidad de aplicación, el ASPM (Cuadro 3) tuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) sobre el resto de los tratamientos. En comparación con el primer muestreo, DR10 y DR15 comienzan a presentar limitaciones en cuanto a ASPM. Esto se debe a que el promedio de gotas/cm² fue mayor por parte de ASPM en las diferentes zonas de la planta y a lo largo del estudio. Podríamos inferir que las limitaciones presentadas por el método de aplicación con dron podrían deberse a su sistema de ultra bajo volumen (UVB), el cual según estudios como (Wang et al., 2023) lo mencionan como un sistema deficiente que presenta una alta deriva, al contrario de ASPM que cuenta con un sistema de aspersión hidráulico con una eficiencia mayor (Anexo E).

En el muestreo tres realizado el 26 de noviembre del 2023, se observó que ASPM tuvo un control mayor de la enfermedad en comparación a los demás tratamientos. Esto fue el resultado de una aplicación uniforme y exitosa. (Cuadro 3), esto debido a su bajo promedio de aplicación (gotas/cm²). El muestreo cuatro, el cual fue evaluado el 06 de diciembre del 2023, reflejó que los tratamientos DR10 y DR15, los cuales fueron aplicados con dron, no tuvieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre

sí. Se observó un comportamiento consistente en comparación con el segundo muestreo, donde los tratamientos comenzaron a demostrar un control efectivo sobre la enfermedad. En contraste con el TestAB, el desarrollo de la enfermedad continuó sin interrupciones (Cedeño, 2020).

Cuadro 3

Muestreos de campo para la evaluación de la severidad del complejo de mancha de asfalto según el promedio de incidencia con base en la calificación por clase de daño en el lote Pivote Laguna de la Escuela Agrícola Panamericana, analizados para los cuatro tratamientos del experimento en las cuatro repeticiones. Noviembre del 2023

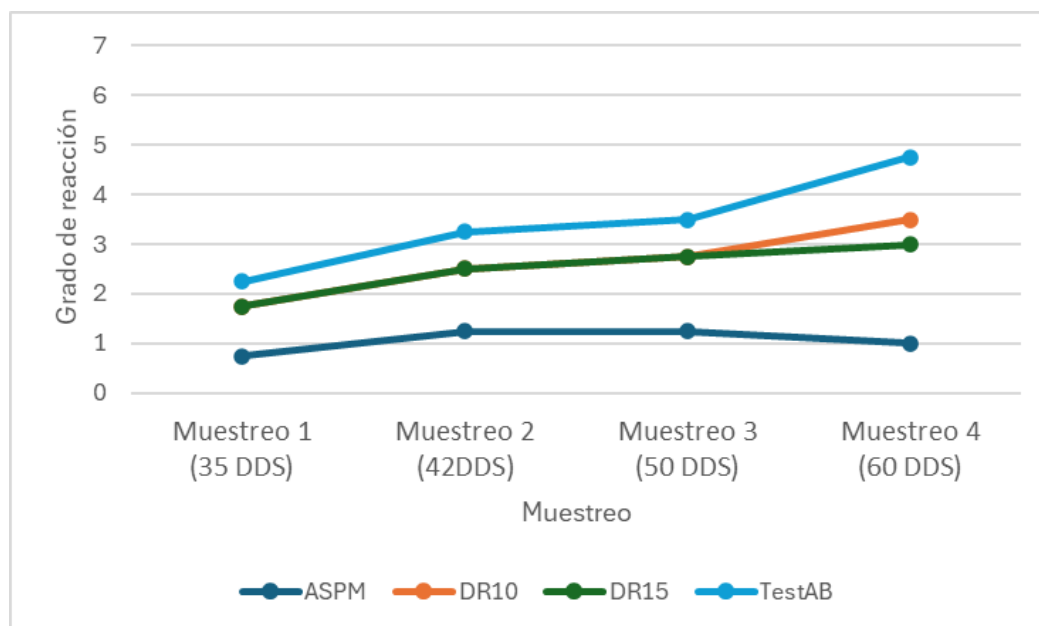
Tratamiento	Muestreo 1 35 DDS	Muestreo 2 42 DDS	Muestreo 3 50 DDS	Muestreo 4 60 DDS
ASPM	0.75 ^a	1.25 ^a	1.25 ^a	1 ^a
DR10	1.75 ^{ab}	2.5 ^b	2.75 ^b	3.5 ^b
DR15	1.75 ^{ab}	2.5 ^b	2.75 ^b	3.0 ^b
TestAB	2.25 ^b	3.25 ^b	3.5 ^b	4.75 ^c
R ²	0.60	0.65	0.77	0.85
C.V.	29.65	27.52	20.84	22.31

Nota. Medias con la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$). ASPM: Aplicación con mochila de aspersión. DR10: dron 10 L/ha. DR15: dron 15 L/ha. TestAB: Testigo absoluto. DDS: Días después de siembra.

ASPM presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en comparación con el resto de los tratamientos, de igual manera que el TestAB. Gracias al análisis detallado de los muestreos, se logró observar que ASPM mantuvo el control durante todo el experimento debido a su alta uniformidad y calidad de aplicación (Figura 5). Mientras tanto, DR10 y DR15 defirieron al TestAB hasta la segunda aplicación. Lo que confirma el estudio publicado por Syngenta (2021) que indica que para una buena aplicación de fungicidas sistémicos se necesitan de 30 a 40 gotas/cm².

Figura 5

Gráfico comparativo de control durante los 4 tratamientos del experimento Evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.



Nota. DDS: Días después de siembra. ASPM: Aplicación con mochila de aspersión. DR10: dron 10 L/ha. DR15: dron 15 L/ha. TestAB: Testigo absoluto.

Promedio de Gotas/cm²

ASPM tuvo un promedio de gotas/cm² de 74.5 en hojas de la zona alta de la planta, lo cual indicó que sí hay diferencia significativa en comparación con el resto de los tratamientos (Cuadro 4). Sin embargo, DR10 y DR15 no difirieron entre sí. La primera aplicación con ASPM obtuvo un promedio de 90.25 gotas/cm², lo que se debió a que en el momento de la aplicación el cultivo tenía 30 después de la siembra; por lo tanto, la aplicación era mucho más sencilla para el operador. En cambio, los tratamientos DR10 y DR15 tuvieron promedios más bajos en comparación al de ASPM debido a las corrientes de aire que soltaba el dron y que favorecieron a él acame.

Cuadro 4

Promedio de gotas/cm² en hojas de zona alta de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.

Tratamiento	Aplicación 30 DDS gotas/cm ²	Aplicación 51 DDS gotas/cm ²	Promedio de Aplicaciones gotas/cm ²
ASPM	90.25 ^a	58.75 ^a	74.5 ^a
DR15	32.25 ^b	32.75 ^b	32.5 ^b
DR10	26.75 ^b	29.5 ^b	28.12 ^b
R2			0.96
C.V			19.31

Nota. Medias con la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$). ASPM: Aplicación con mochila de aspersión. DR10: Dron 10 L/ha. DR15: Dron

15 L/ha. TestAB: Testigo absoluto. DDS: Días después de siembra

En las hojas de zona media se observó un mínimo aumento en el promedio de gotas/cm² del ASPM, debido a que las hojas de zona media se encontraban a la altura del operador de la mochila de aspersión (Cuadro 5).

Cuadro 5

Promedio de gotas en hojas de zona media de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.

Tratamiento	Aplicación 30 DDS gotas/cm ²	Aplicación 51 DDS gotas/cm ²	Promedio de aplicaciones gotas/cm ²
ASPM	74.5 ^a	80 ^a	77.25 ^a
DR15	24 ^b	20.25 ^b	22.12 ^b
DR10	20.5 ^b	16 ^b	18.25 ^b
R ²			0.96
C.V			19.31

Nota. Medias con la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$). ASPM: Aplicación con mochila de aspersión. DR10: Dron 10 L/ha. DR15: Dron

15 L/ha. TestAB: Testigo absoluto. DDS: Días después de siembra

El porcentaje de gotas/cm² en DR10 y DR15 tuvo una reducción representativa en comparación a las demás zonas de la planta. Esto es debido a que el dron es un sistema de aplicación aéreo; su penetración a zonas bajas de la planta se ve afectada, como lo plantea Hussain et al., (2022) (Cuadro 6). Al igual esto podría deberse a sus volúmenes de aplicación, según Andrew (2021), al utilizar volúmenes de 10 L/ha con drones en cultivos con un follaje denso como ser el maíz en zonas medias se consiguen promedios de aplicación de hasta 20 gotas/cm². En su estudio, recomienda utilizar volúmenes mínimos de 20 L/ha en cultivos densos como el maíz para lograr obtener un promedio de aplicación de hasta 30 gotas/cm². Por otro lado, ASPM siguió obteniendo un promedio de gotas/cm² mayor al óptimo propuesto por (Syngenta, 2021), por lo que se sigue considerando una buena cobertura de aplicación.

Cuadro 6

Promedio de gotas en hojas de zona baja de ambas aplicaciones para el experimento de evaluación del control del complejo de mancha de asfalto en maíz mediante la fumigación del fungicida Custodia® con dron DJI Agras T10 y mochila de aspersión SHP-800-2 en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en noviembre del 2023.

Tratamiento	Aplicación 30 DDS gotas/cm ²	Aplicación 51 DDS gotas/cm ²	Promedio de Aplicaciones gotas/cm ²
ASPM	39.5 ^a	62.75 ^a	51.12 ^a
DR15	16.25 ^b	6.75 ^b	11.50 ^b
DR10	9.25 ^b	2 ^b	5.62 ^b
R ²			0.96
C.V			19.31

Nota. Medias con la misma letra no difieren entre sí (P> 0.05). ASPM: Aplicación con mochila de aspersión. DR10: dron 10 L/ha. DR15: dron 15 L/ha. TestAB: Testigo absoluto. DDS: Días después de siembra

Durante el experimento, ASPM presentó diferencias significativas (P< 0.05) en comparación con el resto de los tratamientos, lo cual respalda el estudio “Evaluación de la distribución de gotas en la pulverización de plaguicida en maíz por el método tradicional y por dron” el cual menciona que la aplicación con bomba de mochila obtuvo un porcentaje mayor de aplicación en comparación con el

dron. Esto pudo deberse a la diferencia de agua utilizada para la aplicación del producto (Cedeño, 2020).

Conclusiones

La mochila de aspersión SHP-800-2 mostró una mejor efectividad en el control de la enfermedad, ya que se observó una menor severidad de daño del complejo de mancha de asfalto, en comparación con el dron DJI Agras T10.

La aplicación con el dron DJI Agras T10 presentó limitaciones en la penetración del fungicida en las zonas medias y bajas de la planta; por otro lado, la mochila de aspersión SHP-800-2 mostró tener una aplicación y cobertura más efectiva en las diferentes zonas de la planta, lo cual explica el mejor control resultante en este estudio.

El uso de diferentes volúmenes de aplicación con el dron (10 L/ha y 15 L/ha) no mostró diferencias significativas en la efectividad de control de la enfermedad.

Recomendaciones

Impulsar investigaciones con drones de mayor capacidad para demostrar si estos logran tener una mejor penetración en zonas de interés como lo son las hojas medias y bajas.

Investigar sobre el uso de drones para las aplicaciones contra plagas, enfermedades y malezas bajo diferentes condiciones.

Se recomienda capacitar al personal técnico en el manejo y mantenimiento de drones agrícolas, asegurando un uso efectivo de estas tecnologías.

Para futuros proyectos investigativos, sería crucial tener control sobre todas las labores culturales y el proceso desde la siembra hasta la cosecha, para evaluar si los diferentes controles representan diferencias significativas al momento de cosecha.

Para futuros ensayos se recomienda la investigación de drones equipados con sistemas de aplicación centrifugo, ya que podría reducir significativamente el tiempo, la mano de obra requerida y mejorar la cobertura durante las aplicaciones.

Realizar evaluaciones con el método de tinción con drones, el cual consiste en sustancias inertes que se mezclan con el producto químico y se pueden detectar fácilmente después de la aplicación bajo luz ultravioleta.

Referencias

- Adama. (2020, 13 de julio). *Ficha técnica Custodia*. www.adama.com
- AgroSpray. (2020). *Papel Hidrosensible: Todo lo que Necesitas Saber*. <https://agrospray.com.ar/blog/papel-hidrosensible/>
- Andrew, E. C. (2021). *Evaluating Efficacy of Aerial Pesticide Spray Applications Using Drones*. University of Maryland Extension.
- Arellano, J., Salinas, Y. y Mendoza, A. (2000). Efecto del ethrel sobre el acame. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 129-140. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/23-1/13a.pdf>
- Cedeño, K. V. (2020). Evaluación de la distribución de gotas en la pulverización de plaguicida en maíz por el método tradicional y por dron. *Revista De Las Agrociencias*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8232840.pdf>
- Cuthill. (s.f). *Hydroreader*. <https://www.cuthill.com.ar/hydroreader/>
- DJI. (2021). *T10 - Specifications - DJI*. <https://www.dji.com/global/t10/specs>
- Echo. (2018). *SHP-800-2*. <https://www.echo-latinamerica.com/es/motorized-sprayers/shp-800-2#specs>
- Food and Agriculture Organization. (2024). *The state of food security and nutrition in the world 2024*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6bfb91d8-44d8-4c0d-af48-66a11bf0fb08/content/state-food-security-and-nutrition-2024/financing-food-security-nutrition.html#gsc.tab=0>
- García, J. y Pérez, L. (2020). Eficacia de la aplicación de fungicidas mediante mochila de aspersión en el control de la mancha de asfalto del maíz. *Revista De Agricultura Tropical*, 45(2), 112–119.
- Garmin. (s.f). *Montana® 750i*. <https://www.garmin.com/es-ES/p/690986#specs>
- Hernández Ramos, L. y Sandoval Islas, J. S. (2015). Escala Diagramática de Severidad para el Complejo Mancha de Asfalto del Maíz. *Revista mexicana de fitopatología*, 33(1), 95–103. <https://www.redalyc.org/journal/612/61240687007/html/>
- Hock, J., Dittrich, U., Renfro, B. L. y Kranz, J. (1992). Sequential development of pathogens in the maize tarspot disease complex. *Mycopathologia*, 117(3), 157–161. <https://doi.org/10.1007/BF00442777>
- Hussain, M., Telenko, D. E. P., Wang, Z., Huang, G., Mo, Y., Kaousar, R. y Duan, L. (2022). Comparison of Droplet Deposition, 28-Homobrassinolide Dosage Efficacy and Working Efficiency of the Unmanned Aerial Vehicle and Knapsack Manual Sprayer in the Maize Field. *Agronomy*, 12(2), 385. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020385>
- Jaramillo. (2023). *Comparación de la calidad de aplicación de glifosato en maíz mediante el uso del dron DJI Agras T10 y el asperjador Jacto Columbia 2000* [Proyecto Especial de Graduación]. Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3982f1dc-1b77-41be-9649-c61647f0a4d5/content>
- Kleczewski, N. M., Plewa, D. E., Bissonnette, K. M., Bowman, N. D., Byrne, J. M., LaForest, J., Dalla-Lana, F., Malvick, D. K., Mueller, D. S., Chilvers, M. I., Paul, P. A., Raid, R. N., Robertson, A. E., Ruhl, G. E., Smith, D. L. y Telenko, D. E. P. (2020). Documenting the Establishment, Spread,

- and Severity of *Phyllachora maydis* on Corn, in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), Artículo 14. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa012>
- Muñiz Izquierdo, M. (2022). *Plagas agrícolas: Mancha de asfalto*. Universidad de Matanzas, Cuba. <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1559/TM.%2022.%20Marilina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nunes, E. C. (2023, 8 de julio). *Employing Drones in Agriculture: An Exploration of Various Drone Types and Key Advantages*. <https://arxiv.org/pdf/2307.04037>
- Ortega, J. y Gómez, F. (2019). Manejo de cultivos forrajeros en América Latina.
- Padilla, M. y Ordoñez, M. (Eds.). (s.f). *Calibración de equipo de aspersión y dosificación de plaguicidas*.
- Puerto, C. y Avellaneda, C. (2021). Vista de Epidemiología de la mancha de asfalto en maíz bajo diferentes estrategias de manejo. *Ceiba*(Zamorano Investiga), 65–82. <https://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/view/1269/1205>
- Robles Jimenez, L. E., Ruiz-Pérez, J. A., Morales-Osorio, A., Gutiérrez-Martínez, M. d. G. y González-Ronquillo, M. (2017). Producción de forraje, composición química y producción de gas in vitro de maíces híbridos amarillos cultivados en México. *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814007.pdf>
- Rodríguez, M. y Sánchez, H. (2018). Métodos de aplicación de fungicidas en el manejo de enfermedades foliares del maíz, 34(1), 45-52.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N. y Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Syngenta. (2021). *Manual en Tecnología de Aplicación*. https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/kgtny396/files/migration/f/2021/04/16/manual_en_tecnologia_de_aplicacion_syngenta.pdf
- Vargas, A. (2021, 26 de abril). Condiciones ideales para la aplicación de fitosanitarios. *Cifca*. <https://cifca.agr.una.py/uncategorized/condiciones-ideales-para-la-aplicacion-de-fitosanitarios/>
- Wang, G., Zhang, T., Song, C., Yu, X., Shan, C., Gu, H. y Lan, Y. (2023). Evaluation of Spray Drift of Plant Protection Drone Nozzles Based on Wind Tunnel Test. *Agriculture*, 13(3), 628. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030628>
- Zhang, C., Walters, D. y Kovacs, J. M. (2014). Applications of low altitude remote sensing in agriculture upon farmers' requests--a case study in northeastern Ontario, Canada. *PLoS One*, 9(11), e112894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112894>

Anexos

Anexo A

Delimitación de área



Anexo B

Colocación de papel hidrosensible y aplicación



Anexo C

Aplicación con dron y retiro de papel hidrosensible



Anexo D

Muestras de las plantas.





Anexo E

Prueba de Duncan de todas las aplicaciones divididas por zonas de la planta.

Tratamiento	Aplicación	Área	Gotas/cm ²	Ls mean#	Duncan
ASPM	1	Alta	90.25	13	A
ASPM	2	Media	80	18	B
ASPM	1	Media	74.5	15	B
ASPM	2	Baja	62.75	17	C
ASPM	2	Alta	58.75	16	C
ASPM	1	Baja	39.5	14	D
DR15	2	Alta	32.75	10	DE
DR15	1	Alta	32.25	7	DE
DR10	2	Alta	29.5	4	EFG
DR10	1	Alta	26.75	1	EFGH
DR15	1	Media	24	9	EFGHI
DR10	1	Media	20.5	3	FGHI
DR15	2	Media	20.25	12	GHI
DR15	1	Baja	16.25	8	HIJ
DR10	2	Media	16	6	IJ
DR10	1	Baja	9.25	2	JK
DR15	2	Baja	6.75	11	JK
DR10	2	Baja	2	5	K

Nota. Medias con la misma letra no difieren entre sí (P> 0.05)