

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



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de imágenes multiespectrales para la comparación de
nematicidas biológicos, sintéticos y enmiendas orgánicas en el cultivo de
sandía (*Citrullus lanatus* L.)**

Estudiante

Kelley Del Rosario Rodríguez Barría

Asesores

Carlos Rogelio Trabanino Young, M.Sc.

David Antonio Moreira Cálix. M.Sc.

Miguel Erlindo Cocom Babb, Ing. Agr.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	8
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Materiales y Métodos	15
Ubicación.....	15
Cultivar	15
Establecimiento del Cultivo de Cobertura	15
Enmiendas Orgánicas	15
Cultivo y Variedad	16
Tratamientos	16
Trasplante a Campo	18
Polinización	18
Aplicación de los tratamientos.....	19
Teledetección con VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados).....	19
Procesamiento de Imágenes Multiespectrales	19
Variables medidas	20
Sobrevivencia de Plantas.....	20
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	20
Desarrollo del Cultivo	20
Rendimiento del Cultivo.....	21

Severidad de Agallamiento de Raíces	21
Densidad Poblacional de Nematodos Fitoparásitos	22
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	23
Resultados y Discusiones	24
Sobrevivencia de Plantas.....	24
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	24
Rendimiento del Cultivo.....	26
Severidad de Agallamiento de Raíces	27
Densidad Poblacional de Melodoigyne spp.	27
Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como <i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i> , <i>Helicotylenchus</i> spp. y <i>Rotylenchulus reniformis</i> en el Lote	28
Análisis de Correlaciones	29
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
Referencias.....	34
Anexos.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Cantidades Usadas por Producto Evaluados del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	16
Cuadro 2 Cantidades Usadas por Tratamiento Evaluados en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	17
Cuadro 3 Distribución del cultivo de cobertura con los diferentes tratamientos del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	18
Cuadro 4 Descripción y Puntuación de Daños en el Desarrollo del Cultivo Encontrados en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	21
Cuadro 5 Resumen de los resultados con respecto a los factores de cobertura, tratamiento y la interacción entre estos con cada una de las variables en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	24
Cuadro 6 Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros de NDVI en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	25
Cuadro 7 Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros de Desarrollo del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	26
Cuadro 8 Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de Desarrollo del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	26
Cuadro 9 Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros del Rendimiento del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	27
Cuadro 10 Efecto de la Cobertura sobre Agallamiento y la Densidad Poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	28

Cuadro 11 Efecto de la Cobertura sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp. y <i>Rotylenchulus reniformis</i> en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	28
Cuadro 12 Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp. y <i>Rotylenchulus reniformis</i> en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano	29
Cuadro 13 Correlación entre el Índice Diferenciado de Vegetación Normalizada y Parámetros del Desarrollo del Cultivo, Rendimiento, Agallamiento y Densidad Poblacional de Nematodos en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.....	31

Índice de Figuras

Figura 1 Distribución de Unidades Experimentales del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	17
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Fotografía de la Ubicación del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	36
Anexo B Fotografía antes de la incorporación de las Enmiendas Orgánicas Dirigidas Tomadas del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	37
Anexo C Cultivo de sandía establecido en el lote con su respectiva malla antiviral en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	38
Anexo D Sistema de Inyección de CO ₂ Conectada al Sistema de Riego del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	39
Anexo E DJI Phantom 4© y Equipo para Realización de los Vuelos en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	40
Anexo F Mapas Creados para Visualizar las Clasificaciones del Índice NDVI (Alto, Medio Y Bajo) en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano	41
Anexo G Fotografías de las Evaluaciones del Desarrollo del Cultivo y las Referencias de un 100% en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano	42
Anexo H Índice de Agallamiento Creado por Bridge y Page (1980)	43
Anexo I Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de NDVI en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	44
Anexo J Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros de NDVI en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ...	45
Anexo K Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros del Desarrollo del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	46

Anexo L Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros del Rendimiento del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	47
Anexo M Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros del Rendimiento del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana.....	48
Anexo N Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de Agallamiento y la Densidad Poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	49
Anexo O Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros de Agallamiento y la Densidad Poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	50
Anexo P Efecto de los Tratamientos sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Helicotylenchus</i> spp. y <i>Rotylenchulus reniformis</i> en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano	51

Resumen

Los nematodos fitoparásitos son una de las plagas más importante en el cultivo de sandía a nivel mundial. La agricultura de precisión permite desarrollar enfoques innovadores para el manejo integrado de nematodos, facilitando la labor para agricultores. El objetivo del experimento fue evaluar la efectividad de tres enmiendas orgánicas, dos nematicidas sintéticos y uno biológico bajo dos condiciones de suelo con cultivo de cobertura y sin este, determinar los niveles de reflectancia (NDVI) en el cultivo de sandía tratados con tres enmiendas orgánicas, dos nematicidas sintéticos y uno biológico y evaluar la correlación de las imágenes multiespectrales con los diferentes parámetros fisiológicos de las plantas y población de nematodos, bajo un programa de manejo del cultivo propuesto por Grupo Soleado, S.A. y el Laboratorio de Nematología Hortícola y Frutal de la Universidad de Florida. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial de 7×2, que incluyó 14 tratamientos con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron sobrevivencia de plantas, desarrollo del cultivo, rendimiento, agallamiento en raíces, densidad poblacional de nematodos y NDVI. Las imágenes multiespectrales evaluadas proporcionaron resultados positivos con respecto a la interacción con el NDVI la densidad poblacional de *Meloidogyne*, ante diferentes tratamientos utilizados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad Micky Lee, se encontró que los compuestos químicos tuvieron mejor efecto sobre todo en cuanto al NDVI, desarrollo del cultivo y rendimiento, también de manera positiva en cuanto al uso del cultivo de cobertura.

Palabras claves: Drones, imágenes multiespectrales, nematodos fitoparásitos.

Abstract

Plant-parasitic nematodes are one of the most important pests of watermelon worldwide. Precision agriculture allows the development of innovative approaches for the integrated management of nematodes, facilitating the work for farmers. The objective of the experiment was to evaluate the effectiveness of three organic amendments, two synthetic and one biological nematicide under two soil conditions with and without cover crop, to determine the reflectance levels (NDVI) in the watermelon crop treated with three organic amendments, two synthetic and one biological nematicide, and to evaluate the correlation of multispectral images with the different physiological parameters of the plants and nematode population, under a crop management program proposed by Grupo Soleado, S. A. and the Nematode Laboratory. A. and the Horticultural and Fruit Nematology Laboratory of the University of Florida. A randomized complete block design (BCA) with a 7×2 factorial arrangement was used, which included 14 treatments with five replications. The variables evaluated were plant survival, crop development, yield, root galling, nematode population density and NDVI. The multispectral images evaluated provided positive results with respect to the interaction with NDVI and *Meloidogyne* population density, with different treatments used on watermelon (*Citrullus lanatus* L.) Micky Lee variety, it was found that the chemical compounds had a better effect on NDVI, crop development and yield, also positively with respect to the use of the cover crop.

Key words: drones, multispectral imaging, plant-parasitic nematodes.

Introducción

Honduras se encuentra entre los principales exportadores de Sandía en Centroamérica y cuenta con un aproximado de 3,600 hectáreas para su producción, principalmente en el departamento de Valle y Choluteca, El Paraíso, Olancho y Yoro, debido a que estos lugares tienen condiciones favorables para el buen desarrollo de sandía (Martínez 2018). El cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) es sumamente vulnerable a patógenos del suelo incluyendo hongos, nematodos fitoparásitos o bacterias. Los nematodos fitoparásitos son una de las plagas más importante en el cultivo de sandía (Cabrera et al. 2015). Estos son en su mayoría organismos microscópicos, filiformes y transparentes que habitan en casi todo tipo de ambiente y se categorizan ampliamente de acuerdo con su fuente de alimento como nematodos de vida libre (bacteriófagos, fungívoros, depredadores) o nematodos fitoparásitos quienes se alimentan de plantas. Perry y Moens (2013) reconocen a los nematodos fitoparásitos como ambos parásitos y patógenos de plantas ya que algunos géneros como *Meloidogyne* causan enfermedades como la enfermedad del nudo de la raíz en las plantas que infectan.

Se estima que los nematodos fitoparásitos causan más de cien mil millones de dólares al año en daños a todos los cultivos en el mundo, lo que podría llegar a representar más del 10% de la producción global de cultivos (Bernard et al. 2017). Durante el periodo vegetativo, el desarrollo de la cubierta vegetal puede ser un indicador para identificar daños, sin embargo los síntomas visuales en partes aéreas suelen atribuirse a otras causas y pueden confundirse por deficiencias nutricionales o daños causados por insectos u otros patógenos cuando en realidad el problema podría ser causado por nematodos fitoparásitos, no obstante se deben realizar muestreos de suelos para conocer la densidad poblacional de los nematodos (Sikora et al. 2021).

La mayoría de los nematodos tienen un ciclo de vida con diferentes etapas, que incluyen el huevo, cuatro estados juveniles (J1, J2, J3, J4) y finalmente el estado adulto. Todos los nematodos

tienen al menos una etapa de vida que se pueden encontrar en el suelo (Grabau et al. 2022). Los adultos suelen depositar los huevos en el suelo y al eclosionar, el estadio J2 es el único capaz de moverse a través del perfil del suelo; los demás estadios se desarrollan en la mayoría de los casos dentro de la raíz, algunas veces estos pueden formar agallas (Perry y Moens 2013).

Entre los nematodos fitoparásitos que afectan el cultivo de sandía suelen sobresalir los nematodos del género *Meloidogyne*, quienes aparte de provocar agallamiento también abren heridas en las raíces que permiten la entrada a otros patógenos del suelo como *Fusarium oxysporum* por lo que muestreos del sistema radicular a plantas es una herramienta valiosa en el manejo integrado de nematodos fitoparásitos (Sikora et al. 2021). También afectan al cultivo de sandía nematodos del género *Pratylenchus spp.*, *Tylenchus spp.* y *Helicotylenchus spp.* (Laasli et al. 2021).

Es importante destacar que el manejo de nematodos fitoparásitos generalmente se logra mediante una combinación de diferentes estrategias, lo que se conoce como manejo integrado de nematodos (Sikora et al. 2021). Entre las diferentes estrategias se encuentra la incorporación de *Crotalaria Juncea* L. quien contiene un alcaloide pirrolizidínicos que actúan como toxina para algunos géneros de nematodos, también se utilizan enmiendas orgánicas, algunos ejemplos de estas son la cachaza (subproducto de la producción de azúcar), la gallinaza (estiércol de aves) y la melaza (subproducto del procesamiento de caña de azúcar), que además de aumentar la fertilidad del suelo, promueven el crecimiento o establecimiento de microorganismos y nematodos benéficos que pueden llegar a ser depredadores, competidores o adversarios de los nematodos fitoparásitos.

Entre otras alternativas existen nematicidas sintéticos como Agrocelhone D (dicholopropene 97% P/P) y Nimitz 48 EC (fluensulfone 48%), los cuales contienen compuestos químicos que afectan a los nematodos, ya sea interfiriendo con su sistema nervioso, su desarrollo o su capacidad para reproducirse y disminuir los daños que causan a los cultivos. También están los

controladores biológicos PAZAM® (*Paecilomyces lilacinus*) 13 WP y TRICHOZAM® 10 WP (*Trichoderma harzianum*) que son productos utilizados como agentes de control biológico de nematodos. En el caso de *Paecilomyces lilacinus* este penetra en los nematodos, lo parasita y liberan toxinas que causan la degradación de los tejidos del nematodo provocando su muerte, también puede actuar inhibiendo su desarrollo, como lo hace *Trichoderma harzianum* mediante la producción de metabolitos secundarios con propiedades antagónicas a los nematodos.

A través de drones se pueden obtener imágenes de alta precisión de áreas cultivadas, monitoreando deficiencias abarcando cientos de hectáreas en un solo vuelo, para realizar aplicaciones dirigidas posteriormente, lo que nos permite reducir los altos costos de contratar personal para esta actividad, disminuyendo problemas de nubes como las imágenes satelitales. Usando ciertos programas de procesamiento de imágenes, se pueden compilar las mismas, obtener ortofotos del terreno, aplicando algoritmos a dichas imágenes pueden obtener índices como el Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) que permiten tener información de la reflectancia de los cultivos (Meneses et al. 2016). Se ha demostrado que el análisis de imágenes satelitales representa una gran ayuda en el ámbito de la agricultura y se pueden obtener resultados significativos en comparación con el análisis de imágenes digitales que muestran únicamente el rango visible del espectro electromagnético (Sánchez Méndez y Arguijo Hernández 2018).

El objetivo del experimento fue evaluar la efectividad de tres enmiendas orgánicas, dos nematicidas sintéticos y uno biológico bajo dos condiciones de suelo con cultivo de cobertura y sin este, determinar los niveles de reflectancia (NDVI) en el cultivo de sandía tratados con tres enmiendas orgánicas, dos nematicidas sintéticos y uno biológico y evaluar la correlación de las imágenes multispectrales con los diferentes parámetros fisiológicos de las plantas y población de nematodos

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento se realizó en un cultivo de sandía *Citrullus lanatus* L. de la variedad Micky Lee en el lote 6 del terreno denominado Florencia 2 (Anexo A), de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada a 30 km al sureste de Tegucigalpa, carretera a Danlí, en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lote se encuentra a una altura de 800 msnm, con una latitud de 14°0'N e longitud de 87°0'O y una temperatura promedio anual de 24 °C.

Manejo del Cultivo

Establecimiento del Cultivo de Cobertura

El lote se dividió en dos partes, en una de estas se estableció un cultivo de cobertura, utilizando *Crotalaria juncea*, el cual se sembró el 18 de noviembre del 2022 en surcos a una distancia de 40 cm y una longitud de 64 m. Al momento de la floración (48 DDS), la *Crotalaria juncea* se incorporó a 30 cm de profundidad con cuatro pases de rastra pesada en la mitad hacia el norte del lote mientras la otra parte se dejó en barbecho hasta el momento del trasplante de la sandía 80 días después de siembra del cultivo de cobertura

Enmiendas Orgánicas

Se crearon camellones para delimitar el espacio de las aplicaciones dirigidas (Anexo B) en cada una las enmiendas orgánicas como la cachaza, gallinaza y melaza (Cuadro 1), las cuales posteriormente se incorporaron al suelo mediante labores agrícolas y las camas se emplasticaron a los 17 días con una lámina de plástico color negro para establecer el cultivo.

Cuadro 1

Cantidades Usadas por Producto Evaluados del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Producto	Dosis
Gallinaza	15 Tn/ha
Melaza	14 L/Ha
Cachaza	15 Tn/ha

Cultivo y Variedad

El cultivar de Sandía (*Citrullus lanatus* L.) usado en este proyecto fue el híbrido Mickey Lee (Seminis Vegetables Seeds, USA) proporcionado por Grupo Soleado, SA, quienes se encargaron del manejo agronómico. Este híbrido se caracteriza por poseer un fruto mediano.

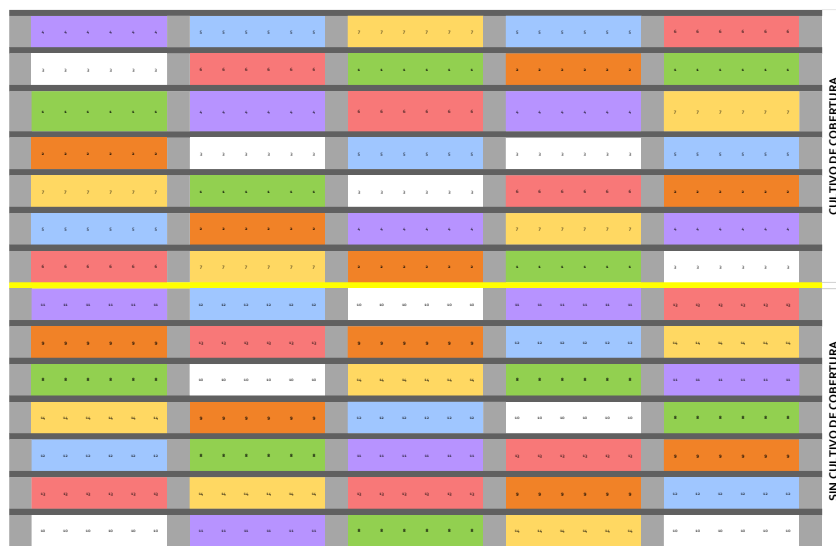
Tratamientos

El ensayo contó con 14 tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, lo cual proporcionó un total de 70 unidades experimentales (UE) distribuidas aleatoriamente (Figura 1). Cada unidad experimental constó de 7.62 m de largo y 3.60 m de ancho y 66 plantas por cada unidad experimental distribuidas en seis camas.

Los tratamientos evaluados consistieron de enmiendas orgánicas, la incorporación del cultivo de cobertura, nematicidas sintéticos, y biológicos (Cuadro 2). Las enmiendas orgánicas fueron de tres tipos (cachaza, gallinaza y melaza), aplicadas solas y en combinación entre ellas o con el cultivo de cobertura (Cuadro 3). Los nematicidas sintéticos incluyeron Agrocelhone D (dicholopropene 97% P/P) y Nimitz 48 EC (fluensulfone 48%), un insecticida-nematicida-fungicida de contacto, para uso en suelos agrícolas. Ambos nematicidas químicos fueron usados como preventivos a los 16 días antes del trasplante debido a su fitotoxicidad.

Figura 1

Distribución de Unidades Experimentales del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.



Nota. Cada repetición por tratamiento cuenta con 6 camas. Cada color representa un tratamiento; verde (gallinaza), naranja (gallinaza y melaza), blanco (gallinaza y cachaza), morado (nimitz), celeste (Agrocelhone D) y rojo (Pazam + Tricho zam)

Por otra parte, los nematicidas biológicos utilizados fueron TRICHOZAM® 10 WP (*Trichoderma harzianum*), el cual posee 1.3×10^9 conidias viables por gramo de producto comercial y PAZAM® 13 WP (*Paecilomyces lilacinus*), el cual posee 3.0×10^9 conidias viables por gramos de producto comercial, ambos elaborados en la Unidad de Control Biológico de Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Cuadro 2

Cantidades Usadas por Tratamiento Evaluados en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Producto	Dosis
Gallinaza	15 Tn/ha
Melaza	14 L/ha
Cachaza	14 Tn/ha
Nimitz	2 L/ha
Agrocelhone D	70 L/ha
Pazam® *(4 L/Ha) + Tricho zam® (4 L/Ha)	8L/ha
<i>Crotalaria Juncea</i>	40tn/ha

Cuadro 3

Distribución del cultivo de cobertura con los diferentes tratamientos del Ensayo en el Lote 6 de

Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Producto	Cobertura
Gallinaza	Con
Gallinaza	Sin
Melaza	Con
Melaza	Sin
Cachaza	Con
Cachaza	Sin
Nimitz	Con
Nimitz	Sin
Agrocelhone D	Con
Agrocelhone D	Sin
Pazam + Tricho zam	Con
Pazam + Tricho zam	Sin
Control	Con
Control	Sin

Trasplante a Campo

Las plántulas de sandía se trasplantaron el 6 de febrero del 2023, manualmente 10 días después de la siembra en bandejas y como medida de protección, se instaló una malla antiviral “Agribon” durante los primeros 36 días (Anexo C). El Agribon tuvo como objetivo evitar la presencia de vectores de virus que podrían afectar el cultivo de sandía. El sistema de riego por goteo utilizado en el ensayo tuvo las siguientes características: diámetro 16.2 mm, distancia entre emisores de 25 cm, caudal 0.75 L/H a una presión de operación de 1 BAR. El lote en estudio tuvo un total de 36 camas de 128 m de longitud cada una, con una separación de 1.5 m entre hileras y una distancia de 0.75 m entre plantas. Las dimensiones del lote fueron de 130 m × 64 m, dando un área total de 0.83 ha con 4,620 plantas distribuidas entre 70 unidades experimentales.

Polinización

Se distribuyeron cuatro colmenas a los 40 días después de trasplante (DDT), ubicadas a los extremos opuestos, permaneciendo en el lote tres semanas hasta los 61 días después de trasplante.

Aplicación de los Tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó un sistema de inyección con propulsor de CO₂ (Anexos D), para introducir los nematicidas en el sistema de riego. El sistema de inyección de CO₂ funcionó mediante la presurización del dióxido de carbono (CO₂) almacenado en un cilindro. Los productos Pazam (4 L/Ha en dos aplicaciones) y Trichozam (4 L/Ha en dos aplicaciones) fueron aplicados a los 11 y 25 días después de trasplante.

Teledetección con VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados)

El dron que realizó los vuelos fue un DJI Phantom 4© con el que se capturó imágenes a una resolución de 5.1 cm/píxel (Anexo E). Se predeterminó un plan de vuelo a 100 m de altura mediante una conexión del control remoto a un iPad utilizando la aplicación GS Pro. De igual forma se utilizó la plataforma DJI Terra para el análisis de estas imágenes, con el NDVI. Las fotografías fueron georreferenciadas y se obtuvieron valores de elevación permitiendo crear un modelo digital de elevación (MDE). A partir de este se generó una ortofotografía, utilizada para realizar las mediciones del área de estudio.

Procesamiento de Imágenes Multiespectrales

El procesamiento de las imágenes captadas con el dron fue a una distancia teledetección de objetos terrestres de muestreos del suelo (TDOM) de 0.057 m, un área abarcada 0.020215 km² y la altura media de vuelo a 100.4 m sobre el suelo. Las imágenes captadas fueron almacenadas en una tarjeta de memoria microSD, luego se generó un mapa de imágenes multiespectrales (Anexo F) compuesto por 66 fotos que fueron recolectadas en cada uno de los vuelos, a los 36 días después del trasplante (DDT) continuando a los 46, 57 y 67 DDT.

Variables Medidas

Sobrevivencia de Plantas

Se realizó un recorrido en campo al retirar la malla antivirus (Agribon) para realizar conteos de plantas vivas y observar si existía mortalidad de plantas luego del trasplante. Se realizaron conteos de plantas a intervalos específicos: 36, 46, 57 y 67 días después de trasplante considerando que en cada unidad experimental se sembraron 66 plantas (11 por hilera).

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Este índice presenta escalas lineales de medición, que van de -1 a 1. Los valores negativos representan superficies sin vegetación, cercanos a 1 muestran vigorosidad de la vegetación y valores de 0 ausencia de vegetación (Muñoz 2013). Este fue obtenido a través de las longitudes de onda del espectro infrarrojo cercano (NIR, siglas en inglés) y la onda del espectro rojo (RED, sigla en inglés) [1].

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{NIR+RED} \quad [1]$$

Desarrollo del Cultivo

Se realizaron recorridos a pie por cada unidad experimental en el lote con el objetivo de evaluar el desarrollo y vigor del cultivo de manera precisa y sistemática. La evaluación se realizó utilizando una escala visual y la cual toma en cuenta varios indicadores vegetativos importantes para determinar el estado de desarrollo y vigor de cada unidad experimental (Cuadro 4). El protocolo utilizado para la evaluación del desarrollo del cultivo fue:

Identificación de la unidad experimental (UE) de referencia: Se identificó la UE que representó el estado óptimo del cultivo, es decir, donde las plantas estaban en su mejor estado de desarrollo y vigor. A esta UE se le asignó una puntuación del 100% para servir como referencia.

Recorrido y evaluación: Se realizó el recorrido por todo el lote y se evaluó el estado de desarrollo y vigor de las plantas en cada uno. Durante esta evaluación, se tomó en cuenta la cantidad de plantas muertas, crecimiento y desarrollo general de las plantas.

Comparación y clasificación: Cada UE se comparó con la UE de referencia (Anexo G), y se clasificó en relación a ciertas descripciones para la puntuación de daños (Cuadro 4).

Cuadro 4

Descripción y Puntuación de Daños en el Desarrollo del Cultivo Encontrados en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Observación	Descripción	Disminuye
Muerte de plantas	Número significativo de plantas muertas en el parche.	10%
Crecimiento Insuficiente	Las plantas presentan un desarrollo lento o no han alcanzado el tamaño esperado.	5%
Coloración anormal de las hojas	Hojas con decoloración, manchas o cambios inusuales en el color.	5%
Pobre formación de flores/frutos	Baja cantidad o calidad deficiente de flores o frutos en el cultivo.	10%
Mala distribución de plantas en la UE	Densidad de plantas inadecuadas, con plantas muy juntas o demasiado separadas.	10%
Daños físicos por mal manejo	Daños causados por manipulación inadecuada, como roturas de tallos o daños en las raíces.	1%

Rendimiento del Cultivo

Esta variable se calculó tomando en cuenta los datos del peso de un fruto en kilogramos y cantidad de frutos comerciales por unidad experimental.

Severidad de Agallamiento de Raíces

Se determinó el porcentaje de agallamiento utilizando el Índice de agallamiento creado por Bridge y Page (1980), (Anexo H). Se realizó la extracción de 4 raíces de cada unidad experimental por tratamiento para observar si existía presencia de agallas y determinar las cantidades.

La puntuación más baja inicia con 0 (no se observan agallas) hasta el 10 (todas las raíces severamente agalladas, no hay sistema radical y las plantas generalmente están muertas).

Densidad Poblacional de Nematodos Fitoparásitos

El proceso inició con la recolección de muestras compuestas de suelo de cada una de las seis camas que conformaban una unidad experimental.

Extracción de Nematodos.

El método utilizado para realizar la extracción de suelo fue de centrifugación – flotación y sedimentación descrito por Morales Díaz (2001). Las muestras compuestas posteriormente fueron llevadas al laboratorio de fitopatología de Zamorano para su determinación. Una vez en laboratorio, fueron colocadas individualmente en un recipiente y homogenizada, luego se tomó 100 gr de suelo, el cual se mezcló por 1 minuto en un recipiente con un litro de agua, dejando reposar 30 segundos para sedimentar partículas gruesas y después se pasó la mezcla por un tamiz de 120 mesh para posteriormente pasarse por un tamiz de 500 mesh manteniéndolo inclinado a 45°, el lodillo acumulado en el tamiz fue colectado con ayuda de un atomizador y recolocados en dos tubos de ensayo con capacidad de 50 mL. De manera seguida, para la extracción de nematodos, cada una de las muestras de lodillo en los tubos de 50 mL se centrifugaron a 3,000 rpm por tres minutos. Posteriormente, se eliminó el sobrenadante de los tubos de ensayo para agregar una solución azucarada (concentración de 454 g/L) hasta completar 45 mL, procediendo así a homogenizar y luego centrifugar los tubos nuevamente a 2,500 rpm por dos minutos y verter el contenido en un tamiz de 500 mesh. Se colectó la solución final conteniendo los nematodos en un tubo de ensayo debidamente identificado de 22 mL y almacenado a 24 °C.

Identificación y Conteo de Nematodos.

El análisis de suelo con fines de identificación y conteo de nematodos fitoparásitos se realizó a los 67 días después de trasplante. La identificación de los nematodos se realizó mediante técnicas

microscópicas y morfológicas para determinar a qué género y/o grupo trófico pertenecía cada uno de ellos. Entre los nematodos que se identificaron se encontraron además de nematodos fitoparásitos también nematodos de vida libre que se alimentan en su mayoría de bacterias, hongos y demás microorganismos.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental que consistió Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial de 7×2 , los factores fueron 7 Tratamientos (tres enmiendas orgánicas, dos nematicidas sintéticos y uno biológico) y 2 Manejos (Presencia de cobertura y sin esta). Las medias fueron separadas utilizando Duncan y la interacción por LSMEANS (Least Squares Means) en el programa SAS® versión 9.4 con una significancia $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusiones

Al evaluar el efecto de la cobertura presentó diferencias significativas, en algunos casos no se observaron diferencias entre los tratamientos y la interacción entre los factores cobertura y tratamiento a ($P \leq 0.05$). (Cuadro 5)

Cuadro 5

*Resumen de los resultados del análisis estadístico de los factores de cobertura, tratamiento y la interacción entre estos con cada una de las variables (*significancia, -no hay significancia) en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*

Variables	Factores		Interacción
	Cobertura	Tratamiento	
NDVI	*	-	-
Desarrollo del Cultivo	*	*	-
Rendimiento	*	-	-
Agallamiento	-	-	-
Nematodos de Vida Libre	-	-	-
Meloidogyne	*	-	-
Pratylenchus	-	-	-
Helicotylenchus	*	-	-
Rotylenchulus reniformis	-	-	-

Sobrevivencia de Plantas

La evaluación de la sobrevivencia de las plantas trasplantadas presento 100% de sobrevivencia

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

En relación al factor de cobertura destacan los resultados obtenidos en el área sin cultivo de cobertura donde se registró un valor en NDVI de 0.6571 (Cuadro 6), lo que concuerda con lo mencionado por Alonso (2015) quien explicó que el NDVI tiene la capacidad de detectar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, con base a la medida de la intensidad de la radiación de bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja, lo que significa que las plantas en el área sin cultivo de cobertura eran más sanas.

Cuadro 6

Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros de NDVI en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2,

Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

	Cobertura	NDVI
Sin		0.6571 ^a
Con		0.6319 ^b
Probabilidad		>0.0001
R ²		0.93711
Coefficiente de Variación		7.21938

Nota. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Desarrollo del Cultivo

Se analizó para la variable de desarrollo del cultivo el factor de cobertura que presentó diferencias ($p=0.0293$; Cuadro 7) seguido por el análisis de los tratamientos que presentó diferencias ($p<.0001$; Cuadro 8) y los resultados con respecto a la interacción entre cobertura y tratamientos no presentaron diferencias ($p=0.3378$; Anexo K).

Con respecto al factor de cobertura destacaron los tratamientos con el cultivo de cobertura (91%), mientras en el factor tratamiento destacó el Agrocelhone D (92%) con los resultados más altos, sin embargo arrojó una separación de medias cercana a la de los demás tratamientos con excepción de Pazam- Ticho zam (88%) seguido de Gallinaza – Cachaza (87%) y estos eran los resultados menos favorecedores en esta evaluación. Al evaluar el factor desarrollo del cultivo se obtuvo un mayor desarrollo del cultivo significativamente cuando las plantas crecieron en los lotes que tuvieron cobertura. Los tratamientos Pazam-Tricho zam y Gallinaza-cachaza presentaron plantas con menor desarrollo del cultivo que el resto de los tratamientos significativamente

Cuadro 7

Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros de Desarrollo del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Cobertura	Desarrollo del cultivo
1	Sin	89 ^b
2	Con	91 ^a
Probabilidad		0.0293
R ²		0.93711
Coeficiente de Variación		7.21938

Nota. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 8

Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de Desarrollo del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Desarrollo del cultivo
1	Gallinaza	91 ^a
2	Gallinaza – Cachaza	87 ^b
3	Gallinaza – Melaza	91 ^a
4	Nimitz	91 ^a
5	Agrocelhone D	92 ^a
6	Pazam – Trichozam	88 ^b
7	Control	90 ^a
Probabilidad		<.0001
R ²		0.93711
Coeficiente de Variación		7.21938

Rendimiento del Cultivo

Al evaluar el factor cobertura con respecto a los rendimientos (Cuadro 9) presentaron diferencias significativas ($p=0.0052$), mientras que los tratamientos no presentaron diferencias ($p=0.9457$; Anexo L) y los resultados de la interacción entre tratamiento y cobertura no presentaron diferencias significativas ($p= 0.6353$; Anexo M). Con respecto al factor cobertura destacaron los rendimientos con cobertura (268 Kg), esto concuerda con lo que menciona Kuo y Sainju (1998) quienes indicaron que el rendimiento de un cultivo posterior a un cultivo de cobertura esta influenciado positivamente por la relación carbono-nitrógeno de la biomasa del cultivo.

Cuadro 9

Efecto de la Cobertura sobre los Parámetros del Rendimiento del Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Cobertura	Rendimiento del Cultivo (kg)
1	Sin	239 ^b
2	Con	268 ^a
Probabilidad		0.0052
R ²		0.93711
Coeficiente de Variación		7.21938

Nota. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Severidad de Agallamiento de Raíces

Luego de la variable de agallamiento con respecto a la cobertura (Cuadro 10) no se presentaron diferencias ($P = 0.2654$), tampoco los tratamientos presentaron diferencias ($P = 0.6704$; Anexo N) y la interacción entre la cobertura y los tratamientos también no obtuvo diferencias ($P = 0.6876$) lo que podría atribuirse a la densidad poblacional baja de *Meloidogyne spp.* (Anexo O). Esta se encontró por debajo de los niveles críticos según Dagatti et al. (2014) quienes describieron los síntomas típicos que producen *Meloidogyne spp.*

Densidad Poblacional de *Meloidogyne spp.*

La densidad poblacional del nematodo del género *Meloidogyne* al evaluar el factor cobertura presentó diferencias ($P = 0.0237$; Cuadro 10), mientras que los tratamientos no presentaron diferencias ($P = 0.6357$; Anexo N) del mismo modo la interacción entre cobertura y tratamiento no presentó diferencias ($P = 0.2948$; Anexo O). Con respecto al factor de cobertura los resultados con menor densidad poblacional fueron sin cultivo de cobertura (26 Nematodos), lo que va en desacuerdo con lo mencionado por Bui y Desaegeer (2021) quienes explicaron que el uso de *Crotalaria juncea* como cultivo de cobertura disminuye la densidad poblacional del género *Meloidogyne*, sin embargo estos resultados están por debajo del umbral de daño económico (a los 67 DDT), que de acuerdo con Ravichandra (2014) es de 100 nematodos por cada 100 mL de suelo.

Cuadro 10

Efecto de la Cobertura sobre Agallamiento y la Densidad Poblacional de Meloidogyne spp. en el

Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Cobertura	Agallamiento	<i>Meloidogyne spp.</i>
1	Sin	1.13	26 ^b
2	Con	1.39	53 ^a
Probabilidad		0.2654	0.0237
R ²		0.93711	0.2581
Coeficiente de Variación		7.21938	125.4148

Nota. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como *Pratylenchus spp.*, *Helicotylenchus spp.* y *Rotylenchulus reniformis* en el Lote

Al evaluar el efecto de la cobertura con respecto a la densidad poblacional de los nematodos (Cuadro 11) no presentaron diferencias los nematodos de vida libre (P=0.1846), *Pratylenchus spp.* (P =0.3424) y *Rotylenchulus reniformis* (P =0.1255) sin embargo los nematodos del género *Helicotylenchus spp.* presentaron diferencias (P =0.0289) evidenciando baja densidad poblacional (128 nematodos) con cultivo de cobertura (Cuadro 12).

Cuadro 11

Efecto de la Cobertura sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos

Fitoparásitos como Pratylenchus spp., Helicotylenchus spp. y Rotylenchulus reniformis en el Ensayo

en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

No.	Cobertura	Nematodos de Vida Libre	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Rotylenchulus Reniformis</i>
1	Sin	333	15	218 ^a	1059
2	Con	401	9	128 ^b	823
Probabilidad		0.1846	0.3424	0.0289	0.1255
R ²		0.3050	0.1518	0.2956	0.3567
Coeficiente de Variación		57.5412	201.5090	97.1342	67.4735

Nota. Medias con diferente letra en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Cuadro 12

*Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Rotylenchulus reniformis* en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*

No.	Producto	Cobertura	Nematodos de Vida Libre	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Rotylenchulus Reniformis</i>
1	Gallinaza	C	515	0	106 ^b	783 ^{abc}
2	Gallinaza	S	273	4	75 ^b	1052 ^{bc}
3	Gallinaza – Cachaza	C	290	4	106 ^b	757 ^{ab}
4	Gallinaza – Cachaza	S	458	26	334 ^a	1588 ^c
5	Gallinaza – Melaza	C	312	9	211 ^{ab}	752 ^a
6	Gallinaza – Melaza	S	233	13	246 ^{ab}	1663 ^c
7	Nimitz	C	374	13	123 ^{ab}	493 ^c
8	Nimitz	S	356	31	273 ^{ab}	660 ^c
9	Agrocelhone D	C	568	18	163 ^{ab}	1162 ^{abc}
10	Agrocelhone D	S	365	4	229 ^{ab}	1016 ^{abc}
11	Pazam – Trichozam	C	480	9	128 ^{ab}	1052 ^{abc}
12	Pazam – Trichozam	S	334	13	220 ^{ab}	594 ^c
13	Control	C	268	13	62 ^b	761 ^{bc}
14	Control	S	312	13	154 ^{ab}	840 ^c
Probabilidad			0.3389	0.7694	0.7277	0.1913
R ²			0.3050	0.1518	0.2956	0.3567
Coeficiente de Variación			57.5412	201.5090	97.1342	67.4735

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Análisis de Correlaciones

Al analizar las variables de NDVI en conjunto con las medidas de desarrollo del cultivo, rendimiento y densidad poblacional de *Meloidogyne* spp, se demostró una relación estadística significativa entre ellas (Cuadro 13).

El nivel de correlación entre las variables de NDVI con el desarrollo del cultivo, fue baja con un valor de $r(280) = 0.21$, $P = 0.0004$ (Cuadro 13). El bajo nivel de correlación podría atribuirse al alto nivel de precisión que nos permite el NDVI a través de drones en comparación a la metodología visual utilizada en este ensayo.

Esto en base a lo mencionado por Luna et al. (2021) quien resalta que los índices de vegetación obtenidos a partir de imágenes multiespectrales permiten determinar el estado de salud de los cultivos, por medio de diferentes características, como contenido de clorofila con alta resolución espacial.

La comparación entre las variables NDVI con respecto al rendimiento del cultivo, presentó una correlación negativa baja con un valor de $r(70) = -0.33$, $p=0.0060$ (Cuadro 13). Esto podría adjudicarse a la senescencia del cultivo al entrar en cosecha y la presencia de plagas durante el cultivo, en especial una alta incidencia de thrips (Richard et al. 2013) proveniente de campos aledaños al ensayo.

Con respecto a la variable de densidad poblacional de *Meloidogyne spp.* se presentó correlación negativa baja, con un valor $r(70) = -0.35$, $p=0.0028$ (Cuadro 13). Esta correlación negativa sugiere que a medida que la densidad de población de este nematodo aumenta, el NDVI disminuye, lo que podría interpretarse como un posible impacto negativo de la presencia de estos nematodos en la salud y densidad de la vegetación.

El valor de $p(0.0028)$ es un indicador de la significancia estadística de la dificultad y en este caso, un valor de p tan bajo indica que la conexión observada es muy poco probable resulta al azar, lo que sugiere que la relación entre la densidad poblacional de *Meloidogyne spp.* y el NDVI es altamente significativa.

Cuadro 13

Correlación entre el Índice Diferenciado de Vegetación Normalizada y Parámetros del Desarrollo del Cultivo, Rendimiento, Agallamiento y Densidad Poblacional de Nematodos en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano

Variables	Fuerza de correlación con NDVI	Probabilidad
Desarrollo del cultivo	0.21*	0.0004
Rendimiento	-0.33*	0.0060
Agallamiento	0.00	0.9788
Nematodos de Vida Libre	-0.07	0.5601
Meloidogyne	-0.35*	0.0028
Pratylenchus	0.05	0.6850
Helicotylenchus	0.12	0.3255
Rotylenchulus reniformis	0.13	0.3007

Nota. El símbolo del asterisco (*) indica que existe una correlación significativa entre las variables.

Conclusiones

En los resultados presentados no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos para las variables del NDVI, rendimiento, severidad de agallamiento de raíces y densidad poblacional de los nematodos.

Destacamos que se encontraron diferencias en estas variables al evaluar el factor cobertura.

Concluimos que no se encontraron diferencias en los niveles de reflectancia en los tratamiento pero si en manejo con el cultivo de cobertura

Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos se sugiere realizar la implementación de ciertas modificaciones en cuanto a la metodología inicial para obtener datos de mayor significancia como implementar el uso de drones multiespectrales con más índices y cámaras hiperespectrales lo que podría facilitar la precisión del monitoreo del cultivo de sandía.

Realizar el análisis de correlación contra valores NDVI obtenidos a través de algún instrumento manual como Green Seeker, ya que estos demostrarían una correlación más fuerte.

Identificar los nematodos fitoparásitos presentes a nivel de especie y de raza, no solo de género, con el equipo especializado (microscopios, equipo de muestreo, cuantificación e identificación) y personal entrenado.

Referencias

- Bernard GC, Egnin M, Bonsi C. 2017. The Impact of Plant-Parasitic Nematodes on Agriculture and Methods of Control. En: Shah MM, Mahamood M, editores. Nematology - Concepts, Diagnosis and Control. [sin lugar]: InTech.
- Bridge J, Page SLJ. 1980. Estimation of Root-knot Nematode Infestation Levels on Roots Using a Rating Chart. *Tropical Pest Management*. 26(3):296–298. doi:10.1080/09670878009414416.
- Bui HX, Desaegeer JA. 2021. Host suitability of summer cover crops to *Meloidogyne arenaria*, *M. enterolobii*, *M. incognita* and *M. javanica*. *Nematol*. 24(2):171–179. doi:10.1163/15685411-bja10122.
- CABI Compendium. 2022. *Helicotylenchus* sp. CABI Compendium. CABI Compendium. doi:10.1079/cabicompendium.122026.
- Cabrera I, Fornaris G, Martínez S, Rivera L, Robles W, Semidey N, Rosa E, Conty L. 2015. Estación Experimental Agrícola: Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía. College of Agricultural Sciences: Universidad de Puerto Rico; [consultado el 22 de ago. de 2023]. <https://scholar.uprm.edu/handle/20.500.11801/2590?show=full>.
- Dagatti C, Becerra v, Herrera ME. 2014. Characterization of damage caused by *Meloidogyne* Spp. (Nemata:Tylenchida) in grapevines in Mendoza, Argentina. *rcia*. 31(2):51–62. es. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/2108>. doi:10.22267/rcia.143102.31.
- Grabau ZJ, Noling JW, Sandoval-Ruiz R. 2022. Manejo de nematodos en cultivos de col. *EDIS*. 2022(3). doi:10.32473/edis-ng048-2022.
- Laasli S-E, Lahlali R, Hajjaj B, Saleh A, Dababat AA, Mokri F. 2021. Diversity and distribution of plant-parasitic nematodes associated with watermelon, in northwest Morocco. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 54(19-20):1822–1837. doi:10.1080/03235408.2021.1945771.
- Martínez Y. 2018. Programa de Hortalizas: Informe Técnico 2018. 1ª ed. La Lima, Cortés: FHIA. 150 p. ; [consultado el 12 de ene. de 2023]. <http://riul.unanleon.edu.ni/jspui/bitstream/123456789/4248/1/230057.pdf>.
- Meneses VAB, Téllez JM, Velasquez DFA. 2016. Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*; [consultado el 13 de ene. de 2023]. 13(1):28–40. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517s.pdf>. doi:10.24054/16927125.v1.n1.2015.1647.
- Morales Díaz JC. 2001. Poblaciones de nematodos fitoparásitos (*Pratylenchus* sp y *Meloidogyne* sp.) en plantaciones mixtas de café y musáceas [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 18 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/db0d5e12-6036-42cb-84ed-98dd5cb5d23a/content>.
- Muñoz P. 2013. *Indíces de Vegetación*. Chile: Centro de Información de Recursos Naturales. 15 p; [consultado el 18 de jul. de 2023]. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/26389/>

Tema%20Indices%20de%20vegetaci%C3%B3n%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Perry RN, Moens M. 2013. Plant nematology. 2nd edition. Wallingford: CABI. ISBN: 9781780641515.

Ravichandra NG. 2014. Horticultural Nematology. 1st ed. 2014. New Delhi: Springer India; Imprint: Springer. 1 online resource (XXV, 412 pages 98 illustrations, 81 illustrations in color.). ISBN: 9788132218401.

Richard D, Paul B, Danny G, Baird R, Boyd P, Edward B, Floyd H. 2013. Guide for interpreting nematode assay results. Georgia, USA: UGA Cooperative Extension Circular 834. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf.

Sánchez Méndez AG, Arguijo Hernández SP. 2018. Análisis de imágenes multiespectrales para la detección de cultivos y detección de plagas y enfermedades en la producción de café [Tesis de Posgrado]. Mexico: Instituto Tecnológico Superior de Misantla. 9 p; [consultado el 12 de ene. de 2023]. https://rcs.cic.ipn.mx/2018_147_7/Analisis%20de%20imagenes%20multiespectrales%20para%20la%20deteccion%20de%20cultivos%20y%20deteccion%20de%20plagas.pdf.

Sikora RA, Desaeger J, Molendijk L, editores. 2021. Integrated nematode management: State-of-the-art and visions for the future. Oxfordshire: CAB International. pages cm. ISBN: 9781789247541.

Anexos

Anexo A

Fotografía de la Ubicación del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola

Panamericana, Zamorano



Anexo B

Fotografía antes de la incorporación de las Enmiendas Orgánicas Dirigidas Tomadas del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano



Anexo C

Cultivo de sandía establecido en el lote con su respectiva malla antiviral en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano



Anexo D

Sistema de Inyección de CO₂ Conectada al Sistema de Riego del Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2,

Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano



Anexo E

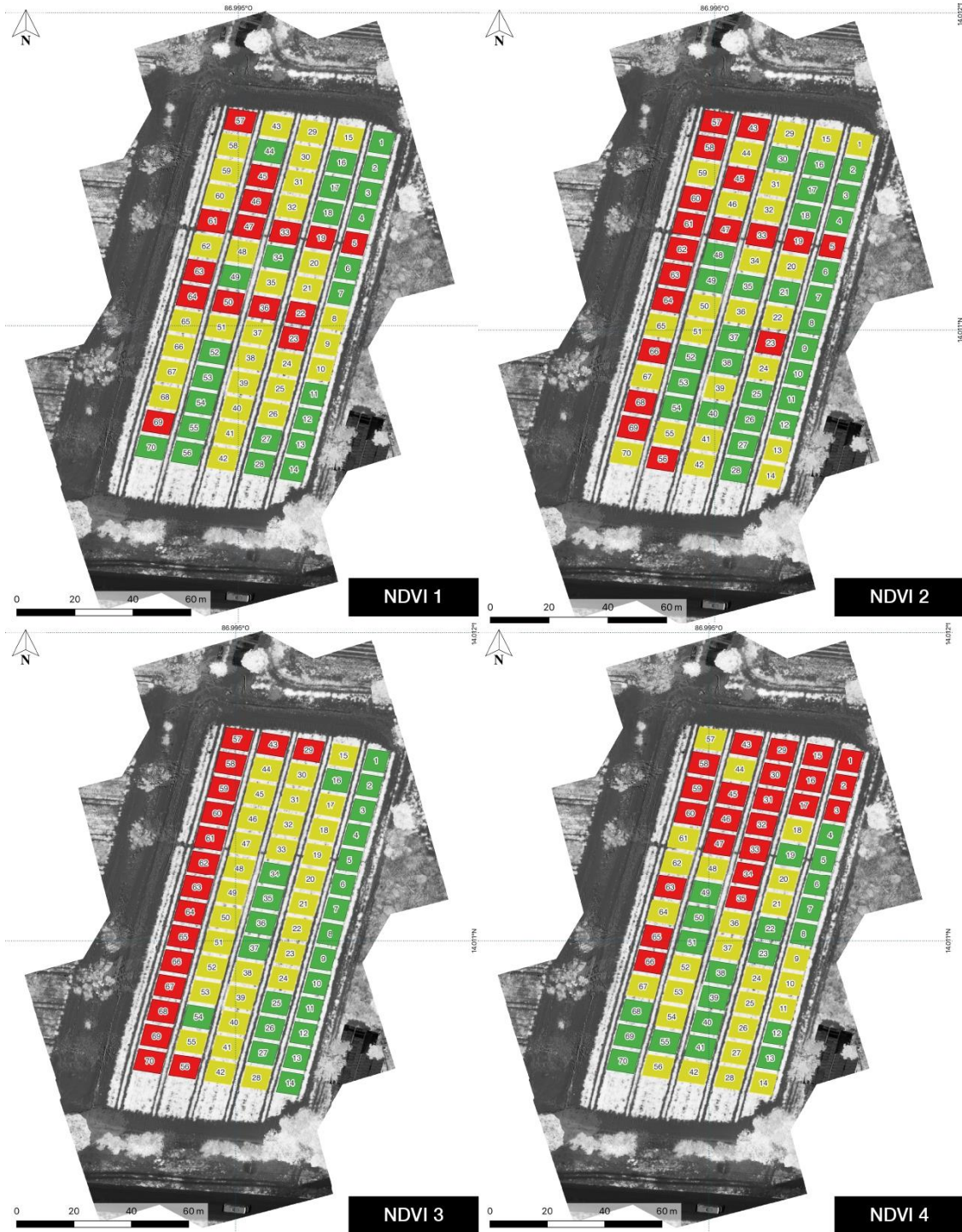
DJI Phantom 4© y Equipo para Realización de los Vuelos en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2,

Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano



Anexo F

Mapas Creados para Visualizar las Clasificaciones del Índice NDVI (Alto, Medio Y Bajo) en el Ensayo
en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano



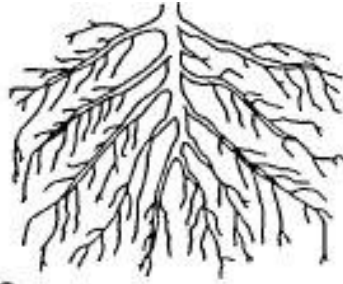
Anexo G

Fotografías de las Evaluaciones del Desarrollo del Cultivo y las Referencias de un 100% en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano



Anexo H

Índice de Agallamiento Creado por Bridge y Page (1980)



0 No knots on roots



1 Few small knots, difficult to find



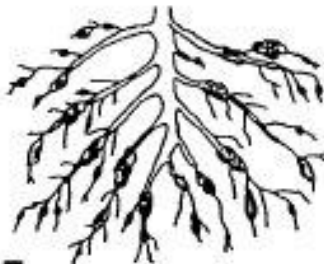
2 Small knots only but clearly visible. Main roots clean



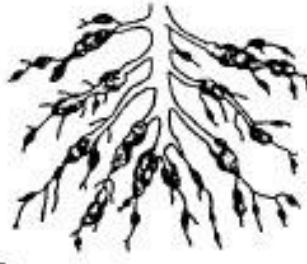
3 Some larger knots visible. Main roots clean



4 Larger knots predominate but main roots clean



5 50% of roots infested. Knotting on parts of main roots. Reduced root system



6 Knotting on main roots



7 Majority of main roots knotted



8 All main roots knotted. Few clean roots visible



9 All roots severely knotted. Plant usually dying



10 All roots severely knotted. No root system. Plant usually dead

Anexo I

Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de NDVI en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2,

Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	NDVI
1	Gallinaza	0.6510
2	Gallinaza – Cachaza	0.6519
3	Gallinaza – Melaza	0.6365
4	Nimitz	0.6494
5	Agrocelhone D	0.6455
6	Pazam – Trichozam	0.6360
7	Control	0.6415
Probabilidad		0.5485
R ²		0.93711
Coeficiente de Variación		7.21938

Anexo J

Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros de NDVI en el

Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Cobertura	NDVI
1	Gallinaza	S	0.6632
2	Gallinaza	C	0.6389
3	Gallinaza – Cachaza	S	0.6607
4	Gallinaza – Cachaza	C	0.6432
5	Gallinaza – Melaza	S	0.6489
6	Gallinaza – Melaza	C	0.6241
7	Nimitz	S	0.6664
8	Nimitz	C	0.6325
9	Agrocelhone D	S	0.6563
10	Agrocelhone D	C	0.6346
11	Pazam – Trichozam	S	0.6458
12	Pazam – Trichozam	C	0.6261
13	Control	S	0.6588
14	Control	C	0.6241
	Probabilidad		0.9745
	R ²		0.93711
	Coefficiente de Variación		7.21938

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Anexo K

Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros del Desarrollo del

Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana,

Zamorano

No.	Producto	Cobertura	Desarrollo del cultivo
1	Gallinaza	C	92
2	Gallinaza	S	91
3	Gallinaza – Cachaza	C	89
4	Gallinaza – Cachaza	S	85
5	Gallinaza – Melaza	C	91
6	Gallinaza – Melaza	S	90
7	Nimitz	C	93
8	Nimitz	S	90
9	Agrocelhone D	C	92
10	Agrocelhone D	S	92
11	Pazam – Trichozam	C	89
12	Pazam – Trichozam	S	87
13	Control	C	91
14	Control	S	90
Probabilidad			0.3378
R ²			0.93711
Coeficiente de Variación			7.21938

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Anexo L

Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros del Rendimiento del Cultivo en el Ensayo en el

Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Cobertura	Rendimiento del Cultivo (kg)
1	Gallinaza	C	269
2	Gallinaza	S	249
3	Gallinaza – Cachaza	C	246
4	Gallinaza – Cachaza	S	242
5	Gallinaza – Melaza	C	284
6	Gallinaza – Melaza	S	226
7	Nimitz	C	271
8	Nimitz	S	234
9	Agrocelhone D	C	290
10	Agrocelhone D	S	236
11	Pazam – Trichozam	C	271
12	Pazam – Trichozam	S	242
13	Control	C	246
14	Control	S	245
Probabilidad			0.6353
R ²			0.25447
Coeficiente de Variación			16.48985

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Anexo M

Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros del Rendimiento del

Cultivo en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana

No.	Producto	Rendimiento del Cultivo (kg)
1	Gallinaza	259
2	Gallinaza – Cachaza	244
3	Gallinaza – Melaza	255
4	Nimitz	253
5	Agrocelhone D	263
6	Pazam – Trichozam	256
7	Control	245
Probabilidad		0.9457
R ²		0.93711
Coeficiente de Variación		7.21938

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Anexo N

Efecto de los Tratamientos sobre los Parámetros de Agallamiento y la Densidad Poblacional de

Meloidogyne spp. en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola

Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Agallamiento	<i>Meloidogyne spp.</i>
1	Gallinaza	1.10	46
2	Gallinaza – Cachaza	1.24	24
3	Gallinaza – Melaza	1.47	20
4	Nimitz	1.58	40
5	Agrocelhone D	1.27	57
6	Pazam – Trichozam	1.32	42
7	Control	0.82	48
Probabilidad		0.6704	0.6357
R ²		0.2016	0.2581
Coefficiente de Variación		76.0097	125.4148

Anexo O

Efecto de la Interacción entre Cobertura y Tratamientos sobre los Parámetros de Agallamiento y la

Densidad Poblacional de Meloidogyne spp. en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Cobertura	Agallamiento	<i>Meloidogyne spp.</i>
1	Gallinaza	C	1.28	84
2	Gallinaza	S	0.92	9
3	Gallinaza – Cachaza	C	1.32	4
4	Gallinaza – Cachaza	S	1.16	44
5	Gallinaza – Melaza	C	1.32	26
6	Gallinaza – Melaza	S	1.62	13
7	Nimitz	C	1.72	57
8	Nimitz	S	1.44	22
9	Agrocelhone D	C	1.42	79
10	Agrocelhone D	S	1.12	35
11	Pazam – Trichozam	C	1.92	62
12	Pazam – Trichozam	S	0.72	22
13	Control	C	0.72	62
14	Control	S	0.92	35
Probabilidad			0.6876	0.2948
R ²			0.2016	0.2581
Coeficiente de Variación			76.0097	125.4148

Nota. C (Con cultivo de cobertura) S (Sin cultivo de cobertura).

Anexo P

Efecto de los Tratamientos sobre la Densidad Poblacional de Nematodos de Vida Libre y Nematodos Fitoparásitos como Pratylenchus spp., Helicotylenchus spp. y Rotylenchulus reniformis en el Ensayo en el Lote 6 de Florencia 2, Ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

No.	Producto	Nematodos de Vida Libre	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Rotylenchulus Reniformis</i>
1	Gallinaza	394	2	90	917
2	Gallinaza – Cachaza	374	15	220	1173
3	Gallinaza – Melaza	273	11	229	1208
4	Nimitz	365	22	198	576
5	Agrocelhone D	466	11	196	1089
6	Pazam – Tricho zam	407	11	174	823
7	Control	290	13	108	801
	Probabilidad	0.4301	0.7461	0.4157	0.2748
	R ²	0.3050	0.1518	0.2956	0.3567
	Coefficiente de Variación	57.5412	201.5090	97.1342	67.4735