

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**INNOVACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN: USO DE DRONES Y
TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE CULTIVOS,
CAMOSA.**

POR:

CRISTIAN ALEJANDRO MONTOYA RODRÍGUEZ

INFORME FINAL



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

JUNIO, 2025

**INNOVACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN: USO DE DRONES Y
TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE CULTIVOS,
CAMOSA.**

POR:

CRISTIAN ALEJANDRO MONTOYA RODRIGUEZ

**ING. JORGE ALBERTO CALIX ORELLANA
ASESOR PRINCIPAL**

INFORME FINAL

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

El estudiante **CRISTIAN ALEJANDRO MONTOYA RODRÍGUEZ** del V Año de Ingeniería Agronómica presento su informe intitulado:

“INNOVACIÓN EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN: USO DE DRONES Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE CULTIVOS, CAMOSA”

El cual, a criterio de los evaluadores, _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los cuatro días del mes de Junio del año dos mil veinticinco.

ING. JORGE ALBERTO CALIX
Asesor Principal

M.SC JOSÉ ANTONIO RAMÍREZ
Asesor Auxiliar

ING. EFRAÍN PAZ
Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a nuestro creador que por su omnipotencia y voluntad he llegado hasta aquí.

A mis seres queridos por el apoyo constante y su compañía permanente, a nuestra Universidad Nacional de Agricultura como alma mater, a cada uno de mis catedráticos que con esmero y paciencia me guiaron durante este recorrido.

Agradezco a mis amistades por las experiencias compartidas, por sus consejos, por el oportuno aliento e inspiración que me han dado.

A mis padres **Wuilson Montoya, Iris Rodríguez** y a mi hermana **Stefani Montoya** por ser los seres que más amo en mi vida y con orgullo puedo decir que soy un afortunado de tenerlos, sin su apoyo no hubiera podido redactar este texto.

AGRADECIMIENTO

A **Jehová** nuestro creador.

A mis queridos padres **Wuilson Montoya** y **Iris Rodríguez** por su inmenso apoyo, que con muchas dificultades me sacaron adelante y enseñaron que las barreras solo están en la mente y que la confianza en Dios es la clave fundamental para el alcance y el cumplimiento pleno de nuestros mayores anhelos.

A mi hermana; **Stefani Montoya** por su cariño y apoyo en buenos y malos momentos.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por haberme brindado la oportunidad de formarme moral y académicamente.

A mis compañeros y amigos de la clase **AREXIUS** siempre les recordaré de una manera muy especial, por su sincera amistad, por su apoyo y consejos en todo momento, siempre serán como mis hermanos.

A mis asesores; por su valioso tiempo y apoyo para hacer posible la culminación de este trabajo,
Ing. Jorge Calix, MsC. José Ramírez y al **Ing. Efraín Paz**

A los Ingenieros **Allan Martínez** y **Belén Molina** de la empresa Camiones y Motores S.A (CAMOSA) por ayudarme siempre en todo lo que necesite, por sus consejos y aprendizaje le agradezco mucho.

CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
PORTADA ADJUNTA	
ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivo específico.....	2
III. REVISION DE LITERATURA	3
3.1 La modernización de las prácticas agrícolas	3
3.2 Antecedentes y evolución de la agricultura de precisión	3
3.3 Diferentes etapas de la evolución de la agricultura.....	4
3.3.1 Agricultura 0.0: Sus Orígenes en los Albores de la Civilización	5
3.3.2 Agricultura 1.0: Revolución Industrial y Mecanización (Siglo XIX)	5
3.3.3 Agricultura 2.0: Integración de Componentes Electrónicos y Nacimiento de la Agricultura de Precisión (Década de 1990)	5
3.3.4 Agricultura 3.0: Emerge la Agricultura Digital (Década de 2000).....	6
3.3.5 Agricultura 4.0: La Visión de una Agricultura Conectada (Siglo XXI)	7
3.4 Agricultura de Precisión	7
3.4.1 Definición.....	7
3.4.2 Aplicaciones basadas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para la agricultura de precisión (AP).....	9

3.5	Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión	11
3.5.1	Siembras	13
3.5.2	Fertilización y fumigación de cultivos	13
3.5.3	Mapeo, topografía y análisis de los cultivos	17
3.6	Smartfarm.....	19
3.7	Índices de vegetación	19
IV.	MATERIALES Y METODOS	21
4.1	Descripción del sitio de la empresa.....	21
4.2	Materiales y equipo	21
4.3	Metodología	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
VI.	CONCLUSIONES	38
VII.	RECOMENDACIONES	39
VIII.	BIBLIOGRAFIAS	40
IX.	ANEXOS.....	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Evaluación de Parámetros de Eficiencia con el uso de drones.	22
Cuadro 2 Datos tomados en el Lote N°1 Los Ruiz con el dron T50.....	23
Cuadro 3 Datos tomados en el Lote N°2 Rio Frio con el dron T50.....	24
Cuadro 4 Datos tomados en el Lote N°3 Rio Frio con el dron T50.....	25
Cuadro 5 La eficiencia en litros de agua entre un dron agrícola y las bombas de mochila.	26
Cuadro 6 Ventajas y desventajas del uso de drones en la agricultura.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localización de la Empresa CAMOSA (Fuente: Google Earth).	21
Figura 2	27
Figura 3 Las figuras 2 y 3 muestran el número de impactos que se tarjetearon con las tarjetas hidro sensibles en una hoja del cultivo de caña de azúcar.....	27
Figura 4 Dron DJI Mavic 3Multiespectral	28
Figura 5 Análisis del índice RGB de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.	29
Figura 6 Análisis del índice NDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.....	30
Figura 7 Análisis del índice GNDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.....	31
Figura 8 Análisis del índice NDRE de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.....	32
Figura 9 Análisis del índice LCI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.	32
Figura 10 . Análisis del índice OSAVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.	33
Figura 11 Análisis del índice RGB de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.....	33
Figura 12 Análisis del índice NDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.....	34
Figura 13 Análisis del índice GNDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.....	35
Figura 14 Análisis del índice NDRE de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.....	35
Figura 15 Análisis del índice LCI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.	36
Figura 16 Análisis del índice OSAVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 CAMOSA (Camiones y Motores S.A), Tegucigalpa.....	43
Anexo 2 Departamento de Soluciones Conectadas.....	43
Anexo 3 Mapeo de los diferentes lotes en el cultivo de caña.	43
Anexo 4 Áreas ya mapeadas con diferentes Ha.....	44
Anexo 5 Haciendo las aplicaciones por ha (pruebas).	44
Anexo 6 Vuelos programados con Dron T50 en las diferentes aplicaciones en el cultivo de caña.	44
Anexo 7 Mapeo en el cultivo de Maíz para obtener imágenes multiespectrales Mavic 3M.	45
Anexo 8 Dron DJI Mavic 3Multiespectral.....	45
Anexo 9 Realizando las diferentes pruebas de pulverización de aplicaciones con el dron T50.	45

RESUMEN

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT), comúnmente conocidos como drones, han revolucionado la agricultura moderna al proporcionar herramientas de monitoreo, análisis y aplicación de insumos agrícolas con alta precisión. Estos dispositivos permiten optimizar el rendimiento de los cultivos, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia operativa en el manejo de tierras agrícolas.

Los drones agrícolas están equipados con sensores, cámaras multiespectrales y sistemas de geolocalización, que les permiten realizar funciones clave como:

- Monitoreo de cultivos: Detección temprana de plagas, enfermedades, estrés hídrico y deficiencias nutricionales.
- Mapeo y análisis del terreno: Generación de mapas NDVI (índice de vegetación), topográficos y de variabilidad del suelo.
- Aplicación de insumos: Fumigación y fertilización aérea de precisión, lo cual reduce el desperdicio de productos y mejora la cobertura.
- Seguimiento del crecimiento: Evaluación periódica del desarrollo de los cultivos para tomar decisiones informadas.

Entre sus principales ventajas se destacan la rapidez de operación, accesibilidad a zonas difíciles, reducción del uso de maquinaria pesada y la automatización de tareas repetitivas. Modelos como el DJI Agras son ampliamente utilizados por su capacidad de vuelo programado, alta precisión y facilidad de manejo.

Sin embargo, su uso requiere capacitación técnica, planificación adecuada, inversión inicial significativa y cumplimiento de regulaciones locales sobre el espacio aéreo.

Palabras clave: vehículos aéreos no tripulados, equipados, índice de vegetación.

I. INTRODUCCION

Durante las últimas décadas, la innovación tecnológica ha transformado completamente el sector agrícola, permitiendo optimizar procesos y enfrentar los retos asociados con la sostenibilidad y la productividad. Entre estas innovaciones destaca la agricultura de precisión, una estrategia basada en el uso de tecnologías avanzadas para monitorear, gestionar y mejorar las prácticas agrícolas de manera eficiente y específica. En este contexto, los drones y otras herramientas tecnológicas emergentes han cobrado especial relevancia como soluciones efectivas para el manejo de cultivos, optimizando el uso de recursos y garantizando mayores rendimientos (Zarco-Tejada et al., 2014).

El uso de drones en la agricultura de precisión permite recopilar datos en tiempo real sobre variables clave, como la salud de las plantas, el estado del suelo y la distribución del agua en los cultivos. Equipados con sensores avanzados y cámaras multiespectrales, estos dispositivos proporcionan imágenes de alta resolución y datos geoespaciales que facilitan la toma de decisiones fundamentadas. Según Hunt et al. (2018), la integración de esta tecnología mejora significativamente la capacidad de los agricultores para identificar problemas como plagas, enfermedades o deficiencias nutricionales, permitiendo una intervención rápida y precisa.

Además, la agricultura de precisión no se limita al uso de drones, sino que incorpora sistemas de información geográfica (SIG), inteligencia artificial (IA) y herramientas de big data para procesar grandes volúmenes de información. Estas tecnologías permiten una gestión integral de los cultivos, optimizando el uso de insumos como fertilizantes, agua y pesticidas, y contribuyendo a una agricultura más sostenible y competitiva (Gebbers & Adamchuk, 2010).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Implementar el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) con el fin de maximizar la productividad y minimizar costos de producción.

2.2 Objetivo específico

Evaluar la precisión y eficiencia del uso de drones en la aplicación de agroquímicos mediante el registro de parámetros de eficiencia.

Identificar en tiempo real las necesidades de riego, fertilización y control de plagas y enfermedades mediante el uso de VANT.

Determinar las ventajas y desventajas del uso de drones en la agricultura.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 La modernización de las prácticas agrícolas

La modernización de las prácticas agrícolas surge como un nuevo desafío, principalmente en relación con el concepto de sostenibilidad ambiental y económica del proceso de producción. La respuesta de la investigación, innovación y extensión de los segmentos vinculados con el área agrícola ha sido generar tecnología que permita cuantificar y manejar diferenciadamente la variabilidad natural del área productora. Además, el manejo adecuado de nuevas máquinas y equipos agrícolas para preparar, sembrar, cultivar, cosechar y procesar los productos agrícolas permite significativos avances en el área de producción de alimentos.(Carvalho et al., 2006)

A partir de la década del '70, se comenzó a delinear un nuevo concepto de agricultura con los estudios, sobre automatización de máquinas agrícolas. En forma complementaria, a fines de la década de los '80 y comienzos del '90, con la liberación del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS) para uso civil, fue posible desarrollar equipos inteligentes que permitieron el manejo localizado de las prácticas agrícolas, con una mayor eficiencia de aplicación de insumos, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y en consecuencia, disminuyendo los costos de la producción de alimentos. A ese conjunto de procesos y sistemas aplicados se les denomina Agricultura de Precisión (AP). (Carvalho et al., 2006)

Las tecnologías de Agricultura de Precisión (AP) aparecieron en el mundo en la década del 90 y han ido evolucionando asociadas al desarrollo de innovaciones en TIC's, sensores y maquinarias. Argentina, ha sido uno de los países pioneros en América Latina en la incorporación de tecnologías de AP y hoy es un referente en la temática.(Information & Agriculture, 2020)

3.2 Antecedentes y evolución de la agricultura de precisión

Se pueden describir dos líneas de desarrollo de la agricultura de precisión para entender mejor sus antecedentes y su evolución hasta el día de hoy: la agronómica y la de la ingeniería agrícola.

Según Robert, la línea agronómica, refiere a los trabajos de las décadas del '70 y '80, en Minnesota, Estados Unidos, sobre la utilización de métodos de investigación de campos para conocer mejor la variabilidad de los factores del suelo y planta, incluyendo análisis de suelo, muestreo de suelo, fotografías del área y análisis de cultivos. Gracias a la unión de esfuerzos de las empresas CENEX, FARMERS Unión Central Exchange Inc. Y la compañía de computadoras Control Data Corporación, ambas con sede en Saint Paul y Mineápolis, Minnesota, Estados Unidos, fue posible establecer el primer concepto de variabilidad de suelo y planta en los campos. (Carvalho et al., 2006)

La línea de la ingeniería agrícola se refiere a la evolución de las máquinas agrícolas, utilizando sensores y sistemas de posicionamiento global (GPS) para mapeo y aplicación de insumos con dosis variada. De acuerdo con Blackmore, la empresa Massey Ferguson fue, en 1982, la primera compañía en producir una cosechadora comercial con sistema de mapeo de productividad de granos. Luego, ya al comienzo de los '90, aparecieron los proyectos de John Deere, Case, AGCO y New Holland. (Carvalho et al., 2006)

3.3 Diferentes etapas de la evolución de la agricultura

A lo largo de la historia agrícola, hemos presenciado diversos saltos evolutivos de gran relevancia que han trazado la ruta hacia el futuro. Cada etapa ha sido impulsada por la innovación y la tecnología, revolucionando la forma en que cultivamos y producimos alimentos. Estas transformaciones radicales nos guían hacia un sistema agrícola más sostenible, eficiente y prometedor.

3.3.1 Agricultura 0.0: Sus Orígenes en los Albores de la Civilización

La Agricultura 0.0 representa el primer peldaño en el desarrollo de la agricultura y se remonta a los inicios de la civilización humana. En este periodo, los seres humanos dependían en su mayoría de la fuerza humana o animal para llevar a cabo las labores agrícolas. La mecanización aún no había hecho su aparición y la producción agrícola se basaba en herramientas rudimentarias como palos y hoces. Los cultivos eran sembrados y cosechados manualmente, y la producción estaba limitada por la capacidad física de los agricultores y sus animales de trabajo. (Paredes, 2023)

3.3.2 Agricultura 1.0: Revolución Industrial y Mecanización (Siglo XIX)

La llegada de la Agricultura 1.0 marcó un cambio de gran envergadura en la forma en que abordábamos la producción agrícola. Con la Revolución Industrial, la maquinaria comenzó a reemplazar la fuerza muscular y animal en la agricultura. La invención y la adopción generalizada de herramientas como el tractor y la cosechadora permitieron que la agricultura se tornara más eficiente y productiva. Esta etapa de agricultura industrial y mecanizada se caracterizó por el empleo masivo de tecnologías mecánicas y la automatización de muchas tareas agrícolas, desde la preparación del suelo hasta la cosecha. (Paredes, 2023)

La creación del primer tractor a vapor fue en el año 1868 por parte de John Fowler marcó el comienzo de la mecanización agrícola. Sin embargo, estos tractores eran voluminosos y pesados, dificultando su operación y maniobrabilidad en terrenos irregulares. (Paredes, 2023)

3.3.3 Agricultura 2.0: Integración de Componentes Electrónicos y Nacimiento de la Agricultura de Precisión (Década de 1990)

La Agricultura 2.0 representó un avance en la evolución agrícola, ya que las maquinarias agrícolas comenzaron a incorporar componentes electrónicos. Este período se materializó principalmente a

partir de la década de 1990, cuando la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global) se volvió ampliamente accesible y usada. De esta evolución nació la Agricultura de Precisión (AP), que capitalizó la precisión de ubicación que proporcionaba el GPS.

El uso de sistemas electrónicos de guía y control permitió a los agricultores realizar tareas con una exactitud sin precedentes. La dosificación variable de insumos como fertilizantes y pesticidas se convirtió en una realidad, ya que los agricultores podían aplicar estos insumos en cantidades específicas según las necesidades de cada zona de la parcela. Esto redundó en una utilización más eficiente de los recursos y una disminución de los impactos ambientales. (Paredes, 2023).

En 1996, un acontecimiento importante tuvo lugar en la agricultura: Louis van den Borne probó un nuevo sistema que registraba información en las maquinarias agrícolas. Utilizó una computadora especial llamada UNI-Control-S en diversas máquinas durante todo el año. Esta computadora medía distancias y cantidades, y almacenaba estos datos. Este sistema facilitaba labores como la pulverización automática, midiendo el consumo de combustible y el tiempo que llevaba cada tarea. También calculaba costos e inventarios. Representó un gran avance, ya que simplificó la gestión agrícola y abrió puertas a nuevas formas de operar. (Paredes, 2023)

3.3.4 Agricultura 3.0: Emerge la Agricultura Digital (Década de 2000)

La Agricultura 3.0 presenció la emergencia de la Agricultura Digital, impulsada por la adopción generalizada de tecnologías de comunicación, transferencia de datos, almacenamiento en la nube y aplicaciones para captura y análisis de datos agrícolas a gran escala. Los agricultores comenzaron a emplear dispositivos móviles, sensores, drones y otras tecnologías para recolectar información detallada sobre sus campos en tiempo real. Los datos agrícolas se almacenaban y analizaban en plataformas en línea, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas basadas en información precisa y actualizada. (Paredes, 2023)

En la década de 2000, se produjo un avance considerable en la agricultura de precisión con la introducción de sensores y tecnologías de teledetección. Estos dispositivos permitieron a los agricultores recopilar información detallada sobre factores como la humedad del suelo, la salud de las plantas y las condiciones climáticas. Esta información se utilizó para tomar decisiones fundamentadas en cuanto al riego, la fertilización y el manejo de cultivos, optimizando así los rendimientos y disminuyendo el impacto ambiental. (Paredes, 2023).

3.3.5 Agricultura 4.0: La Visión de una Agricultura Conectada (Siglo XXI)

La Agricultura 4.0 encarna una visión futura de la agricultura en la cual los procesos y agentes agrícolas estarán interconectados a través de redes similares a la Internet de las Cosas Internet of Things (IoT). En esta fase, se prevé una mayor integración de tecnologías como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la automatización avanzada. Los sistemas agrícolas serán capaces de recolectar, analizar y compartir datos en tiempo real, lo que posibilitará una toma de decisiones aún más precisa y eficaz. Esta etapa promete una mayor optimización de recursos, una reducción de desperdicios y un incremento global en la productividad agrícola. (Paredes, 2023).

En este entorno, el tractor ya no será solamente una máquina trabajando en campo conectada a internet, sino parte de un complejo ecosistema digital conectado con múltiples sistemas de sistemas, de forma coordinada.

3.4 Agricultura de Precisión

3.4.1 Definición

La agricultura de precisión es un método de gestión agrícola basado en la observación, medición y respuesta a la variabilidad intra e inter campo en los cultivos. Este enfoque utiliza tecnologías avanzadas para monitorear y optimizar las operaciones agrícolas, asegurando que los recursos

como el agua, los fertilizantes y los pesticidas se apliquen de manera precisa y controlada. (Godron, 2024)

La agricultura de precisión se basa en el manejo específico de un área de cultivo. Para ello, se utilizan herramientas tecnológicas como el posicionamiento global, dispositivos de distribución de riego, fertilizantes y plaguicidas variables, sensores climatológicos de cultivo y, últimamente, los drones. Estas herramientas en conjunto realizan el proceso de recolección de la información la cual es finalmente plasmada en mapas digitales sobre los cuales se toman decisiones de manejo. (González et al., 2016)

La agricultura de precisión constituye un valioso instrumento para diagnosticar con exactitud problemas de la producción agrícola, adoptar decisiones y obtener respuestas satisfactorias en los índices de rendimiento agrícola. Prácticamente consiste en actuar hasta con el más mínimo detalle en el sitio adecuado y en el momento oportuno, a partir de las novedades científicas que ofrecen la informática y la tecnología. (*Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD: Desarrollo de Plataforma de Internet de Las Cosas Para Toma de Decisiones En Modelos de Agricultura de Precisión*, n.d.)

La Agricultura de Precisión-AP implica el uso de tecnologías de la Información y Comunicación-TIC de manera que se permita disponer de los suelos, sistemas de regadíos, cantidad de agua y otras variables de los cultivos que se encuentran dentro de un lote o sector. Sin lugar a duda el uso de las tecnologías de la información y la comunicación contribuyen notablemente a la mejora del rendimiento de un cultivo, así como con el aumento de la calidad y porque no, con la disminución en los gastos de estos. (Rambauth Ibarra, 2022)

De esta manera, la agricultura y al sector rural no deberían desconocer las TIC, ellas podrían verse influenciadas positivamente por la intervención y uso potencial de las tecnologías de la información y comunicación. La adopción de las TIC en la agricultura permite hacerlas más eficientes y, reducir costos e introducir certeza en las decisiones. Así mismos, usar TIC basadas en el uso de plataformas

digitales, Big Data, Analítica e IoT, contribuye al uso racional de los recursos, al aumento en la productividad y en la rentabilidad misma.(Rambauth Ibarra, 2022)

3.4.2 Aplicaciones basadas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para la agricultura de precisión (AP)

A. Agricultura de precisión (AP)

La agricultura de precisión implementada por John Deere se basa en la integración de tecnologías avanzadas para optimizar las operaciones agrícolas, mejorar la eficiencia y maximizar el rendimiento de los cultivos. Esta metodología emplea sistemas de guiado automático, control de maquinaria y gestión de datos para asegurar que las labores agrícolas se realicen con la mayor precisión posible. (John Deere,2025)

Entre las soluciones que ofrece John Deere se encuentran los sistemas de guiado automático AutoTrac, que permiten una navegación precisa de la maquinaria en el campo, reduciendo solapamientos y omisiones. Además, la empresa proporciona monitores y receptores que facilitan el control y monitoreo en tiempo real de las operaciones, así como la documentación detallada de las actividades realizadas. (John Deere,2025).

Estas tecnologías permiten a los agricultores maximizar la eficiencia de sus operaciones al reducir costos de insumos y consumo de combustible, al tiempo que incrementan la productividad y sostenibilidad de sus prácticas agrícolas. (John Deere,2025)

Con la aparición de los Sistemas de Navegación Global por Satélite -GNSS la AP dio un nuevo salto en sus alcances y propósitos. El papel de los Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS) en la AP es clave. Un receptor GNSS no es más que un dispositivo electrónico que proporciona, entre otros datos, las coordenadas latitud, longitud, altitud del punto donde se encuentra la antena. Esta información puede ser usada por otros dispositivos electrónicos con

diferentes propósitos, dando lugar a multitud de aplicaciones. Las TIC han puesto al servicio de la agricultura un compendio de herramientas que facilitan dicha finalidad. (Rambauth Ibarra, 2022).

B. Sensores

El termino sensor hace referencia a cualquier dispositivo que al recibir un impulso o magnitud física convierte a la misma en una señal de voltaje (analógica), esta señal puede ser compartida, procesada en un dispositivo u ordenador. Dichos sensores nos permiten determinar con precisión periódica: la posición de una máquina, la velocidad de desplazamiento, medir la temperatura de un lugar, la condición de sus mecanismos, la fertilidad del suelo, el nivel de vegetación del cultivo entre otros. (Rambauth Ibarra, 2022)

C. Big Data y Analítica

En algunos casos se hace necesario almacenar de manera digital información diversa a gran velocidad en grandes volúmenes, para referirse a ello se usa el termino Big Data. Al respecto de Big Data y Analítica: es el proceso de usar software para describir tendencias, patrones, correlaciones u otras ideas útiles en esos grandes almacenes de datos. Desde hace décadas se viene analizando datos, representado en software de inteligencia empresarial y minería de datos. Este tipo de software se hace más robusto conforme pasa el tiempo, pudiendo así: incrementar la cantidad de datos que administra, a la vez que permite ejecutar consultas de manera más ágil, así como logaritmos más estructurados y avanzados. (Rambauth Ibarra, 2022)

D. Internet de las cosas: Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT), se usa para describir a los objetos físicos (de allí el termino cosas) que usan sensores, software integrado; además de otras tecnologías que les permiten conectarse entre

ellos y con otros dispositivos usando las redes y sistemas a través de internet. La interconexión de estos objetos tiene como finalidad el intercambio de datos. Actualmente existen alrededor de 10000 millones de dispositivos de Internet de las cosas-IoT y se pronostica que para el año 2025 el número de estos se duplicara acercándose a la cifra de 25000 millones de dispositivos. (Rambauth Ibarra, 2022)

3.5 Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión

El uso de los drones para la agricultura supone una revolución en la monitorización y la gestión de los cultivos, aumentando la eficiencia en todos los procesos: el análisis previo, la aplicación de productos fitosanitarios y fertilizantes, el riego o el análisis de los resultados posterior. Gracias al relativo bajo coste de operación y a su eficacia, los UAS o sistemas aéreos no tripulados, como se conocen internacionalmente los drones, permiten un ahorro considerable en tiempo y dinero.

Un drone es un vehículo aéreo no tripulado (VANT por sus siglas en español). Los drones se manejan con control remoto (tipo joystick) o a través de aplicaciones para smartphones o tablets. Actualmente hay diferentes apps desarrolladas para iOS, Android y hasta Linux para pilotear un drone, sacar fotos y filmar. Actualmente, la agricultura en todo el mundo propende por la seguridad alimentaria a futuro, razón por la cual se está en la búsqueda de tecnologías modernas que ayuden a mitigar la insuficiente atención a los cultivos que generan gastos innecesarios en el monitoreo de los mismos.(Ríos, 2021)

Desde el siglo XIX hasta la actualidad se ha venido desarrollando y elevando la producción de aparatos o unidades no tripuladas como una tecnología potente empleada en el campo de la agricultura de precisión. Los primeros usos de estos aparatos fueron con fines militares, pero en últimos años comenzaron a utilizarse en la agricultura para monitorear sus campos, así como para ayudar a los programas de agricultura de precisión.(Ríos, 2021)

Hay estimaciones de que 80 a 90% del mercado de aparatos no tripulados en la próxima década se utilizará en la agricultura. A partir de los drones, empelados como una herramienta tecnológica innovadora, es posible resolver las problemáticas expuestas en campos de cultivos de gran extensión, ya que con cámaras de alta definición e información geográfica pueden recorrer más de mil hectáreas en menos de una hora. Estos dispositivos para la toma de mediciones y captura remota sobrevuelan los cultivos con cámaras multiespectrales pueden tomar fotografías y grabar videos de alta resolución que detectan características que se pasan por alto a simple vista, ayudando a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del campo.(Ríos, 2021)

La agricultura de precisión con drones supone múltiples ventajas, desde el seguimiento detallado y pormenorizado de la cosecha, una mejora en el consumo de agua o una fumigación precisa a un bajo costo. Así con su utilización se pueden suministrar a los agricultores fotos infrarrojas que, tras ser sometidas a determinados programas informáticos, arrojan mapas de vigor de las plantas y de sus hojas.(Ríos, 2021)

Los drones, una herramienta de gran utilización en la Agricultura de Precisión una de las principales labores de los drones es monitorear las parcelas agrícolas. Para ello, el dron capta imágenes que, tras el tratamiento informático adecuado, son capaces de arrojar datos precisos sobre diferentes aspectos, como:

- El estrés hídrico de los cultivos.
- Las deficiencias nutricionales de las plantas.
- La incidencia en los cultivos de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- El estado de desarrollo y fenológico de las plantas.(Ríos, 2021)

Estos datos pueden llevarse en un pendrive al ordenador de a bordo del tractor. De esta forma, el agricultor puede aplicar dosis de agroquímicos (como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) mucho más ajustadas a las necesidades del cultivo y sólo allí donde sea necesario. Esta optimización en el uso de los agroquímicos supone un ahorro económico y de tiempo, así como un beneficio para el medio ambiente.(Hernández, 2021)

Los drones agrícolas permiten a los agricultores acceder a una gran cantidad de datos que validados o no según sea necesario, con otras obtenidas por otros medios, pueden utilizarse para apoyar la toma de decisiones y aumentar la rentabilidad de la explotación. Pero los drones agrícolas no quedan relegados a tareas de monitorización. Diferentes líneas de investigación desarrolladas permiten utilizar los drones en otros tipos de tareas. (Hernández, 2021)

3.5.1 Siembras

Emprender las labores de siembra con drones comienza a ser posible mediante una tecnología nueva y aún poco extendida, que algunas empresas están experimentando, con sistemas capaces de disparar semillas hacia el suelo previamente preparado. Con el tiempo, es posible que esta tecnología sea capaz de minimizar el coste de las labores de siembra. (Hernández, 2021)

3.5.2 Fertilización y fumigación de cultivos

Para obtener rendimientos óptimos, los cultivos suelen requerir de fertilizaciones y fumigaciones periódicas. Tradicionalmente estas labores se completaban a mano, con el tractor o, en áreas muy extensas, incluso con la ayuda de un avión. Aunque hoy en día existen fertilizadoras por sitio específico que permite la aplicación de fertilizantes con dosis determinadas. (Hernández, 2021)

De hecho, incorporar depósitos en los drones para que carguen los fertilizantes, plaguicidas y herbicidas que luego los apliquen según las necesidades de la parcela, en vuelos a muy poca altura de las plantas resulta mucho más seguro y rentable que el uso de aviones. Es posible programar el dron para que actúe de forma autónoma ejecutando rutas específicas en horarios prefijados. (Hernández, 2021)

3.5.2.1 DJI Agras T25

DJI Agras T25 es el dron más nuevo y la solución más conveniente para un dron de aspersión con capacidad de 20 Litros en tanque de líquidos y 25 kg para sólidos; este dron mapea, asperja líquidos y dispersa gránulos o semillas con exactitud y precisión, evita el desperdicio y maximiza los resultados de los productos agrícolas en las plantas, ahora es un dron más pequeño, pero más eficiente. (DJI Agras, sf)

Características Destacadas

- Dron Agrícola equipado listo para aspersión y dispersión y uso en árboles frutales
- Capacidad máxima de pulverización 20 Litros para líquidos
- Capacidad máxima de dispersión de 35 Litros o 25 Kg para sólidos
- Sistema de Aspersión con dos boquillas centrífugas, opcionalmente puede agregar 2 boquillas más para aumento de caudal.
- Cobertura máxima de 7 metros de abanico de aspersión y dispersión
- Sistema de mapeo inteligente
- Radar matriz en fase activa + visión binocular para un vuelo seguro
- Cobertura de 1.5 a 2 hectáreas por batería
- IPX6K Grado de protección contra agua y polvo
- Bomba centrífuga magnética
- Súper control remoto de 8 núcleos DJI RC con pantalla de 7 pulgadas
- Generador Inverter de 6,000 W con carga rápida de 10 minutos

- Tiempo de vuelo por batería 12 minutos
- Temperatura de trabajo de -20 hasta 50 grados
- Tamaño ajustable de la gota de 50 μm , a 500 μm

¿Qué puede hacer el dron fumigador Agras T25?

Asperja: El sistema de aspersión cuenta con dos boquillas centrífugas y opcionalmente puedes agregar 2 boquillas más si requieres aumentar el caudal, es útil en aquellos cultivos que requieren una mayor dosis de producto por hectárea como los frutales; garantizando un mayor rendimiento de rociado uniforme y exacto, la misma dosis con el mínimo de agua. (DJI Agras, sf)

Dispersa: El tanque de sólidos tiene capacidad de 25 kg ó 35 litros y es capaz de esparcir con exactitud y eficiencia evitando el desperdicio. (Se vende por separado).

Mapea: Con el súper control remoto de 8 núcleos puedes operar con comodidad tu Drone Agrícola pero además podrás mapear hasta 6 hectáreas en 10 minutos, útil en árboles frutales o terrenos irregulares. (DJI Agras, sf)

3.5.2.2 DJI Agras T50

DJI Agras T50 es el mejor vehículo aéreo no tripulado o dron fumigador del mundo, su capacidad de tanque es de 40 litros para aspersión y 50 kg para esparcir semillas, ahora con un notable aumento en el caudal de pulverización mejora notablemente su rendimiento, su sistema de radares delantero y trasero brindan una mayor seguridad, el software de vuelo mejorado facilita el trabajo de mapeo, aspersión o dispersión de productos agrícolas, convirtiéndolo en la solución más poderosa y perfecta para subir de nivel en la agricultura. (DJI Agras, sf)

DJI Agras T50 el mejor Dron fumigador

Agras T50 es considerado el mejor del mundo para aspersión agrícola gracias a su tanque de 40 litros, un nuevo sistema de atomización centrífuga que garantiza una pulverización precisa y eficiente, un nuevo sistema de motores dobles en cada brazo que permiten un ancho de aspersión hasta 11 metros, baterías con 1,500 ciclos de uso y una recarga en tan solo 9-12 minutos, todo esto y más hacen de este dron para fumigación más revolucionario hasta ahora. Agras T50 no solamente asperja, también mapea y dispersa sólidos como semillas o fertilizantes sólidos. (DJI Agras, sf)

¿En qué tipos de cultivo se puede utilizar?

Agras T50 puede trabajar en cualquier cultivo y terreno al aire libre, desde cultivos bajos como hortalizas, medianos como la caña de azúcar, maíz, plátano -, hasta altos como los frutales, aguacate, limón y mango. (DJI Agras, sf)

¿Cuáles son los terrenos en que puedes utilizarlo?

Los terrenos pueden ser planos, quebrados, pendientes o montañosos, aunque lo ideal son planos sin obstáculos para un mejor rendimiento y experiencia de usuario.

Beneficios de utilizar el dron DJI Agras T50

Aplicaciones, Dispersión y Mapeo

- Aplique productos agrícolas con precisión y exactitud día o noche, evite el desperdicio y el uso excesivo de agua.
- Disperse productos sólidos como semillas o fertilizantes, se ha comprobado el ahorro de producto con eficiencia en comparación al boleo a mano.

- Mapeo de las parcelas, trabaje una sola vez y tenga bajo su resguardo la información de la parcela y su misión de vuelo para usarla nuevamente cuando lo necesite. (DJI Agras, sf)

Cobertura y eficiencia de trabajo

De 1.5 a 2 hectáreas de rendimiento máximo por batería en 9-10 minutos, rendimiento aproximado de 80 hectáreas diarias son posibles con Agras T50 gracias a su tanque de 40 litros y caudal de 16 litros por minuto, abanico de cobertura de 11 metros a 3 metros de altura y velocidad de vuelo máxima de 10 metros por segundo. AGRAS T50 garantiza una alta penetración de gotas en las capas de las plantas y una aplicación uniforme de productos gracias a sus 2 boquillas centrífugas con sistema de pulverización de atomización doble y poderosa fuerza de sus 8 motores.

Tenga en cuenta que en árboles frutales y/o terrenos accidentados el rendimiento disminuirá. (DJI Agras, sf)

Agras T50 Drone agrícola confiable y seguro

Vuele con confianza gracias al sistema de radares duales delantero y trasero que detecta obstáculos en 360 grados, elimina puntos ciegos y puede trabajar de día y de noche sin afectarle la luz o el polvo, además permite un mejor seguimiento de terreno.

Diseñado para el trabajo Duro

Agras T50 está fabricado para trabajar duramente en el campo, tiene una estructura completamente protegida y ha sido sometido a cientos de pruebas para garantizar que lo protegen del uso de productos pesticidas y fertilizantes, así como para resistir el polvo y la corrosión. (DJI Agras, sf)

3.5.3 Mapeo, topografía y análisis de los cultivos

Una de las mayores ventajas de usar la tecnología de los drones agrícolas es lo fácil que resulta la monitorización a gran escala de los cultivos. Gracias a ellos es posible obtener imágenes en tiempo real y animaciones que recogen la progresión de los cultivos. Se trata de datos fiables que brindan una excelente panorámica del estado de los cultivos de la parcela. Con esta tecnología puedes determinar:

- El estado fitosanitario de las plantas y del cultivo en general.
- La distribución de la tierra según el cultivo.
- La fenología (etapa del ciclo de desarrollo) del cultivo en tiempo real.
- Mapas georreferenciados detallados del área de cultivo.

3.5.3.1 DJI Mavic 3 Multispectral

Para maximizar la eficiencia de las medidas a aplicar y mejorar la productividad de los cultivos y al mismo tiempo reducir los costes, el primer paso es llevar a cabo un análisis preciso y detallado del terreno y de las plantas. Drones como el DJI Mavic 3 Multispectral combinan una cámara RGB de alta resolución y cámaras multispectrales, que separan el espectro visible en colores, para poder llevar a cabo una topografía aérea de alta precisión de las fincas y la monitorización y el análisis minucioso de los cultivos y de los recursos naturales, de la humedad del suelo, la temperatura, los nutrientes o la luz solar.

El Mavic 3 M posee una cámara gran angular con sensor 4/3" de 3 MP y obturador mecánico, perfecta para mapear el terreno, gracias también al módulo RTK que permite una precisión centimétrica, y cuatro cámaras multispectrales (infrarrojo cercano, rojo, borde rojo, verde) de 5 MP, además de un sensor de luz solar que captura la radiación solar y la registra en un archivo de imagen para la compensación de la luz en el modelo 2D, para escanear hasta 200 hectáreas por vuelo y obtener datos muy fiables sobre el índice NDVI (Índice de vegetación de diferencia

normalizada), que señala el verdor, la densidad y la salud de las plantas por pixel de la imagen. (DJI ars Madrid, 2024)

3.6 Smartfarm

Ayuda a analizar las imágenes tomadas por drones para mejorar la eficiencia y productividad en la agricultura. La plataforma permite generar mapas de alta definición, identificar diferencias en el crecimiento de los cultivos, y generar mapas de prescripción para la aplicación de fertilizantes y agroquímicos de forma más precisa y eficiente.

Análisis de imágenes DJI SmartFarm procesa las imágenes capturadas por drones para obtener datos valiosos sobre la salud de los cultivos, como índices de vegetación (NDVI), detección de estrés, y detección de malezas. DJIAgriculture .(s.f)

3.7 Índices de vegetación

NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada): Permite detectar plantas bajo estrés, diferenciar cultivos y determinar en que etapa de su ciclo de crecimiento se encuentran.

Los valores más cercanos a 1 (máximo) se muestran en verde oscuro, indicando vegetación viva y densa, mientras que los valores más cercanos a 0 (mínimo) se muestran en verde claro o amarillento, indicando poca vegetación o vegetación en malas condiciones.

El NDVI utiliza una paleta de colores para representar los valores del índice:

- **Verde oscuro:** Indica alta densidad y salud de la vegetación.
- **Verde claro a amarillento:** Indica poca vegetación o vegetación en malas condiciones.

- **Rojo/Naranja:** Indica la concentración de clorofila.
- **Azul:** Indica presencia de agua.

GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde): Proporciona información sobre el contenido de clorofila en las hojas.

NDRE (Índice de vegetación de diferencia Normalizada del Borde Rojo): detecta cambios sutiles en la salud de las plantas, especialmente relacionados con clorofila, nitrógeno y estrés por sequía o enfermedades, utilizando el espectro del "red edge" (borde rojo), una zona entre la luz roja y el infrarrojo cercano. DJI Agricultura .(s.f).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Descripción del sitio de la empresa

La Práctica Profesional Supervisada se realizó en la empresa CAMOSA (Camiones y Motores S.A), ubicada en Francisco Morazán, Distrito Central. Blvd. Comunidad Económica Europea, desvío a Col. El Pedregal.

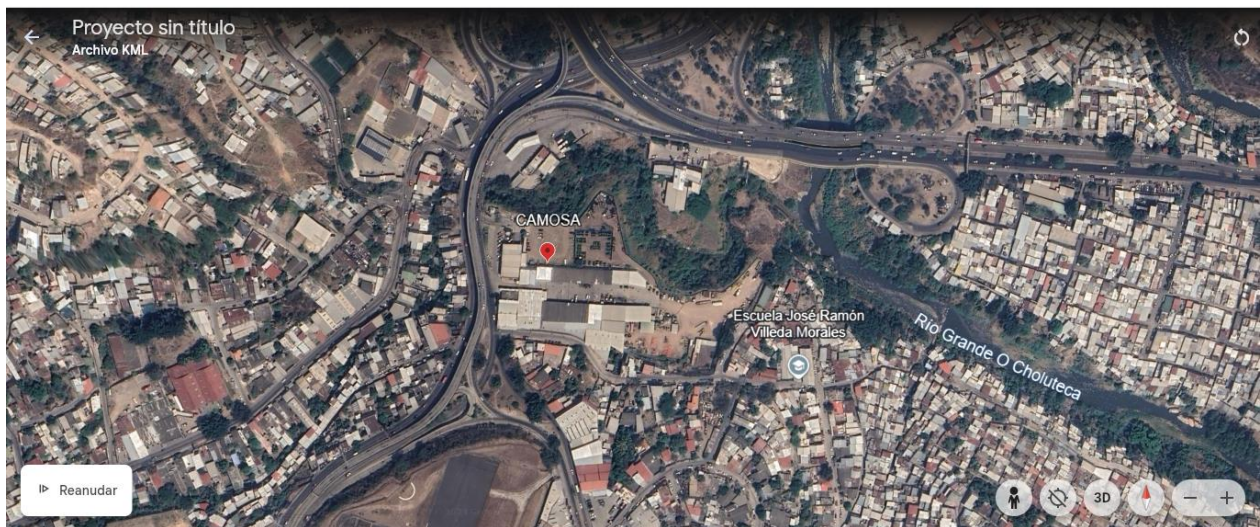


Figura 1 Mapa de localización de la Empresa CAMOSA (Fuente: Google Earth).

4.2 Materiales y equipo

Durante mi practica los materiales y equipos que utilice fueron ; computadora, celular, libreta de campo para tomar nota, lápiz, calculadora, Cronometro, Drones DJI Agras y Mavic 3 M.

4.3 Metodología

Para la implementación del uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) en la agricultura, se llevó a cabo una metodología basada en una experimentación en campo. Esta metodología permitió evaluar la viabilidad y eficiencia del uso de drones DJI Agras T50 y Mavic 3 Multispectral en la producción agrícola, con el fin de maximizar la productividad y minimizar los costos de producción.

Mediante este cuadro se obtendrá la información relevante en la evaluación del uso de drones en la agricultura, se utilizarán las siguientes tomas de datos:

Parámetros de eficiencia	¿Qué hice?	¿Cómo lo hice?	¿Con que lo hice?
Cantidad aplicada	Durante las pruebas en campo medí todos los parámetros de eficiencia con diferentes cantidades de agua .	Mediante el uso de los sensores del dron y el software pude llevar un registro de los datos.	Estas pruebas las realice con un Dron T50 DJI Agras.
Tiempo de operación	Durante el N° de vuelos determine en que tiempo se realizó la operación.	Se uso cronometro para llevar el registro del tiempo de operación durante la toma de datos.	Haciendo uso del Software (DJI SmartFarm) de gestión de vuelos en los VANT.
Cobertura alcanzada	Logre determinar el área total cubierta en cada operación.	Con el dron pude realizar visualización del cultivo durante la operación, haciendo uso de GPS y análisis de imágenes aéreas.	Con la ayuda de los sensores multiespectrales y software de mapeo pude marcar la ha en que deseaba realizar la operación.
Costos asociados	El costo de total de operación por ha ronda entre 8 a 12 dólares. (L.208.00 – 312.00)	Ver los costos registrados por los productores.	Excel

Cuadro 1 Evaluación de Parámetros de Eficiencia con el uso de drones.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante las aplicaciones en los diferentes lotes con agroquímicos utilizados como productos sistémicos (ENVOKE 75 WG, Asulox, Dual Goal, Callisto 48 SC, K-tionic, Carrier (Aceite agrícola), Regulador de Ph y dureza, Break thru), se recopilaban los siguientes parámetros de eficiencia utilizando las capacidades del dron T50 DJI Agras en cultivo de Caña de Azúcar en el Ingenio Chumbagua, municipio de San Marcos, Santa Barbara.

Lote N° 1: Los Ruiz

Hectáreas: 14.63

Vuelo N°	Cantidad Aplicada (L)	Velocidad (m/s)	Interlineado (m)	área Cubierta (ha)	Altura de Vuelo (m)	Tiempo de Operación (min)
1	39.5	10	7.88	1.98	5	9:41
2	41.7	10	7.88	2.08	5	10:04
3	40	10	7.88	2	5	10:00
4	33.3	10	7.88	1.67	5	9:05
5	39.3	10	7.88	1.96	5	9:39
6	40	10	7.88	2	5	10:00
7	20.4	10	7.88	1.02	5	5:01
8	38.2	10	7.88	1.92	5	9:35

Cuadro 2 Datos tomados en el Lote N°1 Los Ruiz con el dron T50.

En el lote “Los Ruiz” se realizaron 8 vuelos cubriendo un total de aproximadamente 14.63 hectáreas. La operación del dron T50 DJI Agras mostró una eficiencia operativa constante, con una velocidad y altura de vuelo estables (10 m/s y 5 m). La variación en el área cubierta por vuelo (entre 1.02 y 2.08 ha) demuestra una capacidad adaptativa del equipo a diferentes condiciones del terreno o demanda de aplicación. El promedio de tiempo por vuelo fue inferior a 10 minutos, lo que evidencia un buen rendimiento en cuanto a autonomía y cobertura.

Lote N° 2: Rio Frio

Hectáreas: 21.12

Vuelo N°	Cantidad Aplicada (L)	Velocidad (m/s)	Interlineado (m)	área Cubierta (ha)	Altura de Vuelo (m)	Tiempo de Operación (min)
1	40	10	7.88	2	5	10:00
2	39.1	10	7.88	1.97	5	9:54
3	40	10	7.88	2	5	10:00
4	40.1	10	7.88	2.01	5	10:02
5	40	10	7.88	2	5	10:00
6	42.4	10	7.88	2.13	5	10:05
7	40.4	10	7.88	2.02	5	10:01
8	39.6	10	7.88	1.99	5	9:56
9	40	10	7.88	2	5	10:00
10	40	10	7.88	2	5	10:00
11	20	10	7.88	1	5	5:00

Cuadro 3 Datos tomados en el Lote N°2 Rio Frio con el dron T50

En este lote se realizaron 11 vuelos, cubriendo de manera uniforme el área total. La aplicación fue muy estable, con volúmenes y áreas casi constantes por vuelo (alrededor de 2 ha por misión). Se destaca la eficiencia operativa del dron, manteniendo velocidad, interlineado y altura constantes. El tiempo promedio por vuelo rondó los 10 minutos, lo que resalta la capacidad del equipo para mantener un ritmo de trabajo continuo y productivo, ideal para superficies de mediana extensión.

Lote N°3: Rio Frio

Hectáreas:7.35

Vuelo N°	Cantidad Aplicada (L)	Velocidad (m/s)	Interlineado (m)	área Cubierta (ha)	Altura de Vuelo (m)	Tiempo de Operación (min)
1	29	10	7.88	1.45	5	7:01
2	34.2	10	7.88	1.72	5	8:01
3	30.6	10	7.88	1.55	5	7:12
4	24.4	10	7.88	1.22	5	5:40
5	28.2	10	7.88	1.41	5	6:01

Cuadro 4 Datos tomados en el Lote N°3 Rio Frio con el dron T50.

En este tercer lote, más pequeño, se completaron cinco vuelos, ajustando la cantidad aplicada y tiempo operativo a las dimensiones del terreno. El rendimiento fue proporcionalmente eficiente, con áreas cubiertas por vuelo ligeramente menores debido al tamaño del lote. El patrón de trabajo se mantuvo constante en cuanto a velocidad y altura, lo que permitió una aplicación precisa en espacios reducidos. Este caso demuestra la versatilidad del dron T50 para trabajar eficientemente tanto en grandes como en pequeñas parcelas.

Eficiencia

La eficiencia en litros de agua entre un dron agrícola y las bombas de mochila (manuales o motorizadas) puede compararse en función de la cantidad de agua usada por hectárea tratada, la precisión de aplicación y la cobertura.

Un dron agrícola puede ser hasta 10 a 40 veces más eficiente en consumo de agua que una bomba de mochila tradicional. Para post aplicación en eficiencia esta arriba del 70%.

Consumo de agua por hectárea:		
Sistema	Litros por hectárea	Conclusión
Dron agrícola	20 L/ha	Alta precisión, baja deriva, ahorro significativo de agua.
Bomba de mochila	200 L/ha	Alta deriva, aplicación menos uniforme, más desperdicio.

Cuadro 5 La eficiencia en litros de agua entre un dron agrícola y las bombas de mochila.

Se realizó una prueba con tarjetas hidro sensibles, en donde el impacto a la vez que se tarjetearon salió a 33 impactos de pulverización del dron T-50 por cm^2 en una hoja del cultivo de Caña de Azúcar, para poder leer los impactos se hizo un escaneo a las tarjetas hidro sensibles a través de la cámara fotográfica del dispositivo SprayGuru este programa estadístico nos brindó el número de impactos de gota / cm^2 . Como son herbicidas sistémicos los que se aplicaron solo se ocupan entre 18 a 24 gotas por cm^2 .

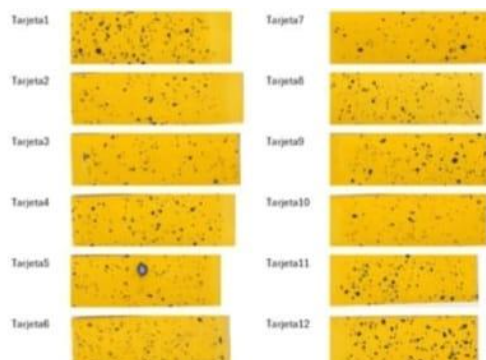


Figura 2

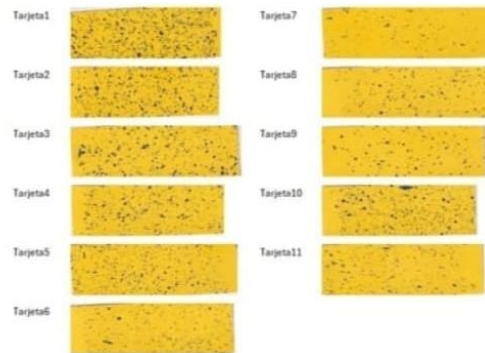


Figura 3 Las figuras 2 y 3 muestran el número de impactos que se tarjetearon con las tarjetas hidro sensibles en una hoja del cultivo de caña de azúcar

DJI Mavic 3 Multispectral

Con el dron DJI 3 Multispectral pude realizar un análisis en dos cultivos (Maíz y Plátano), utilizando SmartFarm siendo este un software utilizado en la agricultura de precisión para optimizar la gestión de los cultivos mediante la obtención de datos en tiempo real, permitiendo mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de los cultivos.

Los usos principales de este Software en los cultivos son:

1. Monitoreo de cultivos en tiempo real:

- Visualización de salud de las plantas mediante imágenes satelitales o drones.
- Detección de plagas, enfermedades o estrés hídrico.

2. Gestión de riego:

- Control preciso del riego con base en sensores de humedad del suelo.
- Ahorro de agua mediante riegos programados solo cuando es necesario.

3. Gestión de maquinaria y personal:

- Control de operaciones realizadas por tractores o drones.
- Asignación de tareas y seguimiento del trabajo en campo.

4. Aplicación de fertilizantes y agroquímicos.



Figura 4 Dron DJI Mavic 3Multiespectral

Índices de vegetación

Análisis de imágenes Multiespectrales en Cultivo de Plátano en la Finca Jupuara , Comayagua .

1. Tipo de análisis realizado

Las imágenes procesadas por Smartfarm fueron realizadas mediante índices de vegetación, principalmente:

- NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)

- GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde)
- NDRE (Índice de Vegetación del Borde Rojo)

2. Significado de cada índice

RGB: Este análisis, basado en imágenes en el espectro visible (rojo, verde y azul), permitió una evaluación visual general del cultivo. Si bien no proporciona datos espectrales detallados como los índices NDVI o NDRE, el RGB es útil para:

- Identificar áreas con diferencias de coloración que podrían indicar estrés visual, como clorosis, necrosis o deficiencia de cobertura vegetal.
- Reconocer patrones espaciales de crecimiento y distribución del cultivo.
- Localizar zonas afectadas por plagas, enfermedades, malezas o estrés hídrico, cuando hay un contraste notable en el color del follaje.

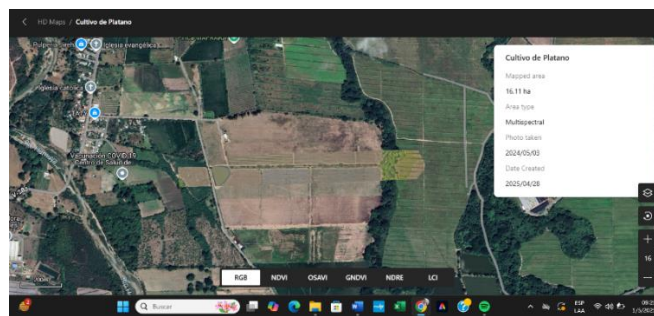


Figura 5 Análisis del índice RGB de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.

NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada): Se detecto el estado general de la vegetación. Permitiendo identificar si el cultivo de plátano presenta zonas con plantas bajo estrés hídrico, o deficiencias nutricionales. Se interpreta mediante colores:

- **Verde oscuro:** vegetación saludable y densa. (Indicando plantas bien nutridas y sanas).

- **Verde claro/amarillo:** vegetación débil o estresada. (Plagas y enfermedades (en raíces o pseudotallo, picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), Moco (*Ralstonia solanacearum*.) Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y Deficiencias de nitrógeno.
- **Rojo/naranja:** concentración de clorofila.
- **Azul:** presencia de agua.

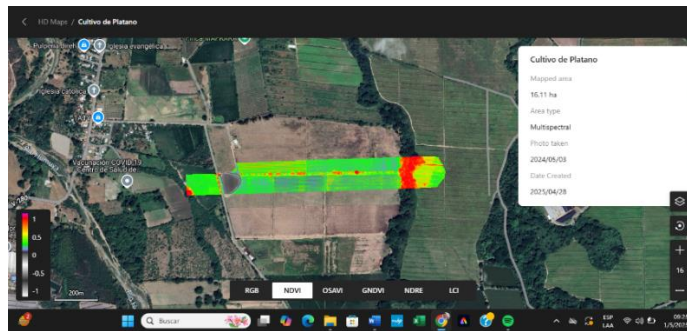


Figura 6 Análisis del índice NDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.

GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde): este análisis indica la cantidad de clorofila, la cual refleja la actividad fotosintética y la nutrición del cultivo. A través de la imagen GNDVI procesada en la plataforma Smartfarm, se identificaron diferencias en la intensidad del verdor del cultivo, lo cual refleja variaciones en la salud nutricional y la capacidad fotosintética de las plantas. Las zonas con valores más altos del índice indicaron una mayor concentración de clorofila, asociada a un cultivo vigoroso, mientras que los valores bajos señalaron áreas con posibles deficiencias de nitrógeno, estrés hídrico o daño por plagas (picudo) o enfermedades (sigatoka negra y Moko).

La interpretación de la imagen permitió detectar zonas problemáticas antes de que los síntomas fueran visibles al ojo humano, ofreciendo una ventaja agronómica significativa para la toma de decisiones anticipadas y precisas.

La imagen multiespectral basada en GNDVI facilitó una evaluación eficiente del estado de salud del cultivo, apoyando la implementación de estrategias de manejo localizado, como la fertilización

diferenciada y el monitoreo preventivo de estrés, con el objetivo de mejorar la productividad y sostenibilidad agrícola. En plátano, una clorofila baja puede indicar hojas envejecidas, estrés por calor, o enfermedades como sigatoka negra.

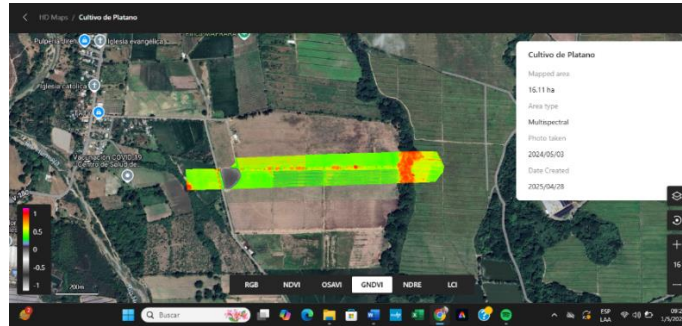


Figura 7 Análisis del índice GNDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.

NDRE (Índice de Vegetación del Borde Rojo): Detecta cambios más sutiles en la salud de las plantas, relacionados con el contenido de clorofila y el estrés causado por enfermedades, deficiencia de nitrógeno o sequía.

Este **análisis** permitió, Identificar con mayor precisión deficiencias nutricionales (especialmente de nitrógeno), que no se evidencian visualmente en etapas tempranas. Detectando zonas con actividad fotosintética reducida, lo que indica potenciales problemas por estrés ambiental, enfermedades o desequilibrios en el suelo. Apoyar la toma de decisiones proactivas y localizadas, como la aplicación dirigida de fertilizantes foliares o el ajuste de estrategias de manejo por lote.

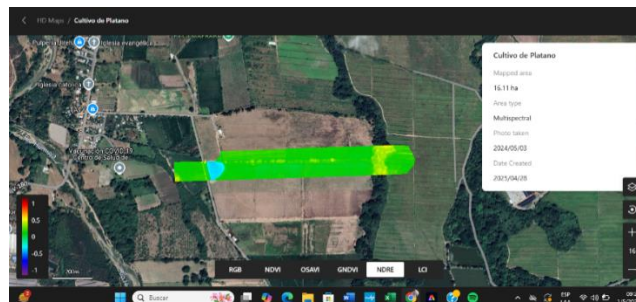


Figura 8 Análisis del índice NDRE de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.

LCI (Índice de clorofila foliar):

- **Tipo de análisis:** Estimación del contenido de clorofila en hojas.
- **Significado:** Relacionado directamente con el estado nutricional y fotosintético.
- **Hallazgos:** Identificó áreas con clorofila deficiente, útil para detectar estrés invisible al ojo humano y anticipar intervenciones correctivas.

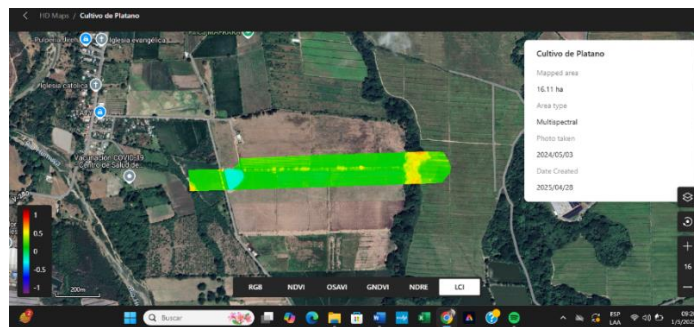


Figura 9 Análisis del índice LCI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano.

OSAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Optimizado):

- **Tipo de análisis:** Análisis en áreas con poca cobertura vegetal.
- **Significado:** Corrige el efecto del suelo para mejorar la precisión del índice.
- **Hallazgos:** Detectó zonas de baja cobertura vegetal donde el desarrollo del cultivo estaba comprometido, posiblemente por compactación, mala emergencia o plagas.

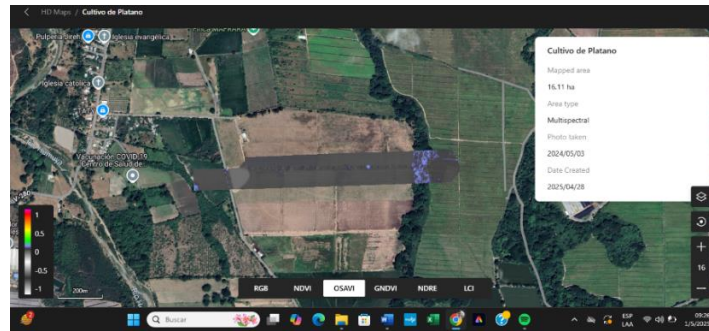


Figura 10 . Análisis del índice OSAVI de la imagen Multiespectral del cultivo de plátano

Análisis de Imágenes Multiespectrales en Cultivo de Maíz en la Finca Jupuara, Comayagua.

Índice RGB (color natural):

- **Tipo de análisis:** Visual general del cultivo.
- **Significado:** Permite observar el color, estructura y densidad del follaje.
- **Hallazgos:** Se identificaron diferencias de tonalidad y cobertura vegetal, útiles para validar visualmente posibles zonas con estrés o bajo desarrollo.

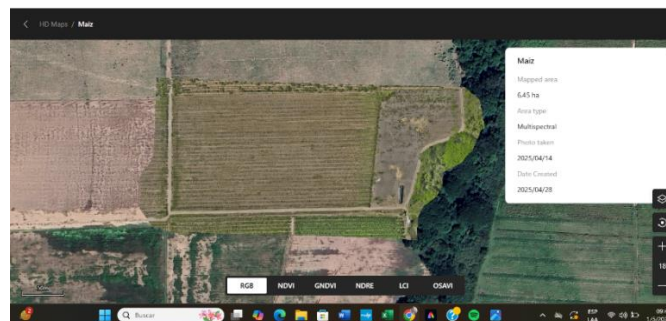


Figura 11 Análisis del índice RGB de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Índice NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada):

- **Tipo de análisis:** Evaluación del vigor vegetativo.
- **Significado:** Valores altos indican vegetación densa y sana; valores bajos pueden reflejar estrés, deficiencias o presencia de suelo desnudo.
- **Hallazgos:** Se observaron áreas con desarrollo desigual del maíz, indicando posibles problemas de nutrición o humedad en ciertos sectores.

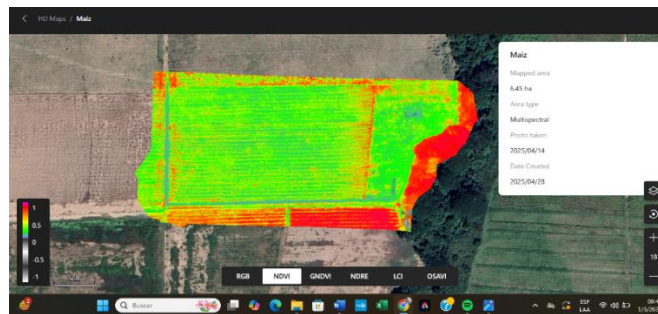


Figura 12 Análisis del índice NDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Índice GNDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde):

- **Tipo de análisis:** Actividad fotosintética y contenido de clorofila.
- **Significado:** Más sensible al verdor del cultivo que el NDVI.
- **Hallazgos:** Se identificaron zonas con clorofila reducida, sugiriendo deficiencias de nitrógeno o estrés fisiológico temprano.

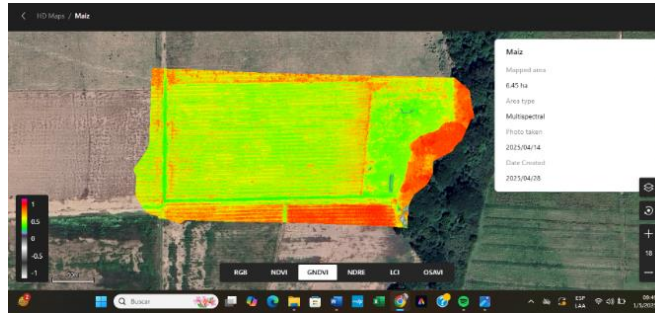


Figura 13 Análisis del índice GNDVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Índice NDRE (Índice de Vegetación del Borde Rojo):

- **Tipo de análisis:** Diagnóstico nutricional profundo.
- **Significado:** Ideal para detectar deficiencias de nitrógeno en fases más avanzadas del cultivo.
- **Hallazgos:** Áreas con menor reflectancia indicaron necesidad de intervención con fertilizantes nitrogenados.

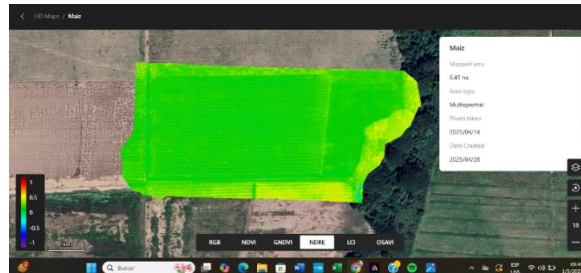


Figura 14 Análisis del índice NDRE de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Índice LCI (Índice de clorofila foliar):

- **Tipo de análisis:** Estimación del contenido de clorofila en las hojas.
- **Significado:** Relacionado con el estado nutricional del cultivo.

- **Hallazgos:** Detectó diferencias significativas en la salud foliar, permitiendo ubicar zonas que requerían manejo específico en cuanto a fertilización.

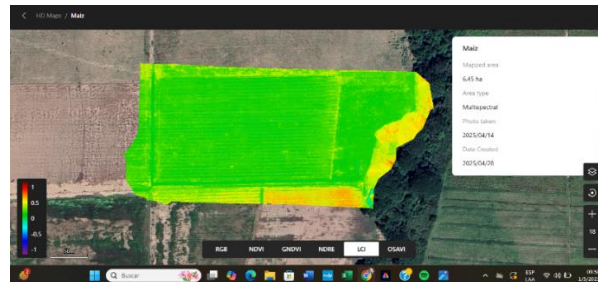


Figura 15 Análisis del índice LCI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Índice OSAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Optimizado):

- **Tipo de análisis:** Evaluación en áreas con cobertura vegetal baja o presencia de suelo expuesto.
- **Significado:** Ajusta el análisis para reducir el efecto del fondo del suelo.
- **Hallazgos:** Fue útil para identificar zonas con escasa emergencia de plantas o desarrollo temprano débil.

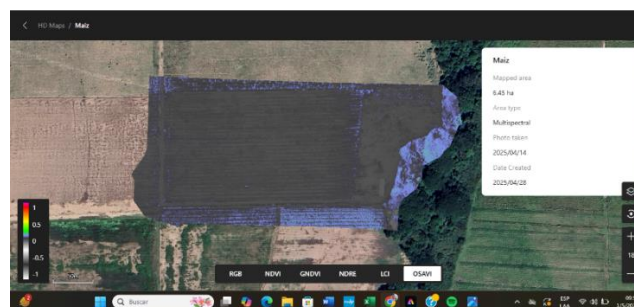


Figura 16 Análisis del índice OSAVI de la imagen Multiespectral del cultivo de maíz.

Ventajas y desventajas del uso de drones en la agricultura

Ventajas	Desventajas
• No hay compactación • Ahorro de insumos (agua, fertilizantes y agroquímicos) • Eficiencia y Rentabilidad • Accesibilidad • Recogida de datos (los drones permiten obtener imágenes de alta resolución)} • Aplicación precisa de agroquímicos • Ahorro de tiempo • Mayor seguridad para los trabajadores.	• Alto costo inicial • Requiere capacitación técnica • Regulaciones legales (Requieren licencias y permisos) • Vulnerabilidad al clima • Problemas de conectividad • Riesgos de accidentes

Cuadro 6 Ventajas y desventajas del uso de drones en la agricultura.

VI. CONCLUSIONES

Uno de las principales conclusiones obtenidas fue la notable eficiencia operativa del dron DJI Agras T50, especialmente en la aplicación de productos en el cultivo de caña en el ingenio Chumbagua en el municipio de San Marcos, Santa Barbara. En los tres lotes trabajados (Los Ruiz, Río Frío mayor y menor), se mantuvieron parámetros constantes de vuelo como velocidad, altura y cantidad aplicada. El rendimiento fue muy alto, logrando cubrir áreas importantes en menos de 10 minutos por vuelo, lo que demuestra que este tipo de tecnología no solo ahorra tiempo, sino también recursos. En comparación con métodos tradicionales como las bombas de mochila, el ahorro de agua fue impresionante, utilizando apenas 20 L/ha frente a los 200 L/ha de las mochilas.

Además, con el uso del dron Mavic 3 Multispectral, realicé análisis multispectrales en cultivos de maíz y plátano en la Finca Jupuara, Comayagua. Esta parte de la práctica me permitió visualizar en tiempo real el estado fisiológico de los cultivos (Plátano y Maíz), detectando zonas con deficiencias nutricionales (Nitrógeno), estrés hídrico o presencia de plagas en el cultivo de plátano (Picudo negro) y enfermedades (Moko y Sigatoka negra) antes de que fueran visibles a simple vista. Gracias a los índices de vegetación como NDVI, GNDVI, NDRE, OSAVI y LCI, fue posible mapear detalladamente las áreas críticas de los lotes, lo que representa una ventaja enorme para la toma de decisiones agronómicas.

Para concluir, pude comprobar que el uso de drones en la agricultura tiene muchas ventajas en comparación con una pulverizadora o bombas de mochilas, estos VANT no solo facilita las labores de campo, sino que aporta datos precisos que ayudan a manejar los cultivos de forma más inteligente, eficiente y sostenible.

VII. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos durante mi Práctica, considero importante recomendar lo siguiente para futuros trabajos en campo o implementaciones tecnológicas similares:

1. **Adoptar el uso de drones en la agricultura**, especialmente en cultivos de mediana y gran escala, ya que su eficiencia, precisión y ahorro de recursos es notable. Aunque la inversión inicial puede ser alta, el retorno a mediano plazo justifica el gasto.
2. **Capacitar adecuadamente al personal técnico**, ya que operar drones, interpretar imágenes multiespectrales y utilizar software como SmartFarm requiere conocimientos específicos. La formación continua es clave para aprovechar al máximo esta tecnología.
3. **Realizar análisis multiespectrales de forma periódica**, ya que permiten un monitoreo constante del estado del cultivo, ayudando a prevenir problemas antes de que afecten el rendimiento. Esta práctica favorece un manejo agronómico más estratégico y localizado.
4. **Complementar el uso del dron con otras tecnologías** como sensores de suelo, estaciones meteorológicas y sistemas de riego inteligentes para obtener una visión integral del lote y potenciar la agricultura de precisión.
5. **Evaluar la viabilidad económica y legal antes de implementar estas herramientas**, considerando costos de mantenimiento, permisos de vuelo y condiciones climáticas locales que puedan afectar las operaciones.

Mi experiencia con estas herramientas ha sido muy positiva y me ha motivado a seguir aprendiendo sobre innovación tecnológica en el campo, convencido de que la agricultura del futuro está en nuestras manos si aprendemos a combinar conocimiento, tecnología y sostenibilidad

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Godron. (8 de mayo de 2024). Obtenido de Agricultura de precisión: como optimizar la producción.:https://enterprise.godron.mx/agriculturadeprecision/#Productos_que_te_interesan
- Paredes, J. (15 de 08 de 2023). La línea del tiempo de la agricultura. Obtenido de La evolución de la agricultura de precisión: <https://www.kducidad.com/tecnologia-innovacion/la-evolucion-desde-la-agricultura-de-precision-hasta-la-digital/>
- C.Valero. (marzo de 2019). Fruticultura. Obtenido de La evolución de la agricultura de precisión: https://oa.upm.es/56889/1/Fruticultura_N_68_pags_30_39.pdf
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. Science, 327(5967), 828-831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Hunt, E. R., Hively, W. D., Fujikawa, S. J., et al. (2018). Multispectral imaging with small unmanned aircraft systems for monitoring crop health and management. Agronomy Journal, 110(5), 1914-1921. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0216>
- Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. Biosystems Engineering, 114(4), 358-371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>
- Zarco-Tejada, P. J., Hubbard, N., & Loudjani, P. (2014). Precision agriculture: An opportunity for EU farmers—Potential support with the CAP 2014-2020. Joint Research Centre of the European Commission.
- Carvalho, F., Chartuni, E., & Marcal, D. (2006). Introducción a la agricultura de precisión. Agricultura de Precisión: Integrando Conocimientos Para Una Agricultura Moderna y Sustentable.
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2016). Drones Aplicados A la Agricultura De precisión Drones Applied to precision Agriculture. Publicaciones e Investigación, 10, 23–37. <https://bit.ly/4cEKPWu>

- Information, A., & Agriculture, P. (2020). Agricultural Information for Precision Agriculture generated in the Agricultural Experimental Station Paraná of INTA Información Agronómica para la Agricultura de Precisión generada en la EEA Paraná del INTA. 19(1), 33–48.
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications, 3(1), 34–38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD: Desarrollo de plataforma de internet de las cosas para toma de decisiones en modelos de agricultura de precisión. (n.d.). <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/8328>
- Carvalho, F., Chartuni, E., & Marcal, D. (2006). Introducción a la agricultura de precisión. Agricultura de Precisión: Integrando Conocimientos Para Una Agricultura Moderna y Sustentable.
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2016). Drones Aplicados A LA Agricultura De precisión Drones Applied to precision Agriculture. Publicaciones e Investigación, 10, 23–37. <https://bit.ly/4cEKPWu>
- Hernández, R. (2021). Uso de los drones o vehículos aéreos no tripulados en la agricultura de precisión. In Revista Ingeniería Agrícola (Vol. 11, pp. 75–84). <https://orcid.org/0000-0001-6544-1729>
- Information, A., & Agriculture, P. (2020). Agricultural Information for Precision Agriculture generated in the Agricultural Experimental Station Paraná of INTA Información Agronómica para la Agricultura de Precisión generada en la EEA Paraná del INTA. 19(1), 33–48.
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications, 3(1), 34–38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD: Desarrollo de plataforma de internet de las cosas para toma de decisiones en modelos de agricultura de precisión. (n.d.). <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/8328>

Ríos, R. (2021). Uso de los drones o vehículos aéreos no tripulados en la agricultura de precisión. Revista Ingeniería Agrícola, 11(4), 11. <https://orcid.org/0000-0001-6544-1729>

John Deere. (s.f.). Agricultura de precisión. John Deere América Latina. Recuperado el 30 de enero de 2025, de <https://www.deere.com/latin-america/es/agricultura-de-precisi%C3%B3n/>

(DJI ars Madrid, 2024), Drones agrícolas y agricultura de precisión: Los Beneficios. Obtenido de <https://djiarsmadrid.com/es/blog/dji-news/drones-agricolas-y-agricultura-de-precision-los-beneficios>

(DJI Agras, sf). DJI Agras T50. Obtenido de <https://www.hobbytuxtla.com/drones-agricultores/agras-t50/#:~:text=Beneficios%20de%20utilizar%20el%20drone%20DJI%20Agras,vuelo%20para%20usarla%20nuevamente%20cuando%20lo%20necesite>

(DJI Agras, sf). DJI Agras T25. <https://www.hobbytuxtla.com/drones-agricultores/agras-t25/#:~:text=resoluci%C3%B3n%20con%20estabilizador.,Nuevo!,capacidad%20de%20baleo%20de%20s%C3%B3lidos>

DJI Agriculture (s.f). Web de Smartfarm. Obtenido de <https://ag.dji.com/smartfarm-web>

IX. ANEXOS



Anexo 1 CAMOSA (Camiones y Motores S.A), Tegucigalpa.



Anexo 2 Departamento de Soluciones Conectadas.



Anexo 3 Mapeo de los diferentes lotes en el cultivo de caña.



Anexo 4 Áreas ya mapeadas con diferentes Ha.



Anexo 5 Haciendo las aplicaciones por ha (pruebas).



Anexo 6 Vuelos programados con Dron T50 en las diferentes aplicaciones en el cultivo de caña.



Anexo 7 Mapeo en el cultivo de Maíz para obtener imágenes multiespectrales Mavic 3M.



Anexo 8 Dron DJI Mavic 3Multiespectral.



Anexo 9 Realizando las diferentes pruebas de pulverización de aplicaciones con el dron T50.