



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complejivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Fotogrametría con drones, diferentes usos y aplicaciones en la
agricultura de precisión”

AUTOR:

Beltran Nieto Jhonatan Rolando

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon Yoel González Chica, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

En el presente documento investigativo se desea proporcionar a través de un amplio análisis sobre la Fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones en la agricultura de precisión, con el fin de destinar una tecnología especial a la rama de la agricultura de precisión.

La utilización de la tecnología en los últimos tiempos está experimentando una gran evolución, ya que es de suma importancia a la hora de desarrollar ideas y llegar a conclusiones precisas demostrando que es lo mejor para el uso en la rama de la agricultura de precisión; por lo que, el objetivo primordial de este documento es facilitar resultados adecuados para el aumento de la producción de los cultivadores, así se reducirá el uso de fertilizantes y químicos en sus productos teniendo varias ventajas económicas.

En el sector agrícola no ha sido la excepción, ya que la utilización de objetos aéreos no tripulados (Drones) en este rubro tan primordial se ha vuelto y de uso corriente con la debida rapidez de tener la información, actualmente no es preciso visitar los cultivos en persona para poder estudiar los diversos problemas que se puedan presentar, se logra llevar a cabo estudios destinando tecnología de punta como drones con cámaras de alta definición y la eficacia de estos objetos apoya en los procedimientos de siembra y fumigación tanto económica como ecológicamente.

Esta investigación da a conocer los usos que se les da a los drones en la agricultura de precisión, la cámaras y sensores usados; por ende, las imágenes conseguidas tras los debidos procedimientos de la información lograda con los sensores. De igual modo, se precisan las aplicaciones que actualmente se pueden realizar en las actividades o tareas agrícolas, estimación de la evapotranspiración y contenido de humedad del suelo con los nutrientes y rendimientos en los cultivos. De acuerdo con lo analizado en este proyecto se sugieren que las herramientas usadas en esta investigación representen una solución veloz, eficaz y confiable para la evaluación de cultivos para aplicaciones agrarios.

Palabras claves: Fotogrametría, Drones, Aplicaciones, Agricultura, tecnología.

SUMMARY

In this research document, it is desired to provide through an extensive analysis of Photogrammetry with drones and its different uses and applications in precision agriculture, in order to allocate a special technology to the branch of precision agriculture.

The use of technology in recent times is undergoing a great evolution, since it is of the utmost importance when developing ideas and reaching precise conclusions, demonstrating that it is the best for use in the branch of precision agriculture; Therefore, the primary objective of this document is to provide adequate results for the increase in the production of growers, thus reducing the use of fertilizers and chemicals in their products, having several economic advantages.

In the agricultural sector it has not been the exception, since the use of unmanned aerial objects (Drones) in this essential area has become and of current use with the due speed of having the information, currently it is not necessary to visit the crops in person to be able to study the various problems that may arise, it is possible to carry out studies using state-of-the-art technology such as drones with high-definition cameras and the effectiveness of these objects supports the planting and fumigation procedures both economically and ecologically.

This research reveals the uses given to drones in precision agriculture, the cameras and sensors used; therefore, the images obtained after due procedures of the information obtained with the sensors. In the same way, the applications that can currently be carried out in agricultural activities or tasks, estimation of evapotranspiration and soil moisture content with nutrients and crop yields are specified. According to what was analyzed in this project, it is suggested that the tools used in this research represent a fast, efficient and reliable solution for the evaluation of crops for agricultural applications.

Keywords: Photogrammetry, Drones, Applications, Agriculture, technology.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
SUMMARY	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1 Definición del tema caso de estudio.....	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Fundamentación teórica.....	3
1.5.1 La agricultura de precisión	3
1.5.2 La agricultura de precisión usando drones	4
1.5.3 El uso de drones para la agricultura de precisión	4
1.5.3.1 La fumigación en la agricultura de precisión	4
1.5.3.2 El índice de vigor en la agricultura de precisión	5
1.5.3.3 La detección de plagas en la agricultura de precisión.....	5
1.5.3.4 Mejorar la eficiencia del riego en la agricultura de precisión	5
1.5.3.5 Inventario de terrenos de cultivo en la agricultura de precisión.....	5
1.5.4 El uso de drones topográficos.....	6
1.5.5 El uso de drones en la medición de terrenos o fincas	6
1.5.6 Los Drones un instrumento primordial en la agricultura de precisión	6
1.5.7 Otros usos que se le da a los drones en la agricultura de precisión.....	7
1.5.8 Relación entre la fotogrametría con drones y la agricultura	7
1.5.8.1 La detección de áreas infestadas por malas hierbas en cultivos herbáceos	8
1.5.8.2 La detección de zonas que necesitan mayor o menor riego	8
1.5.8.2 La detección de zonas infectadas.....	8
1.5.9 La fotogrametría con drones	10
1.5.10 Análisis de suelos	10
1.5.11 Siembras	10
1.5.12 Fertilización y fumigación de cultivos.....	10

1.5.13 Mapeo y topografía de cultivos	11
1.5.14 Monitorización y manejo del riego.....	11
1.6 Hipótesis.....	12
1.7 Metodología de la investigación.....	12
CAPÍTULO II.....	13
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1 Desarrollo del caso	13
2.2 Situaciones detectadas	13
2.3 Soluciones planteadas.....	14
2.4 Conclusiones	15
2.5 Recomendaciones	16
BIBLIOGRAFÍA.....	18

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la fotogrametría se ha convertido en una técnica sumamente útil en diversas aplicaciones. Al principio se hizo con globos aerostáticos, luego se colocaron cámaras en los aviones y ahora se hace principalmente con UAV (Unmanned Aerial Vehicles), también conocidos como drones. La fotogrametría nos permite obtener información básica sobre los terrenos dedicados a producciones agrícolas.

El término Agricultura de Precisión (AP) significa optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes para reducir la variabilidad de un proceso específico, en forma ambientalmente limpia (Kharuf-Gutierrez et al. 2018).

Específicamente en la agricultura, los SIG (Sistema de información geográfica) juegan un papel primordial ya que posibilitan, entre otros: la clasificación, mapeo y cartografía de cultivos con información georreferenciada, la identificación de etapas fenológicas de las plantas, el monitoreo del riego y la predicción de rendimientos (Perez-Garcia et al. 2019).

La agricultura de precisión es el uso de nuevas tecnologías para el beneficio de los cultivos teniendo resultados más exactos de nuestra productividad, el uso de drones y la obtención de información fotogramétrica de diversos sensores que son capaces de monitorear grandes terrenos de forma detallada se podría analizar las condiciones de los cultivos y como se encuentran las plantas de una manera más fácil y rápida (Pino 2019).

Teniendo en cuenta la necesidad existente de una rápida recopilación de información o datos, estos vehículos aéreos no tripulados o comúnmente llamados drones en levantamientos topográficos serán de gran utilidad debido a la inspección del terreno de una forma cuidadosa y recopilan datos digitalmente, teniendo en cuenta características del terreno como relieves o elevaciones variables que se sabe que existen.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1 Definición del tema caso de estudio

La presente investigación tiene como finalidad mostrar los avances que se han logrado en los últimos años con los drones, que aplicaciones se le pueden dar dentro de la agricultura de precisión y como el uso de esta tecnología nos ofrecen gran productividad para diferentes actividades en el campo.

1.2 Planteamiento del problema

Los bajos rendimientos hoy en día en la agricultura a nivel mundial conllevan a una mayor demanda de la producción agrícola y esto representa grandes pérdidas para los agricultores, debido al desconocimiento de las nuevas tecnologías que se pueden llegar implementar, por eso la fotogrametría y agricultura de precisión son dos técnicas que pueden ir de la mano, con el fin de aumentar la productividad, especialmente cuando se realiza de forma aérea ya que hoy en día se está convirtiendo en un aliado para lograr una mayor producción agrícola.

1.3 Justificación

Este trabajo investigativo se pretende conocer para que nos sirve la fotogrametría y como se puede aplicar esta técnica que nos permite tomar fotografías de manera aérea con drones para visualizar superficies y sustraer información del lote. Dichos métodos poseen trascendencia económica para la agricultura precisión debido a que le brindan un salto cualitativo en las técnicas de funcionamiento agrícola.

La investigación se enfocará de por qué la fotogrametría nos ayudaría en el estudio de como detectar zonas poco productivas, con problemas de nutrición, en definir el área total y exacta de producción, definir los límites de su propiedad, encontrar focos de enfermedad, definir la topografía de la propiedad, diseñar sistemas de drenaje, hasta realizar un conteo de plantas en producción.

Actualmente para que se pueda lograr cubrir de la creciente demanda alimenticia se tiene que conocer de esta técnica que respaldada de la agricultura

de precisión y el uso de los drones pueden lograr mejorar la salud del suelo, analizando y monitoreando la salud de los cultivos, una correcta con la planificación del riego, la utilización adecuada de fertilizantes, la estimación de datos de producción y proporcionar datos valiosos para el análisis del clima.

La investigación nos beneficia a los agricultores ya que el uso de esta información obtenida a través del dron nos ayudara con el estado hídrico, nivel de desarrollo y sanidad de los cultivos obtenidos prácticamente en tiempo real para hacer los tratamientos sanitarios, riegos o fertilizaciones dirigidas a las zonas en las que se detecten necesidades y aplicarlos en un momento preciso.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar el uso de la fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones en la agricultura de precisión.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Detallar la implementación de fotogrametría en las labores agrícolas.
- Conocer los beneficios del uso de drones en la agricultura precisión con respecto a los métodos tradicionales.

1.5 Fundamentación teórica

1.5.1 La agricultura de precisión

Se la define como una serie de instrumentos encaminados a mejorar la utilización de suministros agrarios como semillas, agroquímicos y correctivos a partir del cambio espacial y temporal de la producción agrario; por lo que, esto se alcanza con la repartición de la cantidad adecuada de los suministros teniendo en cuenta el potencial y necesidad de cada punto de las áreas en la cual se maneja (Perdomo 2015).

En conclusión, la agricultura de precisión es usar nuevas tecnologías para incrementar el rendimiento y la utilidad de los cultivos mientras utiliza menos de lo que tradicionalmente se necesita para cultivar, ya sea tierra, agua y fertilizantes. Por lo tanto, tenemos a los GPS en los tractores, la cual facilita a los agricultores

sembrar cultivos en patrones eficaces; por ende, los tractores viajan entre destinos con mayor precisión y eficiencia, reduciendo tiempo y combustible (Control Dron 2021).

1.5.2 La agricultura de precisión usando drones

Al hablar de la agricultura de precisión usada con drones, se menciona que es uno de los instrumentos que más interés genera en la industria, debido a su eficiencia y precisión en el monitoreo de amplias áreas del campo. Por ende, los drones en conjunto con los sensores, así como también cámaras térmicas, herramientas de aspersión son primordiales para el desarrollo de novedosas tecnologías y servicios agrícolas (Castillo 2016).

1.5.3 El uso de drones para la agricultura de precisión

Debido a la utilización de drones para la agricultura de precisión, se realizan vuelos fotogramétricos, mapas de volumen, fotografías térmicas, ya que facilitan el control de la cosecha de una manera más factible y la utilización de los drones mejoran el riego, evitan plagas y estiman la producción (Pereira 2022).

Gracias a la tecnología de los drones que ha venido al campo con las posibilidades que ello implica; por lo que, esto en la agricultura supone un ahorro de costes debido a la mejora en el conocimiento de los campos de cultivo y tienen múltiples ventajas en el conocimiento detallado, la cual hace reaccionar con mayor rapidez y precisión ante posibles repercusiones o sencillamente mejorar los recursos como por ejemplo el agua, a continuación:

Manejo efectivo de plagas

Evaluación de la producción

El consumo de agua mejora

Detección de las fallas en la plantación

Estimación de los daños por catástrofes naturales (DroneVision 2018).

1.5.3.1 La fumigación en la agricultura de precisión

Entre las acciones más importantes en la agricultura es la fumigación y el uso de drones en ella beneficia la precisión de la fumigación de plaguicidas

disminuyendo costos, asimismo ayuda al medio ambiente a emplear el plaguicida con precisión (Markoff 2019).

1.5.3.2 El índice de vigor en la agricultura de precisión

Aquí se demuestra en la agricultura de precisión la relación directamente en medio del valor numérico captado por el sensor y la variante del cultivo a determinar generalmente denominada como biomasa o vigor de la planta; por lo que, al utilizar las cámaras para medir estos índices, ya sea a bordo de satélites, aviones y drones, son cámaras algo particulares denominadas multiespectrales. Como su nombre lo demuestra, sienten diferentes espectros y para estos índices de vegetación generalmente detienen el espectro de banda verde, azul, rojo lo que se llama RGB e infrarrojo inmediato; tanto así, la banda azul no es muy usado porque se sustituye por la llamada roja cercana (Innovatione AgroFood Design 2019).

1.5.3.3 La detección de plagas en la agricultura de precisión

La detección de malas hierbas y plagas en los cultivos es probable mediante lo alcanzado en las fotografías multiespectrales a través de sistemas UAV. Debido a la información obtenida, se pueden efectuar los procedimientos para dar solución al problema estudiando la eficacia de los procedimientos utilizados y analizar su progreso evitando que la plaga o el patógeno dañe toda la parcela del cultivo (Jiménez et al. 2010).

1.5.3.4 Mejorar la eficiencia del riego en la agricultura de precisión

La ubicación de las zonas que requieran más o menos riego es primordial porque mejora la detección de estrés hídrico por medio del uso de imágenes multiespectrales y sensores térmicos que permite la evaluación y optimización de la eficacia del riego en los cultivos (Axayacatl 2021).

1.5.3.5 Inventario de terrenos de cultivo en la agricultura de precisión

Los drones en la agricultura asimismo actúan como expertos y elaboran inventarios en los suelos del cultivo; por lo que, están formados por grandes zonas y es complicado contar las plantas que se tiene, por ello los sistemas de drones en la agricultura de precisión logran controlar enormes plantaciones y la

identificación aérea del número y tipo de familias de plantas siempre es útil, en especial cuando se trata de áreas de muy complicado ingreso (Porrúa 2020).

1.5.4 El uso de drones topográficos

La utilización de drones para la topografía tiene diferentes aplicaciones y utilidades, como el mapeo aéreo de alta precisión, ya que los drones generan fotografías con una resolución mucho mayor que las imágenes satelitales. Creación de diversos ortomosáicos, modelos en 3D, modelos digitales de terreno (DTM), modelos digitales de elevación (DEM) y nubes de puntos, entre otros. Mencionado algunos de las aplicaciones de los drones topográficos que luego tienen usos en:

- Seguimiento de obras.
- Medición de fincas.
- Medición de infraestructuras lineales.
- Estudios de inundaciones (Villareal 2015).

1.5.5 El uso de drones en la medición de terrenos o fincas

La utilización de drones de alas fijas en la medición de terrenos permite medir grandes áreas en corto tiempo por medio de vuelos fotogramétricos, la cual se puede calcular el terreno que son más productivos en los cultivos, modelos en 3D, mapa digital de elevaciones, desniveles, entre otros (González et al. 2015).

En la medición de fincas se puede llevar a cabo mediciones del terreno de la finca con velocidad y exactitud; por ello, lo primero que se realiza es un vuelo fotogramétrico en el que se toman fotografías aéreas de toda la amplitud de la finca; para luego, crear el ortomosáico de georreferenciación de la misma y para que se puedan realizar las mediciones correspondientes (DroneVision 2016).

1.5.6 Los Drones un instrumento primordial en la agricultura de precisión

La modernización del campo ha colocado a disposición de los cultivadores una gran diversidad de instrumentos con la tecnología al servicio que es primordial en la agricultura de precisión tales como: drones, software específico,

geolocalización, entre otros; por lo que, aumentan los rendimientos y se facilitan los trabajos (Grupo Acre Colombia 2022).

La tarea principal de los drones es observar y dar seguimiento a las parcelas agrarias; por ello, el dron comprende imágenes con un adecuado procesamiento informático y son aptos de proporcionar datos precisos acerca de diversos aspectos, las cuales tenemos:

Estrés hídrico del cultivo.

Las carencias nutricionales de las plantas.

La incidencia de plagas, enfermedades y malas hierbas en los cultivos.

Estado de desarrollo y fenología de las plantas (Calvo 2020).

1.5.7 Otros usos que se le da a los drones en la agricultura de precisión

Los drones agrícolas no deben quedar pospuestos a tareas de vigilancia; por ende, se está trabajando en drones aptos de ayudar en otro tipo de labores: la aplicación de productos fitosanitarios (pesticidas y herbicidas), fertilizantes e incluso en la recolección, la cual realizan numerosas funciones en la agricultura, tanto como el mapeo de campos, vigilancia y monitoreo de cultivos con sus respectivas plagas y enfermedades en la eficacia de riego, aplicación de pesticidas, etc. Además, aportan numerosos beneficios como aplicación precisa, localizada y en zonas de difícil entrada con la menor exposición del aplicador, también se ahorra agua y tiempo con la mayor productividad del cultivador (CropLife Latin America 2021).

1.5.8 Relación entre la fotogrametría con drones y la agricultura

La fotogrametría en la agricultura tiene relación muy fuerte ya que, con esta ciencia, la agricultura hoy en día ha evolucionado en cuanto a sus prácticas de siembra, análisis de suelos, tipo de topografía, entre otras. Ya que con la llegada de la fotogrametría estas prácticas han sido de mayor eficiencia porque las herramientas que nos brinda la fotogrametría son muy exactas, ejemplo en la siembra (Castillo-Valencia 2019).

Lo que nos quiere dejar claro principalmente es que los UAS/RPAS transportan sensores cuya potencialidad en agricultura a la hora de captar datos,

viene dada por la precisión espacial y disponibilidad temporal de ese dato, debido fundamentalmente a las características de las cámaras utilizadas, a la altura de vuelo, y mayor capacidad temporal de adquisición de datos respecto a satélites y aviones. Pero las aplicaciones operativas que utilizan los agricultores se basan en la integración de diferentes sensores que caracterizan la variabilidad espacial (García-Cervigón y José s. f. 2015).

López-Granados (2013) describe cómo se han usado vehículos aéreos no tripulados en la evolución de la producción agraria. Se trata de varios trabajos sobre tres de los principales problemas que pueden afectar al rendimiento de los cultivos en diferentes escenarios agrícolas:

1.5.8.1 La detección de áreas infestadas por malas hierbas en cultivos herbáceos

La detección en áreas infestadas por malas hierbas es un elemento decisivo para la adoptar de forma general los instrumentos de control localizado, en especial si la detección debe realizarse en etapas fenológicas tempranas de la cosecha y de las malas hierbas en cultivos herbáceos, que es cuando se suelen realizar los tratamientos herbicidas. La problemática arraiga en el menor tamaño del cultivo en una etapa precoz de desarrollo en la semejanza espectral y morfológica en medio de los cultivos y malas hierbas (Sánchez 2017).

1.5.8.2 La detección de zonas que necesitan mayor o menor riego

En una temperatura tropical y subtropical, los tratamientos con fungicidas son imprescindible para tener un control a la caída temprana de los frutos; por ende, varias prácticas instructivas logran ayudar permitiendo un control adecuado de la enfermedad. Se debe prevenir los métodos de riego que humedecen la parte superior del árbol y las plantas en descomposición deben suprimirse antes de la floración; además, los árboles débiles tienden a florecer fuera de temporada, convirtiéndose así en una plaga (INTAGRI S.C. s. f. 2015).

1.5.8.2 La detección de zonas infectadas

En tanto, las condiciones de temperatura sean cálidas y la humedad del suelo es alargada sus síntomas logran manifestarse completamente en todas las hojas, ya que hay más posibilidad de hallarlos en las ramas inferiores, ya que los

hongos entran a las raíces absorbentes ocasionando su pudrición y a veces una necrosis muy severa con daños prácticamente en las raicillas secundarias, incluso suele afectar el cuello y la parte inferior del tallo (Namesny 2021).

Aparece de forma grave en olivares adolescentes o en estacas, pero los adultos tienen mejores resistencias y se ha comprobado su muerte en rodales en condiciones muy óptimas en la infección; por lo que, en olivar se ven impactados y suelen estar situados en áreas bajas donde se crean continuas inundaciones bien sea por las abundantes lluvias, una mala gestión del riego o en suelos muy arcillosos (BBVA 2021).

Los suelos con potencial de hidrógeno ácido y textura desértica son prioritarios para el género *Fusarium* sp, ya que el tejido muerto delicado que queda en el suelo es el inóculo para futuras plagas con la maquinaria agraria puede apoyar a propagarlo, cuya repercusión está aumentando de manera rápida. La fuerza de la enfermedad puede cambiar precisando el estado nutricional, hídrico y fisiológico de la planta, su edad, su tipo de suelo y de cosecha; tanto así, las diversidades presentan diferencias en la susceptibilidad al patógeno, a continuación:

- A través de la poda, se debe facilitar la ventilación de los árboles para disminuir la humedad en la planta.
- Por medio de la presencia de la enfermedad, se debe elaborar instrumentos preventivos como la pre-lluvia con productos de cúpricos (ContextoGanadero 2018).

La agricultura de precisión no se basa solamente en estimar la variabilidad existente en el área, sino también en adoptar un grupo de prácticas que se ejecutan en base a esa variabilidad. Además, es posible georreferenciar y aplicar los insumos con dosis variables en sectores de coordenadas geográficas conocidas (Kharuf-Gutierrez et al. 2018).

Los drones se han convertido en un aliado estratégico para la agricultura de precisión, es decir, aquella que recurre a las nuevas tecnologías y la gestión digital para aumentar la cantidad y la calidad de la producción con menores costes. Así lo afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y la Agricultura (FAO), que considera estos dispositivos como una nueva herramienta agrícola capaz de contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Barraza et al. 2019).

1.5.9 La fotogrametría con drones

Esta técnica facilita entender las características geométricas de un objeto o espacio mediante la información que se obtiene a través de varias imágenes con información reiterativa. Sintetizando para que un objeto sea puntualmente restaurado y debe mostrarse en un número idóneo de imágenes, la cual es esta información reiterada la que facilita extraer su estructura (Aerial Insights 2018).

1.5.10 Análisis de suelos

En un momento dado del ciclo de cultivo, se pueden utilizar drones agrícolas para obtener datos óptimos a la hora de analizar el suelo; además, con el análisis se puede saber a través de los mapas 3D si existe alguna dificultad relacionada con la calidad de la tierra, con esto se puede precisar mejor los patrones de cultivo o siembra de manera más efectiva; por lo tanto, el monitoreo constante también facilita la vigilancia de los recursos hídricos y la gestión de nutrientes (Ibáñez 2009).

1.5.11 Siembras

Realizar labores de siembra con drones es posible gracias a una tecnología nueva y aún poco utilizada porque algunas instituciones lo están demostrando; por lo tanto, algunos creadores están experimentando con sistemas adecuados para dejar caer semillas en suelo previamente preparado. Con el tiempo, esta tecnología puede ser capaz de minimizar el costo de plantación (AgroSpray 2020).

1.5.12 Fertilización y fumigación de cultivos

Para obtener excelentes rendimientos, las plantaciones generalmente requieren fertilización y fumigación regulares. Tradicionalmente estas tareas se realizaban a mano con el tractor o sobre superficies muy grandes, incluso con el apoyo de una aeronave. En efecto, integrar depósitos en los drones para que

puedan cargar fertilizantes, pesticidas y herbicidas, que posteriormente se aplican conforme a las necesidades del terreno es mucho más certero y beneficioso que la utilización de aviones, ya que es posible programar el dron para que actúe de forma independiente realizando rutas especiales en tiempos predeterminados (Fernández s. f.).

La cual tenemos que, si se detecta un brote de oídio u otro hongo, el brote inicial se puede manejar con drones y ante la concreta velocidad a la cual ejecutan te posibilitan identificar e impedir el problema anticipadamente de que se propague. Asimismo, los drones posibilitan fumigar en el momento adecuado, lo que se traduce en un ahorro para el cultivador y poseer un menor impacto ambiental (Agrodron 2017).

1.5.13 Mapeo y topografía de cultivos

Uno de los principales beneficios de utilizar la tecnología de drones en la agricultura de precisión es lo sencillo que resulta monitorear cultivos a gran escala; la cual, permite obtener imágenes en tiempo real y animaciones que muestran el progreso de los cultivos. Al tratar de los datos confiables que proporcionan una excelente visión general del estado de los cultivos en el terreno, a continuación:

- Se verifica el estado fitosanitario de las plantas y del cultivo global.
- Lo que se distribuye de la tierra conforme el cultivo.
- La fenología, que es la etapa del ciclo de desarrollo del cultivo en el momento.
- Mapas GPS precisos de la zona de cultivo (El País 2017).

1.5.14 Monitorización y manejo del riego

Al momento de aplicar el riego pueden aparecer ciertos problemas, sobre todo cuanto mayor sea la parcela. Los drones suministrados con cámaras térmicas ayudan a descubrir problemas de riego de manera que determina aquellas áreas donde hay exceso o déficit de humedad a través de sensores infrarrojos aptos para medir el grado de estrés hídrico de las plantas (Arroyo 2015).

En base a la información que obtengan los drones, se podrá moderar el riego para que sea más eficaz y equilibrado, previniendo que en algunas áreas se desperdicie agua mientras que en otras no es suficiente para el desarrollo perfecto de las plantas; por ende, facilitara elaborar sistemas de drenaje que evacuen el derroche de agua de lluvia que puede perjudicar los cultivos (Sergieieva 2021).

El uso de drones equipados con cámaras térmicas ayuda a encontrar probables problemas de riego, además señalar las áreas donde puede haber exceso de humedad o déficit por medio de infrarrojos, la cual se destaca las más primordiales como son: el seguimiento, control de las áreas de riego y conocimiento de los cambios en el cultivo, sus fases, necesidades de riego, plantaciones y las enfermedades que puedan tener (Nosolosig 2014).

Cabe mencionar que en lugares donde hay una incidencia fundamental en ataques de aves a las cosechas, se utilizan drones para espantar a aquellas especies que reducen los cultivos y para ello se diseñan drones con forma de aves rapaces; aun así, ante todos estos dispositivos los drones en la agricultura de precisión aún tienen muchos obstáculos que superar; por otro lado, es primordial elaborar máquinas que sean ampliamente potentes para trasladar cargas fuertes de la producción de los cultivos cosechados; por lo tanto, conseguir que los drones tengan una mayor libertad, en otras palabras, que necesiten menos interrupciones para viaje de ida y vuelta (Riego 2017).

1.6 Hipótesis

Ho= La fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones no influyen positivamente en la agricultura de precisión.

Ha= La fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones influyen positivamente en la agricultura de precisión.

1.7 Metodología de la investigación

El presente documento está enfocado en la investigación descriptiva, ya que se evidencia de manera analítica el alcance de conocer sobre la fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones en la agricultura de precisión; por lo que, se ha recolectado información bibliográfica, investigaciones

científicas, tesis, repositorios universitarios, sitios web, manuales técnicos, libros y revistas para determinar conceptos en el desarrollo de esta investigación.

La información se realizó por medio de parafraseo, síntesis y resúmenes con el fin de que se conozca la importancia de la información adquirida para que las personas entiendan del tema; por tanto, la metodología de investigación es cualitativa porque facilitó analizar y describir mediante los resultados obtenidos en la respectiva investigación realizada, puesto que ésta genera teorías, hipótesis, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas utilizadas referente al tema o problema que la persona se proponga a investigar o solucionar.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Desarrollo del caso

El presente documento corresponde al elemento práctico del examen de grado complejo previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, ejecutado por medio del tipo de investigación descriptiva y bibliográfica con el fin de facilitar y conocer sobre la fotogrametría con drones y sus diferentes usos a fin de que los agricultores sostengan nuevos conocimientos de cómo utilizar estas tecnologías avanzadas.

Por medio de esta investigación se podrá capacitar e informar sobre el uso de drones para la agricultura de precisión porque son uno de los pocos avances que se ha realizado en ella, la cual contribuyen a grandes ventajas para controlar la cosecha de una forma más factible, la utilización de esta tecnología ayuda a mejorar el riego, evitar plagas, estimar la producción en base al tema del documento “Fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones en la agricultura de precisión”.

2.2 Situaciones detectadas

Las tecnologías de punta que se utilizan en la agricultura contribuyen una amplia ventaja debido al uso de drones ya que son instrumentos de gran relevancia hoy por hoy en la agricultura porque apoyan a los vuelos fotogramétricos, la ejecución de mapas de volumen, fotografías térmicas que

permiten controlar la cosecha de una forma más óptima. Esta tecnología no es utilizada de primera mano por los agricultores, sino por los sistemas gubernamentales que logran acceder y ofrecer información a los agricultores, aunque no todos se gestionan mediante este sistema.

Los drones son idóneos y lanzan con una alta precisión el producto que deseemos como agua, herbicidas, insecticidas, fungicida y mucho más. Por tanto, debido a su precisión el producto no se desperdicia, por lo que el agricultor no se ve alterado en la producción. La agricultura de precisión va en conjunto con la tecnología, ya que facilita distinguir el lugar puntual donde el cultivo tiene la problemática porque se aplica lo justo en el lugar correcto y no se emplea mal el producto.

2.3 Soluciones planteadas

Por medio del trabajo desarrollado podemos observar que al problema permite crear levantamientos topográficos con sus diferentes niveles de precisión, según los requisitos del proyecto; por lo que, motiva al agricultor hacer un superior uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, la cual esto beneficia a la hora de lograr resultados mejorando los rendimientos.

En el desarrollo de la siguiente investigación fomentan la utilización de recursos tecnológicos y la tecnificación en sus cultivos mejorando la producción para así lograr productos de calidad, ya que la agricultura de precisión recopila, procesa y examina datos de los cultivos para aumentar la eficacia de los recursos, la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad en el rendimiento de los cultivos porque las herramientas tecnológicas usadas en la agricultura de precisión son aplicadas en diferentes plantaciones en su producción.

La agricultura de precisión con drones lleva años proponiendo la utilización de datos y tecnología para modificar los procedimientos de las labores y la gestión de los cultivos a nivel mundial; es decir, la principal función de los drones en la agricultura de precisión nos ayuda a recopilar información sobre el cultivo y estos dispositivos sobrevuelan la zona establecida de manera autónoma, usando sistemas de posicionamiento global (GPS).

Son elaborados para volar sobre grandes extensiones de terreno y soportar condiciones climáticas inestables de lluvia y viento. En su interior conducen refinadas cámaras y sensores que recogen la información que necesitan del cultivo; ya que, al completar su tarea aterrizan de manera segura y la información recopilada se pasa a una computadora que posee un software especializado para descifrar y entender los datos.

Las soluciones son sorprendentes porque ayudan a los profesionales de la agricultura entender el nivel de agua de un cultivo en el campo, mapear el campo, contar los árboles o los diversos cultivos evaluando las dimensiones de una plaga para poder tratarlos y así determinar la tasa de aumento o evaluar el estado de preparación de los frutos, hecho de considerable importancia a la hora de terminar su cosecha cuando están por llegar tormentas.

La fotogrametría con drones es un método que facilita la obtención de los datos de la superficie terrestre en un corto período de tiempo, por medio de la toma de fotografías aéreas con aeronaves de gran tamaño. La utilización de aeronaves no tripuladas constituye una herramienta apropiada para obtener estas fotografías, disminuyendo el tiempo de trabajo de campo facilitando obtener resultados fiables y semejantes con otras herramientas topográficas tradicionales, mostrando múltiples ventajas en el campo fotogramétrico.

2.4 Conclusiones

En conclusión, el presente trabajo investigativo demostró que la aplicación de la fotogrametría por medio de drones, provoca un salto no solo de forma cuantitativa sino también cualitativa en la captura masiva de datos; por lo que, es una técnica que facilita la obtención de datos de la superficie terrestre en un corto período de tiempo por medio de la toma de fotografías aéreas con aeronaves de gran tamaño (Gómez et al. 2021).

La fotogrametría mediante la automatización, sencillez y cantidad de datos conseguidos a través de esta técnica hace que su aplicación sea cada vez más; por ende, esta técnica propuesta dispone de una metodología accesible, económica y eficiente para las empresas tanto públicas como privadas con todos los beneficios posibles en la utilización de la fotogrametría y los factores

determinantes encontrados para la obtención de una mayor resolución y precisión son los siguientes:

- La disposición.
- Forma y tipología de los puntos de control.
- Distancia y ángulo de incidencia de las imágenes.
- Resolución y estabilización del sensor.
- Incidencia solar y el tipo de geoposicionamiento que utiliza el dron (Soto y Muñoz 2022).

La Fotogrametría con drones y sus diferentes usos y aplicaciones en la agricultura de precisión se ha concluido que entre las ventajas importantes es la disminución de costes y tiempo invertido en campo y oficina porque hacen que esta técnica sea muy beneficioso ante otras existentes actualmente.

2.5 Recomendaciones

Durante la elaboración del documento se generaron algunas dudas e ideas que fueron resueltas para trabajos futuros. Por consiguiente, las importantes recomendaciones a profundizar en el tema se fundamentan en:

Alentar a los agricultores a innovar utilizando más tecnologías a su favor, ayudando a mejorar el rendimiento en la producción, optar por una altura de vuelo apta para conseguir fotos de excelente calidad; ya que, al tener un notable resultado, se precisa de una buena organización y experiencia en esta clase de vuelos además utilizar el dron idóneo es de suma importancia (Beltran 2020).

Para obtener mayor interpretación de resultados la altura a la que debe volar el dron es de 400 pies, es decir a 122 metros sobre el suelo y las horas facultadas en la que el dron debe trabajar es en la mañana y en la tarde en una condición climática adecuada para ser visible; por lo que, se debe mantener el dron en atención todo momento realizando una segunda observación como apoyo si es necesario.

Se tiene que tener en cuenta que la altura a la que se realizará el vuelo va a depender de la resolución que tenga la cámara el dron y para este presente

documento el dron debe tener una altura adecuada de vuelo la cual fue de 122 m; ya que, si se usa un dron con una cámara de inferior resolución, se debe establecer la altura de vuelo adecuada para la misma destacando que la altura debe ser inferior a 122 m porque a esta altura las imágenes desaprovecharán calidad.

Un componente fundamental es el número de puntos de apoyo, esta cantidad dependerá de la zona de estudio y la altura de vuelo; por ende, en esta investigación el número correcto de puntos de apoyo que se debe utilizar para un área de 24 ha y una altura de vuelo de 122 m es de 15 puntos de apoyo, es decir que al usar menos puntos de apoyo la precisión va a disminuir alcanzando más de 10 cm de error.

Llevar a cabo una correcta planificación de la misión de vuelo, considerando factores climatológicos como la velocidad que hay en el viento, la temperatura y la humedad sobre todo la hora del día en que se va a realizar el vuelo, la duración en medio de cada misión tiene que ser lo más breve posible para prevenir diferentes tonalidades en las imágenes.

Coloque puntos de control para verificar la precisión lograda marcando los puntos con colores que contrasten con el suelo y que posean el tamaño adecuado para ser visibles en las imágenes contando con un hardware conveniente para el procesamiento de información que cuente con un procesador con un número de núcleos mayor a 8, un mínimo de 16 Gb de RAM, almacenamiento mayor a 1 Tb y una tarjeta de video de al menos 4 Gb.

BIBLIOGRAFÍA

Aerial Insights. 2018. ¿Qué es y cómo se realiza la fotogrametría con drones? (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2022. Disponible en <https://www.aerial-insights.co/blog/fotogrametria-con-drones/>.

Agrodrone. 2017. Agrodrone coadyuva a la agricultura de precisión (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agrosintesis.com/agrodrone-coadyuva-la-agricultura-precision/>.

AgroSpray. 2020. Agricultura de precisión: una excelente opción para maximizar resultados (en línea, sitio web). Disponible en <https://agrospray.com.ar/blog/agricultura-de-precision/>.

Arroyo, MM. 2015. La importancia del riego de precisión en la agricultura de regadío. Text (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/manuel-martin-arroyo/importancia-riego-precision-agricultura-regadio>.

Axayacatl, O. 2021. El riego de precisión será clave en la agricultura sustentable (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.netafim.com.mx/blog/el-riego-de-precision-sera-clave-en-la-agricultura-sustentable/>.

Barraza, J; Espinoza, E; Espinos, A; Serracin, J. 2019. Vista de Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz | Revista de Iniciación Científica (en línea, sitio web). Disponible en <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2368/3689>.

BBVA. 2021. Drones: los aliados de la agricultura de precisión y la industria alimentaria (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/drones-los-aliados-de-la-agricultura-de-precision-y-la-industria-alimentaria/>.

Beltran, A. 2020. Las tecnologías de la información y comunicación TIC's y su contribución en la producción de cultivos (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8334/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000239.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Calvo, A. 2020. Agricultura de precisión: drones, ¿Una herramienta para tu explotación? (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agroptima.com/es/blog/agricultura-precision-drones/>.

Castillo, A. 2016. El éxito de los drones en la agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://ura.farm/exito-drones-agricultura/>.

Castillo-Valencia, F. 2019. Fotogrametría aplicada a la agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://prezi.com/p/q2g5mnezmaoi/fotogrametria-aplicada-a-la-agricultura/>.

ContextoGanadero. 2018. Alianza tecnológica para una agricultura de precisión (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Alianza-tecnol%C3%B3gica-para-una-agricultura-de-precisi%C3%B3n.aspx>.

Control Dron. 2021. Cómo se utilizan los drones en la agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.controldron.com/como-se-utilizan-los-drones-en-la-agricultura/>.

CropLife Latin America. 2021. Uso de drones en la agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/uso-de-drones-en-la-agricultura#:~:text=Los%20drones%2C%20o%20Veh%C3%ADculos%20A%C3%A9reos,aplicaci%C3%B3n%20de%20plaguicidas%2C%20entre%20otros>.

DroneVision. 2016. Medición de Fincas con Drones (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.dronevision.es/drones-para-medicion-de-fincas/>.

_____. 2018. Drones para agricultura de precisión. Sitio web (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2022. Disponible en <https://www.dronevision.es/drones-para-agricultura-de-precision/>.

El País. 2017. Un sistema para mapear con precisión los cultivos (en línea). Madrid, s.e.; 18 ago. Consultado 7 sep. 2022. Disponible en https://elpais.com/elpais/2017/08/18/talento_digital/1503069285_350256.html.

Fernández, J. Agricultura inteligente (Parte 2): La agricultura de precisión, un paso más cerca del futuro (en línea, sitio web). Disponible en

<https://www.fertiberia.com/es/blog/2017/diciembre/agricultura-inteligente-2-agricultura-de-precision/>.

García-Cervigón, D; José, J. s. f. 2015 Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. :78.

Gómez, R; Galán, D; González, B; Marchamalo, M; Martínez, R. 2021. Aplicación de la fotogrametría con drones al control deformacional de estructuras y terreno (en línea, sitio web). Disponible en <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/6050/7425?inline=1>.

González, A; Amarillo, G; Amarillo, M; Sarmiento, F. 2015. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/download/1585/1917>.

Grupo Acre Colombia. 2022. Tecnología dron en agricultura de precisión. DJI AGRICULTURE (en línea, sitio web). Disponible en <https://grupoacre.co/tecnologia-dron-en-agricultura-de-precision-dji-agriculture/>.

Ibáñez, J. 2009. Agricultura de Precisión y Suelos - Un Universo invisible bajo nuestros pies (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/03/09/114118>.

Innovatione AgroFood Design. 2019. Agricultura de precisión: drones e índices de vegetación (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2022. Disponible en <https://innovatione.eu/2019/07/01/agricultura-de-precision/>.

INTAGRI S.C. 2015. Sistema de Riego por Goteo | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>.

Jiménez, A; Ravelo, D; Gómez, J. 2010. Sistema de adquisición, almacenamiento y análisis de información fenológica para el manejo de plagas y enfermedades de un duraznero mediante tecnologías de agricultura de precisión. *Tecnura* 14(27):41-51.

Kharuf-Gutierrez, S; Hernández-Santana, L; Orozco-Morales, R; Aday Díaz, O de la C; Delgado Mora, I. 2018. Análisis de imágenes multispectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones 39(2):79-91.

markoff. 2019. Uso de drones en la agricultura Agricultura de precisión con drones Aumente su productividad y efectividad (en línea, sitio web). Disponible en <https://geoinn.com/agricultura-de-precision-con-drones/>.

Namesny, A. 2021. Teledetección y agricultura de precisión, herramientas para la sostenibilidad (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2022. Disponible en <https://www.tecnologiahorticola.com/teledeteccion-agricultura-precision/>.

Nosolosig. 2014. Agricultura de precisión para el control de malas hierbas (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.nosolosig.com/articulos/333-agricultura-de-precision-para-el-control-de-malas-hierbas-reduciendo-el-uso-de-herbicidas>.

Perdomo, A. 2015. El uso de drones en la agricultura de precisión (en línea, sitio web). Disponible en <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2015/08/el-uso-de-drones-en-la-agricultura-de-precision/>.

Pereira, J. 2022. El uso de drones en la agricultura de precisión (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3846486/drones-agricultura-precision>.

Perez-Garcia, CA; Pérez-Atray, JJ; Hernández -Santana, L; Gustabello-Cogle, R; Becerra-de Armas, E; Perez-Garcia, CA; Pérez-Atray, JJ; Hernández -Santana, L; Gustabello-Cogle, R; Becerra-de Armas, E. 2019. Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. Revista Cubana de Ciencias Informáticas 13(2):30-46.

Pino V., E; Pino V., E. 2019. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. Idesia (Arica) 37(1):75-84. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>.

Porrúa, JA. 2020. De la agricultura precisa a la agricultura de precisión (en línea). Revista Ingeniería Agrícola 10(3). Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264607009/html/>.

Riego. 2017. Realización de un riego eficiente mediante monitorización: sensores de humedad de suelo (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.universidadderiego.com/realizacion-riego-eficiente-mediante-monitorizacion-sensores-humedad-suelo/>.

Sánchez, JT. 2017. Monitorización 3D de cultivos y cartografía de malas hierbas mediante vehículos aéreos no tripulados para un uso sostenible de fitosanitarios (en línea). <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>. s.l., Universidad de Córdoba (ESP). Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=64264>.

Sergieieva, K. 2021. Riego De Precisión: Agricultura Efectiva Y Ecológica (en línea, sitio web). Disponible en <https://eos.com/es/blog/riego-de-precision/>.

Soto, A; Muñoz, E. 2022. APLICACIONES DE LA FOTOGRAMETRÍA AÉREA, MEDIANTE EL USO DE UAV. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/2663/Aplicacion%20de%20la%20fotogrametria%20en%20vehiculos%20aereos-%20Andres%20Soto.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.

Villareal, J. 2015. Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control. (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Joffre%20Vicente.pdf>.