

Optimización financiera del uso de drones en cultivos extensivos: caso de estudio cultivo de arroz en el municipio de Trinidad, Casanare, Colombia

Financial optimization of the use of drones in extensive crops: case study of rice cultivation in the Municipality of Trinidad, Casanare, Colombia

MALDONADO, Iván D.¹
REYES, Diana M.²

Resumen

Este documento muestra los beneficios financieros que se obtienen al utilizar drones para fumigación y control en agricultura de precisión, caso particular en cultivos de arroz en el municipio de Trinidad, departamento de Casanare, Colombia. Se analizan documentos que plantean las ventajas del uso de este tipo de tecnología y su relación con los costos operativos, de insumos y en mano de obra; además, muestra la disminución de tiempo en la fumigación comparado con los métodos tradicionales de fumigación manual.

Palabras clave: dron, optimización financiera, cultivos extensivos

Abstract

This document shows the financial benefits obtained by using drones for spraying and control in precision agriculture, particularly rice crops in the municipality of Trinidad, department of Casanare, Colombia. Documents have been analyzed to show the advantages of using this type of technology in relation with operating costs, inputs and labor; also, it shows the decrease in time of spraying, compared to traditional methods such as manual spraying.

Key words: drone, financial optimization, field crops

1. Introducción

Desde hace años se utilizan drones en la agricultura ya que permite al agricultor mejorar su forma de cultivar, generando mejores resultados económicos. Esto se debe a que los drones brindan herramientas importantes tanto en la detección como en el control de enfermedades, y también permiten hacer un control del terreno más rápido y eficiente, entregando información puntual a un bajo costo, comparado con otros sistemas de detección (Acosta-Medina et al., 2018).

1 Candidato a Magister en administración con énfasis en gerencia de proyectos, Ingeniero Electrónico, profesor ocasional, Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, ivan.maldonado02@uptc.edu.co

2 Maestría en relaciones internacionales, Administradora de empresas, profesor ocasional, Facultad Seccional sogamoso, Escuela de Administración de empresas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

En la actualidad, los drones se están utilizando de dos formas. La primera, para hacer levantamiento de información del terreno y su respectivo control durante todo el proceso de siembra; esta información se adquiere mediante cámaras multiespectrales, la cuales recogen detalles del cultivo, se hacen mapas característicos en los cuales se puede encontrar niveles de nitrógeno en las plantas, nichos de plagas, niveles de pH del suelo, estrés hídrico, entre otros con esta información los agrónomos pueden tomar decisiones rápidas para mejorar las condiciones del suelo o del cultivo; de esta manera se evitan pérdidas de producción (Kulback et al., 2018).

La segunda forma, es el uso de drones para fumigación. Este es el complemento ideal de la primera etapa debido a su versatilidad y capacidad de llegar a cualquier sitio del terreno en tiempos muy cortos; el dron puede fumigar tramos de terreno específico sin afectar su entorno, se puede hacer control de plagas en zonas puntuales permitiendo un manejo óptimo de los recursos y tiempos, no se desperdicia herbicidas o fungicidas ni se afecta el suelo con químicos sin necesidad, como se hace con otras formas de fumigación (Kulback et al., 2018). Estos equipos permiten tener una gestión agroindustrial mucho más eficiente, lo cual repercute directamente en las finanzas de los agricultores; el poder controlar los métodos y tiempos de fumigación hace que se puedan crear rutas específicas para cada terreno, lo que conlleva a mejorar la producción y la optimización de los agroquímicos usados en cada etapa del cultivo (Zambrano, 2020). El uso de la innovación y la tecnología generan incremento de producción, maximización de recursos y mejoras en las finanzas de una empresa, como lo plantea la Corporación Gruppo Salinas (Zambrano, 2020), pero no pueden ir solos, deben ir acompañados de un modelo de gestión que permita sostener el crecimiento económico, sin perder el enfoque sustentable. Según Fong et al., (2017), la competitividad es una herramienta estratégica para la gestión de la empresa; las capacidades o habilidad para responder a los cambios abruptos de manera eficaz, se orientan hacia la generación, desarrollo y acumulación de activos clave para la ventaja competitiva, por lo que representan factores clave para la optimización de la innovación.

Al plantear el modelo de gestión, se debe tener en cuenta que no todos los agricultores cuentan con las mismas capacidades económicas, intelectuales, de apropiación de información y de adaptación a nuevas tecnologías, lo que presenta un reto enorme en la búsqueda de dicho modelo a utilizar (Amador de Avila, 2018).

El modelo debe contar con métricas financieras, uso de tecnología de punta, modelos de administración y, por supuesto, gestión agroindustrial, todo lo anterior acompañado de sensibilización y capacitación, para que los agricultores entiendan la necesidad imperiosa de mejorar sus prácticas para así sobrevivir a este modelo de economía que en la actualidad rige al planeta globalizado (Medina & Niño, 2017).

Con el fin de ofrecer a los agricultores ayudas tecnológicas que los puedan encaminar a tener mayor optimización financiera, aumento en la producción, datos sobre el avance y crecimiento de sus cultivos, control de plagas, control de malezas, valores de nutrientes y cantidad de nitrógeno en la tierra, se presenta la opción de usar drones, tanto de adquisición de información como de aspersión para que sean usados en sus cultivos (Tellaeché et al., 2008).

La utilización de drones en la agricultura extensiva se ha logrado consolidar como una opción importante, debido a que esta tecnología se convierte en una herramienta altamente calificada y eficaz para determinar diferentes variables espaciales en la utilización de fertilizantes, herbicidas y aplicación de nutrientes, (Rolando Navia Zamora & Baque Mite, 2019). Esto ayuda al agricultor a identificar tácticas para obtener rentabilidad financiera en la gestión de sus cultivos, a través de optimizar recursos económicos, la disminución de los gastos de mantenimiento y la reducción del pago de horas hombre (Di Leo, 2015).

Incrementar la rentabilidad de la producción puede significar una mejora en la calidad de vida de los productores. El uso de drones en la agricultura impacta positivamente en el incremento de la producción; según Naji, 2019,

el incremento de la producción por tonelada se debe a diversos factores. El primero de ellos es la homogeneidad en la fumigación; el segundo, es la no intrusión sobre el terreno; el tercero, es la eficiencia en el uso de los insumos y el agua, y el cuarto, es la posibilidad de tratar nichos de maleza o plagas en sitios específicos y no en la totalidad del terreno.(Mckinnon, T. (2016).

Las estrategias de control le permiten al agricultor tener conocimiento de lo que sucede en su cultivo de forma más rápida, para tomar decisiones referentes a tiempos de siembra, fumigación, control de plagas, cosecha y postcosecha; con la información adecuada, y en el momento justo, es más fácil tomar acciones que vayan encaminadas a mejorar la calidad del cultivo y su productividad (García-Sánchez, A. J., García-Sánchez, F., & García-Haro, J., 2011).

Para tener toda la información del cultivo se requieren diferentes técnicas, dependiendo de las necesidades del agricultor en cuanto al seguimiento de la cosecha, o de escanear el terreno para saber su estado antes de iniciar la siembra (Weber, 2019). El primer método que se utiliza en la actualidad para hacer seguimiento a cultivos extensivos es el uso de satélites con cámaras adaptadas que permiten realizar análisis espectral a la vegetación y al terreno (Castillejo González, 2011); este método es costoso y se utiliza principalmente en grandes extensiones de tierra y en países industrializados.

Un segundo método utilizado en la Agricultura de Precisión (AP), son los sensores remotos; estos elementos permiten obtener información del suelo en tiempo real, tales como el nivel de nitrógeno existente, la humedad relativa, temperatura, entre otros; su uso no se ha masificado por su complejo y costoso muestreo, por la cantidad de horas de trabajo en campo requeridas para tener información precisa de todo el terreno, siendo una labor difícil de realizar en cultivos extensivos (Seelan et al., 2003). Este tipo de tecnología entrega información precisa que puede ser relevante para garantizar la eficiencia del cultivo, logrando maximizar las utilidades económicas del agricultor (Macrae, I., Baker, T., & Thompson, A., 2021)..

El tercer método es el uso de unidades aéreas no tripuladas (UAV), o drones, para medir las condiciones del estado del terreno y del cultivo. Este tipo de tecnología ha ganado importancia en la agricultura de precisión por su versatilidad, eficiencia y desempeño en la toma de información proveniente del cultivo; como la cantidad de maleza existente por metro cuadrado (m²), infestación de insectos, deficiencia de nutrientes, humedad y demás condiciones del suelo (Zhang & Kovacs, 2012).

Esta investigación se centra en el análisis del uso de drones como herramienta para la adquisición de información fitosanitaria de las plantas y control de plagas, malezas y humedad del cultivo, en aras de demostrar la rentabilidad financiera que estos equipos pueden brindar a los agricultores (Primicerio et al., 2012). Los drones, o unidades aéreas no tripuladas (UAV), han venido ganando terreno en el levantamiento de mapas espectrográficos de cultivos por la facilidad y economía que presentan para realizar dicha labor, como lo muestra Doddamani et al. (2020), donde se puede ver la eficiencia de estos equipos tecnológicos a la hora de monitorear y controlar terrenos o sembradíos (Guzmán García et al., 2018).

1.1. Agricultura de Precisión

La Agricultura de Precisión (AP), nace como una necesidad de controlar cultivos extensivos en los cuales se hace difícil el acceso a todos y cada uno de los metros cuadrados (m²) de terreno que deben ser vigilados constantemente para el control de plagas, infestaciones de malezas, cantidades de nutrientes, niveles de nitrógeno, oxígeno y agua, esto con el fin de maximizar la producción y evitar pérdidas económicas al agricultor y mantener una buena armonía con el ambiente circundante al cultivo (Naji, 2019).

Los cultivos extensivos a nivel mundial están relacionados con la siembra de cereales, algodón, caucho, frutales, viñedos, entre otros, siendo los cultivos de cereales los que generan mayor impacto económico a nivel mundial. Estados Unidos es el más grande productor y exportador de maíz, cosechando un promedio de 200 millones de toneladas anuales y exportando el 20% de su producción (Segura, 2021).

El arroz es considerado el cultivo más importante del mundo; además de ser un producto básico, como el maíz, posee la mayor extensión de tierra cultivada y el mayor número de personas dedicadas a su producción. Casi el 50% de la población mundial depende del arroz como parte importante de su dieta; el consumo *per cápita* mundial, para 2011, estuvo alrededor de los 65 kilogramos (Mohanty, 2013).

Por todo lo mencionado anteriormente, mejorar las prácticas y utilizar tecnología en estos cultivos se hace imperativo, ya que la producción a nivel mundial de este cereal se genera en 113 países, con un nivel de producción, según lo estimado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) para la campaña 2016/2017, de 481,5 millones de toneladas. Según Bernardi (2017) la mayor producción de arroz en América la tiene Brasil, con 13 millones de toneladas; le sigue Estados Unidos, con 10 millones de toneladas; y en tercer lugar están Perú y Colombia, con 3 millones de toneladas, respectivamente.

1.2. Descripción del entorno

El estudio de caso que se analiza en este documento se hace en el municipio de Trinidad, departamento de Casanare, Colombia, en cultivos extensivos de arroz *paddy*. Revisando datos de la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz, 2022), se puede observar que en el departamento de Casanare se cultivó 175.389 hectáreas de arroz, de las 385.791 hectáreas que se cultivaron en Colombia en el segundo semestre en el año 2021, siendo el primer departamento con mayor extensión de terreno para cultivos de arroz del país, con 45,5 % del total nacional; esto demuestra el impacto que tienen los cultivos de arroz en la economía departamental y la necesidad de impulsar el crecimiento del sector. El censo realizado por FEDEARROZ en el segundo semestre 2021, muestra una producción de 2.258.926 toneladas de arroz mecanizado en todo el territorio nacional; el arroz mecanizado es en el que se utilizan máquinas para su producción, ya sea tractores, combinadas, máquinas de riego y drones. Es la principal forma de producción de arroz en el país y la que produce la mayor cantidad de producto (Fedearroz, 2022).

Según datos entregados por el Ministerio de Agricultura (2016), los cultivos de arroz en Colombia se ubican en 211 municipios, divididos en cinco zonas de producción cuyas economías dependen en un 90% de la actividad arrocera. El sector está integrado por 16.378 productores, reunidos en 25.266 unidades de producción agrícola. El arroz es de gran importancia para los hogares de Colombia, participa con el 1 % en la canasta familiar, según datos del DANE (2016), y es el segundo alimento de mayor peso en el IPC con el 1,75% después de la carne; de las cinco zonas productoras, Casanare es la que cuenta con la mayor cantidad de hectáreas sembradas: en el primer semestre del año 2022, esa zona cultivó 160.626 hectáreas de arroz de las 357.694 hectáreas que se sembraron en Colombia; esto es el 44,9 % del total nacional, como lo muestra el Boletín Técnico Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM), generado por la DIAN y FEDEARROZ (DANE, 2022).

De acuerdo a los datos del del boletín ENAM (DANE, 2022), en Casanare se redujo la producción de arroz *paddy* verde en el primer semestre de 2022 en un 24,8 % respecto al primer semestre de 2021, al pasar de 109.416 toneladas, en el primer semestre de 2021, a 78.356 toneladas en el primer semestre de 2022. Estas fueron 31.060 toneladas menos. El rendimiento de producción que se genera por hectárea también muestra una disminución, pasando de 5,83 t/ha a 5,66 t/ha, con una reducción del 2,9 % en el mismo periodo.

Al comparar el rendimiento que se obtiene por hectárea con otros departamentos productores de arroz, se puede observar que Casanare tiene un menor rendimiento; mientras que Tolima produce 7,29 t/ha y Huila 6,9

t/ha, Casanare produce 5,83 t/ha de arroz por hectárea. Si se tiene en cuenta que este departamento cuenta con la mayor cantidad de hectáreas sembradas de arroz del país y su rendimiento no se acerca al de otros departamentos, se hace evidente que se deben analizar los diversos factores y posibles causas de esta disminución de producción, por lo que es necesario asesorar a los agricultores en todos los aspectos referentes a su cultivo, como la mejora de las prácticas agroindustriales que se utilizan en el momento, buscando obtener la que mejor se adapte a sus necesidades para así poder obtener un mayor rendimiento por hectárea de cultivo; para esto se debe buscar una acción diferencial que permita crear valor al agricultor (Tavernise, 2019).

Al mejorar la producción, no solo se impactan las finanzas de los agricultores sino que se jalona la economía nacional, evitando que se importe arroz de otros países y permitiendo tener un autoabastecimiento de este cereal. Según datos de la DIAN (2018) se importaron 102.879 toneladas de arroz, y se prevé que pueda incrementarse debido al desmonte paulatino de los aranceles, que va desde aquí hasta el 2030. Según datos suministrados por el (DANE, 2016), Colombia produce el 93 % del consumo total del país, teniendo que importar el 7% restante de países como Estados Unidos (principal proveedor) y Perú. Se deben implementar estrategias que permitan que el agro en Colombia se vuelva competitivo y que pueda alcanzar su mayor nivel de producción, pasando de ser un país importador de arroz a un exportador. Estas estrategias deben ir de la mano con el uso de la tecnología y una buena planeación administrativa, como lo demuestra Diaz Castro (2020) quien plantea que las organizaciones se enfrentan al reto de ser más competitivas ante un entorno cada vez más complejo y turbulento, de modo que están llamadas a desarrollar estrategias que busquen explotar al máximo sus características únicas, permitiéndoles mejorar así sus resultados empresariales.

El uso inadecuado de herbicidas e insecticidas en la agricultura origina también diversos problemas, tanto ambientales como económicos, los cuales llevan a los agricultores a generar pérdidas y afectaciones a la tierra y a cultivos aledaños. El uso de cámaras multiespectrales para detección de malezas y plagas de insectos es una herramienta sofisticada, útil y rápida para solucionar estos inconvenientes (Honkavaara et al., 2013).

La teledetección, los mapas multiespectrales y el uso de sensores se han hecho cotidianos en la agricultura de precisión, con los cuales se busca tener información precisa de los diferentes componentes nutricionales de los cultivos. Esta información es tabulada, analizada y visualizada para la toma de decisiones a la hora de intervenir la siembra, para predecir el comportamiento del suelo, el estado de las plantas y definir estrategias de regadío, fumigación y recolección de las cosechas. Los principales usos en la agricultura de precisión son el uso controlado de herbicidas y fungicidas, el ahorro de agua y la huella de carbono que se produce en todas las etapas de la producción (Barraza et al., 2019).

La revisión de literatura sobre el uso de drones en la agricultura de precisión es extensa, y demuestra el impacto positivo que estos equipos han generado en las finanzas de los agricultores, generando ahorro de tiempo en procesos de fumigación, reducción de insumos, incremento en la producción de los cultivos y disminuyendo la afectación al ambiente. Los drones se desempeñan de forma eficaz, mostrando su gran versatilidad y adaptación a cualquier tipo de terreno (Garzón & Luque, 2018).

Colombia viene adelantando programas de incentivos económicos para la mejora, adquisición y uso de la tecnología en los cultivos agrícolas, como el programa de Incentivo a la Capitalización Rural (ICR), liderado por el Ministerio de Agricultura, el cual apoya a los agricultores por medio de FINAGRO. Este programa centra su ayuda en diferentes campos de inversión, como son: adecuación de tierras, Biotecnología, suministro y manejo del agua, compra de maquinaria agrícola, uso de tecnología agrícola para la producción, entre otras (Ministerio de Agricultura, 2022).

Un estudio realizado por Natsu & Kulkarni (2016) muestra que la agricultura de precisión y el uso de drones ayuda al agricultor a administrar su campo de cultivo con facilidad y libre de estrés, utilizando 4 pasos definidos: monitoreo, mapeo, evaluación y aplicación, donde cada uno debe realizarse en un ciclo específico del cultivo y utiliza un tipo de tecnología adaptada a cada necesidad.

El monitoreo se utiliza para saber las condiciones del campo y se realiza con una cámara montada en el dron. La cámara escanea el cultivo y genera un mapa espectral que muestra las condiciones del cultivo; con esta información el agricultor sabe dónde debe aplicar fungicidas o herbicidas (Poonam & Khanam, 2020). La evaluación determina cuántas veces y en qué sitios se debe aplicar algún tipo de control, o si es necesario volver a aplicar semillas u otro insumo. Las cámaras pueden ser de diversos tipos y están destinadas al levantamiento de mapas; las más utilizadas son las multispectrales, las cuales, tal como su nombre lo indica, pueden detectar simultáneamente varios espectros de luz; comúnmente se utilizan cámaras con 6 bandas espectrales, que entregan imágenes con diferentes índices de vegetación, permitiendo saber qué tan saludable está la planta, y para determinar el índice de vegetación (Castillejo González, 2011).

Para lograr los objetivos de detección mencionados, es necesario combinar varias bandas del espectro visible o invisible de las cámaras; esto se hace con operaciones matemáticas que combinan varios canales (rojo, verde, amarillo, entre otros) y entregan un solo valor; con este se puede saber la cantidad de clorofila que hay, el nivel de hidratación y la cantidad de hojas que tiene la planta. El índice más conocido es el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), mediante el cual se puede calcular el vigor de la planta, es decir, su estado metabólico, pero hay muchos otros índices que son de interés, como: GNVDI, RVI, GVI, NGRDI, RG, SAV (Díaz García-Cervigón, 2015).

Son muchas las ventajas que se tienen al utilizar este tipo de tecnología en los cultivos extensivos, el impacto ambiental (Sender Uribe et al., 2017), la huella de carbón (Weber Markus, 2019), el incremento de las utilidades para el agricultor (Lindblom et al., 2017), todo esto sumado conlleva a una responsabilidad social y empresarial que los agricultores deben conocer y adoptar en Colombia (Alfonso Rodríguez, 2017), esa responsabilidad con nuestros campesinos y su crecimiento económico es lo que motiva esta investigación, para ello se hace un estudio de caso y se demuestran los buenos resultados que se pueden obtener al hacer uso de forma adecuada de esta tecnología. Para iniciar a evaluar la optimización financiera del uso de drones en cultivos extensivos de arroz en el municipio de Trinidad Casanare se debe realizar un análisis de los diferentes procesos de fumigación utilizados en el sector y compararlo con la fumigación con drones, también es necesario llevar a cabo un análisis financiero y comparativo de formas de fumigación para determinar los ingresos y costos operacionales por hectárea de cultivo, establecer y analizar los resultados de los indicadores financieros del cultivo de arroz en el municipio de Trinidad, al realizar la fumigación tradicional y fumigación con drones.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se tomaron en cuenta los datos que el cultivador del terreno suministró, como son el costo de fumigación por hectárea de la avioneta y el costo de fumigación por hectárea de forma manual, de estos últimos, se obtuvo un estimado de los gastos de combustible, jornales y equipos para poder tener un valor neto a comparar, se estableció el costo de la utilización del dron y se determinó cuál es la mejor opción en la relación terreno/tiempo, evaluando aspectos económicos y producción por hectárea. Se analizaron los datos suministrados por el agricultor de la cosecha que obtuvo en ese mismo terreno en la siembra anterior realizada en el segundo semestre de 2021.

2. Metodología

La metodología utilizada en este estudio es la investigación estudio de caso, que como lo expresa su definición “es una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes (Yacuzzi, 2005). Este tipo de investigación permite hacer un análisis de un caso en específico en el cual se relacione la experiencia

con la teoría. El terreno analizado está ubicado en la vereda el convento, municipio de Trinidad, Casanare, es una extensión de 47 hectáreas con agua propia lo que lo hace apto para el cultivo de arroz paddy. Este terreno se ha usado para sembrar arroz desde épocas pasadas presentando un comportamiento constante de producción a lo largo de su trayectoria.

2.1. Métodos de investigación

Se emplearon los métodos descriptivos y mixto. El método descriptivo plantea con detalles la forma en que se ha llevado a cabo la investigación. Permite explicar y validar los resultados, incorporando adicionalmente la descripción y las bases de las decisiones metodológicas tomadas de acuerdo con el tema de investigación. El método descriptivo busca un conocimiento inicial de la realidad que se produce de la observación directa del investigador y del conocimiento que se obtiene mediante la lectura o estudio de las informaciones aportadas por otros autores. Se refiere a un método cuyo objetivo es exponer con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la realidad en estudio con los criterios establecidos por la academia. (Luis, 2015).

El método mixto consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa. Se utiliza cuando se requiere una mejor comprensión del problema de investigación. Para Creswell et al. (2006), “los métodos mixtos son una estrategia de investigación o metodología con la cual el investigador o la investigadora recolecta, analiza y mezcla (integra o conecta) datos cuantitativos y cualitativos en un único estudio o un programa multifase de indagación”. El método mixto permite recopilar información de los agricultores sobre sus experiencias y sus formas de cultivar, dando una visión particular en cada caso; así, se pueden conocer diferentes técnicas y costumbres usadas tradicionalmente. Esa información se compara con la que se encuentra en la literatura y se analiza que técnicas se pueden aplicar.

2.2. Fases de la investigación

Para esta investigación se plantearon 4 factores determinantes de comparación los cuales son: ahorro de producto o insumo a utilizar, este ítem es relevante debido a los costos de dichos insumos, los cuales impactan de manera significativa el bolsillo de los agricultores; el segundo factor es la pérdida por aspersion que genera un incremento en los productos agroquímicos usados que derivan en refumigacion, el cual es el tercer factor a revisar; la refumigacion se da cuando se deben volver a fumigar ciertas zonas del cultivo en la que no se hizo la aspersion de manera homogénea o que por la forma de fumigación utilizada no logró cumplir el objetivo de control o de fertilización; el cuarto factor es el ahorro del agua que, aunque no se ve como un factor determinante en temas de ahorro económico debido al bajo precio del agua en sectores rurales, si termina siendo decisivo cuando se le asocian costos de traslado del agua, adquisición recipientes, uso de maquinaria para trasladarla, mano de obra y demás gastos asociados a dicha labor.

Las fases de la investigación se planearon y ejecutaron para dar cumplimiento a los objetivos trazados:

A. Se realizaron caracterizaciones de los diferentes procesos de fumigación utilizados en el sector de los cultivos extensivos.

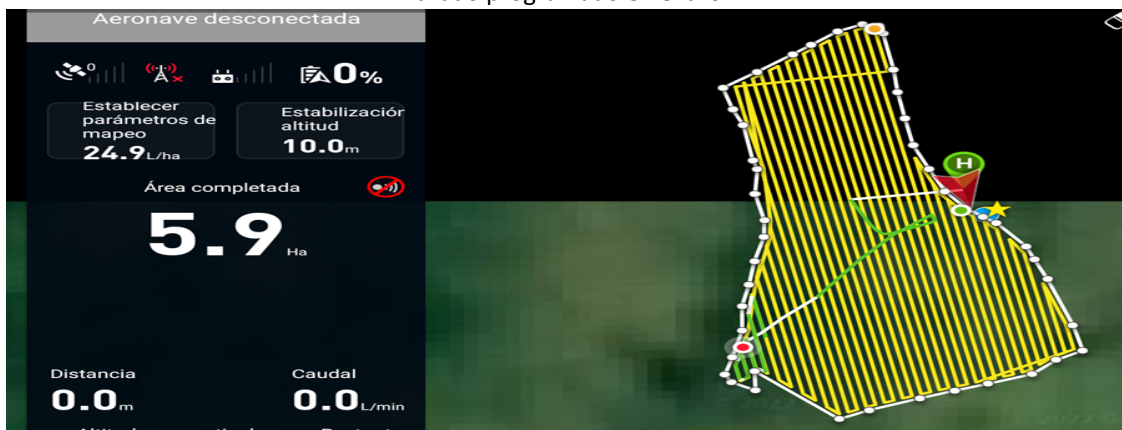
La caracterización de los procesos se realizó en campo, observando el comportamiento de cada uno, para la fumigación manual se analizó el impacto de tiempo y logística que se debe tener en cuenta, la preparación de los insumos, la consecución del agua para la disolución de los productos químicos para la mezcla, los diferentes equipos que intervienen en la labor y la mano de obra que debe estar disponible; en el caso de la fumigación con avioneta, se analizó la disponibilidad de las empresas que prestan el servicio, sus costos asociados y su tiempo de fumigación por hectárea, además de su impacto a cultivos o siembras aledaños.

B. Realización de un estudio de métodos y tiempos para determinar los ingresos y costos operacionales por hectárea de cultivo, en este objetivo se resume todo el proceso que se llevó a cabo durante casi siete (7) meses

de estudio, evaluando resultados de la utilización de drones en cultivos extensivos de arroz y el análisis comparativo entre la utilización de este método y los métodos actuales, como son la fumigación con avioneta o la fumigación manual.

Se inició desde la etapa de alistamiento del terreno, donde se aplicó glifosato para eliminar la maleza existente, este producto solo se utiliza al inicio y es específico para eliminar maleza y alistar el terreno para la siembra, Una vez se alista la zona y se esparce la semilla por toda el área se inicia el proceso de control de plagas y malezas, ciclo fundamental del cultivo, que va a determinar el volumen de producción por hectárea. Si se le garantiza a la semilla sus condiciones ideales, estas no solo van a adaptarse bien al terreno, sino que van a crecer mejor y más rápido en toda la extensión sembrada; para esto, se utilizaron diversos productos que vienen a controlar aspectos específicos del cultivo, como malezas, hoja, espiga y la fertilización. Es muy común aplicar diversos productos mezclados en cantidades específicas; estas mezclas las entrega un agrónomo basándose en el ciclo en que se encuentra el cultivo (arroz) y el tiempo de germinación. Este proceso de fumigación se debe realizar de 4 a 5 veces en todo el proceso de siembra hasta la cosecha aplicando diferentes productos como Sanjuanero, Humus, Bin, Coragen, Axis, Natural Oil, entre otros. La cantidad de veces que se necesita fumigar y abonar dependerá del comportamiento del cultivo, si este, en el último tramo, tiene el comportamiento deseado y no hay rastros de insectos o maleza no es necesario fumigarlo, evitando un gasto adicional en insumos y mano de obra al agricultor.

Figura 1
Trazado programado en el dron



Fuente: Elaboración propia

Figura 2
Estudio del terreno



Fuente: Elaboración propia

En las figuras 1 y 2 se puede ver cómo es el proceso que se realiza para programar el recorrido del dron en el cultivo; se ubica espacialmente el terreno, se definen los límites y se acota el espacio a fumigar; si hay algún obstáculo que el dron no pueda superar, se define con coordenadas y se programa el recorrido. Las líneas amarillas muestran el recorrido que se va a realizar en toda la extensión programada, marcando el punto inicial, el punto final y la cantidad de terreno seleccionado; esta información es fundamental para saber la cantidad de producto a preparar y las baterías que el dron va a utilizar en su recorrido.

C. Establecimiento y análisis de los resultados de los indicadores financieros del cultivo de arroz en el municipio de Trinidad Casanare, contrastando la fumigación tradicional y la fumigación con drones.

Las comparaciones de los resultados se calcularon teniendo en cuenta las pérdidas de producto que se tienen en la forma de aplicación de cada uno, y dependiendo del control que se tenga que realizar, si es fumigación para hoja, espiga o maleza, cada una de estos elementos requiere un tratamiento específico, cuando la hoja se ve afectada por virus que cambian su forma y crecimiento debe ser controlada de manera rápida y eficiente con nutrientes a base de nitrógeno (Pérez et al., 2018), las espigas sufren daños que cambian su color, presentan coloraciones oscuras en los entrenudos y muerte de las vainas foliares (Pérez et al., 2018), la maleza que son nichos de plantas parásitas que roban los nutrientes a las platas y evitan que crezcan de manera óptima (Pérez et al., 2018), deben tratarse con fungicidas y herbicidas de alternada y en solo los puntos afectados. Una vez definido el elemento a controlar se precisa la cantidad de insumo, basados en una curva de aprendizaje que se realizó en un terreno de prueba. Es importante tener claro que los resultados se entregaron en porcentaje y no en valor monetario, pues este puede variar según la marca o el insumo que se aplique.

En el caso de esta investigación, se hicieron 4 aplicaciones en el trascurso del cultivo, con una separación de alrededor de 30 días entre aplicación y aplicación. Como se dijo anteriormente, se hizo un estudio de la cantidad de fungicida y herbicida que se debía aplicar, así como de la cantidad de agua que se necesitaba para hacer la dilución.

2.3. Técnicas para la recolección de información

Se utilizaron fuentes primarias de evidencia, como la observación directa y la entrevista a agricultores de la región, donde la entrevista es, “en esencia, una conversación bien planificada. En ella, el investigador plantea una serie de preguntas o temas de debate a una o varias personas, con el fin de obtener información específica. Puede realizarse personalmente, por teléfono o de manera virtual. Sin embargo, en algunos casos es importante la interacción personal con el entrevistado, para poder tomar nota de la información que brinda la comunicación no verbal” (Carla, L., Ly, T., Irene, L., & Siesquén, S., 2005) . Por otro lado, la observación es “una técnica que consiste precisamente en observar el desarrollo del fenómeno que se desea analizar. Este método puede usarse para obtener información cualitativa o cuantitativa de acuerdo con el modo en que se realiza” (Carla et al., 2005).

Se analizaron también fuentes secundarias para el desarrollo de la investigación. Se definió la ecuación de búsqueda, la base de datos a usar, un software de minería que agilice encontrar las correlaciones y un programa que permita hacer análisis de contenido. Como ecuación de búsqueda se utilizó la base de datos Web Of Science según los siguientes Títulos: precisión Agriculture or agriculture and drones or extensive and crops or finance and economics, refinada bajo la opción: CATEGORÍAS DE WEB OF SCIENCE: (AGRICULTURE MULTIDISCIPLINARY OR ENGINEERING ELECTRICAL ELECTRONIC OR REMOTE SENSING OR AGRICULTURAL ENGINEERING OR IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY), durante el período: Todos los años, evaluando los Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.

Con todos los artículos encontrados, se utilizó el software de minería Vosviewer y el software de análisis cualitativo MAXQDA para analizar 75 documentos, los cuales abordan el tema desde diferentes perspectivas: la tecnológica, la sostenibilidad ambiental, la aceptación de los productores sobre nuevas tecnologías, el impacto

del uso de drones o Unmanned Aerial System (UAS), la disminución del uso de plaguicidas, herbicidas, la mejora del suelo, la correcta hidratación de las plantas, el impacto financiero, la generación de valor, entre otros.

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestra una comparación de tres diferentes formas de fumigación con sus respectivos costos y uso del insumo. En esta tabla podemos ver los beneficios económicos en mano de obra que se tienen al utilizar los drones como método de aspersión, donde se obtiene un ahorro del 4,67 % respecto a la fumigación con avioneta y un ahorro del 17,57 % respecto a la fumigación manual, valores que impactan directamente al agricultor en su beneficio y rentabilidad.

Tabla 1
Comparativo de formas de fumigación para desmalezado de terreno precultivo, caso en terreno de 47 ha

Tecnología utilizada	Avioneta	Manual	Dron
Tiempo utilizado para fumigar el terreno (horas)	5	24	11
Uso de agua por hectárea (litros)	2350	4700	188
Costo de fumigación por hectárea (pesos colombianos)	\$ 1.880.000	\$ 2.115.000	\$ 1.880.000
% de Refumigación de parches de maleza	7 %	10 %	2 %
Cantidad de glifosato por hectárea (litros)	302	310	192
Costo total mano de obra fumigación (pesos colombianos)	\$ 2.011.600	\$ 2.326.500	\$ 1.917.600

Fuente: Elaboración propia

El factor más importante a recalcar es el ahorro del producto o insumo a aplicar. En este caso, el producto aplicado fue el herbicida glifosato, teniendo un ahorro del 38 % respecto a la fumigación manual y un ahorro del 36 % respecto a la fumigación con avioneta. Esto se debe a diversos factores; el primero, es la dilución del producto con agua, debido a la gran cantidad de agua que se necesita para la fumigación en avioneta; por el contrario, en el caso de la fumigación manual se hace necesario utilizar más glifosato para garantizar la quema de la maleza en su totalidad.

El segundo factor es la pérdida por aspersión; esta pérdida se puede incrementar si en el momento de realizar la fumigación, en el caso de la avioneta, se presenta mucho viento, el cual desvía el líquido en la caída; a diferencia del caso anterior, en la fumigación manual, la mezcla se pierde a la hora de recargar las bombas o los tanques, a través del transporte en envases que no cumplen las medidas de hermeticidad necesarias, y por la aspersión que no es constante, pudiéndose sobre fumigar o bien dejar terreno sin aplicar producto; por ser un proceso lento y demandante, el operario de la bomba suele variar también la cantidad de glifosato que se aplica a lo largo del terreno.

El tercer factor que influye en la gran diferencia de uso de producto es la refumigación. En la etapa inicial o de alistamiento del terreno es fácil ver en qué sitios se necesita volver a aplicar el glifosato, pues la maleza no se quema y quedan parches verdes; esta tarea se realiza de forma manual, debido a que no es posible hacerlo con avioneta. La avioneta genera un 7 % de refumigación, la aspersión manual genera un 10 %, entre tanto la fumigación con drones solo obliga a volver a fumigar en un 2% del cultivo, datos obtenidos en campo y comparados con fumigaciones anterior.

El cuarto factor es el ahorro de agua. Al hacer la comparación con la fumigación manual, se presenta un ahorro del 96 % y, comparado con la fumigación con avioneta, el ahorro es del 92 %. Estos datos son relevantes en todo sentido, tanto económico como ambiental, siguiendo la línea de los estudios que muestran que el uso de drones para fumigación genera un ahorro de agua alrededor del 80 % comparada con métodos tradicionales (Dawodu de A, 2020, Poonam & Khanam, 2020).

3.1. Etapa de control de plagas y maleza

La tabla 2 nos muestra un comparativo entre la fumigación manual, con avioneta y con dron de una mezcla de elementos químicos que se utilizan para control de hoja, espiga y malezas. Para determinar la cantidad de agua que se debe usar, se analizan los coeficientes de disolución de los productos, puesto que hay algunos de ellos que requieren un mínimo de agua para que se diluyan correctamente, se suman las cantidades de los químicos utilizados y se determina una medida de agua a usar dependiendo del mínimo que exija el producto en específico y el rango de fumigación del dron.

Tabla 2
Comparativo de formas de control de plagas y malezas, caso terreno de 47 ha

Tecnología Utilizada	Avioneta	Dron	Manual
Sanjuanero (litros)	23,5	21,15	28,2
Humus (litros)	47	42,3	56,4
Bim (kilos)	11,7	10,53	14,04
Coragen (litros)	2,35	2,115	2,82
Axis (litros)	18,8	16,92	22,56
Natural oíl (litros)	14,1	12,69	16,92
Consumo de agua (litros)	2350	376	4700

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado, podemos ver en la tabla 2 que el dron tiene un ahorro de uso de los productos químicos del 10% respecto a la avioneta, un 20 % de ahorro respecto a la fumigación manual y un ahorro de agua del 84%, valores que concuerdan con la información que se encuentra en diferentes estudios realizados en países como Ecuador (Segura 2021), Perú (Sender et al., 2017) y Colombia (Medina & Niño, 2017) comprobando que el uso de drones para fumigación es más eficientes y rentables que cualquier otro método actual.

3.2. Resultados finales del cultivo

El estudio planteado es la optimización financiera de los cultivos extensivos de arroz, cuando se usan drones como equipos de fumigación, para que este estudio esté completo, se deben tener los datos de la producción que se obtuvo en este cultivo, comparada con la producción obtenida anteriormente con el uso de tecnologías como son la avioneta o fumigación manual en el mismo terreno cultivado.

En la tabla 3 se puede ver la producción obtenida en este cultivo, comparado con una producción del mismo terreno en el segundo semestre de 2021, donde se obtiene un incremento del 6,89 %. Esto quiere decir que en el mismo terreno se pasó de producir 87 bultos de arroz a 93 por hectárea con el uso del dron, permitiendo al agricultor mejorar su ingreso e incrementado la rentabilidad de su producción.

Tabla 3
Comparativa de producción

Producción	Producción anterior	Producción con dron
Tonelada/hectárea	5,22	5,58
Producción total (tonelada)	245,34	262,26
Incremento de producción		6,89%

Fuente: Elaboración propia

El incremento de la producción está determinado por varios factores que intervienen directamente en el cultivo. El primero de ellos es la homogeneidad de la fumigación en el cultivo que realiza el dron; como se dijo anteriormente, la fumigación con drones es más eficiente pues el trazado se hace utilizando el sistema de posición global (GPS), el cual traza una ruta a seguir por el dron; la velocidad de vuelo y la cantidad de producto a aplicar por hectárea se programan en el equipo, y esas variables están controladas constantemente por un sistema electrónico, lo que garantiza una aspersión uniforme y constante en todo el terreno (Castillejo, 2011), la velocidad de desplazamiento y altura del dron se ajustan como un parámetro inicial; la cantidad de producto de fumigación a asperjar es otro parámetro que se determina al inicio y se debe mantener constante en todo el recorrido, lo que asegura una fumigación homogénea de todo el terreno, garantizando que cada planta reciba la misma dosis, lo que no se puede asegurar con fumigaciones manuales o con la avioneta.

El segundo factor que influye en el incremento de la producción es la no utilización de equipos mecánicos, como tractores que afectan el cultivo, pues al transitar por este van generando una huella que reduce la capacidad de producción de las plantas que pisa. Si esta huella se hace constantemente, no solo daña las plantas sino que endurece la tierra, una condición perjudicial para los cultivos extensivos. Si bien es cierto que se deben utilizar estos equipos para llevar insumos o nutrientes durante todo el cultivo, entre menos pisadas se produzcan, menos afectación se tiene de los terrenos y de las semillas ya germinadas.

En la figura 3 se pueden observar las huellas que deja el tractor al pasar constantemente por el cultivo, como estos terrenos deben mantenerse húmedos las huellas se profundizan más y generan daños severos en las plantas.

Figura 3

Huellas del tractor vs vuelo del dron



Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 nos permite hacer una comparación del terreno fumigado con dron, respecto al fumigado con tractor (Figura 3), el cual no muestra ninguna afectación al suelo, no hay huellas, ni acumulación de agua que ocasione daños al cultivo y que reduzcan la producción.

La figura 5 muestra parte del cultivo de arroz fumigado con dron, se puede observar que no hay huellas de maquinaria mecánica, el color de la hoja es homogéneo, el crecimiento de la espiga tiene un buen comportamiento, no presenta nichos ni de maleza ni de plagas, la figura 5 es la prueba de los excelentes resultados al utilizar esta tecnología.

Figura 4

Terreno fumigado con dron, sin huellas de tractor



Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Estado del cultivo después de la fumigación con dron



Fuente: Elaboración propia

La evidencia fotográfica es clara respecto a la mitigación que hace el dron en aras de conseguir una mejor calidad del suelo para el cultivo, evitando así generar surcos que disminuyan la producción del terreno. Debemos tener claro que los cultivos extensivos se hacen sobre grandes superficies, terrenos de más de 100 hectáreas hasta 1500 hectáreas, los cuales deben ser recorridos en su totalidad para verificación, control y monitoreo, por lo que las huellas que dejan las máquinas que se usan en los cultivos de arroz, como los tractores o combinadas, toman

relevancia cuando se cuantifica la pérdida de producción que estas generan, llegando a sumar hasta un 2 % del total producido.

4. Conclusiones

El uso de drones en la agricultura de precisión se viene presentando desde hace muchos años en el mundo. Combinada con técnicas de riego, se convierte en una herramienta poderosa que puede ayudar al agricultor a mejorar sus niveles de producción y, por consiguiente, sus ingresos, permitiendo generar rutas de control y seguimiento sin afectar el terreno, recopilando información de manera precisa y en muy corto tiempo.

Los diferentes documentos recopilados para este caso de estudio muestran que al usar drones como equipo para fumigación, se reduce el consumo de agua alrededor del 80 %, comparados con otros métodos tradicionales. En este caso en particular se logró obtener un ahorro del 92 %, un valor significativo tanto para las finanzas del agricultor como para el impacto ambiental que esto genera. Es de resaltar que el ahorro de agua se logró usando productos agroquímicos líquidos, los cuales tienen una mejor dilución que los granulados, o que los productos en polvo.

El uso de drones en la fumigación presenta amplias ventajas sobre otros métodos tradicionales, como son el poder fumigar sectores de difícil acceso, en tiempos muy cortos y a bajo costo operativo, fumigación controlada que permite asperjar solo la parte afectada sin afectar el cultivo circundante, esta ventaja no solo ahorra dinero en productos agroquímicos sino que permite hacer control de plagas, hoja, malezas, y aplicación de productos fitosanitarios de manera más eficiente que cualquier otra forma de tratamiento.

El dron, por ser un equipo versátil, le permite al agricultor tener ventajas operativas, tales como ahorro de tiempo, planificación de rutas, levantamiento de mapas y supervisión constante en tiempo real, que conllevan a la creación de sistemas de gestión basados en información recopilada diariamente; estos sistemas se alimentan periódicamente según criterios del agrónomo o persona encargada de realizar dicha labor, y permiten tener un control óptimo del cultivo en todas las etapas. Al tener un sistema de gestión, se pueden predecir los productos que se van a utilizar en cada etapa, generar un presupuesto, contratar personal requerido en cada sector, la maquinaria necesaria y el profesional solicitado para apoyar las labores a realizar, todo esto, sumado a un incremento de la producción, muestra que el uso de drones es una herramienta que sí genera valor en su uso.

Al utilizar drones como método de recopilación de información y control, se pueden generar procesos administrativos y de optimización financiera, puesto que estos equipos permiten planear estrategias que se ejecuten antes y durante el proceso de siembra, adaptándose a las necesidades del agricultor en cada etapa del proceso de siembra.

Los resultados que se obtuvieron muestran que el uso de drones para fumigación y fertilización en cultivos extensivos permite tener una mayor producción comparada con métodos tradicionales; en este caso de estudio en particular, se obtuvo un incremento de la producción en un 6,89 %, sumado a un ahorro en los costos de fumigación del 4,67 %, comparado con el método más utilizado, que es la avioneta, y un ahorro en insumos agrícolas del 10 % comparado con el mismo método de fumigación (avioneta), además del ahorro en el gasto de agua, tiempo y personal necesario para cumplir dicha labor. Todo esto sumado impacta positivamente las finanzas de los agricultores y les permite ser más competitivos.

Trabajos futuros

Para quienes quieran seguir por esta línea de investigación se les recomienda que se implemente el uso de drones para teledetección, esto incrementará el rendimiento del cultivo llevándolo a generar mejores resultados.

económicos para el agricultor, al fusionar las dos tecnologías se pueden conseguir mejores resultados tanto en eficiencia de la fumigación como en el control de plagas, malezas, daño en las hojas, sino también en adquirir información del suelo, como el estrés hídrico, los niveles de nitrógeno, niveles de patógenos entre otros.

Referencias bibliográficas

- Alfonso Rodríguez, M. X. (2017). El uso de drones y su impacto en la responsabilidad social empresarial de la agricultura de precisión en Colombia. Universidad Militar Nueva Granada.
- Amador de Ávila, L. C. (2018). Opciones estratégicas a partir del análisis de recursos y capacidades: Una herramienta gerencial. Universidad Tecnológica De Bolívar.
- Barraza, J. A., Espinoza, E. J., Espinos, A. G., & Serracin, J. (2019). Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz. *Revista de Iniciación Científica*, 5, 41-47. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.2368>
- Best S, S., León G, L., Méndez, A., Flores, F., & Aguilera, H. (2014). Adopción y Desarrollo de Tecnología en Agricultura de Precisión. Ministerio de Agricultura Chile.
- Carla, L., Ly, T., Irene, L., & Siesquén, S. (2005). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote. <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>
- Castillejo González, I. L. (2011). Evaluación de métodos basados en píxeles y objetos para la clasificación de usos de suelo con imágenes de satélite quickbird, para el seguimiento de medidas agroambientales y la optimización del uso de herbicidas con agricultura de precisión. Universidad de Córdoba.
- Creswell, J. W., Shope, R., Clark, V. L. P., & Green, D. O. (2006). Spring 2006 How Interpretive Qualitative Research Extends Mixed Methods Research. En RESEARCH IN THE SCHOOLS Mid-South Educational Research Association (Vol. 13, Número 1).
- DANE. (2016). Censo Nacional Arrocerero. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-arrocerero>
- DANE. (2022, agosto 10). Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM). Boletín Técnico Primer Semestre, 5-8.
- Dawodu de A. (2020). Drone Technology in Precision Agriculture: ¿Are There No Environmental Concerns? <https://doi.org/10.7176/JEES/10-9-08>
- De Bernardi, L. A. (2017). Perfil del mercado de arroz (*Oryza sativa*). 5-12.
- Di Leo, N. (2015). Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión. *Agromensajes*, 41, 7-17.
- DIAN. (2018). Sistema de información SYGA IMPORTACIONES. <https://importaciones.dian.gov.co/sigloxxi/comun/asp/COMEX.asp>
- Díaz Castro, J. (2020). Influencia de los recursos y capacidades en el rendimiento empresarial. En Universidad de Alcalá. Universidad de Alcalá.
- Díaz García-Cervigón, J. J. (2015). Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Universidad Complutense De Madrid.

- Doddamani, A., Kouser, S., & Ramya, V. (2020). Role of Drones in Modern Agricultural Applications. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 216-224. <https://doi.org/10.9734/cjast/2020/v39i4831224>
- Fedearroz. (2022). Estadísticas Arroceras - Fedearroz. <https://www.fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/>
- Fong Reynoso, C., Edith Flores Valenzuela, K., Melina Cardoza Campos, L., & Reynoso, F. (2017). La teoría de recursos y capacidades: un análisis bibliométrico. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 1-30.
- García-Sánchez, A. J., García-Sánchez, F., & García-Haro, J. (2011). Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(2), 288-303. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.005>
- Garzón, J. M., & Luque, F. (2018). Implementación de drones para incrementar la productividad en el agro colombiano. *Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA*.
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2015, noviembre 12). Drones Aplicados A La Agricultura De Precisión. *Revista Especializada en Ingeniería*, 1-16.
- Guzmán García, M. P., Castilla Lozano, L. A., Morales Montaña, H., & Luque Leandro, J. (2018, noviembre 1). Adecuación y preparación de suelos. *Fondo Nacional del Arroz FEDEARROZ*, 2-30.
- Honkavaara, E., Saari, H., Kaivosoja, J., Pölonen, I., Hakala, T., Litkey, P., Mäkynen, J., & Pesonen, L. (2013). Processing and assessment of spectrometric, stereoscopic imagery collected using a lightweight UAV spectral camera for precision agriculture. *Remote Sensing*, 5(10), 5006-5039. <https://doi.org/10.3390/rs5105006>
- Katherin Acosta-Medina, J., Rocío Plata-Gómez, K., Esteban Puentes-Garzón, D., & Liliana Torres-Barreto, M. (2018). Influence of resources and capabilities in finance performance and business competitiveness: a literature review. <https://orcid.org/0000-0001-6910-069X>.
- Kulback, M., Segen, J., Knieć, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., Kulbacka, J., & Serester, A. (2018, junio 21). Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. *IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems*, 1-6.
- Lindblom, J., Lundström, C., Ljung, M., & Jonsson, A. (2017). Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. *Precision Agriculture*, 18(3), 309-331. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>
- Luis, J. (2015). Análisis al Método de la Investigación. *En Daena: International Journal of Good Conscience* (Vol. 10, Número 1).
- Macrae, I., Baker, T., & Thompson, A. (2021). Notes on UAS and Remote Sensing of Insect Damage. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09816-x/Published>
- Marek Kulbacki, Jakub Segen, & Wojciech Knieć. (2018). Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest.
- Mckinnon, T. (2016). Agricultural Drones: What Farmers Need to Know. *Agricultural Intelligence. Drones-enabled*, 1-9.
- Medina, P. A., & Niño, J. C. (2017). Diseño de un modelo de agricultura de precisión utilizando drones y un sistema de captura, almacenamiento y análisis de datos que permita identificar a tiempo la generación de

la pudrición del cogollo en cultivos de palma de aceite que se encuentran en los departamentos de Bolívar y Santander. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Ministerio de Agricultura. (2016). Apoyo directo a sectores productivos.

<https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/Apoyo-directo-a-sectores-productivos.aspx>

Ministerio de Agricultura. (2022). CONSTRUYENDO CAPACIDADES EMPRESARIALES RURALES, CONFIANZA Y OPORTUNIDAD – EL CAMPO EMPRENDE. <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/CONSTRUYENDO-CAPACIDADES-EMPRESARIALES-RURALES,-CONFIANZA-Y-OPORTUNIDAD-%E2%80%93-EL-CAMPO-EMPRENDE.aspx>

Naji, I. (2019). The Drones' Impact On Precision Agriculture [University of Texas at EL Paso]. Recuperado de https://digitalcommons.utep.edu/open_etd

Natu, A. S., & Kulkarni, S. C. (2016). International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication Adoption and Utilization of Drones for Advanced Precision Farming: A Review. <http://www.ijritcc.org>

Navia Zamora, J. R. (2019). Optimización del proceso de fumigación agrícola mediante la utilización de los drones. Universidad Técnica Estatal De Quevedo.

Pérez Iglesias, H., Delgado Rodríguez, I., & García Batista, R. (2018, abril). MAIN DISEASES THAT AFFECT THE CULTIVATION OF RICE IN ECUADOR AND ALTERNATIVES FOR ITS CONTROL. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>.

Poonam, A., & Khanam, R. (2020). Unmanned aerial vehicle (UAV) and its application in Indian Agriculture: A perspective. <https://www.researchgate.net/publication/353015555>

Primicerio, J., di Gennaro, S. F., Fiorillo, E., Genesio, L., Lugato, E., Matese, A., & Vaccari, F. P. (2012). A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 13(4), 517-523. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9257-6>

Seelan, S. K., Laguetta, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88(1-2), 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>

Segura Castillo, E. A. (2021). Estudio de factibilidad del uso de drones para la fumigación en el cultivo de arroz en Daule. Universidad De Guayaquil.

Sender Uribe, Juan Diego, Gómez Chuchón, & Santiago Rolfi. (2017). Impacto del uso de drones para fumigación de cultivos de arándanos en el departamento de La Libertad – Perú.

Tavernise, W. J. (2019). Los cuatro vectores en la búsqueda de la competitividad de las pymes : estrategias competitivas, valor diferencial, recursos y capacidades. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Tellaeché, A., Burgos Artizzu, X. P., Pajares, G., Ribeiro, A., & Fernández-Quintanilla, C. (2008). A new vision-based approach to differential spraying in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60(2), 144-155. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2007.07.008>

Weber Markus. (2019). Drones para la agricultura: desde la detección hasta el diagnóstico. *Innovación Agrícola*.

Yacuzzi Enrique. (2005). El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación. Universidad del CEMA, 6-18.

Zambrano Velasco, B. A., & Miranda Guatumillo, M. A. (2020). Recursos y capacidades que inciden en la competitividad en el mercado de la corporación grupo Salinas”. Universidad de Guayaquil .

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. En Precision Agriculture (Vol. 13, Número 6, pp. 693-712). <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional