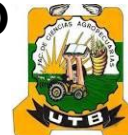




UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Uso de drones como tecnología moderna para una agricultura eficiente.

AUTORA:

Litxi Lorena López Moreno

TUTORA:

Lcda. Martha Uvidia Vélez, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2024

RESUMEN

La tecnología de los drones ha transformado radicalmente el ámbito agrícola al proporcionar nuevas posibilidades para alcanzar una agricultura rentable y eficiente. Estos dispositivos aéreos no tripulados se han convertido en herramientas invaluable para supervisar los cultivos, recopilar datos precisos y tomar decisiones fundamentadas. Los drones permiten a los agricultores detectar problemas de salud en las plantas, identificar áreas con escasez de agua y aplicar tratamientos específicos con precisión y puntualidad. En este análisis, exploramos el fascinante mundo de los drones aplicados a la agricultura. Desde la vigilancia de los cultivos hasta la aplicación precisa de insumos, los drones han desbloqueado un potencial sin precedentes para maximizar los rendimientos, reducir costos y mitigar los impactos ambientales. Evaluamos tanto las ventajas como los desafíos asociados con su implementación. A nivel global, la agricultura se centra en asegurar la seguridad alimentaria a largo plazo, lo que ha impulsado la búsqueda de tecnologías modernas que aborden la falta de atención adecuada a los cultivos. El propósito de este estudio es proporcionar información sobre cómo los drones han evolucionado de simples juguetes voladores a herramientas indispensables en la agricultura actual, destacando su capacidad para transformar los métodos tradicionales y abrir nuevas oportunidades para una gestión agrícola más inteligente y sostenible. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, análisis de casos de estudio y consideraciones prácticas, buscamos ofrecer una visión completa de cómo los drones contribuyen a lograr una agricultura económicamente rentable, respetuosa con el medio ambiente y socialmente responsable.

Palabras clave: oportunidades, monitoreo, producción, precisión, implementación

SUMMARY

Drone technology has radically transformed the agricultural arena by providing new possibilities for profitable and efficient farming. These unmanned aerial devices have become invaluable tools for monitoring crops, collecting accurate data and making informed decisions. Drones enable farmers to detect plant health problems, identify water-scarce areas, and apply targeted treatments with precision and timeliness. In this review, we explore the fascinating world of drones applied to agriculture. From crop monitoring to precise input application, drones have unlocked unprecedented potential to maximize yields, reduce costs and mitigate environmental impacts. We assess both the advantages and challenges associated with their implementation. Globally, agriculture is focused on ensuring long-term food security, which has driven the search for modern technologies that address the lack of adequate crop care. The purpose of this study is to provide information on how drones have evolved from simple flying toys to indispensable tools in today's agriculture, highlighting their ability to transform traditional methods and open new opportunities for smarter and more sustainable agricultural management. Through a comprehensive literature review, case study analysis and practical considerations, we seek to provide a complete picture of how drones contribute to achieving economically profitable, environmentally friendly and socially responsible agriculture.

Key words: opportunities, monitoring, production, accuracy, implementation

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Líneas de investigación	4
2.DESARROLLO.....	5
2.1 Marco conceptual.....	5
2.2. Marco metodológico.....	12
2.3. Resultados	14
2.4 Discusión de resultados.....	15
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	17
3.1. Conclusiones	17
3.2. Recomendaciones	18
4.REFERENCIAS Y ANEXOS	19
4.1. Referencias bibliográficas.....	19
4.2. Anexos	25

TABLA DE FIGURAS

Anexo 1. Drones agrícolas	25
Anexo 2. Monitoreo de cultivo	25
Anexo 3. Importancia de Drones.....	26
Anexo 4. Aplicación de fertilizantes	26
Anexo 5. Mapeo y análisis	27
Anexo 6. Dron de siembra y monitoreo	27
Anexo 7. Topografía con Drones	28
Anexo 8. Riego y la gestión sostenible	28

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

La tecnología de los drones ha transformado radicalmente el sector agrícola, abriendo nuevas posibilidades para lograr una agricultura que sea tanto rentable como eficiente. Estos dispositivos aéreos no tripulados se han revelado como herramientas invaluableles para la vigilancia de los cultivos, la obtención de datos precisos y la toma de decisiones fundamentadas. Gracias a su capacidad para capturar imágenes de alta resolución y emplear sensores especializados, los drones facultan a los agricultores para identificar problemas sanitarios en las plantas, localizar áreas con estrés hídrico y aplicar tratamientos específicos de manera exacta y oportuna (Pino 2019).

Los drones posibilitan a los agricultores identificar problemas de salud en las plantas, señalar zonas con déficit hídrico y administrar tratamientos específicos con exactitud y puntualidad. En este examen, exploramos el intrigante ámbito de los drones en la agricultura. Desde la supervisión de los cultivos hasta la aplicación precisa de insumos, los drones han desencadenado un potencial sin igual para optimizar los rendimientos, disminuir costos y atenuar los efectos ambientales.

La agricultura a nivel mundial se enfoca en garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo, lo que ha llevado a la búsqueda de tecnologías modernas que ayuden a abordar la falta de atención adecuada a los cultivos, lo cual genera gastos innecesarios en su monitoreo. A lo largo del tiempo, desde el siglo XIX hasta la actualidad, se ha desarrollado y aumentado la producción de dispositivos no tripulados como una tecnología poderosa utilizada en el campo de la agricultura de precisión. Se estima que, en la próxima década, entre el 80 % y el 90 % del mercado de dispositivos no tripulados se utilizará en la agricultura (Ríos 2021).

El propósito de este estudio es proporcionar información de cómo los drones han progresado de simples juguetes voladores a herramientas indispensables en la agricultura actual, resaltando su capacidad para transformar los métodos tradicionales y abrir nuevas oportunidades para una gestión agrícola más inteligente y sostenible. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, análisis

de casos de estudio y consideraciones prácticas, el objetivo es brindar una visión completa de cómo los drones contribuyen a lograr una agricultura rentable económicamente, pero también respetuosa con el medio ambiente y socialmente responsable.

1.2. Planteamiento del problema

A nivel mundial, la incorporación de drones como herramientas fundamentales en la gestión agrícola plantea desafíos y oportunidades únicas. A medida que los países experimentan cambios en sus métodos agrícolas, surge la necesidad de abordar problemas específicos relacionados con la introducción de drones en este sector estratégico. La diversidad geográfica y climática de diferentes regiones genera interrogantes sobre la capacidad de adaptación de los drones a diversos entornos agrícolas y su efectividad en condiciones particulares.

La falta de información y conocimiento sobre la tecnología de drones en la agricultura representa un desafío significativo en varios países. Es esencial comprender la efectiva integración de los drones en las prácticas diarias de los agricultores y evaluar cómo perciben los beneficios y desafíos asociados. Asimismo, es necesario examinar las características geográficas y climáticas de cada país para determinar su impacto en la utilidad y eficacia de los drones en la agricultura.

Uno de los desafíos principales a nivel global en la agricultura tiene relación con los precios altos vinculados a la mano de obra, alquiler de maquinaria y otros gastos adicionales, los cuales representan una carga significativa para los agricultores, afectando directamente su rentabilidad y eficiencia operativa. Sin embargo, los drones han surgido como una solución capacitada para hacer encara a estos desafíos que se presenta.

Los drones brindan una opción poderosa y rentable en relación con los métodos habituales. Al llevar a cabo las labores como la inspección de cultivos o el cuidado preciso de productos químicos de forma autónoma, los drones han reducido la vinculación de la mano de obra de los agricultores, la destreza de volar sobre áreas de difícil acceso reduce la escasez de arrendar equipos costosos, como tractores y aguilonos.

1.3. Justificación

La razón fundamental para investigar la implementación de drones en la agricultura a nivel mundial radica en la necesidad de abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que esta tecnología innovadora presenta en el ámbito agrícola global. En un contexto donde la población continúa en aumento, se observa una creciente demanda de optimización en las prácticas agrícolas para asegurar una producción de alimentos suficiente y sostenible.

La explicación minuciosa de por qué los drones son considerados equipos primordiales, se basa en su capacidad para innovar la gestión de tierras y capitales en la agricultura. La habilidad de los drones para realizar mapeos precisos del terreno, crear modelos tridimensionales y proporcionar información exacta sobre la topografía y las necesidades de los cultivos resulta crucial para una planificación eficiente de siembras, riegos y gestión de la topografía. Adaptar la tecnología de drones a las particularidades de cada nación, optimizando de esta manera su aporte a la agricultura sostenible.

Por otro lado, la carencia de comprensión y conocimiento acerca de la utilización eficaz de los drones en la agricultura constituye un desafío considerable para su aceptación extendida a nivel mundial. La razón para enfrentar este aspecto de la indagación se fundamenta en la relevancia de cerrar la fisura de información y equipar a los agricultores con las destrezas necesarias para integrar de manera efectiva los drones en sus métodos agrícolas cotidianas. Esto no simplemente optimizará los beneficios tecnológica, sino que estimulará la aceptación amplia y sostenible de los drones en la agricultura a escala global, colaborando de esta manera con los objetivos particulares de desarrollo agrícola de cada nación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Analizar el uso de drones como tecnología moderna para una agricultura eficiente.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los tipos de drones que se utilizan para la agricultura.
- Describir la importancia del uso de drones en la agricultura.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el uso de drones como tecnología moderna para una agricultura eficiente. En este contexto, específicamente, se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Introducción al uso de drones en la agricultura.

Recientemente, los drones se han vuelto muy populares debido a su tamaño reducido y a la facilidad con la que pueden ser controlados desde un teléfono inteligente. Además, su habilidad para llevar cámaras y otros dispositivos y sensores eléctricos los convierte en una elección común para proyectos científicos y comerciales de diversa índole (Reuter y Pedenovi 2019).

Según la investigación realizada por Smith *et al.* (2020) en su estudio se subraya que los drones son herramientas importantes en la agricultura contemporánea, ya que tienen la capacidad de capturar imágenes de alta resolución y datos multispectrales. Esto posibilita que los agricultores analicen la condición de los cultivos, detecten enfermedades o estrés en las plantas y tomen decisiones informadas sobre la gestión de los cultivos.

En una línea similar, el artículo de García *et al.* (2018) denominado "Drones en Agricultura: Una Revisión de Usos Actuales y Direcciones Futuras" destaca que estos dispositivos aéreos pueden utilizarse para la aplicación precisa de fertilizantes y pesticidas. Esta estrategia ayuda a disminuir la pérdida de productos químicos, mitigar el impacto ambiental y optimizar la eficacia en la aplicación de estos insumos.

2.1.2 Tipos de drones utilizados en la agricultura.

En cuanto a los tipos de drones empleados en la agricultura, se pueden clasificar según su función y características. En términos de función, se diferencian entre drones destinados a escaneos de las plantaciones y aquellos diseñados para aplicar tratamientos específicos. Los drones de la primera categoría se emplean con el propósito de adquirir imágenes y datos minuciosos de los cultivos, mientras que los de la segunda se utilizan para aplicar productos específicos (Lorena 2023).

En relación a sus características, es factible poder diferenciar entre drones de ala fija y drones de ala rotatoria. Los drones de ala fija tienen una estructura similar a la de un avión y Necesitan una pista para despegar y aterrizar, en cambio,

los drones de ala rotatoria cuentan con uno o más rotores que les posibilitan despegar y aterrizar verticalmente (Valero 2020).

2.1.2.1. Drones para escanear las plantaciones: se usan para obtener imágenes y datos de los cultivos.

Mapeo y topografía de cultivos: Los drones agrícolas pueden capturar imágenes en tiempo real y crear animaciones que ilustran el crecimiento de los cultivos. Esto proporciona información precisa sobre la salud de las plantas, la distribución de los cultivos en el terreno, la etapa de desarrollo de los cultivos y mapas detallados de la zona de cultivo utilizando GPS (Agriscience 2021).

Monitoreo y gestión del riego: Los drones tienen la capacidad de ser empleados para observar y controlar el riego de los cultivos. Proporcionan información sobre la calidad del suelo y las necesidades de agua de las plantas, facilitando así la optimización de la gestión del riego y la prevención de la escasez de agua (Luna 2022).

Fertilización y fumigación de cultivos: Los drones logran emplearse para la aplicación exacta de fertilizantes y pesticidas en los agros, ayudando en si a reducir la cantidad de productos químicos utilizados y a reducir el impacto ambiental. (Luna 2022).

Supervisión del estado de las plantaciones: Los drones dotados de cámaras infrarrojas termográficas y tecnología HD tienen la capacidad de llevar a cabo una supervisión eficiente de las zonas de cultivo. Con sus imágenes detalladas, es viable reconocer posibles complicaciones en los cultivos y aplicar medidas preventivas para solucionarlos (Aeroscan 2024).

Generación de mapas y planes de tratamiento: Los drones tienen la capacidad de crear mapas tridimensionales detallados del terreno y los cultivos, los cuales son útiles para el estudio del suelo, la organización de la siembra y el control de los tratamientos agrícolas (Traxco 2018).

2.1.2.2. Drones para aplicación de agroquímicos: se usan para rociar pesticidas, fertilizantes u otros productos.

Los drones son empleados en la agricultura para esparcir sustancias como pesticidas, fertilizantes y otros productos necesarios. Esta tecnología posibilita una

aplicación precisa de los productos químicos utilizados en la agricultura, lo que contribuye a disminuir el uso excesivo de recursos como agua y fertilizantes, y a su vez puede resultar en ahorros económicos (Fruticola 2017).

Disminución de la exposición de los trabajadores a productos químicos: al utilizar drones para la aplicación de pesticidas y fertilizantes, se reduce la posible mejora en la seguridad laboral mediante la reducción de la exposición directa de los empleados a dichos productos (Rotoplas 2021).

Aplicación precisa de agroquímicos: Los drones, equipados con GPS y tecnología de control de vuelo, tienen la capacidad de aplicar agroquímicos con gran precisión. Esto contribuye a minimizar el desperdicio de tratamientos y asegura una dispersión homogénea en los cultivos (Iberf 2018).

Acceso a áreas de difícil alcance: Pueden acceder a zonas de cultivo que resultan complicadas de alcanzar mediante otros métodos de aplicación, como terrenos accidentados o áreas con vegetación densa. Esto facilita una protección más completa contra plagas y enfermedades al lograr una cobertura más extensa de los cultivos (Rotoplas 2021).

2.1.3 Uso de drones en la agricultura.

Con el uso de drones específicamente diseñados para la agricultura de precisión, como los mencionados y analizados en este estudio, es posible llevar a cabo las siguientes aplicaciones agrícolas:

- Utilizar drones en la vigilancia y control de arrozales.
- Utilizar drones en la monitorización y mantenimiento de viñedos.
- Utilizar drones para llevar a cabo el conteo de cultivos de forma precisa.
- Utilizar drones para la detección y control de malas hierbas en los cultivos.
- Utilizar drones en la inspección de los cultivos para identificar posibles problemas o necesidades de mantenimiento (Henríquez y Torres 2017).

2.1.4. Importancia del uso de drones en la agricultura.

En los últimos tiempos, ha ocurrido un notable incremento en la aplicación de drones en la agricultura como parte de una estrategia eficaz para la gestión sustentable. Los drones en la agricultura ofrecen un conjunto de beneficios, tales

como la supervisión y seguimiento de los cultivos, la optimización de la eficacia del riego, el control de enfermedades, cartografía de los campos y la aplicación de tratamientos (Agriciencia 2021).

Adicionalmente, los drones presentan los beneficios de efectuar un rastreo día a día del área con mayor precisión y rapidez en igualdad con el trabajo de los agricultores exclusivo. Los drones agrícolas son dispositivos no tripulados empleados en la agricultura para realizar diversos oficios, como la supervisión de los cultivos, la captura de imágenes aéreas, la aplicación de tratamientos y el análisis de datos con el objetivo de mejorar la eficiencia y producción de los cultivos (Mappa 2023).

Al contrario, de los métodos usuales de la agricultura, los drones facilitan una visión más precisa y detallada del estado de los cultivos posibilita la identificación oportuna de problemas y conlleva a ahorros notables en costos y recursos. Asimismo, la capacidad de vuelo a baja altitud y en cualquier momento del día hace que los drones sean una elección más variable en igualdad con los métodos de alcance convencionales (Agrotendencia 2023).

2.1.4.1. Ventajas de utilizar drones en la agricultura.

Cada vez más agricultores confían en la agricultura de precisión permitiendo así obtener información sobre la salud de los cultivos y posibles problemas como estrés hídrico o enfermedades. Estas imágenes se procesan y analizan mediante algoritmos para obtener datos precisos sobre la vegetación, como el índice de vegetación normalizado (NDVI) que indica la salud de las plantas. Esta técnica posibilita la generación de cartografías de rendimiento y la aplicación diferente de materias agrícolas, lo que mejora la producción y disminuye el impacto ambiental. En conclusión, la agricultura de precisión con drones y teledetección agrícola proporciona a los agricultores datos precisos y valiosos sobre sus cultivos, simplificando la toma de disposiciones y optimizando la eficacia en la producción agrícola (González *et al.* 2016).

2.1.4.2. Aumento de la eficiencia y precisión en la recolección de datos.

La agricultura de precisión emplea tecnología avanzada, incluyendo sensores y GPS, para llevar a cabo análisis y gestionar agros de cultivo de manera

detallada. Esto significa que los sembradores tienen la capacidad de aplicar tratamientos químicos y agua con precisión, adaptándose a las necesidades señaladas de cada área. Estos dispositivos aéreos de pequeño tamaño pueden volar sobre los campos y recopilar detalles aéreos de alta calidad, identificando problemas como falda de agua, plagas o zonas con bajos rendimientos (Valarezo 2023).

2.1.4.3. Reducción del tiempo y costos en la supervisión de cultivos.

El objetivo es crear soluciones innovadoras utilizando tecnologías avanzadas y nuevas metodologías para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola. Se enfocan en los fertilizantes y bioestimulantes, con la intención de lograr lo siguiente:

- Reducir la cantidad de tratamientos utilizados.
- Mejorar la efectividad de los tratamientos.
- Aplicar los tratamientos en el momento adecuado durante la fase fisiológica de los cultivos.
- Utilizar los productos de manera adecuada, asegurando la cantidad y el momento de aplicación precisos.
- Mejora en la detección temprana de enfermedades y plagas. (El futuro de los drones y la agricultura de precisión 2021).

2.1.4.4. Mejora en la detección temprana de enfermedades y plagas.

Uno de los importantes beneficios de usar drones pulverizadores para monitorear los cultivos es su capacidad para revelar rápidamente señales de plagas o insectos que puedan causar daño. Gracias a las cámaras de alta resolución, Es factible detectar de forma eficiente señales de estrés en las plantas, como alteraciones en el tono y la textura de las hojas, lo cual puede ser un indicio de la existencia de plagas o enfermedades en las primeras etapas. Esto posibilita orientar los esfuerzos en áreas específicas y disminuir la necesidad de utilizar productos químicos (Detección temprana de plagas y enfermedades en el campo 2023).

2.1.4.5. Optimización en la aplicación de fertilizantes y pesticidas.

Los drones emplean diversas tecnologías para optimizar la aplicación de fertilizantes y pesticidas en la agricultura. Entre estas tecnologías se encuentran:

Sistemas de posicionamiento global (GPS): Estas clases de sistemas posibilitan la precisa determinación de la ubicación del dron y la trazabilidad de su trayecto.

Sensores y cámaras: Los drones logran estar dotados de sensores y sus cámaras que recopilan datos sobre el terreno, como la humedad del suelo o la presencia de plagas.

Software de planificación de vuelo: Existen programas informáticos especializados que ayudan a diseñar la ruta de vuelo del dron, teniendo en cuenta las características del terreno y los productos que se van a aplicar (Optimización De Fertilizantes Y Pesticidas Con Drones 2023).

2.1.5. Técnicas y estrategias empleadas para mejorar la aplicación de fertilizantes y pesticidas con el uso de drones.

2.1.5.1. Análisis de Suelo

Los drones pueden jugar un papel crucial al comienzo del proceso agrícola. En primer lugar, generan mapas en tres dimensiones que ofrecen una perspectiva precisa del suelo, lo que resulta útil para la planificación de la siembra. Una vez que las semillas han sido plantadas, el uso de drones para analizar el suelo proporciona información valiosa para la gestión del riego y el control de los niveles de nitrógeno (Easy Drones 2023).

2.1.5.2. Calibración de equipos de aplicación

La calibración de los dispositivos de aplicación es esencial para dar garantía que los equipos, como los rociadores o esparcidores de fertilizantes, estén configurados de manera precisa para administrar la cantidad exacta de producto requerido. Para lograr este ajuste, se logran utilizar diversos métodos, como el empleo de sensores o la realización de pruebas en la propiedad. Es importante destacar que estas regulaciones se centran principalmente en los equipos mecánicos y/o manuales, y su objetivo es optimizar la eficiencia de las máquinas

en relación al tiempo disponible y al tamaño del área que se desea tratar (Agro 2022).

2.1.5.3. Determinación de Zonas de Manejo Variable

Utilizando la información recolectada, los drones tienen la capacidad de generar representaciones visuales llamadas "mapas de prescripción", los cuales proporcionan indicaciones sobre las áreas que requieren una mayor cantidad de insumos agrícolas como fertilizante, agua o agroquímicos. Esto facilita una aplicación más exacta y eficaz de dichos elementos (Crespo 2023).

2.1.5.4. Fertilización de precisión

La aplicación precisa y eficiente de fertilizantes representa uno de los mayores desafíos en la agricultura. No obstante, se ha observado que los drones equipados con sistemas de pulverización son particularmente valiosos para esta tarea. Estos conectores poseen la capacidad de rociar fertilizantes líquidos o hidrosolubles con una exactitud de milímetros, lo que resulta en una notable reducción de la pérdida de nutrientes (Sánchez 2023).

2.1.5.5. Monitoreo de rendimiento y mapeo

El mapeo del rendimiento proporciona detalles sobre la producción del campo y sirve como criterio para identificar y abordar las causas de los bajos rendimientos en ciertas áreas del campo, así como para analizar las razones de los rendimientos más altos en otras zonas. El sistema registra información de campos, variedades, descargas y tiempos. Un monitor de rendimiento es un sistema que recopila datos de diferentes sensores y, a través de un software, calcula el rendimiento de un cultivo en términos de tiempo y espacio, utilizando la información de ubicación de cada parcela proporcionada por el sistema de GPS basado en satélites. El resultado se representa visualmente en un mapa (García y Fernando Flego s/f).

2.1.6. Funciones y capacidades de los drones agrícolas

Existen categorías de drones agrícolas que se utilizan para escanear y tratar campos de cultivo si es necesario. Incluye los drones de ala fija, que son utilizados para cubrir áreas extensas. Por otro lado, abarca los multirrotores, que son más adecuados para áreas pequeñas (Drones 2020).

2.1.7. Casos de éxito y ejemplos reales de uso de drones en la agricultura.

En el ámbito de la agricultura, los drones se emplean para llevar a cabo labores como la fumigación y la inspección de terrenos, lo cual disminuye los riesgos asociados al contacto con productos químicos o terrenos inestables. Esta innovación ha transformado la agricultura moderna al incrementar su eficiencia y productividad (Tecmundo 2024).

En las plantaciones de viñedos, los drones son empleados para vigilar el desarrollo de las vides, identificar zonas con problemas y perfeccionar la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Este uso contribuye a fortalecer la salud de las plantas y a elevar la calidad de las uvas (Lastovetska 2021).

En los cultivos bajo invernadero, los drones pueden realizar tareas de inspección y monitoreo de las condiciones ambientales, tal como lo es el clima. Esto permite que los agricultores tomen decisiones más informadas en cuanto al riego, la ventilación y otros aspectos cruciales para el cultivo de plantas en invernaderos (Murison 2021).

Los drones en la agricultura sirven para realizar mapas y seguimiento de los cultivos, detectar plagas, enfermedades y problemas de metabolismo vegetal, así como evaluar la efectividad del riego. Estos dispositivos ofrecen una perspectiva detallada de la salud de las plantas y contribuyen a la planificación de las acciones en el campo (America 2021).

Los drones juegan un papel fundamental en la agricultura de precisión, la cual se enfoca en analizar, medir y responder a las diferentes variables que influyen en los cultivos. Estos dispositivos recopilan datos que son útiles para tomar decisiones más acertadas y mejorar la productividad de los cultivos (Helixnorte 2020).

2.1.8. Consideraciones legales y seguridad en el uso de drones en la agricultura

Con el creciente uso de drones en la agricultura, es crucial adherirse a las regulaciones y normativas que garanticen su empleo de manera segura y responsable. Esto involucra la delimitación de áreas específicas para vuelos y la exigencia de licencias para los guías de drones en el ámbito agrícola (Admin 2023).

El cumplimiento de los métodos de seguridad en el uso de drones en la agricultura conlleva varios beneficios. Primero, afirma la seguridad de las operaciones, minimizando el riesgo de accidentes y daños a terceros. Asimismo, resguarda la reserva de las personas al establecer límites claros sobre la utilización de drones en zonas habitadas (Tecmundo 2023).

2.1.9. Tendencias y avances tecnológicos que se esperan en los drones agrícolas.

Los drones están suministrados con cámaras y sensores, tienen la capacidad de recopilar información detallada sobre el estado de los cultivos, como la detección temprana de enfermedades o plagas. Esto facilita a los agricultores a tener datos valiosos para tomar decisiones exactas (Suprema 2023).

El uso de drones en el agro es una innovación moderna que podría cambiar la forma en cómo se cultivan los alimentos. Los drones brindan beneficios como el cuidado de grandes hectáreas de terreno, la optimización del riego y la aplicación precisa de productos químicos. Esto ayuda tanto a los agricultores como al sector agrícola en general (Burgos 2023).

Los drones en el agro tienen la capacidad de ejecutar diferentes trabajos como vigilar los cultivos, esparcir semillas y rociar fertilizantes, así también como detectar enfermedades en los sembríos de forma rápida y precisa. Lo cual permite a los agricultores renovar la administración de sus cultivos, aumentar la productividad y reducir los gastos de producción. En un mundo que cada vez le presta más atención a la sostenibilidad y el cuidado del entorno, el uso de drones en la agricultura surge como una alternativa novedosa y prometedora para potenciar la eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola (Tecmundo 2023).

2.1.10. Potencial impacto en la agricultura de precisión y la sostenibilidad global.

Seguir las normativas de seguridad al emplear drones en la agricultura conlleva numerosos beneficios. También de asegurar la seguridad de las operaciones y reducir el riesgo de incidentes y daños a terceros, asimismo genera credibilidad y respaldo por parte de las autoridades pertinentes. Formar limitaciones

definidas sobre la utilización de drones en áreas urbanas resguarda la intimidad de los individuos (Tecmundo 2023).

La utilización de drones en la agricultura posee el potencial de generar un impacto positivo en el agro de precisión y la sostenibilidad a nivel mundial. Por ejemplo, la aplicación de productos fitosanitarios a través de drones tiene el potencial de aumentar la eficiencia de los cultivos y disminuir la utilización de sustancias químicas, lo que resulta en beneficios tanto para los agricultores como para el medio ambiente. Se espera que el sector agrícola sea uno de los principales usuarios de drones en los próximos años (García 2021).

El empleo de drones en la agricultura podría beneficiar de manera significativa a la agricultura de precisión y sostenibilidad a nivel mundial. Por ejemplo, al utilizar drones para la aplicación de productos fitosanitarios, se puede mejorar la eficacia de los cultivos y reducir la dependencia de productos químicos, lo cual resulta beneficioso tanto para los agricultores como para el medio ambiente. Se prevé que el sector agrícola sea uno de los principales sectores en adoptar la tecnología de drones en los próximos años (America 2021).

2.2. Marco metodológico

Para el presente documento se reunió información de documentos actuales, como artículos de investigación, bibliotecas virtuales, revistas y sitios web, para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollar la investigación.

Se identificó información relevante sobre el tema tratado: uso de drones como tecnología moderna para una agricultura eficiente. Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.3. Resultados

En la agricultura moderna, se manejan diferentes tipos de drones para optimizar el rendimiento y precisión de las labores agrícolas. Los drones más frecuentes son los multirrotores, que tienen entre cuatro y ocho rotores. Estos generalmente se utilizan para el mapeo, monitoreo de cultivos y aplicaciones de

productos químicos. Así mismo se utilizan los drones de ala fija y ala rotatoria en la agricultura.

Los drones ofrecen diversos beneficios significativos, tales como la capacidad de recopilar información precisa y detallada sobre los cultivos y el terreno. A través del uso de cámaras y sensores especializados, los drones consiguen proporcionar datos precisos acerca del estado de las plantas, la calidad de la superficie y la presencia de plagas o enfermedades. Esta información permite a los agricultores tomar decisiones más eficaces e importantes, mejorando así el rendimiento de los cultivos y reduciendo de manera más eficiente el consumo de recursos hídricos y químicos.

Además, los drones pueden desempeñar un papel crucial en la aplicación de tratamientos químicos. Gracias a su capacidad que tienen los drones para volar con precisión y control, los drones pueden esparcir pesticidas, fertilizantes y otros productos químicos de manera más eficiente y precisa en comparación con los métodos convencionales.

Esto no solo disminuye la exposición de los agricultores a sustancias tóxicas, sino que también reduce el desperdicio y la contaminación ambiental. Se destaca la capacidad de los drones para recopilar datos de manera rápida y precisa, permitiendo a los agricultores monitorear sus cultivos de manera eficiente. Esta capacidad mejora la toma de decisiones al proporcionar información oportuna sobre la salud de las plantas, la presencia de plagas y la necesidad de riego.

Los drones también pueden desempeñar un papel fundamental en la aplicación de tratamientos agrícolas. Gracias a su capacidad para volar de manera precisa y controlada, los drones pueden dispersar pesticidas, fertilizantes y otros productos químicos de manera más eficiente y precisa en comparación con los métodos convencionales. Esto no solo disminuye la exposición de los agricultores a sustancias tóxicas, sino que también reduce el desperdicio y la contaminación ambiental.

2.4. Discusión de resultados

Según America (2023), los drones, también conocidos como Vehículos Aéreos No Tripulados, cumplen diferentes funciones en la agricultura, como el mapeo de campos, la vigilancia y monitoreo de los cultivos. Además, según

Seguridad (2021), indica que el uso de drones en la agricultura asimismo permite la aplicación precisa en sitios de difícil acceso, mínima exposición de tratamientos químicos y ahorro de agua y tiempo.

Conapa (2024) señala que los drones han demostrado ser una herramienta innovadora en el ámbito de la agricultura, brindando beneficios significativos en términos de rentabilidad, productividad, control y supervisión de las explotaciones agrícolas. Esta tecnología permite obtener información precisa y detallada tanto de los cultivos como del terreno, lo cual facilita hacer elecciones basadas en información relevante y planificación cuidadosa por parte de los agricultores. Además, tv/agropedia. (2023) destaca que los drones tienen la capacidad de monitorear y rastrear los cultivos, mejorar la eficiencia del riego, detectar plagas y enfermedades, mapear los campos y aplicar pesticidas. Estas funciones resultan especialmente útiles en zonas de difícil acceso, permitiendo un contacto más efectivo con los fertilizantes.

Según los datos suministrados por PulverizaDron (2022), se destaca que los drones agrícolas pueden incrementar de manera eficaz la producción al aprovechar adecuadamente los recursos favorables, generando así un beneficio positivo del cambio realizado en ellos. Al mismo tiempo, en la agricultura a gran nivel, se emplean para realizar la pulverización con productos químicos, ya que tienen la capacidad de ser manejados de forma remota. Por otro lado, de acuerdo con el sitio web Sensores De presión (2020), los drones ofrecen la posibilidad de realizar un análisis detallado del suelo y del terreno en general, mediante la creación de mapas tridimensionales precisos, se pueden llevar a cabo estudios sobre las propiedades del suelo, su nivel de humedad y la erosión presente en la superficie.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Los diferentes tipos de drones pueden cumplir varias funciones en la agricultura, detectando enfermedades en cultivos, y rociando los tratamientos químicos de manera precisa ahorrando tiempo y dinero, además del monitoreo, gestión del riego y generación de mapas.

Los drones facilitan un monitoreo preciso de cultivos y la rápida detección de problemas, para una respuesta ágil y precisa que garantice el rendimiento del ciclo.

3.2. Recomendaciones

Investigar las características de los tipos de drones agrícolas disponibles en el mercado.

Considerar las necesidades específicas de la actividad agrícola, porque los drones tienen capacidades diferentes y puede adaptarse mejor a ciertos cultivos o tareas agrícolas.

Utilizar drones para obtener información detallada sobre los cultivos, detectar problemas de salud de las plantas tempranamente y tomar medidas oportunas.

Usar drones para la aplicación precisa de fertilizantes y pesticidas, esto disminuye la contaminación del medio ambiente.

Considerar el presupuesto disponible y encontrar un equilibrio entre las necesidades y posibilidades económicas.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

Admin. 2023. Drones En Agricultura: Regulaciones, Ética Y Seguridad (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://revistasuprema.com/drones-en-agricultura-regulaciones-etica-y-seguridad/>.

Aeroscan. 2024. Agricultura con Drones (en línea, sitio web). Consultado 2 2024. Disponible en <https://aeroscan.es/agricultura/>.

Agriscience, C. 2021. Drones en la agricultura: sus usos y beneficios (en línea, sitio web). Consultado el 18 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.corteva.es/blog/drones-en-la-agricultura-sus-usos-y-beneficios.html>.

Agro, P. 2022. Tecnología: calibración y regulación en los drones de aplicación agrícola (en línea, sitio web). Consultado el 1 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.agroperu.pe/tecnologia-calibracion-y-regulacion-en-los-drones-de-aplicacion-agricola/>.

Agrotendencia, T. 2023. Drones en la agricultura: conoce qué son y para qué sirven (en línea, sitio web). Consultado el 16 de febrero. 2024. Disponible en <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/drones-en-la-agricultura-tipos-que-son-para-que-sirven/>.

America, CL. 2021. Uso de drones en la agricultura - CropLife Latin America (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/actualidad/uso-de-drones-en-la-agricultura>.

America, CL. 2023. Uso de drones en la agricultura - CropLife Latin America (en línea, sitio web). Consultado 14 mar. 2024. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/actualidad/uso-de-drones-en-la-agricultura>.

Burgos, FCR. 2023. El uso de drones en la agricultura, ¿el futuro del sector primario? (en línea, sitio web). Consultado 14 feb. 2024. Disponible en

<https://fundacioncajaruralburgos.es/el-uso-de-drones-en-la-agricultura-el-futuro-del-sector-primario/>.

Caballero, D. 2017. Aplicación de imágenes NDVI para el control de riego y enfermedad en cultivos Agrícolas mediante el uso de aeronaves no tripuladas (UAV) y el software AgVault. s.l., s.e.

Conapa. 2024. Dron En La Agricultura (en línea, sitio web). Disponible en <https://conapa.es/12-beneficios-del-dron-en-la-agricultura/>.

Crespo, C. 2023. Tips para la aplicación de agroquímicos con drones (en línea, sitio web). Consultado 3 ene. 2024. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/10/20/tips-para-la-aplicacion-de-agroquimicos-con-drones/>.

Detección temprana de plagas y enfermedades en el campo. 2023. (en línea, sitio web). Consultado 1 feb. 2024. Disponible en <https://www.tecmundo.com/blog/drones-xag-para-la-agricultura-3/deteccion-temprana-de-plagas-y-enfermedades-en-el-campo-140>

Drones, USS. 2020. ¿Cómo funcionan los drones para uso agrícola? (en línea, sitio web). Consultado el 7 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.droneservices.com.ar/industria-4-0/drones-para-uso-agricola/>.

Drones fáciles. 2023. Uso de drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado el 7 de febrero. 2024. Disponible en <https://easydrones.es/blog/drones-agricultura/>.

Drones en agricultura: para qué y cómo se utilizan. 2021. (en línea, sitio web). Consultado el 7 de febrero. 2024. Disponible en <https://aerocamaras.es/drones-en-agricultura-para-que-sirven-2/>.

El futuro de los drones y la agricultura de precisión. 2021. (en línea, sitio web). Consultado 1 feb. 2024. Disponible en <https://www.pix4d.com/es/blog/investigacion-sobre-la-aplicacion-de-la-tasa-variable/>.

Fruticola, P. 2017. Aplicacion de productos quimicos con drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado 1 mar. 2024. Disponible en

<https://www.agritotal.com/nota/32047-aplicacion-de-productos-quimicos-con-drones-en-la-agricultura/>.

García, G. 2021. Uso de drones en la agricultura: beneficios para el campo (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/uso-de-drones-en-la-agricultura-beneficios-para-el-campo/>.

García y Fernando Flego, E. 2024. Agricultura de Precisión (en línea, sitio web). Consultado el 7 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>.

García, M., et al. (2018). Drones in Agriculture: A Review of Current Uses and Future Directions. *Journal of Agricultural Science*, 10(5), 127-136.

González, A; Amarillo, G; Amarillo, M; Sarmiento, F. 2016. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión (en línea). *Publicaciones e investigación* 10:23. DOI: <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>.

Helixnorte. 2020. (en línea, sitio web). Consultado 4 mar. 2024. Disponible en <https://www.helixnorth.com/blog/4-beneficios-del-uso-de-drones-en-la-agricultura>.

Henríquez, GFA; Torres, CMM. 2017. Aplicaciones de los drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado 1 feb. 2024. Disponible en <https://diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2017/09/25dronesAN17.pdf>

Iberf. 2018. (en línea, sitio web). Consultado 4 mar. 2024. Disponible en <https://agro.iberf.es/tratamientos-plaguicidas-con-drones%EF%BB%BF-agrarios/>.

Lastovetska, A. 2021. Cómo la tecnología de los drones está cambiando las diferentes industrias (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://blog.ferroviario.com/es/2021/12/como-la-tecnologia-de-los-drones-esta-cambiando-las-diferentes-industrias>.

- Lorena. 2023. Tipos de drones (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://idc.apddrones.com/drones/tipos-de-drones-y-sus-diferencias/>.
- Luna. 2022. Agricultura con drones: 5 Aplicaciones (en línea, sitio web). Consultado 1 mar. 2024. Disponible en <https://idc.apddrones.com/agricultura/agricultura-con-drones-5-aplicaciones/>.
- Luque; Garzón. 2018. IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL AGRO. Colombia, Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESAAdministración de empresas
- Mappa. 2023. Drones en Agricultura Práctica: 13 ventajas y usos (en línea, sitio web). Consultado el 18 de febrero. 2024. Disponible en <https://mappa.ag/es/blog/drones-en-agricultura/>.
- Murison, M. 2021. 13 maneras en que los drones comerciales transformaron la forma de trabajar en 2021 (en línea, sitio web). Consultado 15 feb. 2024. Disponible en <https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/drones-comerciales-transforman-industrias>.
- Optimización De Fertilizantes Y Pesticidas Con Drones. 2023. (en línea, sitio web). Consultado el 2 de enero. 2024. Disponible en <https://revistasuprema.com/optimizacion-de-fertilizantes-y-pesticidas-con-drones/>
- Pino, V. E. 2019. Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología (en línea). Idesia <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>
- PulverizaDron. 2022. Ventajas y desventajas de los drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado el 2 de feb. 2024. Disponible en <https://pulverizadron.com/blog/drones-en-la-agricultura>
- Reuter, F; Pedenovi. A. 2019 LOS DRONES Y SUS APLICACIONES A LA INGENIERÍA (en línea, sitio web). Consultado 2 de enero. 2024. Disponible

en https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf.

Ríos, H. R. 2021. Uso de los drones o vehículos aéreos no tripulados en la agricultura de precisión (en Línea). Revista Ingeniería Agrícola, 11(4), e10. Consultado 2 ene. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586268743010/html/>

Rotoplas. 2021. Rotoplas Agro (en línea, sitio web). Consultado 4 mar. 2024. Disponible en <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/uso-del-dron-en-la-agricultura/>.

Sánchez, S. 2023. Drones: Eficacia en la aplicación de tratamientos y fertilización (en línea, sitio web). Consultado 12 ene. 2024. Disponible en <https://bcfertilis.com/actualidad/maximizando-la-eficiencia-agricola-fertilizacion-y-tratamientos-con-drones/>.

Seguridad, R. 2021. ¿Qué son los drones agrícolas? - Revista Seguridad 360 (en línea, sitio web). Consultado 14 mar. 2024. Disponible en <https://revistaseguridad360.com/destacados/drones-agricolas/>.

Sensores de presión 2020. Ventajas y desventajas de los drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado el 6 de febrero. 2024. Disponible en <https://www.sensoresdepression.top/2020/04/ventajas-y-desventajas-de-los-drones-en-la-agricultura.html>.

Smith, J., et al. (2020). The Role of Drones in Agriculture: A Comprehensive Review. Agricultural Research Magazine, 75(2), 45-57.

Suprema, R. 2023. El Futuro De La Agricultura: Drones, Robots Y IA (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://revistasuprema.com/el-futuro-de-la-agricultura-drones-robots-y-ia/>.

Tecnomundo. 2023. Drones revolucionando la agricultura: El futuro de la agricultura (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://tecmundo.com/blog/drones-revolucionando-la-agricultura-el-futuro->

de-la-agricultura-2/drones-revolucionando-la-agricultura-el-futuro-de-la-agricultura-74.

Tecmundo. 2023. Drones agrícolas: Normativas de seguridad para una agricultura inteligente (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2024. Disponible en <https://www.tecmundo.com/blog/analisis-de-los-datos-agricolas-obtenidos-por-drones-4/drones-agricultores-normativas-de-seguridad-para-una-agricultura-inteligente-111>.

Tecmundo. 2024. Cómo los drones agrícolas están mejorando la eficiencia y productividad (en línea, sitio web). Consultado 16 feb. 2024. Disponible en <https://www.tecmundo.com/blog/noticias-soluciones-tecnologicas-1/como-los-drones-agricolas-estan-mejorando-la-eficiencia-y-productividad-77>}.

Traxco. 2018. Drones para agricultura - Siembra, monitorización, riego (en línea, sitio web). Consultado 2 2024. Disponible en <https://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/drones-para-agricultura>.

tv/agropedia., A. 2023. Drones en la agricultura (en línea, sitio web). Consultado el 5 de febrero. 2023. Disponible en <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/drones-en-la-agricultura-tipos-que-son-para-que-sirven/>.

Valarezo, A. 2023. El Impacto de la Tecnología en la Agricultura Moderna (en línea, sitio web). Consultado el 1 de febrero. 2024. Disponible en <https://ilgaimportadora.com/el-impacto-de-la-tecnologia-en-la-agricultura-moderna/>.

Valero, C. 2020. Todos los tipos de drones según el uso, diseño o control (en línea, sitio web). Consultado 18 feb. 2024. Disponible en <https://www.adslzone.net/reportajes/drones/tipos-drones/>.

4.2. Anexos



Anexo 1. Drones agrícolas
Fuente. (rorozoa y Recursos s/f).



Anexo 2. Monitoreo de cultivo
Fuente. (García 2021).



Anexo 3. Importancia de Drones

Fuente. (Mappa 2023).



Anexo 4. Aplicación de fertilizantes

Fuente. (Rolan 2024)



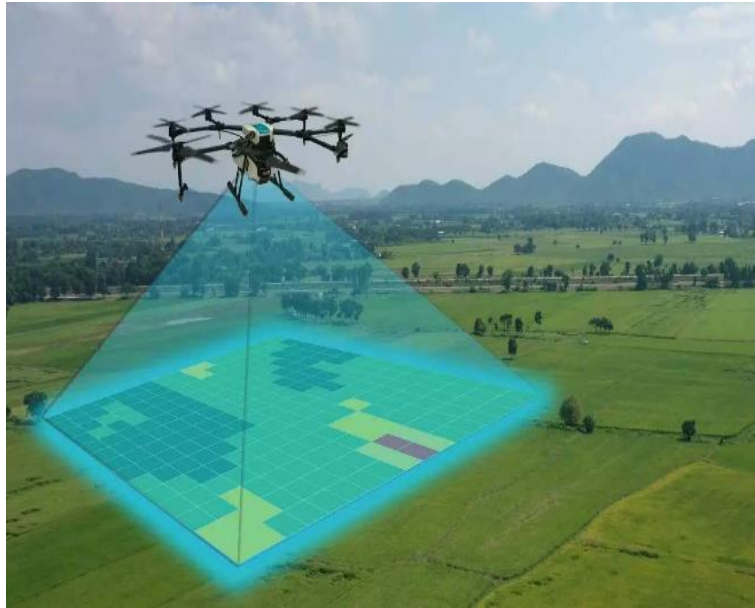
Anexo 5. Mapeo y análisis

Fuente. (Sela 2021).



Anexo 6. Dron de siembra y monitoreo

Fuente. (Traxco 2018)



Anexo 7. Topografía con Drones

Fuente. (Aerodrones Corporation 2023)



Anexo 8. Riego y la gestión sostenible

Fuente. (Novadrone 2024)