



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Descripción del uso de cámaras multiespectrales en el diagnóstico de
cultivos

AUTOR:

Javier Elías Montero Zapata

TUTOR:

Ing. David Mayorga Arias MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicado a mis padres Javier Montero y Elba Zapata quienes con su esfuerzo, amor y paciencia me brindaron su ayuda, ya que ellos son el pilar fundamental en mi vida, y por estar conmigo en todo momento, a mi hermana Odalis, por su cariño y apoyo incondicional, a mis abuelos, por siempre ser mi inspiración y por esos consejos que me convierten en la persona que soy hoy.

Y finalmente quiero agradecer a mi familia en general, por extender su mano cuando más lo necesito, en momentos difíciles y por el amor brindado cada día. Gracias.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por abrirme sus puertas y permitirme formarme como un profesional. También agradezco a mi tutor el Ingeniero David Mayorga que me ha ayudado en mi proceso de titulación.

Finalmente, agradezco a todos los docentes, que me ayudaron y me brindaron sus conocimientos para poder cumplir mis objetivos y a mis compañeros de clases por siempre ayudarnos y apoyarnos cuando más lo necesitábamos.

RESUMEN

La agricultura altamente tecnificada utiliza una gran variedad de técnicas y aportaciones externas para obtener el rendimiento óptimo de los cultivos. Es interesante disponer de una herramienta que ayude a visualizar los diferentes problemas de las plantas. Al inicio para resolver ciertos problemas en plantaciones la captura de imágenes se realizaba cada 8 días, debido a que el satélite demoraba ese tiempo para regresar al mismo punto. Posteriormente, surgieron los drones, que son equipos propulsados por varias hélices y que pueden montar diversos tipos de cámaras. La utilización de drones con el objetivo de diagnosticar estados de cultivos, se realiza mediante la captura de imágenes aéreas. Los sistemas y técnicas de imágenes multiespectrales se ubican en los drones y son de pequeñas dimensiones. A partir de las imágenes multiespectrales que captan este tipo de sensores es posible determinar diferentes índices de vegetación que nos indican la fisiología de las plantas. Las cámaras multiespectrales se caracterizan por captar información entre 3 y 7 bandas. La información descrita en la investigación fue realizada a través de la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre la importancia de las cámaras multiespectrales. Por lo antes mencionado se encontró que los sistemas multiespectrales permiten capturar varios espectros de luz y proporcionan fenotipado, mapeo de salud de cultivos, gestión de riego, manejo de fertilizantes, identificación de enfermedades, diferenciación de especies, entre otras. El principal índice que se emplea en el monitoreo de cultivos es el índice de NDVI, ya que la utilización de diferentes tipos de índices en el uso de drones nos permitirá incrementar la producción de las cosechas.

Palabras claves: Drones, cámaras multiespectrales, imágenes, índices.

SUMMARY

Highly technical agriculture uses a wide variety of techniques and external inputs to obtain optimal crop yields. It is interesting to have a tool that helps to visualize the different problems of the plants. At the beginning, to solve certain problems in plantations, the capture of images was carried out every 8 days, because the satellite took that long to return to the same point. Later, drones emerged, which are equipment propelled by several propellers and that can mount various types of cameras. The use of drones with the aim of diagnosing crop states is done by capturing aerial images. Multispectral imaging systems and techniques are located in drones and are small in size. From the multispectral images captured by this type of sensor, it is possible to determine different vegetation indices that indicate the physiology of plants. Multispectral cameras are characterized by capturing information between 3 and 7 bands. The information described in the investigation was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, in order for the reader to know about the importance of multispectral cameras. Due to the aforementioned, it was found that multispectral systems allow the capture of various light spectra and provide phenotyping, crop health mapping, irrigation management, fertilizer management, disease identification, species differentiation, among others. The main index used in crop monitoring is the NDVI index, since the use of different types of indices in the use of drones will allow us to increase crop production.

Keywords: Drones, multispectral cameras, images, indices.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
SUMMARY	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivo.....	4
1.5. Fundamentación teórica	5
1.6. Hipótesis	11
1.7. Metodología de la investigación	12
CAPITULO II.....	12
2.1. Desarrollo del caso	12
2.2. Situaciones detectadas	12
2.3. Soluciones planteadas	13
2.4. Conclusiones	13
2.5. Recomendaciones	14
BIBLIOGRAFIA	15

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la agricultura convencional ha evolucionado, hoy en día la nueva agricultura se basa en el uso de tecnologías de información para la adecuación del manejo de suelos y cultivos, de acuerdo a la variabilidad que pueda existir en cada lote. Dentro de este tipo de agricultura se dispone del manejo de sistemas GPS, y otros medios electrónicos para el registro de datos. Mediante este tipo de agricultura se puede realizar un manejo completo y óptimo de grandes extensiones de terreno, además permite evaluar resultados experimentales en varios sectores diferentes dentro de una misma plantación (García y Flego 2016).

El estudio de variabilidad del suelo y de la planta ayuda a definir tendencias de rendimiento en una misma área a lo largo del tiempo, según variaciones climáticas y modificaciones del suelo. Esta nueva filosofía de producción agrícola que emplea tecnología de información, responde principalmente a las exigencias de un mercado competitivo, donde se requiere de una mayor productividad y precios más bajos. Además, el nuevo mercado presenta exigencias en cuanto a la utilización de prácticas agrícolas que presenten un menor impacto sobre el medio ambiente (Chartuni *et al.* 2007).

Una de las herramientas más utilizadas dentro de la agricultura moderna es el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT), los cuales forman parte fundamental del conjunto de herramientas utilizadas en la agricultura de precisión. Estos dispositivos portan en su estructura cámaras multiespectrales que llevan a bordo; estas cámaras, que también son conocidas como sensores multiespectrales recolectan información, que se almacena y registra digitalmente como tablas y mapas. Mediante estos dispositivos se logran detectar enfermedades o plagas a tiempo, así también como el estado hídrico y estrés nutricional de las plantas a partir de imágenes de alta resolución (TUXTLA 2021).

Para un estudio eficiente de los cultivos se suelen usar cámaras multiespectrales, que permiten mediante una emisión de imágenes en tiempo real, lograr obtener información de índices de vigor que pueden ser correlacionados con el estado de la planta, ya que tanto el espectro visible como el infrarrojo, proporcionan la máxima información acerca del estrés en las plantas. Su uso

también ha ayudado estudiar parámetros más complejos. Por ejemplo, es posible estudiar las características del suelo mediante su reflectancia a distintas bandas, de forma que es posible correlacionar esta reflectancia con diversas características como son el contenido en materia orgánica o la composición mineral (Jarne 2016).

CAPÍTULO I

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente trabajo investigativo trata de detallar información sobre el uso de cámaras multiespectrales en el diagnóstico de cultivos.

Una de las tendencias actuales en el incremento de los rendimientos en los cultivos, es el uso de tecnología basada en agricultura de precisión, específicamente los dispositivos aéreos no tripulados, denominados drones, que permiten obtener información en tiempo real, se suma importancia para el análisis de características de cada tipo de plantas.

1.2. Planteamiento del problema

La productividad de los cultivos alrededor del mundo, depende principalmente del tipo de técnicas agrícolas, del manejo o implementos tecnológicos que se utilicen durante el proceso de producción. A lo largo del tiempo básicamente en países en vías de desarrollo, no se ha logrado establecer mayores niveles de productividad a los ya registrados, esto se debe fundamentalmente a la falta de información de las tecnologías que en la actualidad se utilizan en países desarrollados como agricultura de precisión, que les ha permitido optimizar recursos, disminuir costos de producción y lograr grandes rendimientos por hectárea.

En nuestro país existe muy poca información relevante, acerca de la utilización de dispositivos tecnológicos en la agricultura. No se conoce sobre el uso y beneficios que las cámaras multiespectrales (ubicadas en drones) pueden ofrecer a los productores. Tecnología que permitiría mejorar la producción de diferentes cultivos, al tener acceso a información tales como estrés hídrico de plantas, deficiencias nutricionales, incidencia de plagas y enfermedades, que serían identificadas en el tiempo oportuno, e inclusive en zonas de difícil acceso dentro de una plantación, lo que les permitiría ejecutar estrategias de control en el momento oportuno y llevar un manejo adecuado para alcanzar altos niveles de productividad.

1.3. Justificación

Las cámaras multiespectrales son dispositivos que se encuentran dentro del sistema de agricultura de precisión, y se constituyen en una herramienta potencial e importante en el diagnóstico de diferentes síntomas en las plantas, brindando información relevante al productor sobre el estado de su cultivo, información que permite establecer nuevas estrategias de manejo. Conocer información técnica sobre este tipo de herramienta es muy fundamental para el desarrollo agrícola y tecnológico del país, para establecer sistemas productivos que se conviertan en sostenibles durante el tiempo.

1.4. Objetivo

General

Analizar información sobre el uso de cámaras multiespectrales en el diagnóstico de cultivos.

Específicos

- Compilar las características y beneficios de las cámaras multiespectrales en la producción agrícola.
- Detallar los diferentes tipos y usos de las cámaras multiespectrales en el manejo de cultivos.

1.5. Fundamentación teórica

ICC (2004) menciona que:

La agricultura altamente tecnificada actualmente utiliza una gran variedad de técnicas y aportaciones externas para compensar carencias del suelo o del contenido hídrico para obtener el rendimiento óptimo de los cultivos. Es, entonces, interesante disponer de una herramienta que ayude a visualizar cuáles son las carencias del cultivo y las cantidades a aportar en cada lugar. Estos “mapas de estado” de cultivos se construyen a partir de distintos modelos que tienen como parámetros el ajuste de las variables de interés, para corregir las carencias que se observen en el campo.

Mendez *et al.* (2011) describen que:

En los inicios la captura de imágenes se realizaba cada 8 días, debido a que el satélite demoraba ese tiempo para regresar al mismo punto. Dada la problemática de conseguir las imágenes en el momento oportuno, se desarrollaron la toma de fotografías aéreas desde aviones tripulados, entregando la información ya procesada para poder realizar el análisis agronómico correspondiente. Esta actividad fue desarrollada y dio buenos resultados agronómicos, pero en algunos casos el factor costo y la logística para sacar las fotografías en vuelos programados eran una limitante. Posteriormente, surgieron los drones, que son equipos propulsados por varias hélices y que pueden montar diversos tipos de cámaras fotográficas y filmadoras de alta definición.

Berrio *et al.* (2015) argumentan que:

La utilización de drones con el objetivo de diagnosticar estados de cultivos, se realiza mediante la captura de imágenes aéreas de alta resolución, donde estas presentan diversas ventajas sobre el uso de aviones tripulados y satélites con los mismos fines, ya que los UAV pueden proporcionar una calidad mejor en los mapas, trabajando en el ámbito local y logrando ingresar en áreas de difícil acceso. Por medio de estos dispositivos no tripulados se pueden obtener

imágenes de alta precisión de áreas cultivadas, abarcando cientos de hectáreas en un solo vuelo, sin los altos costos de contratar personal para esta actividad y con mucha mejor resolución y sin problemas de nubes que si usará imágenes satelitales.

Reuter y Pedenovi (2019) mencionan que:

Los drones permiten una reducción de los costos de fabricación de aeronaves, su mantenimiento y operación, así como del costo de la hora de vuelo. El menor tamaño también resulta en unas menores necesidades logísticas. Los drones de tamaño reducido pueden despegar desde terrenos improvisados, sin utilizar ningún tipo de infraestructura aeroportuaria, lo que puede ahorra notablemente los costos de operación. Por el contrario, los drones al tener un tamaño pequeño imponen algunas limitaciones importantes como son la capacidad de carga, la autonomía y, muy notablemente, las condiciones meteorológicas que pueden soportar, especialmente el viento.

UM (2020) describe que:

La salida de radiación (emitida o reflejada) de la superficie terrestre es un fenómeno continuo en 4 dimensiones (espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia). Un sensor debe muestrear en este continuo discretizándolo. El modo en que esta discretización se lleva a cabo define los cuatro tipos de resolución con los que se trabaja en teledetección: Resolución espacial (tamaño de pixel), resolución espectral (indica el número y anchura de las regiones del espectro para las cuales capta datos el sensor), resolución radiométrica (número de intervalos de intensidad que pueden captarse) y resolución temporal, tiempo que transcurre entre dos imágenes.

El mismo autor señala que la resolución espectral indica el número y anchura de las bandas en las que el sensor puede captar radiación electromagnética. En principio cuanta más bandas tenga un sensor mejor, ya que cada banda constituye una variable para caracterizar la superficie captada. Por otro lado, es preferible que estas bandas sean estrechas para que su poder

discriminante se incrementa. Si las bandas son muy anchas van a recoger valores promediados que ocultarán elementos de diferenciación

Caldentey (2017) sostiene que:

Los sistemas y técnicas de imágenes multispectrales en la actualidad se han convertido en potentes herramientas para la medición rápida de imágenes espectrales de alta resolución espacial, las mismas que nos permiten recuperar la radiación espectral de un elemento, la reflectancia de un objeto, o la señal de color combinada en cada píxel de la imagen mediante el uso de datos de las respuestas de sólo unos pocos sensores.

Navarra (2022) define que:

Los sensores multispectrales brindan funciones que hasta hace poco tiempo solamente los satélites podían ofrecer, redefiniendo el mapeo con drones agrícolas. Mediante esta tecnología son capaces de capturar varios espectros de luz y proporcionar fenotipado, mapeo de salud de cultivos, gestión de riego, control de fugas, manejo de fertilizantes, identificación de enfermedades, diferenciación de especies, detección de maleza, monitoreo avanzado de cultivos, modelado de terrenos. Todo esto es posible gracias a un software de gran rendimiento de procesamiento y calidad de imagen por píxel cuadrado, obteniendo excelentes resultados.

Bustamante *et al.* (2016) mencionan que:

Este tipo de imágenes se captan mediante un sensor digital, el mismo que mide la reflectancia en varias bandas; generalmente se considera que una imagen es multispectral cuando posee de 2 hasta 10 bandas. Un ejemplo claro es un conjunto de detectores que pueden medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Es posible incluso que dos series de detectores midan la energía en dos zonas diferentes de la misma longitud de onda. Estos distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color.

AERIAL (2019) describe que:

Una cámara multispectral, es una cámara que es capaz de captar varios espectros de luz. Las cámaras multispectrales que se ubican en los dispositivos no tripulados (drones) son de pequeñas dimensiones y pueden llegar a tomar valores de hasta 6 bandas espectrales. A partir de las imágenes multispectrales que captan este tipo de sensores es posible determinar diferentes índices de vegetación que nos indican la salud y el bienestar de la vegetación. Para diagnosticar un índice de vegetación es necesario combinar varias bandas del espectro visible o invisible de la cámara. Simplificando, es una operación matemática que intercambia varios canales (rojo, verde, red Edge...) para producir un solo valor. Este valor representa alguna de las características de la planta: que cantidad de clorofila activa hay, si la planta está bien hidratada o está “estresada”, la cantidad de hoja que tiene.

Saavedra *et al.* (2020) argumentan que:

Las cámaras multispectrales se caracterizan por captar información entre 3 y 7 bandas, cada una de unos 100 nm de ancho. Entre las bandas espectrales que determinan se encuentra el color verde (550 nm de longitud de onda, ancho de banda de 40 nm, Green), la roja (660 nm de longitud de onda, ancho de banda de 40 nm, Red), la banda roja (735 nm de longitud de onda, ancho de banda de 10 nm, Red Edge) y el infrarrojo cercano (longitud de onda 790 nm, ancho de banda de 40 nm).

WINGTRA (2020) describe que:

Las cámaras multispectrales de RGB de alta resolución y profesionales sensores multispectrales, pueden detectar y cuantificar los problemas de salud de los cultivos desde la siembra. Estos valiosos conocimientos pueden reducir los costos de producción e incrementar el rendimiento. Los datos multispectrales de los drones revelan una variabilidad de campo invisible a simple vista, lo que te ayuda a detectar enfermedades temprano, responder y mejorar tus rendimientos.

Cristancho (2020) refiere que:

Otro de los beneficios es que mediante estas cámaras es posible obtener información que no puede ser vista en el espectro de luz visible, la misma que se convierte en relevante al momento de establecer aplicaciones medioambientales ya que permite obtener datos como la salud general de una planta, el índice de crecimiento, entre otras. El proceso que realiza este tipo de cámaras es igual al vuelo fotogramétrico, en cuanto a los aspectos relativos a la posterior corrección geométrica de las imágenes y generación de mosaicos. Además, el tratamiento de estas imágenes no solo precisa de corrección geométrica, sino que son necesarias operaciones de calibración radiométrica, así como las correcciones atmosféricas necesarias para la obtención de datos validados de reflectancia y temperatura de superficie .

AGRICIEN (2019) sostiene que:

El ancho de banda es fundamental al momento de determinar qué tan preciso es un sensor multiespectral. Los sensores de banda ancha, como las cámaras modificadas, miden grandes fragmentos del espectro de luz, lo que genera un valor promedio de la luz reflejada en esa región. Por el contrario, los sensores de banda estrecha capturan la reflectancia de un área muy específica del espectro. Esto produce información que es más precisa sobre los cambios sutiles que pueden estar ocurriendo en puntos claves. Al comparar entre un sensor de banda estrecha y uno de banda ancha, el sensor de banda estrecha (rojo) es más sensible a los diferentes niveles de clorofila que el sensor de banda ancha (gris). La banda estrecha es 1,6 veces más sensible que la banda ancha.

Parrot (2002) define que:

El sensor multiespectral Parrot Sequoia+ revoluciona el sector ofreciendo una solución completa, adaptable y compatible con todos los drones. Parrot Sequoia+ evalúa la vitalidad de las plantas detectando la cantidad de luz que absorben y reflejan por medio de sus dos sensores, multiespectral y de luz solar. El análisis de estos datos permite al agricultor optimizar su intervención en las parcelas. La Parrot Sequoia se caracteriza por ser el sensor de dron más pequeño y ligero en la actualidad. Esta cámara toma imágenes de cultivos a

través de cuatro bandas espectrales claramente nítidas, visibles y no visibles, además de imágenes RGB, en un sólo vuelo .

Rodriguez (2018) determina que:

La cámara multispectral de Micasense es una de las más vendidas a nivel mundial, por su gran capacidad para la toma de imágenes. Este dispositivo capta cinco bandas espectrales y está preparada para trabajar en situaciones de altas temperaturas, sin sufrir ningún tipo de daño. Su gran versatilidad le permite ser integrada en cualquier tipo de dron, cuenta con calibradores solares y ofrece unos datos más específicos del estado de la vegetación, el suelo y los cultivos.

EOS (2017) menciona que:

El NDVI conocido también como el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, este índice puede analizarse en tiempo real, y es de suma importancia, se emplea con frecuencia para vigilar sequías, predecir la producción agrícola, ayudar a predecir zonas de incendios y áreas en proceso de desertización. Además, este índice lo integran para facilitar la exploración de cultivos y proporcionar precisión en la aplicación de fertilizantes y en el riego, entre otras actividades de tratamiento de campos, en etapas de crecimiento específicas. El NDVI se caracteriza por ser el índice preferido para el seguimiento global de la vegetación, ya que ayuda a compensar cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie sobre la cual se asientan las plantas, exposiciones y otros factores externos.

Michlig (2018) define que:

El Índice GNDVI, también conocido como la Vegetación de Diferencia Normalizada Verde, es considerado un índice del “verdor” de la planta o actividad fotosintética. Es uno de los índices de vegetación más utilizados, con el objetivo de determinar la captación de agua y nitrógeno en el dosel del cultivo. Los valores descritos por dicho índice oscilan entre -1 y 1. Valores entre -1 y 0 están asociados a la presencia de agua o suelo desnudo. Este índice se utiliza principalmente en la fase fisiológica intermedia y final del ciclo del cultivo. El

GNDVI es el índice de vegetación verde que utiliza la banda infrarrojo cercano (NIR) y la banda verde (GREEN) del espectro electromagnético.

Cristancho (2020) determina que:

Dentro de los índices de mayor importancia también se encuentran el RVI: Considerado el índice Ratio Vegetation Index, como su nombre indica, es el cociente entre la reflectividad en el infrarrojo cercano y la reflectividad en la banda del rojo, estando este basado en la diferencia espectral en la vegetación en las longitudes de onda del rojo y del infrarrojo cercano. También se encuentra el índice GVI (Green Vegetation Index) Índice de vegetación verde, como su nombre indica, es el cociente entre la reflectividad en el infrarrojo cercano y la reflectividad en la banda del verde.

Ibericadron (2021), menciona que:

En la categoría de cámaras multispectrales se encuentra la Micasense RedEdge MX, cámara potente con lente angular a un precio de \$ 7.000, lanzada al mercado en el año 2020 en el continente europeo, mientras que la Parrot Sequoia compatible con Parrot Bluegrass y Parrot Disco-Pro AG se encuentra disponible en el mercado en un rango entre \$ 2.700 y \$ 3.600. Estas cámaras multispectrales pueden ser montadas en drones cuyo valor oscila entre \$ 1000 a \$ 4000.

1.6. Hipótesis

Ho= Conocer información acerca del uso de cámaras multispectrales, no es importante para el diagnóstico de problemas en los cultivos

Ha= Conocer información acerca del uso de cámaras multispectrales, es importante para el diagnóstico de problemas en los cultivos

1.7. Metodología de la investigación

La presente investigación se desarrolló con la recopilación de información bibliográfica, proveniente de libros, revistas, periódicos, artículos científicos, páginas web, tesis de grado, congresos y manuales técnicos. La misma fue evaluada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre el uso de cámaras multiespectrales en los cultivos.

CAPITULO II

2.1. Desarrollo del caso

Esta investigación se ejecutó con el objetivo de recopilar información técnica de acuerdo al tema, con la finalidad de conocer la diversa funcionalidad que las cámaras multiespectrales brindan dentro de una agricultura de precisión.

Las cámaras multiespectrales se han convertido en una herramienta potencial en el diagnóstico preciso de cultivos, por la gran objetividad que permiten alcanzar con la resolución de imágenes, las mismas que proporcionan datos sobre índice de vegetación, estrés hídrico de plantas, incidencia de plagas y enfermedades y vigor de cultivos.

2.2. Situaciones detectadas

Entre las situaciones detectadas, se presentan:

La utilización de drones en la producción agrícola permite obtener capturas de imágenes aéreas de alta resolución, mejorando los tiempos de mapeo de cultivos y brindando un acceso a zonas muy remotas.

Existen cuatro tipos de resoluciones que permiten el diagnóstico de cultivos, la resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Una de las funciones principales de los sensores multiespectrales es el mapeo de cultivos, función que hace poco tiempo solo era desarrollada por satélites.

Las cámaras multiespectrales emplean diversos tipos de índices específicos, para el análisis de cada una de las características en los cultivos.

2.3. Soluciones planteadas

Implementar el uso de drones en el proceso productivo de cultivos, ya que permite obtener un mejor panorama, principalmente de los lotes donde es difícil acceder, lo que genera información precisa del estado fisiológico de las plantas en ese sector.

La resolución multiespectral, nos brinda un abanico amplio para el análisis de diferentes índices en los cultivos, por lo que el uso de cámaras con este tipo de resolución, ayuda a mejorar la situación de un cultivar al detectar a tiempo los posibles daños o factores que no se encuentran óptimos en la plantación evaluada.

La captación de imágenes mediante el empleo de sensores multiespectrales brindará una ventaja superior a las tomas mediante satélite, debido a que la influencia de factores climáticos tiene menor impacto, un ejemplo es la intersección de nubes en las imágenes satelitales

Analizar los cultivos a través de cámaras multiespectrales con diferentes índices de cultivos, brindará una información más precisa y completo del estado de cada plantación.

Los datos multiespectrales de los drones revelan una variabilidad de campo invisible a simple vista, lo que ayuda a detectar enfermedades tempranas, también responder y mejorar los rendimientos.

2.4. Conclusiones

Los sistemas multiespectrales permiten capturar varios espectros de luz y proporcionar fenotipado, mapeo de salud de cultivos, gestión de riego, control de

fugas, manejo de fertilizantes, identificación de enfermedades, diferenciación de especies, detección de maleza, monitoreo avanzado de cultivos, y modelado de terrenos.

En el diagnóstico de cultivos se deben combinar varias bandas del espectro visible o invisible de la cámara.

El principal índice utilizado en el monitoreo de cultivos es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este índice puede analizarse en tiempo real, y se emplea con frecuencia para vigilar sequías, predecir la producción agrícola, ayudar a predecir zonas de incendios y áreas en proceso de desertización.

El uso de drones nos permitirá incrementar la producción de las cosechas, al conocer en tiempo oportuno la incidencia de problemas que afectan al cultivo, mediante la utilización de cámaras multispectrales.

2.5. Recomendaciones

Recomendar a los grandes productores el uso de drones equipados con cámaras multispectrales, lo cual que permitirá reducir costos y establecer estrategias de manejo de cultivos.

Incluir a los drones como una herramienta eficaz de alta precisión para la captación de imágenes en el estudio de cultivos, ya que brindan alta resolución y son capaces de abarcar cientos de hectáreas en un solo vuelo.

Fomentar el uso de cámaras multispectrales a grandes productores en la determinación del hectareaje por cultivo en las diferentes zonas agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- AERIAL. (2019). ¿Qué es y cómo funciona una cámara multiespectral? Recuperado el 03 de 04 de 2022, de <https://www.aerial-insights.co/blog/camara-multiespectral/>
- AGRICIEN. (2019). La importancia del ancho de banda en los sensores multiespectrales. Recuperado el 04 de 04 de 2022, de <https://www.agricien.com/blog-1/la-importancia-del-ancho-de-banda-en-los-sensores-multiespectrales>
- Berrio, V., Mosquera, J., & Alzate, D. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *Universidad de Pamplona*. Pamplona, España. doi:1692-7125
- Bustamante, W., Flores, J., & Ontiveros, R. (2016). Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Riego y Drenaje*.
- Caldentey, P. (2017). Utilización de sensores multiespectrales e hiperespectrales embarcados en rps con el objetivo de dosificar abonos en cultivos. *Escuela Superior de Agricultura de Barcelona*.
- Chartuni, E., De Assis, F., Marcal, D., & Ruz, E. (2007). Agricultura de precisión. *Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria*. Brasil.
- Cristancho, C. (2020). Análisis de imágenes aéreas como apoyo para el seguimiento de cultivos de pasto para consumo bovino. *Tesis de Ingeniería en Automatización*. Bogotá, Colombia.
- EOS. (2017). NDVI. *Mejore su negocio agrícola con EOS Crop Monitoring*. Recuperado el 2022 de 04 de 05, de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>
- Garcia, E., & Flego, F. (2016). Tecnología Agropecuaria. *Agricultura de precisión*. Palermo, Italia.

- ICC. (2004). Sistema de captura primaria de datos. *Vuelos multiespectrales*. Institut Cartografic de Catalunya. Barcelona, España.
- Jarne, A. (2016). Viabilidad del uso de imágenes térmicas y multiespectrales para la detección de yesca en viñedo mediante el uso de herramientas GIS. Huesca, España.
- Mendez, A., Velez, J., Scaramuzza, F., & Villarroel, D. (2011). Los drones como herramienta para el monitoreo de cultivos. Recuperado el 05 de 04 de 2022, de <https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/drones.pdf>
- Michlig, A. (s.f.). ¿Qué es el Índice GNDVI? 2018. Recuperado el 05 de 04 de 2022, de <https://help.auravant.com/es/articulos/3636624-que-es-el-indice-gndvi>
- Navarra. (2022). Sensores multiespectrales. Recuperado el 04 de 04 de 2022, de <https://www.navarradrones.com/services/sensores-multiespectrales/>
- Parrot. (2002). Parrot sequoia. *Ficha tecnica*. Recuperado el 05 de 04 de 2022, de <https://www.parrot.com/es/shop/recambios-accesorios/otros-drones/sequoia>
- Reuter, F., & Pedenovi, A. (2019). Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería . *Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Serie Didáctica N° 43*.
- Rodriguez, A. (2018). Las mejores camaras para drones. *IBER*. Recuperado el 04 de 04 de 2022, de <https://iberfdrone.es/camara-mas-usadas-para-drones/>
- Saavedra, D., Mendez, D., Machado, L., & Murcia, V. (2020). Manual de interpretación y aplicación de imágenes multiespectrales en cultivos de importancia agrícola en el norte del Huila. *ResearchGate. Sistema de Investigacion, Desarrollo tecnologico e Innovacion*. Huila, Colombia.
- TUXTLA. (2021). Camaras multiespectrales. *Ayudan a generar imagenes de alta resolucion para el analisis de los cultivos*. Recuperado el 13 de 03 de 2022, de <https://www.hobbytuxtla.com/camaras-accesorios/camaras-multiespectrales/>
- UM. (2020). Plataforma, sensores y canales. *Universidad de Murcia*. Murcia, España.
- WINGTRA. (2020). Uso de drones agrícolas. *Exploración avanzada de cultivos en menos tiempo*. Suiza. Recuperado el 04 de 04 de 2022, de <https://wingtra.com/es/uso-de-drones-agricolas/>