



## AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN COLOMBIA UTILIZANDO TELEDETECCIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN

Auris Marcela Parody Zuleta <sup>1</sup> ✉, Eudes De Jesús Zapata Sanjuán <sup>2</sup>

<sup>1</sup> SENA, Centro De Operación Y Mantenimiento, Valledupar,



[amparodyz@mi.sena.edu.co](mailto:amparodyz@mi.sena.edu.co)

<sup>2</sup> SENA, Centro Biotecnológico Del Caribe, Valledupar

### PALABRAS CLAVES:

teledetección, agricultura de precisión, imágenes de alta resolución, uavs, drones.

### RESUMEN

*La teledetección es una herramienta utilizada en la agricultura de precisión para sensar el estado de los cultivos, a través de imágenes capturadas desde sensores remotos ubicados en plataformas satelitales o vehículos aéreos tripulados y no tripulados. El objetivo de este artículo es revisar cuántos de los principales cultivos en Colombia, han utilizado la teledetección como herramienta tecnológica de la agricultura de precisión para el manejo eficiente de los suelos. Para ello primero se consultaron las bases de datos Nacionales e Internacionales, repositorios digitales de las Universidades del País y entidades públicas y privadas. Posteriormente las referencias obtenidas se agruparon teniendo en cuenta si utilizaron imágenes satelitales, imágenes aéreas o imágenes de alta resolución provenientes de Vehículos Aéreos No Tripulados. La revisión arrojó que en Colombia las imágenes obtenidas a partir de UAVs han sido utilizadas principalmente en cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, papa, entre otros, para el seguimiento, monitoreo e identificación de enfermedades. Mientras que las imágenes satelitales para determinar el estado fenológico y ambiental de cultivos que ocupan grandes extensiones de tierra.*

## PRECISION AGRICULTURE IN COLOMBIA USING HIGH RESOLUTION TELEDETECTION

### KEY WORDS:

teledetection, precision agriculture, high resolution images, uavs, drones

### SUELOS

ECUATORIALES  
48 (1 y 2): 41-49  
ISSN 0562-5351

### ABSTRACT

*Remote sensing is a tool used in precision agriculture to sense the state of crops, through images captured from remote sensors located on satellite platforms or unmanned and manned aerial vehicles. The objective of this article is to review how many of the main crops in Colombia have used remote sensing as a technological tool of precision agriculture for the efficient management of soils. For this, the National and International databases, digital repositories of the Universities Country and public and private institutions were consulted first. Subsequently, the obtained references were grouped taking into account whether they used satellite images, aerial images or high resolution images from Unmanned Aerial Vehicles. The review showed that in Colombia the images obtained from UAVs have been used mainly in sugarcane, oil palm, potato, among others, for monitoring, monitoring and identification of diseases. While the satellite images to determine the phenological and environmental status of crops that occupy large tracts of land.*

Rec.: 04.07.2018

Acep.: 08.05.2018

## INTRODUCCIÓN

La necesidad alimentaria mundial, el cambio climático y la escases de recursos naturales como el agua, han impulsado la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas que optimicen el uso de la tierra, para asegurar la vida de los seres que la habitan. La Agricultura de Precisión es un sistema que integra información y herramientas tecnológicas, para gestionar de manera óptima y eficiente los recursos e insumos a aplicar a los cultivos; para incrementar la producción, disminuir los costos y reducir los impactos ambientales.

Actualmente la agricultura de precisión utiliza las imágenes provenientes de satélites, vehículos aéreos tripulados y no tripulados para obtener información acerca de los cultivos.

Las imágenes obtenidas de plataformas satelitales comerciales tienen una resolución muy pequeña, lo que dificulta el análisis de pequeñas áreas de cultivo; mientras que las de alta resolución tienen un costo muy elevado para esta aplicación.

Los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs), son una solución a la problemática de resolución espacial, esto porque permiten la captura de imágenes a bajo costo y alta resolución, útiles para el monitoreo y gestión de cultivos.

En Colombia los UAVs, han tenido su auge a partir del año 2015, es por ello que el objetivo de este artículo es determinar cuáles de los principales cultivos del país, han utilizado esta herramienta como apoyo a la agricultura de precisión para la gestión óptima de los recursos de sus procesos productivos.

## 1. AGRICULTURA DE PRECISIÓN

La Agricultura de Precisión es un sistema que integra información y herramientas tecnológicas,

con el objetivo de gestionar de manera óptima y eficiente los recursos e insumos a aplicar a los cultivos; para incrementar la producción, disminuir los costos y reducir los impactos ambientales. Esta requiere del uso de herramientas como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), redes de sensores, satélites e imágenes aéreas, Sistemas Globales de Navegación, software especializado, sistemas de recolección y aplicación de insumos en maquinaria agrícola, sistemas de gestión de cultivos, bases de datos, entre otras (Marote, 2010) (Jiménez et al. 2006).

La AP (Agricultura de Precisión) utiliza los sistemas de Información Geográfica, Posicionamiento Global, Sensado Remoto, Soporte de Decisiones Espaciales y Sistemas Expertos; para la recolección de información y toma de decisiones futuras acerca del cultivo (Wang, 2011).

### 1.1 SENSADO REMOTO O TELEDETECCIÓN

El sensado remoto o teledetección, es un sistema que permite la captura y procesamiento de información de un objeto sin entrar en contacto con él; esto gracias a que utiliza sensores ubicados en plataformas espaciales, aviones, dirigibles, vehículos aéreos no tripulados, entre otros. Los sensores remotos obtienen imágenes de la superficie de la tierra, a partir del reflejo de los objetos sometidos a diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, teniendo en cuenta que el

porcentaje de reflectancia<sup>1</sup>, varía en función de las propiedades físicas y químicas del objeto.

La captura de información por reflectancia puede darse en tres escalas, fina, medio y gruesa. En la escala fina se capturan datos con resoluciones espaciales de menos de 5 metros, desde plataformas aéreas o satelitales como IKONOS y QuicBird. A escala media la captura de datos se hace con resolución espacial de 10 a 100 metros; y en escala gruesa con resolución de más de 100 metros. Las imágenes obtenidas en escala fina son utilizadas para determinar estructuras de coberturas de bosque, las de escala media para estimar factores biológicos en escalas locales y regionales; y las de escala gruesa para estudios de dinámicas de vegetación a escala nacional, continental o global (Torres, 2009).

El uso de imágenes satelitales ha sido utilizado ampliamente en la AP, para clasificación de cultivos, detección de enfermedades, evaluación de rendimiento y análisis de la tierra. Sin embargo el uso de imágenes satelitales comerciales no permite determinar el estado de pequeños lotes de cultivos o granjas, debido a que estas son tomadas a muy baja resolución, donde un pixel cubre un área muy extensa. Además dificultan el análisis cuando hay condiciones de alta nubosidad. Mientras que las imágenes de alta resolución resultan muy costosas para este tipo de aplicaciones (Torres et al. 2015).

---

<sup>1</sup> Se refiere a la relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia que es reflejada sobre una interface.

Otra desventaja de este sistema es que no permite la adquisición o toma de imágenes en diferentes tiempos y frecuencias, correspondiente a la misma área o zona del cultivo, razón por la cual no se pueden obtener un análisis fenológico de las variables del cultivo y detectar sus cambios (Jimenez et al. 2015).

Una solución planteada a los problemas de resolución espacial y temporal de las plataformas satelitales, es el uso de UAVs (vehículos Aéreos No tripulados) (Torres, 2015). Los cuales son plataformas aéreas no tripuladas, que portan sensores, que permiten la adquisición de imágenes de alta resolución a muy bajo costo; y el análisis multitemporal de los cultivos a través de vuelos autónomos o piloteados desde tierra.

## 1.2 VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAVS)

Un Vehículo Aéreo no Tripulado es un dispositivo que permite la captura de imágenes de alta resolución, de forma autónoma o controlada desde tierra por un piloto. Estos pueden ser utilizados para aplicaciones de teledetección en gestión de cultivos, para lo cual pueden utilizar herramientas como: GPS, barómetro, brújula electrónica, acelerómetros, giroscopios, higrómetro y altímetro (Camilo & Junco, 2016).

El uso de los UAVS ha aumentado en el siglo XXI, gracias al bajo costo en la adquisición de fotografías aéreas y en tiempo real; permiten obtener información de zonas de difícil acceso geográfico y la toma de imágenes no se ve afectada por la nubosidad. Además las imágenes pueden ser tomadas en cualquier

momento, con la frecuencia requerida, para el análisis de variables y detección de cambios en los cultivos (Díaz, 2013).

En el mercado se pueden encontrar UAVs de rotor delantero o ala fija, similar a un avión, o de rotor paralelo como los helicópteros, de 4 y 6 motores.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS EN COLOMBIA

En Colombia, el uso de imágenes satelitales y de alta resolución proveniente de UAVs para agricultura de precisión, están siendo utilizadas principalmente en cultivos de arroz, caña de azúcar, palma de aceite, papa, entre otros, para seguimiento, monitoreo e identificación de enfermedades.

En los Departamentos de Cundinamarca y Tolima (García & Martínez, 2010), desarrollaron un método para la identificación de áreas cultivadas de arroz, utilizando imágenes del satélite Landsat 7 ETM+ y ASTER. El método integro diversos procesos que permitieron identificar cultivos con una exactitud global superior al 70% y valores kappa entre 0,45 y 0,74.

En los municipios de Espinal, Saldaña, Guamo y Purificación (Tobergte & Curtis, 2013), aplicaron la metodología de estimación de Evapotranspiración (ET) utilizando el algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm For Land); con el objetivo de estimar las necesidades hídricas brutas de los cultivos de arroz. Para ello se utilizaron imágenes del satélite Landsat 8 adquiridas por los sensores OLI y TIR y suministradas de forma gratuita por la NASA.

En la Zona Central Palmera del Municipio de Puerto Wilches, CENIPALMA desarrollo un

algoritmo para predecir el comportamiento espacio temporal de los fenómenos asociados a defoliadores o Pudrición de cogollos de Palma de Aceite. La investigación utilizó la información del sensor MODIS y la relación con información de las series históricas del ataque por insectos defoliadores durante el año 2007. Esto con el fin de hacer seguimiento a la problemática de sanidad de las plantaciones de palma a escala regional (Torres, 2009).

En las plantaciones de Palma de Aceite La Vizcaina, El samán, la Refugio, Agrícola el Paraíso y Unipalma de los Llanos, pertenecientes a los municipios de Barranca Bermeja, Sabana de Torres, Aguachica y Cumaral respectivamente; se realizaron seguimientos de las labores agronómicas de estos cultivos utilizando Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs). Para ello se utilizaron tres tipos de UAVs y software especializado para el procesamiento de imagen. Los resultados de la investigación permitieron concluir que esta tecnología es una herramienta eficiente en la monitorización de labores agronómicas, identificación de disturbios en las palmas y elaboración de cartografía (Herazo, 2015).

En los Llanos Orientales se desarrolló un sistema de adquisición de información multispectral controlado desde tierra, con el objetivo de analizar coberturas vegetales en plantaciones de palma de aceite. El sistema permite la adquisición de información en campo a través de un módulo acoplado a un UAV, mejorando la eficiencia en la adquisición de imágenes espectrales en lotes pequeño; y aumentando la resolución espacial y temporal (Jiménez et al. n.d.).

La Universidad de los Llanos y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia desarrollaron un sistema para la adquisición y análisis de información espectral de coberturas

vegetales de la Orinoquía colombiana. El objetivo de esta investigación es utilizar las ecuaciones de reflectancia y transmitancia de ondas electromagnéticas en hojas; y un software libre para obtener el comportamiento espectral de la vegetación en el espectro visible y el infrarrojo cercano (Jiménez, Jiménez, & García, n.d.).

También en los Llanos (Jimenez et al., 2015), desarrollaron un sistema de captura y procesamiento de imágenes de cultivos agrícolas en los Llanos Orientales. Este consiste de una cámara de resolución de 640x480 píxeles adaptada a un helicóptero de aeromodelismo; una aplicación en software para ubicación del helicóptero en tiempo real y para realizar la corrección diferencial de errores generados por el Sistema de Posicionamiento Global; y un software de procesamiento de imágenes para determinar algunos índices de vegetación y generación de mapas tridimensionales de los cultivos.

En Villavicencio Departamento del Meta, se implementó un sistema de captura de imágenes aéreas de bajo costo, para ser utilizadas en agricultura de precisión usando un vehículo aéreo no tripulado. El objetivo de este proyecto es mejorar la productividad de los cultivos de palma de aceite, arroz, caña de azúcar, caucho, yuca, entre otros (Díaz, 2013).

En el Valle del Cauca en los municipios de Palmira y Cedrito, se desarrolló una metodología para la captura de imágenes multiespectrales de cultivos de caña de azúcar. El sistema toma los datos con una cámara de 6 bandas adaptada a un avión tipo ultraliviano, posteriormente los procesa con un software específico para generar los mosaicos georeferenciados, que permitirán el cálculo de índices de vegetación para el monitoreo y seguimiento del cultivo (García & Herrera, 2014).

GARCÍA y HERRERA en el 2014, también realizaron un estudio en el municipio de Palmira, con un UAV tipo Quadcopter Araknos, con una pequeña cámara tipo Micro ADCLite. Con el objetivo de evaluar el potencial de los UAVs en la generación de mosaicos, para la interpretación visual e índices de vegetación (IV) para el monitoreo y seguimientos en el cultivo de la caña de azúcar (García & Herrera, 2014).

En los Departamentos de Cundinamarca y Tolima se utilizó un UAV, para evaluar los problemas del cultivo de papa a través de imágenes de infrarrojo cercano de alta resolución. El estudio demostró que la respuesta espectral permite identificar características de la vegetación y problemas en el cultivo, por tal razón esta herramienta tecnológica, resulta una alternativa viable y económica para pequeños y grandes agricultores, para optimizar sus cultivos (Jemay et al. 2015).

CAMILO y JUNCO desarrollaron un método matemático apoyado por software, con el objetivo de dimensionar el área de una plantación de uchuvas en las Sabanas de Bogotá. Para ello utilizó imágenes adquiridas desde un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV); con el fin de obtener el área, perímetro y producción esperada del cultivo. Estas variables permiten soportar las decisiones tomadas desde la perspectiva de la Agricultura de Precisión (Camilo & Junco, 2016).

El Grupo de Investigación Macrypt de la Universidad de los Llanos, y el Grupo de Investigación en Procesamiento de Señales DSP- UPTC de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, desarrollaron un software para determinar el comportamiento del índice de vegetación NVDI y los agentes que afectan el desarrollo de las plantas. Para realizar esto, primero se capturaron imágenes

por medio de un UAV de un cultivo de prueba (Palma de Aceite, posteriormente se procesaron las imágenes en la aplicación desarrollada en PYTHON, esto con el fin de extraer los Componentes de la información espectral de la cobertura y determinar el índice de vegetación NDVI (Jiménez et al., n.d.).

Otro trabajo realizado por el grupo de investigación de la UPTC, está relacionado con el desarrollo de un algoritmo, para establecer modelos espaciales de las variables fenológicas de las regiones cultivables de los municipios de: Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso del departamento de Boyacá, mediante el uso del procesamiento digital de imágenes adquiridas por sensores remotos satelitales y de laboratorio (Jiménez et al. 2013).

En el Valle del Cauca se construyó un sistema de teledetección de bajo costo para recolectar información de cultivos. Para lograrlo, utilizaron un UAV de bajo costo, llamado AR Drone 2.0. El robot aéreo realiza un muestreo completo de un cultivo, capturando fotografías aéreas, para lo cual es necesario un planificador de ruta. El aporte de este trabajo es la implementación de los algoritmos de la ruta más corta mediante grafos para lograr la cobertura total de un cultivo en un solo vuelo, además de lograr un control de altura del UAV en cultivos no planos (Arcos et al. 2015).

En la tabla 1 se presente un resumen de los trabajos encontrados, el lugar donde fueron realizados, el tipo de imágenes, plataforma y tipo de cultivo, entre otras características de la revisión.

## CONCLUSIONES

En Colombia la Teledetección con Imágenes de alta resolución provenientes de DRONES es la más utilizada. Esto porque es más económica, ofrece una alta resolución espacial y temporal, que su contraparte satelital. Además no se ve afectada por la nubosidad y disponibilidad de imágenes.

Según el estudio realizado, en Colombia las imágenes obtenidas a partir de UAVs, tuvo su mayor auge en el año 2015; y ha sido utilizada principalmente en cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, papa, entre otros, para el seguimiento, monitoreo e identificación de enfermedades.

Las imágenes satélites son utilizadas en el país en agricultura de precisión para determinar el estado fenológico y ambiental de cultivos en una región con resoluciones espaciales típicas de: 1000, 500, 250, 20, 4 y 1 metros, resultando demasiado costosa. Además también se usan para la identificación de cultivos en grandes extensiones de tierra, como el arroz.

Las imágenes aéreas obtenidas a partir de UAVs, han sido utilizadas principalmente para determinar índices de vegetación, monitoreo de labores agronómicas, determinación de enfermedades, identificación de características de vegetación y problemas en los cultivos.

Tabla 1. Resumen de Trabajos Relacionados en Colombia

TÍTULO	UBICACIÓN	AÑO	CULTIVO	TIPO DE IMÁGENES	PLATAFORMA	APLICACIÓN
APOYO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN COLOMBIA A PARTIR DE IMÁGENES ADQUIRIDAS DESDE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV'S).	Sabanas de Bogotá	2014	Uchuva	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Dimensionamiento de áreas de cultivos
MÉTODO PARA IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.) CON BASE EN IMÁGENES DE SATELITE	Cundinamarca, Tolima	2009	Arroz	Satelital	Landsat 7 ETM+ y ASTER	Identificación de cultivos de arroz.
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS PARA APLICACIONES DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN.	Paipa, Duitama, Nobsa, Tibasosa y Sogamoso	2012	Cultivos	Satelital	Sensor remoto MODIS y de laboratorio(Cámara infrarrojo y de espectro visible)	Determinación de estados fenológicos y ambientales de regiones cultivables
DEVELOPMENT OF A MULTISPECTRAL SYSTEM FOR MEASURING CROP CONDITIONS	Los llanos Orientales	2015	Palma de Aceite	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Calculo de índice de vegetación
PERSPECTIVAS DE LA TECNOLOGÍA VANT EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE: MONITORIZACIÓN DEL CULTIVO MEDIANTE IMÁGENES AÉREAS DE ALTA RESOLUCIÓN	Zona Central Y Oriental	2015	Palma de Aceite	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Monitorización de labores agronómicas, la identificación de disturbios en las palmas y la elaboración de cartografía
METODOLOGÍA BÁSICA PARA LA GENERACIÓN DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN MEDIANTE IMÁGENES MULTIESPECTRALES AEROTRANSPORTADAS APLICADA EN CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR.	Palmira y Cerrito, en el Valle del Cauca	2014	Caña de Azúcar	Fotografía Aérea	Aeroplano	Calculo índices de vegetación con el objetivo de que sirva de insumo para el monitoreo y seguimiento de la caña de azúcar
PIND – PRECISION INDEX 1.0. REMOTE SENSING SOFTWARE FOR PRECISION AGRICULTURE STUDIES	Orinoquía Colombiana	2015	Cultivos	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Obtener el Índice de Vegetación Normalizado NDVI de los cultivos y plantas individuales
REMOTE SENSING FOR AGRICULTURAL CROPS BASED ON A LOW COST QUADCOPTER	Valle del Cauca	2015	Cultivos	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Adquisición de información cultivos
ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN CULTIVOS DE ARROZ CON SENSORES REMOTOS [RECURSO ELECTRÓNICO]	Espinal, Saldaña, Guamo y Purificación	2014	Arroz	Satelital	Landsat 8 adquiridas por los sensores OLI y TIR	Calculo Evapotranspiración
USO DE DRONES PARA EL ANALISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN	Cundinamarca, Tolima	2015	Papa	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Identificar características de la vegetación y problemas en el cultivo

CARACTERIZACIÓN DE FIRMA ESPECTRAL A PARTIR DE SENSORES REMOTOS PARA EL MANEJO DE SANIDAD VEGETAL EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE	Puerto Wilches	2009	Palma de Aceite	Satelital	Sensor MODIS	establecer modelos predictivos del comportamiento espacio-temporal de fenómenos asociados al manejo de la sanidad vegetal
PERCEPCIÓN REMOTA EN CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR USANDO UNA CÁMARA MULTIESPECTRAL EN VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS	Palmira	2015	Caña de Azúcar	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Monitoreo de cultivo
DIAGNÓSTICO DE CULTIVOS UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y TECNOLOGÍAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN	Llanos Orientales	2014	cultivos	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Determinar algunos índices de vegetación y generación de mapas tridimensionales de los cultivos.
DESARROLLO DE UN SISTEMA MULTIESPECTRAL PARA APLICACIONES EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN USANDO DISPOSITIVOS EMBEBIDOS	Llanos Orientales	2015	Palma de Aceite	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Agricultura de precisión
ANÁLISIS MULTIESPECTRAL DE LA VEGETACIÓN PARA APLICACIONES DE	Llanos Orientales	2015	Cultivos	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	La adquisición y análisis de información espectral de coberturas vegetales.
<b>SENSADO REMOTO</b>						
ADQUISICIÓN DE IMÁGENES DE BAJO COSTO APLICADAS A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN USANDO VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS	Villavicencio, Meta	2013	Cultivos	Fotografía Aérea	UAV(Vehículo Aéreo No tripulado)	Agricultura de precisión

## REFERENCIAS

- A, B. M. V., Jemay, M. T., & F, A. V. D. (2015). Uso de drones para el analisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *Llmentech*, (1), 28–40.
- Arcos, L. V. C., Muñoz, J. C. C., & Espino, A. L. (2015). Remote Sensing for Agricultural Crops Based on a Low Cost Quadcopter. *Sistemas Y Telemática*, 13(34), 49–63. <http://doi.org/10.18046/syt.v13i34.2092>
- Camilo, J., & Junco, F. (2016). Apoyo a la Agricultura de Precisión en Colombia a partir de imágenes adquiridas desde Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV's). Retrieved from [http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1430IS05/documentos/Exposicion\\_CIS1430IS05.pdf](http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1430IS05/documentos/Exposicion_CIS1430IS05.pdf)
- César Edwin García, Fabio Andrés Herrera, E. E. M. (2014). Metodología básica para la generación de índices de vegetación mediante imágenes multiespectrales aerotransportadas aplicada en cultivos de caña de azúcar. *Memorias XVI Simposio Internacional SELPER 2014*. Retrieved



- from <http://selper.org.co/papers-XVI-Simposio/Sensores-y-plataforma-de-PR/SP29-Metodologia-imagenes-multiespectral-aerea.pdf>
- Diaz Celis, C. A. (2013). Adquisición de imágenes de bajo costo aplicadas a la agricultura de precisión usando vehículos aéreos no tripulados.
- García, S., & Martínez, J. (2010). Satellite image based method for rice (*Oryza sativa* L.) crop identification. *Agronomía Colombiana*, 28(2)(September), 281–290. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Joel\\_Martinez3](https://www.researchgate.net/profile/Joel_Martinez3)
- Herazo, J. L. (2015). aéreas de alta resolución \* Outlook of UAV Technology in Oil Palm Plantations: Crop Monitoring through High-resolution Aerial Images, 25–41.
- Jiménez, A., Arteaga, E., & Mesa, R. L. (2006). Sistemas de agricultura de precisión. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 2(1), 44–47.
- Jiménez, A., Gómez, A., & Torres, A. (n.d.). Development of a multispectral system for measuring crop conditions, 197–204.
- Jiménez, A., Jiménez, F., & Fagua, E. (2013). Procesamiento Digital de Imágenes de Sensores Remotos para Aplicaciones de Agricultura de Precisión. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(21), 19–26. Retrieved from [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_40/recursos/04\\_v19\\_24/revista\\_21/17112013/03.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_21/17112013/03.pdf)
- Jiménez, A., Jiménez, F., & García, D. (n.d.). PIND – Precision Index 1.0. Remote Sensing Software for Precision Agriculture Studies, 181–187.
- Jimenez, A., Salamanca, J. M., & Medina, M. J. Q. (2015). Crops Diagnosis Using Digital Image Processing and Precision Agriculture Technologies. *Ingeniería Agrícola*, 11(1), 63–71.
- Marote. (2010). Agricultura de Precisión. *Ciencia y Tecnología*, ISEU.
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN CULTIVOS DE ARROZ CON SENSORES REMOTOS ANDRES. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Torres, L. A.; A. J. (2009). Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite Characterization of the Spectral Signature from Remote Sensors for the Management of Plant Health in the Oil Palm Crop Intro, 30(3), 63–79.
- Torres Galindo, A. K. (2015). Development of a multispectral system for precision agriculture applications using embedded devices. *Sistemas Y Telemática*, 13(33), 27. <http://doi.org/10.18046/syt.v13i33.2079>
- Wang. (2011). Design and Realization of Precision Agriculture Information System Based on 5S. Beijing, China.