

# USO DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES PARA VALIDAR LA EFECTIVIDAD DEL RIEGO EN UN CAMPO DE ARROZ EN COLOMBIA

Mauricio Gonzalez <sup>1</sup>; Zaira Mayorga <sup>2</sup>; Ana Milena Alonso <sup>3</sup>; Oscar Barrero <sup>4</sup>

Palabras claves: Agricultura de precisión, Drones, Cámara multiespectral, NDVI, Rendimiento, GPS.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, en el año 2016 se cultivaron 570.802 hectáreas de arroz, que produjeron 2.971.975 toneladas de arroz paddy, con un rendimiento promedio nacional de 5,7 toneladas por hectárea. El Departamento del Tolima es la región con mayor producción con una participación del 29,5 % del total nacional (DANE, Censo Nacional Arroceros 2016); no obstante, hay problemas de competitividad donde los factores agronómicos continúan limitando el potencial varietal. En este contexto, se viene promocionando en la región el enfoque de la agricultura de precisión (AP) como alternativa de gestión de parcelas agrícolas que promueve la rentabilidad y la sostenibilidad. La AP se basa en el manejo específico de un área de cultivo con herramientas de posicionamiento global, dosificación variada (riego, fertilizantes y plaguicidas) y de monitoreo, donde se incluyen los vehículos aéreos no tripulados (VANT o DRONES). Las herramientas de la AP en conjunto permiten recolectar información, la cual es finalmente plasmada en mapas digitales sobre los cuales se toman decisiones de manejo (Paneque Gálvez et al., 2014).

El objetivo de este trabajo fue usar imágenes multiespectrales y el índice NDVI (índice de vegetación normal diferenciada) para validar la efectividad del riego en un campo establecido con fines de investigación. La cámara multiespectral transportada por el DRON captura información del espectro electromagnético incluido el espectro visible e invisible: rojo, verde, azul, "red edge" e infrarrojo cercano (Elarab et al., 2015). Esta herramienta genera un diagnóstico de estrés hídrico, detección de enfermedades y mapas agronómicos con las limitaciones del cultivo. Lo anterior se puede determinar gracias a la variación de la relación entre la energía absorbida y la emitida por objetos terrestres, que en las plantas está asociada a la cantidad de vegetación presente en la superficie y su estado de salud o vigor vegetativo (Meneses-Tovar, 2011).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Centro Agropecuario "La Granja"- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Regional Tolima, en un campo de 5 ha ubicado en las coordenadas geográficas 4°10'02.96" de Latitud Norte y 74°55'58.70" Longitud Oeste a una altura de 364 m.s.n.m. El campo fue sembrado con variedad Fedearroz 2000 (F-2000) bajo densidad de siembra de 100 kg/ha de semilla, bajo sistema de riego y con las prácticas agronómicas comúnmente recomendadas para la zona por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Durante el desarrollo del cultivo se presentaron déficits hídricos temporales.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrícola, Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Regional Tolima, Espinal, Colombia email: [mao275@yahoo.com](mailto:mao275@yahoo.com)

<sup>2</sup> Ingeniera Agrónoma, Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Regional Tolima, Espinal, Colombia

<sup>3</sup> Bióloga, Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Regional Tolima, Espinal, Colombia

<sup>4</sup> Ingeniero electrónico, Departamento de Ingeniería electrónica, Universidad de Ibagué, Colombia

Para la captura de las imágenes se utilizó un dron de ala fija – Phanto FX-61 y la cámara multispectral RedEdge de Micasense, la cual captura información en cinco bandas (rojo, verde, azul, “red edge” e infrarrojo cercano). El vuelo se realizó en estado de floración (106 días después del establecimiento).

Los pasos que se realizaron antes, durante y después de la captura de las imágenes fueron los siguientes:

- a) Se tomaron puntos con el GPS donde se presentaban problemas frecuentemente con la distribución del riego y donde se podía observar claramente que estaba afectado el desarrollo de las plantas.
- b) Se diseñó el vuelo del DRON, se calibró la cámara multispectral y se monitoreó el DRON desde una computadora siguiendo el vuelo diseñado, a 70 metros de altura y a una velocidad promedio de 10 m/s.
- c) Se usó el software Pix4Dmapper pro Educational para construir los mapas ortorectificados y calcular el NDVI mediante la siguiente ecuación:

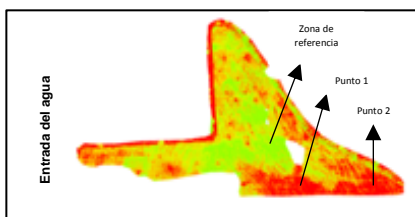
$$NDVI = \frac{IRC-R}{IRC+R}$$

Donde *IRC* es el infra rojo cercano y *R* es el rojo.

- d) Finalmente, se tomaron muestras al azar, en cada uno de los puntos (1, 2 y de referencia), de 15 plantas/punto, para determinar algunas características morfológicas y agronómicas como panículas/m<sup>2</sup>, longitud (tallos y hojas), longitud de la panícula, promedio peso de tallos y hojas (húmedo y seco), rendimiento, % de vaneamiento (en 25 panículas), granos llenos/panícula y % de granos yesados, para conocer el comportamiento de estas características en cada uno de los puntos identificados mediante NDVI.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los puntos tomados con el GPS antes de la captura de las imágenes coincidieron con los bajos índices de NDVI (0,5) generados en el mapa. De esta manera se determinaron puntos de interés dentro del lote que luego se caracterizaron en campo (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa NDVI elaborado con Pix4Dmapper pro Educational

Los puntos marcados en el mapa (Figura 1) indican lo siguiente: **Punto 1:** la distribución del agua era desuniforme debido a que este punto presentaba una zona alta en el terreno, donde el riego no alcanzaba a cubrir su totalidad. **Punto 2:** salida del agua, suelo descubierto y textura de suelo arenosa. La **zona de referencia** corresponde a una parte en la que la nivelación fue apropiada y el riego se distribuyó de manera uniforme.

Debido a que la variedad F-2000 es susceptible a *Pyricularia oryzae*, el estrés hídrico y la presencia del patógeno provocaron en los puntos 1 y 2, con bajo NDVI, una alta incidencia del hongo y desecamiento en las hojas.

El vuelo del DRON presentó una falla debido a que la cámara no logró capturar las imágenes de la parte inferior, como se muestra en la Figura1.

En la Tabla 1 se muestra el promedio de las mediciones morfológicas y agronómicas realizadas a las plantas por cada uno de los puntos en estudio, obteniendo como resultado los valores más altos en la **Zona de referencia**. Los valores menores en rendimiento se presentaron en los **puntos 1 y 2** debido a la baja población de plantas, alta incidencia de *P. oryzae* y al estrés hídrico severo por el desnivel del terreno.

**Tabla 1.** Caracterización morfológica y agronómica promedio en 15 plantas tomadas al azar en cada uno de los puntos de referencia determinados mediante el análisis de datos de NDVI.

	Característica										
Puntos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	364	89,5	22,8	58,6	14,9	4.019	20,0	66,0	1,9	46,5	6,8
2	390	87,2	23,2	52,6	13,4	5.411	18,0	72,0	2,0	50,2	5,2
Zona de Referencia	504	93,4	21,7	79,5	21,2	6.984	15,0	90,0	2,7	67,8	2,0

**A:** Número de panículas/m<sup>2</sup>. **B:** Longitud de la planta (sin panícula) (cm). **C:** Longitud de panículas (cm). **D:** Peso húmedo de tallos y hojas (g). **E:** Peso seco de tallos y hojas (g). **F:** Rendimiento (Kg/ha). **G:** Vaneamiento (%). **H:** Número de granos llenos/panícula. **I:** Peso seco de panículas (g). **J:** Peso seco total de 25 panículas (g). **K:** granos yesados (%).

## CONCLUSIÓN

Las imágenes multispectrales capturadas en el campo experimental de arroz, permitieron validar que las zonas con déficit hídrico debido a la ineffectividad del riego, fueron efectivamente identificadas con el análisis del NVDI. Este trabajo permitió por tanto validar el uso de las imágenes como herramienta para determinar la asociación que hay entre la desuniformidad del riego con el desarrollo de las plantas y el rendimiento del cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

A Colciencias de Colombia, por el financiamiento del proyecto No SENAGROTIC 007-2016 denominado "Incidencia de la velocidad de siembra mecanizada en la rentabilidad del cultivo de arroz en el Espinal-Tolima". A la Universidad de Ibagué en Colombia por facilitar el DRON y los análisis de las imágenes. A todo el personal técnico y trabajadores que contribuyeron con el manejo del campo, los muestreos y el registro de datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 4to Censo Nacional Arrocero (Colombia). Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuaria/censo-nacional-arrocero>. Acceso en: 21 Mayo, 2015.

ELARAB, M; TICLAVILCA, A.; TORRES, A.; MASLOVA, I.; MCKEE, M. Estimating chlorophyll with thermal and broadband multispectral high resolution imagery from an unmanned aerial system using relevance vector machines for precision agriculture.

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 43, Pages 32–42. December, 2015.

MENESES-TOVAR, C.L. El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la vegetación del bosque. *Unasylva* 238, Vol. 62 (2). 2011.

PANEQUE-GÁLVEZ, J.; MCCALL, B.; NAPOLETANO, S.; WICH, L. KOH. Small drones for community-based forest monitoring: an assessment of their feasibility and potential in tropical areas. *Forests* Vol. 5, pages 1481-1507. 2014.