



## III CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2017

Puebla, Pue., del 28 al 30 de noviembre de 2017

### ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL USANDO IMÁGENES RGB OBTENIDAS DESDE UN DRON

**Mariana de Jesús Marcial Pablo<sup>1</sup>; Waldo Ojeda Bustamante<sup>2</sup>; Alberto González Sánchez<sup>2</sup>; Sergio Iván Jiménez Jiménez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Maestro en Ciencia y Tecnología del Agua -Sistemas Hidráulicos .Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México.

Correo electrónico: marianamp547@gmail.com – Teléfono: 01 (777) 329- 36- 00 ext. 521.  
(\*Autor para correspondencia)

<sup>2</sup>Coordinación de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México.

#### Resumen

El mapeo de la vegetación es de mucha importancia en la agricultura de precisión, ya que se relaciona directamente con el crecimiento del cultivo. La determinación de la cobertura vegetal con sensores remotos usando las plataformas tradicionales como son los satélites y aviones no son adecuadas debido a su baja resolución espacial y temporal en las imágenes. Una alternativa para obtener imágenes de alta resolución espacial y temporal es la implementación de vehículos aéreos no tripulados (VANTS) o drones equipados con cámaras digitales. En imágenes de alta resolución espacial, es necesario conocer el índice de vegetación que mejor identifique a los píxeles que contienen vegetación y de los que no, además del valor umbral que permita separar ambas clases. En esta vertiente, el objetivo principal de este trabajo estimar la cobertura vegetal del cultivo de maíz mediante algoritmos de segmentación de imágenes (Otsu y Otsu- Valley) y el índice exceso de verde (ExG) obtenido de las imágenes adquiridas desde un VANT en una etapa intermedia de crecimiento del cultivo. El valor umbral calculado con el algoritmo de Otsu- Valley permitió estimar la fracción de la cobertura vegetal con una mayor precisión (94-99.5%), con respecto al algoritmo de Otsu (78-93.5%).

**Palabras clave adicionales:** Agricultura de precisión, algoritmo de Otsu, algoritmo de Otsu- Valley, índice exceso de verde (ExG).



## Introducción

La cobertura vegetal es un parámetro de gran importancia en el seguimiento de los cultivos; está relacionado directamente con el crecimiento del cultivo y la evapotranspiración, debido a que la evolución de la cobertura vegetal indica las fases de la evaluación del coeficiente de cultivo (Calera, 2005). La fracción de vegetación (CV) se ha utilizado para estudiar el estado fenológico y fisiológico de la vegetación, monitorear las etapas de desarrollo del cultivo (Yu *et al.*, 2013) y estimar los rendimientos de los cultivos (Yang *et al.*, 2006).

La determinación del momento en que se alcanza la cobertura efectiva completa suele ser compleja y costosa, ya que además de la dificultad de medir la cobertura vegetal es preciso estimarla en algunos casos en cultivos de varios metros de altura, por lo que es frecuente utilizar fases fenológicas para apreciarla. Sin embargo es necesario tener en cuenta el posible deslizamiento temporal de la fase fenológica en relación con la evolución de la cobertura. El procedimiento para estimar la CV con sensores remotos cuyo uso se está generalizando rápidamente, es mediante la adquisición de imágenes con ayuda de los vehículos aéreos no tripulados (VANTs) o drones; donde el análisis de las imágenes se realiza usando índices de vegetación (IV) (Xiao & Moody, 2005).

Con los drones es posible realizar vuelos a muy baja altura que generan imágenes de muy alta resolución espacial, permitiendo la detección de suelo desnudo, cultivo y maleza. En imágenes con alta resolución espacial, es necesario determinar el IV que mejora las diferencias entre los píxeles que contienen vegetación y los píxeles que no contienen vegetación, así como el valor umbral que establece el punto de separación entre ambas clases. Existen distintos algoritmos para segmentar la imagen en base a umbrales: valor medio del histograma, isotada, porcentaje de píxeles negros, dos picos, Otsu y Otsu- Valley. Estos algoritmos se han utilizado para para clasificar a los cultivos en las primeras etapas de su crecimiento.

El objetivo de este estudio es estimar la CV del cultivo de maíz en la etapa intermedia de crecimiento mediante el índice exceso de verde (ExG) y dos algoritmos de segmentación de imágenes basados en detección de similitudes: Otsu y Otsu- Valley.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó para el cultivo de maíz en el campo experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Zacatepec, al sur del Estado de Morelos (coordenadas 18°39' 6.45"N y 99° 11' 59.63"O). El maíz se sembró el 05 de julio del 2016 en veinticuatro lotes de 6 m X 25 m.

## Procesamiento y adquisición de las imágenes

El dron empleado para obtener las imágenes fue un hexacóptero DJI A2. Este vehículo realiza un despegue y aterrizaje vertical, posee una autonomía de vuelo de 15 minutos, una capacidad de carga de 2.5 kg.

La cámara empleada fue una Sony  $\alpha$  5100 (ILCE-5100L) con distancia focal de 16 mm, toma las imágenes con un sensor de 24.3 megapíxeles (6,000 x 4,000 píxeles) en color verdadero RGB.

Se colocaron 12 puntos de control fijos claramente identificados sobre el terreno ante de realizar el vuelo; las coordenadas se obtuvieron con un GPS RTK (Real Time Kinematic) cuya precisión es menor de 1 cm en la vertical y horizontal. Estos puntos servirán para corregir geoméricamente el mosaico.

Las imágenes se adquirieron de manera autónoma según la configuración de vuelo a una altura media de 52 m sobre la superficie, una resolución esperada en las imágenes de 1.25 cm por píxel, un traslape lateral y frontal del 75%, una velocidad media de 6 m/s y un tiempo efectivo de 5 min. El vuelo se realizó el 15 de septiembre del 2016, en el cual se obtuvo en promedio 104 imágenes.

La restitución fotogramétrica de las imágenes se realizó con el software PIX4D, el cual combina las imágenes aéreas tomadas por los drones; convirtiéndolas en mapa 2D o 3D, mediante la obtención de nube de puntos, modelo digital de elevaciones y ortomosaicos.



Figura 1. Ortomosaico obtenido el 15 de septiembre de 2016.



## Estimación de la fracción de la cobertura vegetal

Se evaluó el índice exceso de verde (ExG) (Woebbecke *et al.*, 1995), para clasificar los píxeles de vegetación en una fecha correspondiente a la etapa intermedia de desarrollo del cultivo:

$$\text{ExG} = 2g - r - b \quad (1)$$

Para el cálculo del índice de vegetación es necesario aplicar un proceso de normalización del espacio de color, tal como lo indica Gée *et al.* (2008).

A partir de los histogramas de intensidades de las imágenes en escala de grises se calculó el valor umbral que permitió la separación entre las clases propuestas: cultivo y suelo. El valor umbral se determinó de forma automática mediante los algoritmos de umbralización de Otsu (Otsu, 1979) y Otsu-Valley (Hui-Fuang, 2006).

El método de Otsu es uno de los métodos más precisos y ampliamente utilizados para la segmentación de imágenes (Sahoo *et al.*, 1988). El método encuentra el umbral automáticamente mediante dos condiciones, que el valor umbral presente la máxima varianza entre clases y la mínima varianza dentro de la clase ponderada.

Hui-Fuang (2006) propuso una mejora al algoritmo de Otsu, al cual se le denomina método de Otsu-Valley; este método establece que el umbral óptimo para separar la imagen en clases diferenciadas reside en el valor del histograma espectral situado entre sus dos picos máximos.

En base a la clasificación de los píxeles de vegetación obtenidos con el índice y el valor umbral, se determinó la fracción de cobertura vegetal para cada lote como la relación entre el área clasificada como vegetación y el área total delimitada.

La precisión de la cobertura vegetal, se evaluó comparando los valores estimados de la CV con valores de la fracción de cobertura vegetal digitalizados ( $VC_D$ ), mediante la siguiente expresión:

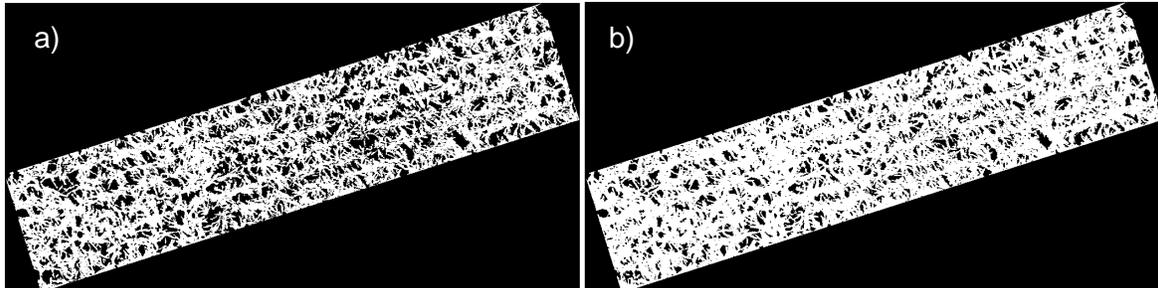
$$\text{Precisión (\%)} = 100 - |CV_D - VC| \quad (2)$$

## Resultados y Discusión

Al ortomosaico generado en la etapa intermedia de crecimiento del cultivo le se aplicaron tanto el algoritmo de Otsu como el algoritmo de Otsu-Valley, buscando los porcentajes detectados de vegetación.

En la Figura 2 se muestra la clasificación del cultivo en uno de los lotes analizados; donde se observa que al usar el valor umbral del ExG con el algoritmo de Otsu se clasifica un menor número de píxeles como cultivo, mientras que con el algoritmo

de Otsu-Valley se clasifica un mayor número de píxeles como cultivo. Lo anterior se debe a que al aplicar el índice sobre el ortomosaico se presenta un histograma de intensidades unimodal, donde el algoritmo de Otsu-Valley es más eficiente en este tipo de histogramas (Hui-Fuang ,2006).



**Figura 2.** Clasificación del cultivo a) algoritmo de Otsu, b) algoritmo de Otsu-Valley.

Comprado los dos algoritmos para estimar la cobertura vegetal en una etapa intermedia de crecimiento del cultivo; se obtuvo como resultado que el algoritmo de Otsu-Valley discrimina con la mayor precisión (97.71%) y el menor error (2.82%) la cantidad de vegetación, mientras que el algoritmo de Otsu presenta una precisión promedio de 85.44 % y un error (RMSE) de 15.07% (Tabla 1). El algoritmo de Otsu-Valley incrementa el porcentaje de vegetación que se discrimina del suelo desnudo.

En diversos estudios se ha encontrado altas precisiones en la estimación de la cobertura vegetal usando el índice ExG y el algoritmo de Otsu en etapas tempranas de crecimiento del cultivo (Geipel *et al.*, 2014; Torres-Sánchez *et al.*, 2014), sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se muestra que en la etapa intermedia las más altas precisiones se obtienen con el algoritmo de Otsu-Valley.

**Tabla 1.** Precisión de la cobertura vegetal a partir de los algoritmos de segmentación de imágenes.

	Cobertura vegetal Precisión (%)	Valores umbrales	
		Máx.	Mín.
<b>Algoritmo de Otsu</b>	85.44 ± 4.00	0.21	0.17
<b>Algoritmo de Otsu-Valley</b>	97.71 ± 1.68	0.17	0.14

Dentro de la parcela experimental las precisiones que se obtuvieron para estimar la cobertura en cada lote con el algoritmo de Otsu van del 78 al 93.5% y con el algoritmo de Otsu-Valley del 94 al 99.5% (Figura 3).

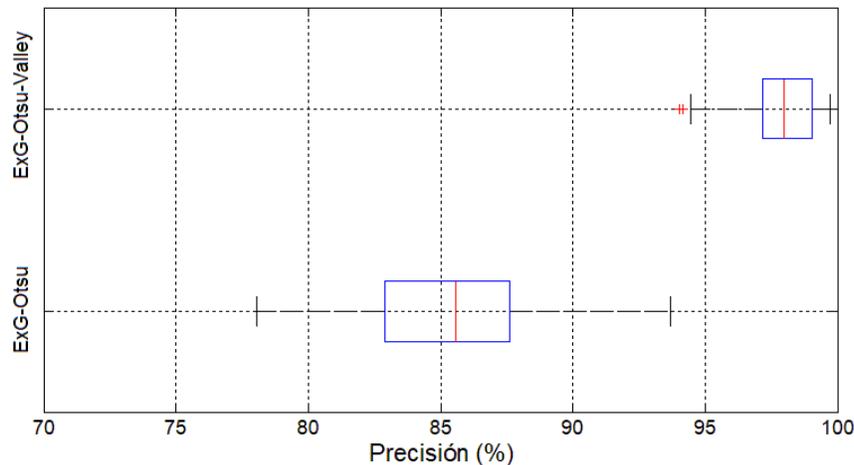


Figura 3. Diagrama de caja que muestra la precisión de los algoritmos

## Conclusiones

En la estimación de la cobertura vegetal, el índice de vegetación y la selección del valor umbral son los factores más importantes para estimar la cobertura vegetal del cultivo con una alta precisión. En este trabajo se demostró que el algoritmo de Otsu-Valley calcula el valor umbral de ExG más adecuado durante la etapa intermedia de crecimiento del cultivo que el algoritmo de Otsu. Usando el algoritmo de Otsu-Valley se obtienen precisiones mayores al 94% con un RMSE de 2.82% en la estimación de la cobertura.

## Referencias bibliográficas

- Calera, A. B. (2005). La evapotranspiración: concepto y metodología de cálculo. *Agua y Agronomía*. 1re edición. Editorial: Mudi-Prensa. Barcelona, España. 163-238.
- Gée, C., Bossu, J., Jones, G., & Truchetet, F. (2008). Crop/weed discrimination in perspective agronomic images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60(1), 49-59.
- Geipel, J., Link, J., & Claupein, W. (2014). Combined spectral and spatial modeling of corn yield based on aerial images and crop surface models acquired with an unmanned aircraft system. *Remote Sensing*, 6 (11), 10335-10355.
- Hui-Fuang, N. (2006). Automatic thresholding for defect detection. *Pattern recognition letters*, 27(14), 1644-1649.
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66.



- Sahoo, P. K., Soltani, S., Wong, A. K., & Chan, Y.C. (1988). A survey of thresholding techniques. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 41(2), 233-260.
- Torres-Sánchez, J., Peña, J. M., De Castro, A. I., & López-Granados, F. (2014). Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. *Computers and Electronics in Agriculture*, 103, 104-113.
- Woebbecke, D. M., Meyer, G. E., Von Bargen, K., & Mortensen, D. A. (1995). Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. *Transactions of the ASAE*, 38(1), 259-269.
- Xiao, J., Moody, A. (2005). A comparison of methods for estimating fractional Green vegetation cover within a desert-to-upland transition zone in central New Mexico, USA. *Remote Sensing of Environment*, 98, 237–250.
- Yang, C., Everitt, J. H., & Bradford, J. M. (2006). Comparison of QuickBird satellite imagery and airborne imagery for mapping grain sorghum yield patterns. *Precision Agriculture*, 7 (1), 33-44. doi:10.1007/s11119-005-6788-0.
- Yu, Z., Cao, Z., Wu, X., Bai, X., Qin, Y., Zhuo, W., Xiao, Y., Zhang, X., & Xue, H. (2013). Automatic image-based detection technology for two critical growth stages of maize: Emergence and three-leaf stage. *Agricultural and Forest Meteorology*, 174, 65-84.