

Nuevas herramientas de control

Uso de drones para cartografía de malas hierbas en viticultura de precisión

Ana I. de Castro-Megías y Francisca López-Granados (Grupo de Investigación Imaping, Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC), Córdoba. flgranados@ias.csic.es)

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) o drones son capaces de generar imágenes de alta resolución cuyo análisis presenta múltiples aplicaciones en viticultura destacando en particular la detección de malas hierbas. El presente artículo describe los pasos necesarios para obtener mapas de *Cynodon dactylon* (grama), una mala hierba perenne de difícil control que suele infestar tanto viñas en producción ecológica como no ecológica, tengan o no cubiertas vegetales. Las imágenes-UAV se adquirieron sobre 3 parcelas de viñedo y se analizaron mediante técnicas basadas en objetos (OBIA). Los resultados permitieron cartografiar las hileras de cepas, el suelo desnudo, la superficie ocupada por la cubierta vegetal presente entre calles y los rodales de grama.

INTRODUCCIÓN

Los reglamentos vigentes (Directiva 2009/128/CE; Reglamento CE 1107/2009), RD 1311/2012) para un 'Uso Sostenible de Fitosanitarios' destacan el fomento del bajo consumo (reducción de las aplicaciones) y la utilización de dosis adecuadas y ajustadas a la superficie a tratar. En el caso del cultivo de la vid, el manejo localizado de malas hierbas consiste en realizar un control adaptado a la variabilidad espacio-temporal de las infestaciones existentes en el contexto de una viticultura de precisión. Para realizar una aplicación localizada de herbicidas (o de otras medidas de control) es necesario generar mapas georreferenciados de las malas hierbas infestantes y transferir su posición geográfica a la maquinaria de tratamiento de precisión dotada de GPS para planificar la toma de decisiones, respondiendo así a las preguntas *dónde, qué, cuánto y cuándo aplicar*. Las técnicas de teledetección aplicadas a imágenes-UAV tienen mucho potencial en viticultura gracias a la elevada resolución de las imágenes que generan los UAV y a la posibilidad de adquirirlas en momentos críticos del cultivo.

El sector vitivinícola recomienda el uso de cubiertas vegetales compuestas generalmente por gramíneas para proteger el suelo contra la erosión, mejorar su estructura y oxigenación y aumentar la materia orgánica así como para equilibrar el vigor y rendimiento de la viña, resultando en un aumento en la calidad de la cosecha. No obstante, en los últimos años se ha constatado el aumento progresivo de las infestaciones de la mala hierba *Cynodon dactylon* (L.) o grama, tanto en las cubiertas naturales como en las sembradas y en viñedo en producción ecológica como en no ecológica. Es una mala hierba perenne muy competitiva que está latente (parada vegetativa) en invierno y cuyo desarrollo es principalmente en verano por estolones rastreros y rizomas subterráneos. Ello hace que sea de difícil manejo ya que *no responde a la siega de las cubiertas*, lo cual dificulta su control en viñedo ecológico y, además, al tratarse de una planta de verano incide en la disponibilidad de agua del cultivo (Valencia y col., 2015). En viña ecológica, la grama se suele controlar practicando pases frecuentes de intercepas bajo las cepas y a menudo también se realizan labores. En *viñedo no ecológico*, la infestación de grama se trata con glifosato en primavera (generalmente de abril a junio) aunque, a partir del envero (finales de primavera) y con el fin de evitar toxicidad en la viña, en lugar de glifosato se puede sustituir por glufosinato. En ambos tipos de viñedo se pasa la picadora para segar las cubiertas cada cierto tiempo.

En la Figura 1 (a, b, c) se muestran distintas fotografías de la fenología de vid, cubiertas y grama en invierno y primavera. Durante la primavera, la similitud espectral de la grama y la cubierta vegetal dificulta su discriminación ya que ambas están verdes y la cubierta vegetal cubre la grama (Figura 1a). Para eludir este problema, nuestra hipótesis de trabajo fue la *detección temprana de C. dactylon durante su parada vegetativa* y cuando la cubierta aún no ha emergido (Figura 1b) o está en sus inicios de emergencia (Figura 1c). En este estado, la similitud espectral es entre la grama y el suelo desnudo. Esta dificultad la hemos solventado mediante el diseño de algoritmos de análisis de las imágenes basados en objetos (OBIA, *Object-Based Image Analysis*). Una vez detectados los rodales, se elaboraron dos mapas georreferenciados: uno correspondiente a las *infestaciones detectadas* y otro para determinar *las zonas a tratar obtenido según los rodales detectados de grama*. Este mapa de tratamiento *ayudaría a la toma de decisiones para aplicar las medidas de control a partir del mes de abril*. Si esta estrategia se continúa en varios años consecutivos, se erradicaría la infestación de *C. dactylon* y la parcela de viñedo podría pasar a *producción ecológica aumentando su valor añadido*.



Figura 1: a) Parcela de viñedo a comienzos de febrero: la cubierta aún no ha emergido. Los rodales de grama están en parada vegetativa (secos) y se aprecian en los cuadrados situados en el suelo; b) Parcela de viñedo adyacente anterior a comienzos de febrero con cubierta emergida de Festuca (verde) y rodales de grama seca; c) Parcela de viñedo en mayo: calle derecha con cubierta vegetal de Hordeum (cebadilla) sin segar y calle izquierda segada. En ninguna de las calles se aprecia la infestación de grama porque está presente debajo de la cubierta.

Objetivo

Suministrar las herramientas tecnológicas y metodológicas que permitan una *gestión integrada de malas hierbas y un uso sostenible de herbicidas en el viñedo* según las normativas vigentes.

Adquisición y análisis de las imágenes

Se configuró un UAV (MD4-1000) con una cámara convencional (RGB). Las imágenes fueron tomadas en febrero de 2016 volando a 30 m (Figura 2a) sobre 3 parcelas de viñedo en espaldera (Raimat, Lleida; variedad 'Pinot Noir'; cobertura vegetal de *Hordeum* o *Festuca*; infestadas de grama en parada vegetativa: Figuras 1a, 1b) resultando imágenes con 1 cm de resolución espacial. El análisis de las imágenes consistió en las siguientes fases: a) mosaicado y ortorrectificación; b) segmentación: formación automática de *objetos o agrupaciones de píxeles*; c) clasificación de las hileras de cepas basado en el 'Modelo Digital de Superficie'. El mapa obtenido permite monitorizar el estado vegetativo de las

cepas (Torres-Sánchez y col., 2017); d) clasificación de la cubierta vegetal mediante información espectral de índice *Color Index of Vegetation* (Kataoka y col., 2003). Esta cartografía facilita información válida para determinar el estado de las cubiertas y diseñar una estrategia de manejo; e) mapas de *C. dactylon*, mediante el índice *Excess Green minus Excess Red* (Neto, 2014). Esta clasificación sirve de base para elaborar los mapas de tratamiento localizado de la medida de control que se estime oportuna; f) clasificación del suelo desnudo (resto de objetos remanentes en la imagen fueron clasificados como suelo) (Figura 3).

La robustez del mapa de infestación de grama generado se evaluó comparando los resultados de las clasificaciones obtenidas con los datos verdad-terreno adquiridos el mismo día de la toma de la imagen. El muestreo consistió en distribuir a lo largo de las parcelas de viñedo una serie de marcos de aluminio de 1x1 m que fueron georreferenciados con GPS y en los que se tomaron datos de la vegetación presente (Figura 2b). Estos marcos fueron clasificados en función del porcentaje de suelo desnudo, cubierta vegetal y grama. Finalmente fueron comparados con los datos recogidos en el campo para cada uno de ellos.



Figura 2: a) Drone modelo md4-1000 durante el vuelo; b) muestreos de campo: georreferenciación (con DGPS) de grama (parada vegetativa) en cuadrados de 1x1 m en uno de los viñedos. En esta parcela la cubierta entre calles aún no había emergido.

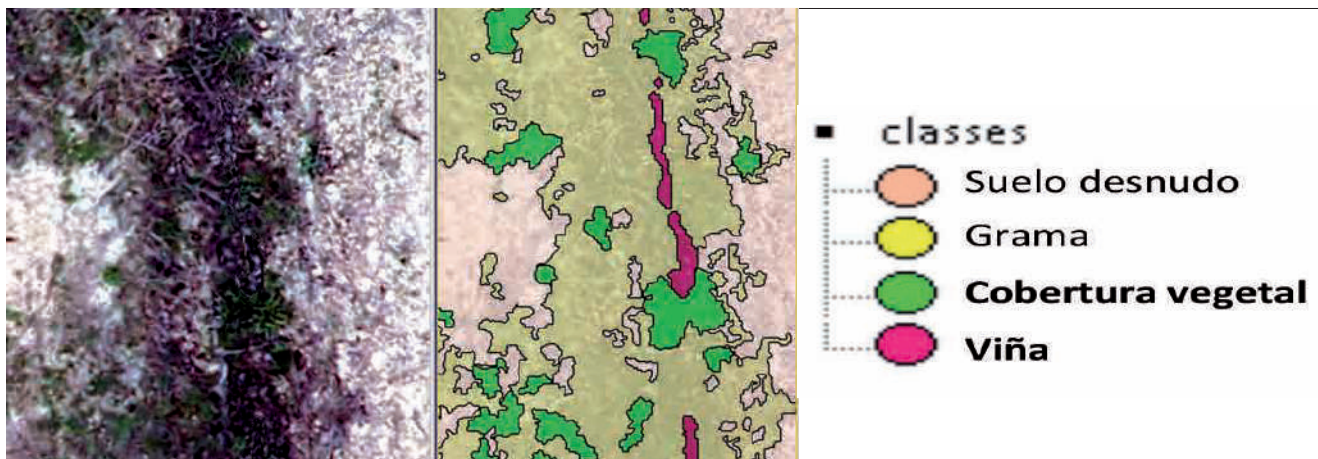


Figura 3. Detalle del mapa clasificado en el que se observa: la hilera de viña (sin brotar), suelo desnudo y *C. dactylon* (grama) cubierta vegetal.

Conclusiones

El análisis de imágenes-UAV de alta resolución espacial mediante técnicas basadas en objetos (OBIA) permitió la detección de grama presente en viñedos con cubiertas vegetales, así como la *creación automatizada de mapas* en los que zonificar parámetros morfológicos de la viña (ej. crecimiento vegetativo), posición y estado de las cubiertas (ej. momento de siega) así como de las infestaciones. Estos mapas ofrecen al viticultor una herramienta útil de apoyo en la toma de decisiones para la gestión de su viñedo permitiendo un conocimiento multitemporal del estado vegetativo de las cepas (válido para determinar momento de cosecha) y el diseño de un plan de manejo de las siegas de las cubiertas y del control localizado de la mala hierba. Esta tecnología es adaptable a la cartografía de otras malas hierbas problemáticas del viñedo.

Abstract: One of the most innovative technologies to quantify the within-vineyard spatial variability is the use of imagery acquired by using an Unman-

ned Aerial Vehicle (UAV) or drone equipped with sensors. Cover crops are a common management practice in vineyards in Spain and the weed *Cynodon dactylon* (bermudagrass) is increasing within cover crops becoming a hard-to-control weed. From accurate and timely UAV imagery, the objective of this research was to map *C. dactylon* patches in order to provide an optimized site-specific weed management.

Agradecimientos: A RAIMAT S.A. (Lleida) por el acceso a sus viñedos. Investigación financiada proyecto AGL2014-52465-C4-4-R (MEINCOMP, fondos FEDER). A los Dres. Peña-Barragán y Torres-Sánchez por su contribución fundamental en la investigación descrita así como a Fco. Valencia y Fco. Manuel Jiménez-Brenes por su ayuda en muestreos de campo. El Programa Juan de la Cierva (MEINCOMP) ha financiado la investigación de la Dra. A. I. de Castro-Megías.

BIBLIOGRAFÍA

- Kataoka, T., Kaneko, T., Okamoto, H., Hata, S. 2003. Crop growth estimation system using machine vision. In: The 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Proceedings, pp. b1079–b1083 vol.2.
- Neto, J.C. 2004. A combined statistical-soft computing approach for classification and mapping weed species in minimum tillage systems. University of Nebraska, Lincoln, NE.
- Torres-Sánchez, J., López-Granados, F., Jiménez-Brenes, F.M. Borra-Serrano, I. de Castro, A.I. Peña, J.M. 2017. 3-D Vineyard monitoring with UAV images and a novel OBIA procedure for precision viticulture applications. Computers and Electronics in Agriculture, en prensa.
- Valencia F., Civit J., Esteve J., Recasens, J. 2015. Cover-crop management to control *Cynodon dactylon* in vineyards: balance between efficiency and sustainability. 7th International Weed Science Congress. June 19-25. Prague (Czech Republic).