

Primeras experiencias en el uso de drones para aplicaciones de teledetección en el Grupo Tragsa: lecciones aprendidas.

M^a José Checa Alonso ⁽¹⁾, Pedro Miguelsanz Muñoz ⁽¹⁾, Julián Rejas Ayuga ⁽¹⁾, Rosario Escudero Barbero ⁽¹⁾, Sergio Molina Blázquez ⁽¹⁾, Asunción Roldán Zamarrón ⁽²⁾

⁽¹⁾ Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., S.M.E., M.P.(Tragsatec), C/ Julián Camarillo 6B, Madrid, CP: 28037 (mjca@tragsa.es, pmsm@tragsa.es, jray@tragsa.es, reb@tragsa.es, smb@tragsa.es)

⁽²⁾ Grupo Tragsa. Empresa de Transformación Agraria, S.A. Subdirección de Soporte Técnico e Innovación, C/ Conde de Peñalver, 84, Madrid, CP: 28006 (aroldan@tragsa.es)

Resumen: Los drones o RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) constituyen una herramienta idónea para el análisis de pequeñas superficies, debido a su flexibilidad operacional y versatilidad.

Conscientes del gran potencial de esta tecnología, el Grupo Tragsa puso en marcha en 2015 el proyecto de innovación GT-RPAS 1517, con la finalidad de incorporarla de forma ordenada a las actividades del Grupo. Para ello se constituyó un grupo de expertos y se diseñaron y acometieron distintos ensayos en una serie de temáticas relevantes para el Grupo.

Se han realizado diversos estudios piloto enfocados al seguimiento del estado de la vegetación, en áreas agrícolas y forestales, combinando imágenes de satélite y de RPAS y empleando técnicas de teledetección. Estos trabajos están teniendo continuidad en el marco de los proyectos europeos de I+D+i PLURIFOR-SUDOE (SOE1/P4/F0112) y DATABIO-H2020 (grant agreement No 732064).

Las lecciones aprendidas están siendo trasladadas a guías metodológicas con los protocolos y procedimientos necesarios para una correcta ejecución de los trabajos, así como los controles de calidad para asegurar la homogeneidad y calidad de los resultados.

Palabras clave: RPAS / dron, integración multisensor, satélite, sanidad vegetal.

First experiences acquired by Tragsa Group using drones for remote sensing applications: Lessons learned

Abstract: The drones, also known as RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) stand as an ideal tool in small areas analysis, due to their operational conditions and versatility.

In light of their great interest in a wide range of fields, in 2015 Tragsa group started an innovative project GTRPAS1517 which purpose is to steadily integrate RPAS in the activities carried out by Tragsa Group. In order to achieve this, pilot tests were performed in different fields of work.

Several pilot studies were focused on the evolution of the vegetation activity, in both agricultural and forestry areas, using satellite and RPAS imagery which are processed with remote sensing techniques. These works have continuation within the European projects PLURIFOR-SUDOE and DATABIO-H2020.

The lessons learned are being implemented in methodological guides. They are going to be taken into account with protocols and procedures for the right execution of the works and quality controls to guarantee the homogeneity and quality in the final results.

Keywords: RPAS/drone, multisensory integration, satellite, plant health.

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de I+D+i, el Grupo Tragsa ha organizado el Grupo de Trabajo RPAS (GT-RPAS) para la implantación ordenada de esta novedosa tecnología dentro de las distintas actividades de la empresa. Liderado por expertos en fotogrametría y teledetección, el GT-RPAS ha adquirido las primeras plataformas y formado a un equipo de pilotos, habilitándose como operador de RPAS a finales de 2015. Desde entonces,

bien con medios propios, o a través de la red de colaboradores, el Grupo Tragsa ha realizado múltiples ensayos en distintas temáticas, colocando a la empresa en vanguardia en el uso de esta tecnología. Algunas aplicaciones RPAS, como las de topografía y fotogrametría ya están plenamente operativas, consiguiendo un gran ahorro de tiempo y costes, y reduciendo los riesgos personales, en especial en escenarios de acceso difícil o peligroso (fincas, acantilados, vertederos, etc).

Las aplicaciones RPAS que requieren el empleo de análisis de teledetección sobre datos multiespectrales y térmicos se encuentran sin embargo en estado de desarrollo. Los primeros ensayos RPAS en este campo se realizaron dentro del Proyecto FORRISK (SOE3/P2/F523, Programa INTERREG IVB SUDOE) con el estudio de una masa forestal de *Pinus pinaster* afectada por *Armillaria*. Hasta la fecha se han realizado una serie de ensayos, en el marco de proyectos de I+D+i, centrados en la generación de mapas de vigor vegetal, como apoyo a la gestión y manejo de cultivos en regadío (Proyecto: Gestión eficiente en regadíos) y en la identificación y seguimiento de plagas, como apoyo a la gestión forestal. En el capítulo 3 se muestran algunos resultados de estos proyectos.

En la actualidad se siguen desarrollando metodologías dentro de los proyectos de I+D+i PLURIFOR-SUDOE (SOE1/P4/F0112) y DATABIO-H2020 (grant agreement No 732064) donde los RPAS servirán para el desarrollo de metodologías orientadas al seguimiento fitosanitario de masas forestales afectadas por el nematodo del pino (*Bursapelenchus xylophilus*), la seca de la encina (*Phytophthora cinnamomi*) y el gorgojo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*).

El conjunto de lecciones aprendidas, en relación tanto a la operativa de manejo y mantenimiento de las plataformas como al procesado de las imágenes y obtención de productos derivados de calidad, se está trasladando a guías metodológicas e instrucciones de trabajo, lo que permite ir consolidando los logros y avances en la materia junto con el resto de socios e instituciones participantes en los proyectos de referencia.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Dentro del proyecto GT-RPAS1517, se adquirió una plataforma experimental para trabajos de teledetección en la que se han integrado tres sensores: una cámara fotográfica, una multiespectral y una termográfica. Tiene la gran ventaja de que en un solo vuelo, de forma simultánea, es posible obtener tres tipos de datos (fotografías aéreas, imágenes multiespectrales y termográficas) con las mismas condiciones de captura (luminosidad, temperatura, humedad, viento, etc). Esto hace de ella una plataforma ideal para el desarrollo de metodologías basadas en teledetección que integren distintos tipos de datos (satélite, campo, laboratorio) y que requieren por ello condiciones controladas de captura. Este sistema ha permitido evaluar distintos productos de fotogrametría y de teledetección óptica y térmica.

La integración de la plataforma fue realizada por FADA-CATEC.

2.1. Descripción de la plataforma experimental

Se eligió un sistema de aeronave de clase multirroto, por su versatilidad y flexibilidad en la realización de vuelos: requiere de una pequeña superficie para las maniobras de despegue y aterrizaje, permite un fácil ajuste de la altura de vuelo y de la configuración de los

solapes entre imágenes y ofrece mayores facilidades para la integración de distintos tipos de sensores. Como contrapartida, tiene la importante limitación de su escasa autonomía de vuelo (aproximadamente 10-15 minutos).

El multirroto seleccionado fue un octocóptero, con una capacidad de carga de pago de hasta 5 kg, un bastidor de la marca DJI, modelo S1000, y autopiloto Pixhawk Autopilot System, de la marca 3DRobotics.

El programa para la planificación de vuelo y seguimiento de telemetría es *Mission Planner*, de libre distribución.

Para la estabilización de la cámara se optó por un posicionador (*gimbal*) de 3 ejes, capaz de acoger el conjunto de los tres sensores.

Las características de los sensores embarcados son:

- Cámara fotográfica SONY Alpha A5100, de 24.3 megapíxeles.
- Cámara multiespectral Tetracam Micro Snap MCA6, con una resolución de 1,3 megapíxeles por canal y la siguiente configuración de bandas espectrales estrechas (10 y 20 nm): 490 nm, 550 nm, 680 nm, 720 nm, 800 nm y 900 nm.
- Cámara termográfica FLIR A65, con capacidad radiométrica, sensibilidad térmica inferior a 50 mK a una temperatura ambiente de 30°C, rango espectral de 7,5 a 13 micrómetros y resolución de 640 x 512 píxeles.



Figura 1. Vista del conjunto de sistemas que conforman la plataforma experimental.

2.2. Flujo de trabajo

El flujo general de trabajo comprende cinco fases:

- **Planificación del vuelo.**

Conlleva la caracterización del espacio aéreo en el que se prevé operar, comprobación de la previsión meteorológica y las condiciones en la zona de trabajo (accesibilidad a la zona, disponibilidad de espacio para las maniobras de vuelo y para ubicar la infraestructura necesaria: equipos auxiliares, generador, ordenadores, etcétera).

Los programas de planificación de vuelo disponibles para esta tarea permiten una planificación sencilla y rápida, atendiendo a las necesidades y objetivos de cada trabajo.

La operativa con tres sensores obliga a planificar las misiones (nivel de vuelo y solapes) en función del sensor más restrictivo, en nuestro caso, la cámara multispectral.

- **Configuración y calibración de sensores.**

Consiste en establecer el tiempo de exposición para las cámaras fotográfica y multispectral y en la adquisición de imágenes del panel de calibración para la corrección radiométrica de las imágenes multispectrales. Para los trabajos de teledetección es recomendable que los vuelos se realicen en el intervalo de las dos horas antes y después del mediodía solar y se tomen imágenes del panel de referencia cada 20-30 minutos. Para el cálculo de temperaturas mediante la cámara térmica se realizan medidas de la temperatura ambiente y de la humedad relativa.

- **Realización del vuelo.**

El vuelo puede realizarse en distintos modos, que requieren más o menos intervención del piloto. El modo de vuelo manual resulta útil en el caso de inspecciones, mientras que el modo de vuelo autónomo es el indicado para los trabajos de teledetección.

La operación con la plataforma experimental descrita requiere de la intervención de al menos dos personas, siendo recomendable una tercera para el control de los sensores durante la ejecución del vuelo.

- **Descarga y procesamiento inicial de los datos.**

Esta fase abarca la descarga del registro de vuelo, la generación del fichero de coordenadas con los fotocentros de las imágenes y la descarga e importación de éstas, utilizando los programas informáticos propios de cada sistema. Actualmente, es la fase más tediosa debido a que cada sensor requiere de un programa específico para el procesamiento inicial de los datos. La importación y geotiquetado de las fotografías aéreas se realiza con *Mission Planner*, para las multispectrales con el programa *PixelWrench* y para la termográfica con un desarrollo específico bajo Linux.

- **Procesado de imágenes y generación de productos de teledetección.**

En el análisis de las imágenes se sigue el proceso habitual de los trabajos de teledetección. El programa utilizado para la ortorrectificación y la generación de ortomosaicos es el programa de fotogrametría Pix4D. Los productos obtenidos en esta fase son ortomosaico fotográfico y modelo digital de superficies, ortomosaico térmico en valores de temperatura y ortomosaicos multispectrales en niveles digitales. Una vez obtenidos los ortomosaicos multispectrales y termográficos, los primeros se pasan a valores de reflectividad utilizando las imágenes del panel de referencia y el segundo, se pasa a valores de temperatura utilizando el programa desarrollado a medida para esta tarea. Por último se realiza una validación de la calidad geométrica y radiométrica de los ortomosaicos obtenidos empleando la información de referencia disponible (ortofotos PNOA, imágenes de satélite o datos de campo).

Uno de los aspectos más importantes es verificar la bondad y coherencia de los resultados obtenidos en los índices de vegetación calculados con imágenes de satélite y datos de referencia recopilados en campo. Los

índices contrastados en los distintos ensayos RPAS son los siguientes: NDVI (Rouse *et al.*, 1974), GNDVI (Gitelson *et al.*, 1996) y OSAVI (Huete, 1988) y de pigmentos, ARI (Gitelson *et al.*, 2001), NGRDI (Gitelson *et al.*, 2002) y TCARI (Haboudane *et al.*, 2002 y Meggio *et al.*, 2010)

3. RESULTADOS

- **Proyecto I+D+i OPTIREG 1316: Gestión eficiente de regadíos.**

Centrado en la optimización de la eficiencia energética e hídrica en la gestión del regadío.

A partir de las imágenes RPAS multispectrales se calcularon los índices de vegetación citados, con los derivados de una imagen Sentinel2 coetánea y en valores de reflectividad en superficie (BOA).

Los resultados obtenidos demuestran que los datos son coherentes entre sí, teniendo en cuenta las diferencias derivadas de la distinta posición y anchura de las bandas espectrales y resolución espacial. Los valores de reflectividad medios de las bandas espectrales de Tetracam son más altos que los observados en Sentinel2. En el caso del índice de vegetación, NDVI de Tetracam (utilizado posteriormente para derivar el coeficiente de cultivo, Kcb y Kc), su valor es inferior para los cultivos con alta actividad vegetativa (maíz, remolacha y alfalfa) y muy similar para los valores más bajos, como las cubiertas vegetales secas (cereal de invierno) o los suelos desnudos (figura 2).

Los datos térmicos, sólo se compararon de forma cualitativa. Las variaciones de temperatura de la superficie del terreno después de efectuarse un riego han permitido detectar los aspersores con un mal funcionamiento, demostrando su utilidad para la inspección de infraestructuras de riego.

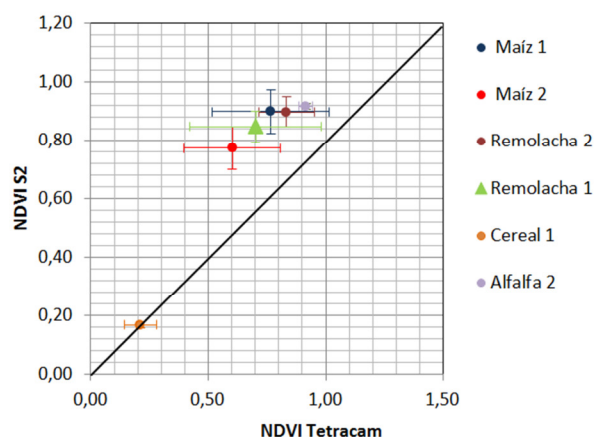


Figura 2. Comparación de los valores de NDVI derivados de Sentinel 2 y Tetracam.

- **Proyecto I+D+i GT-RPAS: Identificación de palmeras afectadas por “picudo rojo” (*Rhynchophorus ferrugineus*).**

El objetivo de este ensayo fue evaluar el potencial de los datos adquiridos con plataformas RPAS en la detección

de palmeras afectadas por picudo rojo en la localidad murciana de Abanilla. Se realizaron dos vuelos a diferentes alturas, 50 y 100 m.

Se parte de la premisa de que las palmeras afectadas por la plaga sufren un deterioro de su salud que se manifiesta en una pérdida de vigor vegetal, clorosis, estrés hídrico, etc.

La metodología general consistió en la extracción de las copas de los árboles (a partir del uso combinado de los índices de vegetación y el modelo digital de superficies), de las que se seleccionó sólo la parte del estípite, e identificación de los individuos de la muestra, para su posterior correlación con los datos de campo sobre presencia/ausencia de la plaga. La principal dificultad encontrada en este caso fue identificar correctamente las copas, debido a la complejidad de la estructura de la vegetación (disposición y geometría de las hojas, altura de las palmeras, marcos de plantación, etcétera).

Para el análisis de las imágenes multiespectrales se calcularon los índices de vegetación citados anteriormente. El análisis de correlación de estos índices con los datos de campo indica que no existen diferencias significativas entre las palmeras afectadas y sanas.

En el caso del térmico, los mejores resultados se obtuvieron con los datos procedentes del vuelo a 100 m, donde las palmeras afectadas presentaban una temperatura ligeramente superior (figura 3).

Los resultados obtenidos, aunque no sean concluyentes, se consideran prometedores y requerirán de nuevos ensayos que permitan profundizar en el estudio, ampliando el número de fechas de imágenes, el tamaño de la muestra y medición de variables fisiológicas.

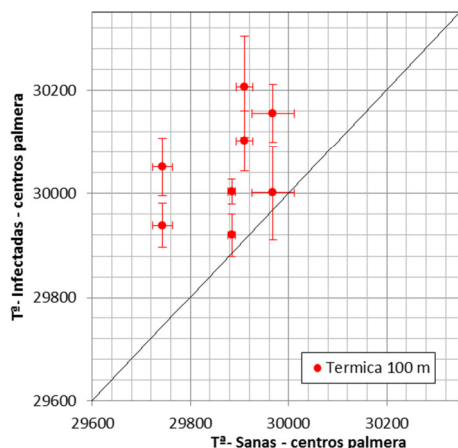


Figura 3. Comparación de los valores de Temperatura (x100) entre palmeras sanas e infectadas por picudo.

4. DISCUSIÓN

En relación al uso de estos sistemas, su alta disponibilidad proporciona al operador una gran autonomía para la adquisición de datos, sin embargo, hay que tener en cuenta las limitaciones de uso fijadas en la normativa vigente (a día de hoy, Ley 18/2014, de 15 de octubre) y los condicionantes propios de la

operación de una aeronave (meteorología y medios e infraestructura necesarios).

En cuanto al procesado de los datos, existen todavía cuellos de botella derivados del estado de la técnica (datos originales no normalizados, con formatos propietarios, etcétera), aunque la especialización en el sector hace que cada vez haya una mayor oferta de soluciones *llave en mano*, optimizadas para distintos tipos de trabajo (fotogrametría, teledetección, inspección, etcétera) que minimizan los problemas derivados de la integración en la aeronave de los sensores, o de la compatibilidad de formatos y tipo de datos.

En los ensayos de teledetección comentados, se ha comprobado que los datos capturados con la plataforma experimental multisensor del Grupo Tragsa, son comparables y coherentes con imágenes de satélite de diverso tipo. Sin embargo, el uso operativo de esta tecnología requiere seguir desarrollando protocolos de trabajo, en el marco de proyectos de I+D+i, que aseguren la correcta ejecución de los trabajos y establezcan los controles de calidad necesarios para asegurar la homogeneidad y calidad de los resultados. Es, por tanto, una plataforma de captura de datos complementaria a los satélites que facilita la escalabilidad de los protocolos de análisis de imágenes aplicados. Se trata asimismo de una plataforma muy eficaz para complementar y/o sustituir los muestreos de campo, según el caso, asegurando una buena sincronización entre la adquisición de imágenes de satélite y los datos de verdad terreno.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los participantes en el GT-RPAS su dedicación e implicación en el proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Calderon, R.; Montes-Borrego, M.; Landa, B.B.; Navas-Cortés, J.A.; Zarco-Tejada, P.J. 2014. *Detection of downy mildew of opium poppy using high-resolution multi-spectral and thermal imagery acquired with an unmanned aerial vehicle*. Springer, Precision Agriculture, vol 15, nº 6, 639-661; DOI: 10.1109/TGRS.2013.2287304
- Del Pozo, S.; Rodríguez-González, P.; Hernández-López, D.; Felipe-García, B., 2014. *Vicarious Radiometric Calibration of a Multispectral Camera on Board an Unmanned Aerial System*. Remote Sensing 2014, 6, 1918-1937; DOI: 10.3390/rs6031918
- Beck, P. S.A.; Zarco-Tejada, P.; Strobl, P.; San Miguel, J., 2015. *The feasibility of detecting tres affected by the Pine Wood Nematode using remote sensing*. JRC Technical Report, European Commission. Report EUR 27290 EN. DOI: 10.2788/711975