

CASO PRÁCTICO

Aplicación de UAV a la detección de fauna como soporte a los censos cinegéticos. REDIAM

Prieto, R.², Méndez, E.², Vales, J.J.², Pino, I.², Carpintero, I.R.², Granado, L.², Montoya, G.², Giménez de Azcárate, F.², Cáceres, F.¹, Moreira, J.M.¹

¹ *Secretaría General de Medio Ambiente y Agua. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Av. Manuel Siurot, 50, 41071 Sevilla, España.*

² *Red de Información Ambiental de Andalucía. Subdirección de Comunicación y Sistemas de Información. Agencia de Medio Ambiente y Agua. Johan Gutenberg, 1, Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla, España.*

Resumen: El presente trabajo presenta la metodología seguida para el análisis de la potencialidad de los vehículos no tripulados (UAV) como plataformas de observación adecuadas para la adquisición de imágenes térmicas sobre ámbitos cinegéticos, y la estimación de individuos de estas poblaciones (fauna, en este caso venados). Debido a limitaciones detectadas en la información de partida, algunas fases del trabajo son aproximaciones alternativas a un proceso óptimo. En base a esto, se plantean requerimientos técnicos específicos a los vuelos de cara a realizar un análisis más adecuado.

Palabras clave: censo, fauna, teledetección, UAV, GSD, GNSS, GPS, INS, Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

Use of UAVs for fauna detection as support of hunting census. REDIAM

Abstract: The following paper details the methodology for analyzing the potential of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) as suitable observation platforms for obtaining thermal images of hunting areas, and for the estimation of number of individuals for these populations (fauna, in this case deer). Due to limitations detected in the initial information, some of the work stages are alternative approaches to an optimal process. On this basis, specific technical flight requirements are proposed in order to carry out a more appropriate analysis.

Key words: census, fauna, remote sensing, UAV, GSD, GNSS, GPS, INS, Environmental Information Network of Andalusia (REDIAM).

1. Introducción

Los recursos cinegéticos constituyen un aprovechamiento tradicional del monte mediterráneo. Para la adecuada gestión de este recurso es imprescindible disponer de información lo más fiable posible de la población cinegética existente y del estado de conservación del medio en el que se encuentra para

respetar las condiciones necesarias de desarrollo y conservación de especies y poder regular adecuadamente la carga cinegética en estos territorios.

Los censos para la estimación de poblaciones vienen realizándose por métodos clásicos (itinerarios, conteo en comederos,...). Como complemento o alternativa a los mismos se plantea el uso de la teledetección a partir de sensores aerotransportados

* Autor para la correspondencia: rprieto@agenciamedioambienteyagua.es

en UAV, en particular la utilización del infrarrojo térmico (Naugle *et al.*, 1996; Wilde *et al.*, 1999; Kissell *et al.*, 2004; Zarco, 2012), sobre los que llevar a cabo la identificación de especies animales y por tanto estimación de número de individuos de dichas poblaciones sobre ámbitos territoriales suficientemente relevantes (por ejemplo, cotos de caza).

Para este estudio se ha utilizado información previa de un vuelo no tripulado sobre parte de la finca Las Navas (Sevilla) realizado por la empresa ELIMCO en colaboración con la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía, que se llevó a cabo el 11 Enero de 2012 a primeras horas de la mañana en las que las diferencias térmicas entre animales y suelo son mayores. Se cubrieron unas 725 ha en modo captura rápida para observación y conteo de fauna y sin requerimientos técnicos propios de fines cartográficos. De forma simultánea al vuelo se llevó a cabo observación en campo de localización más probable de individuos. En este sentido es muy importante la experiencia previa y conocimiento de la especie y su comportamiento en el hábitat donde se desarrolla. Para la obtención de imágenes se planificó captura con dos sensores de

forma simultánea, una cámara para capturar en el térmico para el trabajo de identificación de individuos y otra cámara para capturar en el visible como apoyo a la fotointerpretación de las imágenes y los tratamientos sobre las mismas, que podría permitir una verificación en la identificación de elementos (individuos) en el térmico. Problemas técnicos impidieron disponer de la colección de imágenes en el visible. En relación a la colección de imágenes en el térmico, se dispone de 2500 imágenes en formato crudo (*raw data*) con tamaño 640×480, adquiridas principalmente en 22 pasadas (aproximadamente paralelas) con la cámara térmica “*Miracle Camera LVDS 307K. Thermoteknix Systems Ltd*” (Array Size 640×480; Spectral Response 8-12µm; Pixel Pitch 25 µm) a bordo de la plataforma no tripulada “*E-300 Viewer*” (Figura 2). También se dispone de posiciones GPS poco precisas de la trayectoria del vuelo obtenidas en modo navegación, es decir, en modo absoluto. Para identificación de individuos se ha empleado una zona piloto extendiendo metodología a todo el ámbito.

En el desarrollo del trabajo se analizan los factores que intervienen en el proceso y en los resultados obtenidos. En este sentido se han extraído una serie

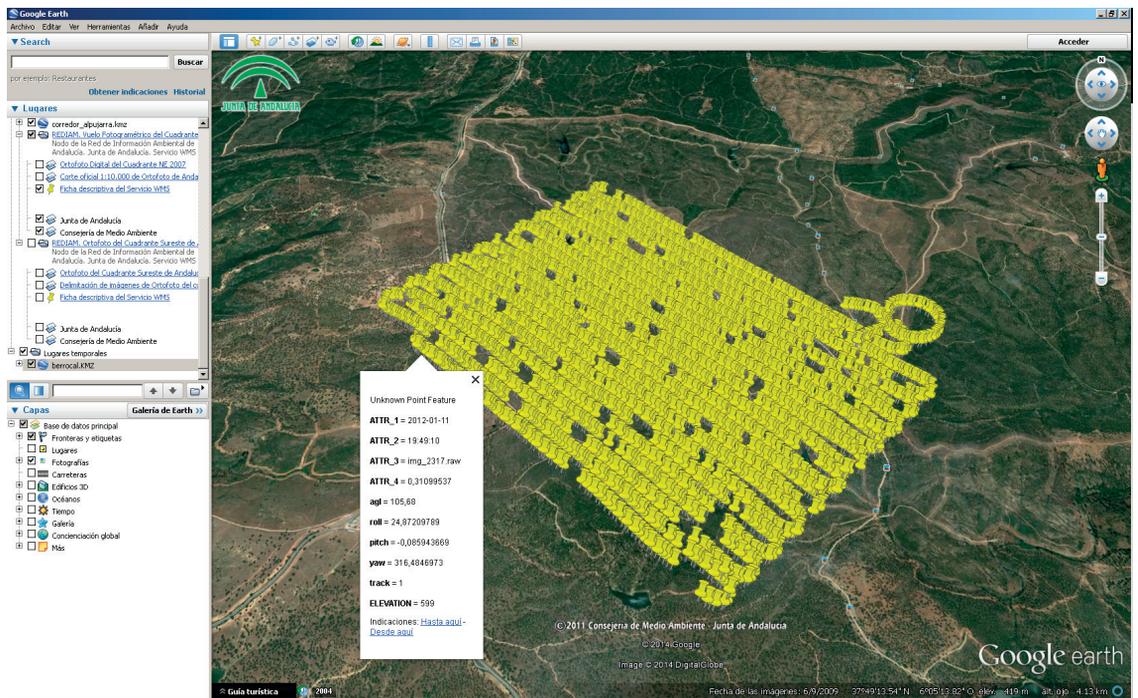


Figura 1. Visualización de Base de Datos de Vuelo disponibles. Localización aproximada de Centros de Proyección (CDP) de imágenes.



Figura 2. Izquierda: Cámara térmica utilizada. Derecha: Plataforma “E-300 Viewer” utilizada para la captura de imágenes en momentos previos a su despegue (lanzamiento).

de conclusiones importantes principalmente encaminadas a la mejora de la observación (adquisición de imágenes y datos complementarios) y al tratamiento posterior de los mismos, que se recogen como una serie de requerimientos técnicos que aunque no imprescindibles para la obtención de unos resultados cualitativos, son necesarios para agilizar y optimizar los trabajos, y mejorar los resultados obtenidos pudiendo llegar a ser cuantitativos.

2. Metodología

El trabajo se ha llevado a cabo en cuatro fases: Análisis de la información, control geométrico del vuelo, preparación de imágenes para el análisis y por último, análisis e identificación de individuos.

De las primeras fases de análisis de la información disponible (cámara, trayectoria de vuelo, imágenes,...) y de la geometría del vuelo, se ha obtenido la información necesaria para la obtención de parámetros de georreferenciación lo más correcta posible de las imágenes. A partir del tratamiento y mosaicado de estas, en la última fase se ha trabajado en la identificación de individuos dentro de una muestra (primero sobre una imagen y después sobre un mosaico de 153 imágenes) para establecer los tratamientos a aplicar posteriormente en el análisis de todo el ámbito cubierto por vuelo.

2.1. Análisis preliminar del vuelo

Objeto del Vuelo. El vuelo se realizó con fines de catalogación pero no se tuvieron en cuenta

requerimientos técnicos habituales cuando se persiguen fines cartográficos mediante procesos fotogramétricos de orientación de imágenes (triangulación) y ortorrectificación de los mismos que permiten obtener mosaicos de Ortoimágenes. En este sentido se hace necesaria una planificación de vuelo mucho más rigurosa y unas condiciones que se comentan a continuación.

Sincronización de sistemas de posicionamiento y angular con la captura de imágenes.

Haciendo uso de los datos adquiridos por estos sistemas para la trayectoria del UAV, se lleva a cabo una asignación de posición XYZ y ángulos aproximados de orientación del sensor al centro de proyección de la imagen, es decir, en el momento de disparo (captura de la foto). En trabajos topográficos y cartográficos (restitución, cálculo de volúmenes,...) es imprescindible que la cámara esté perfectamente sincronizada con las posiciones XYZ obtenidas con el sistemas GNSS (habitualmente GPS) y los datos inerciales obtenidos de posición del UAV (*roll, pitch, yaw*) mediante sistema inercial (IMU) durante el vuelo (GPS+INS). Es decir, se pueden conocer con mucha precisión la posición y orientación del sensor en el momento de la toma de forma que se facilitan tanto la georreferenciación de imágenes como los procesos de orientación externa a partir de Aerotriangulación.

El principal inconveniente en este vuelo, ha sido la falta de integración compacta y sincronización de los componentes del sistema de adquisición de datos (cámara térmica, GPS, Sistema Inercial (IMU),...). Este efecto es especialmente apreciable

entre imágenes de diferentes pasadas ya que este desplazamiento en una pasada es de signo contrario al de la anterior. Se trata de un error que en ocasiones provoca que la distancia entre tomas sea anormalmente irregular. El análisis de esta información confirma que se ha producido desfase de 20-30-40 m entre las imágenes capturadas y las posiciones asignadas, errores no sistemáticos que afectarán por tanto a la georreferenciación aproximada de las mismas. Otro aspecto de interés es que no se dispone de información correcta de rumbo, deriva del avión, etc.

Es decir, para este vuelo no se han podido obtener aproximaciones correctas de los parámetros de orientación externa de cada fotograma (imagen): Posiciones (XYZ) y ángulos (omega, phi, kappa).

Posiciones GNSS. A lo expuesto hay que añadir que las posiciones GNSS (en este caso GPS) obtenidas en este vuelo se han obtenido a partir de observaciones en modo absoluto (es decir en navegación), con precisiones métricas. Cuando se persiguen fines cartográficos es imprescindible observaciones en modo relativo y postproceso de observaciones para cálculo preciso de trayectorias. Lo adecuado hubiera sido el uso de varios receptores, uno instalado en la plataforma aérea y al menos otro en una plataforma en tierra. Las posiciones de la trayectoria obtenidas de esta forma mejoran sustancialmente en precisión llegando a nivel decimétrico.

Cobertura superficial (huecos, recubrimientos...). Revisando la configuración del terreno, distribución de pasadas, puntos de la trayectoria,... se observan algunas zonas con problemas de recubrimiento longitudinal en una misma pasada (huecos,

saltos,...) y se intuyen posibles problemas de recubrimiento transversal (la altura del vuelo sobre el terreno no es la misma en la todas las pasadas). Estos problemas de cobertura, se evidenciarán en el posterior control geométrico del vuelo.

Planificación del vuelo y escala de las imágenes. Haciendo un análisis de la planificación del vuelo de partida (configuración de pasadas, escala,...) se verifica que se hizo uso de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) genérico obtenido a partir de datos radar satelitales. Este MDE de baja resolución, tiene menor resolución y precisión que los MDE nacionales PNOA, introduciendo una incertidumbre importante en la escala de las imágenes (directamente relacionada con la distancia sensor-terreno).

Por otro lado, se ha utilizado una escala de vuelo aproximada que a priori no se conoce si es la adecuada para la detección de individuos (de caza mayor).

La escala de las imágenes relacionada con la altura de vuelo sobre el terreno (ver Figura 3), está por tanto directamente ligada con el detalle del terreno que se desea capturar, es decir con el tamaño del píxel sobre el terreno (GSD, *Ground Sample Distance*). (Ver Figura 4). Es importante establecer un GSD nominal adecuado a los elementos que queremos capturar (animales), para este caso podría definirse entre 15-20 cm. La escala de las imágenes puede variar sustancialmente dependiendo de las pasadas, y por tanto el tamaño de los animales sobre las imágenes.

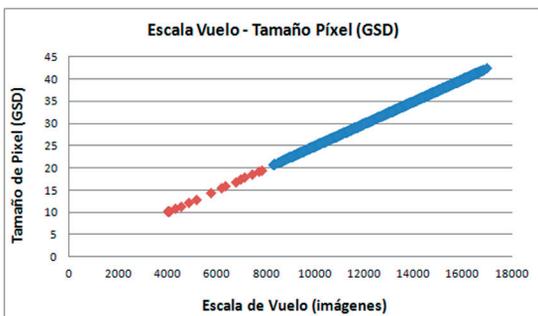


Figura 3. Control de geometría del vuelo. Relación entre escala de vuelo y tamaño de píxel (GSD) obtenido para cada imagen. En rojo posiciones del UAV en despegue y ascenso hasta altura planificada.



Figura 4. Control de geometría del vuelo. Relación entre alturas de vuelo sobre el terreno y tamaño de píxel (GSD) obtenido para cada imagen. En rojo posiciones del UAV en despegue y ascenso hasta altura planificada.

Lo adecuado es llevar a cabo una planificación de vuelo con un MDE más preciso (PNOA) definiendo pasadas de escala similar (y coherentes con elementos a representar). Cartográficamente lo adecuado puede ser ceñirse a la orografía del territorio, pero tomando en consideración que los elementos de interés son móviles puede deducirse que el barrido sistemático y con pasadas paralelas puede proporcionar mejores resultados si no hay cambios bruscos en la orografía. En la Figura 5, puede apreciarse que el vuelo se ha realizado a una altura constante sobre el nivel del mar (pero hay cambios importantes en la orografía del territorio).

Es importante tomar en consideración que una adecuada planificación (coherente con el GSD, tamaño de píxel en el terreno) permite obtener una adecuada cobertura fotográfica, es decir, relación entre el número de pasadas/fotografías y superficie a cubrir.

En cualquier caso, hay que tomar en consideración que en función de los productos a utilizar en el análisis (imágenes o productos de valor añadido generados *a posteriori*: Ortoimágenes) se pueden conseguir mejores resultados:

- *Georreferenciación aproximada con GSD constante.* Si se hace uso de fotogramas así georreferenciados, el tamaño de las imágenes es por tanto constante para todo el vuelo, pero los objetos contenidos en las mismas pueden cambiar de tamaño sustancialmente en función de la escala real de cada fotograma.
- *Georreferenciación.* Cuando se georreferencian los fotogramas con un GSD ajustado, obtenido

según escala de cada fotograma, los problemas anteriores se atenúan pero siguen existiendo problemas derivados de la perspectiva cónica de la captura (cámara) y del efecto del relieve.

- *Ortorrectificación.* Cuando se ortorrectifican y mosaican los fotogramas, se eliminan todos los problemas mencionados (derivados de escala de cada imagen, perspectiva cónica, relieve,...) disponiendo de producto continuo en el que los objetos (animales) tienen un tamaño similar y una posición correcta. Para llevar a cabo un proceso de ortorrectificación es necesaria información correcta de la posición de los fotogramas y un proceso riguroso de orientación de los mismos.

En el presente trabajo se ha realizado el segundo caso, debido a la imposibilidad de llevar a cabo una correcta ortorrectificación.

Coordenadas y altura de vuelo. Un aspecto importante que no puede obviarse es la referencia altimétrica. Las coordenadas GPS disponibles se encuentran en sistema WGS84 y la altura del vuelo disponible es elipsoidal, por lo que resulta imprescindible llevar a cabo la obtención de la altura ortométrica (sobre el nivel del mar) para poder contrastar con la altura del MDE para llevar a cabo un control geométrico aproximado del vuelo.

2.2. Control de la geometría del vuelo

Tomando en consideración los aspectos comentados se lleva a cabo un exhaustivo control de la geometría del vuelo a partir de las posiciones obtenidas de los centros de proyección. Se llevan a cabo test de control de: altura de vuelo, escala de imágenes, tamaño de píxel (GSD a partir de anteriores parámetros), recubrimientos longitudinales entre imágenes y transversales entre pasadas. Para ello se hace uso de herramientas propias de la REDIAM desarrolladas para “*control de calidad*” de vuelos fotogramétricos (principalmente regionales PNOA) y MDE PNOA actual.

Es importante comentar que las variaciones por aumento de la resolución en el GSD nominal pueden ocasionar problemas de recubrimiento longitudinal o transversal, y variaciones por disminución problemas de falta de detalle de los elementos. Los resultados de dichos test muestran problemas varios principalmente relacionados con el tamaño del GSD y

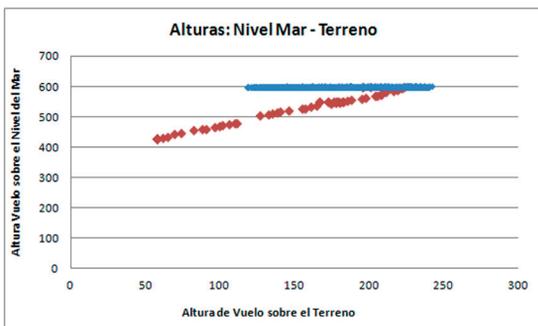


Figura 5. Control de geometría del vuelo. Relación entre alturas de los centros de proyección sobre el nivel del mar y sobre el terreno. Los puntos con elevación por debajo de 600 metros sobre el nivel del mar (rojo) corresponden al despegue y ascenso del UAV hasta la altura planificada para captura de imágenes.

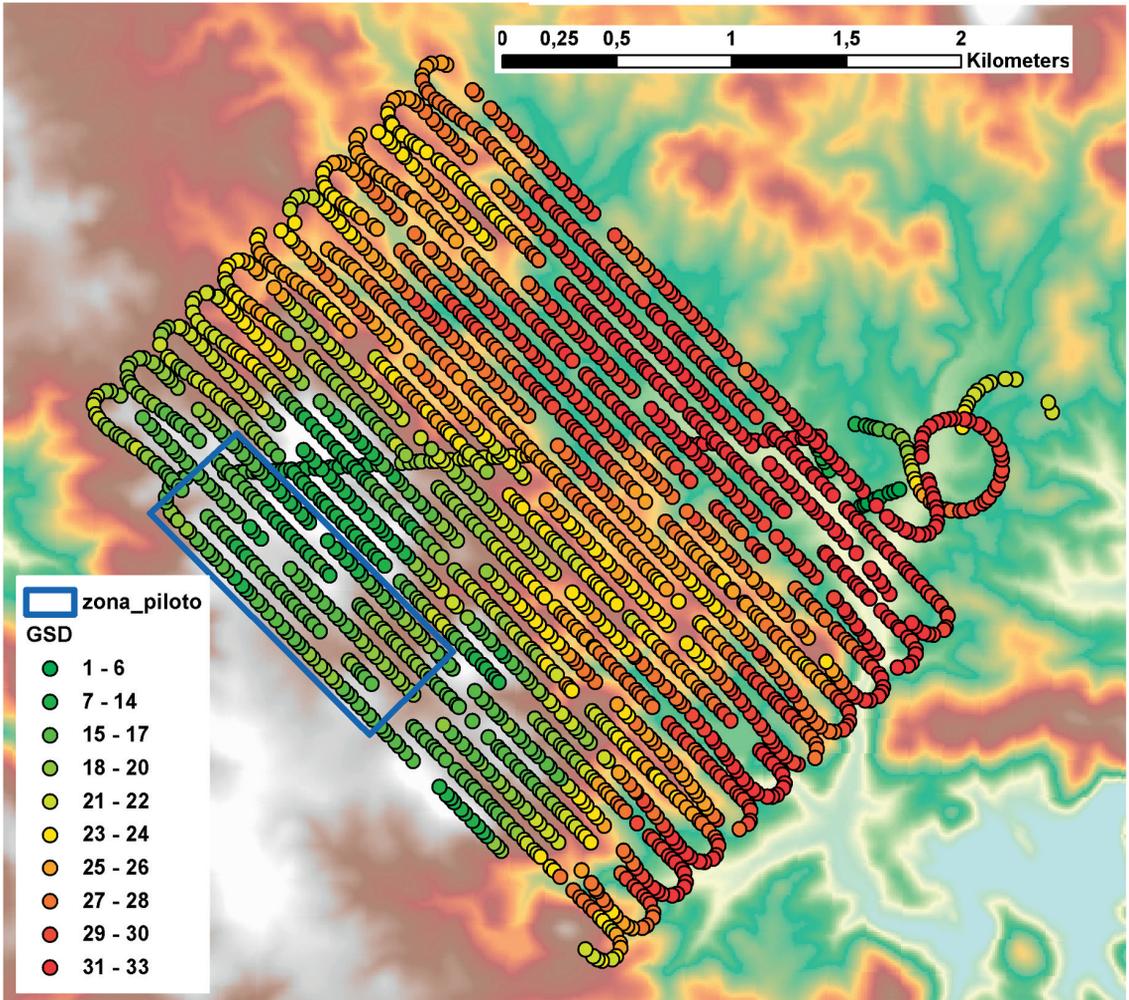


Figura 6. Control geométrico del vuelo: Resultados de test de control análisis del tamaño de píxel (visualización sobre CDP de imágenes). En azul, localización de ámbito piloto.

con los recubrimientos, principalmente transversales entre pasadas. (Ver Figuras 6 y 7).

En la figura 4 podemos comprobar zonas más problemáticas (color rojo) en relación a la cobertura superficial del terreno, principalmente en el ámbito piloto seleccionado, en el que podrían quedarse animales sin registrar. Para trabajos fotogramétricos principalmente orientados a restitución ó generación de ortofotografías suele seleccionarse un 60% de recubrimiento longitudinal y un 30% transversal.

Analizando la distribución de valores se puede apreciar una serie de grandes huecos en pasada, saltos entre los recubrimientos entre fotos,... que pueden ser debidos a múltiples factores: cadencia de

tomas fotográficas, asignación de coordenadas a los fotogramas,...

Dadas las características de la plataforma/sensor se concluye que es importante llevar a cabo una correcta planificación del vuelo antes de su ejecución para evitar los problemas de escala y recubrimientos detectados. Para ello hay que tomar muy en consideración las alturas sobre el terreno de las trayectorias y todos los aspectos comentados en el apartado 2.1.

2.3. Imágenes y mosaicado

A partir de las posiciones GPS, orientación de pasadas y datos calculados en los test de control geométrico realizados (principalmente GSD para cada fotograma) se puede llevar a cabo una

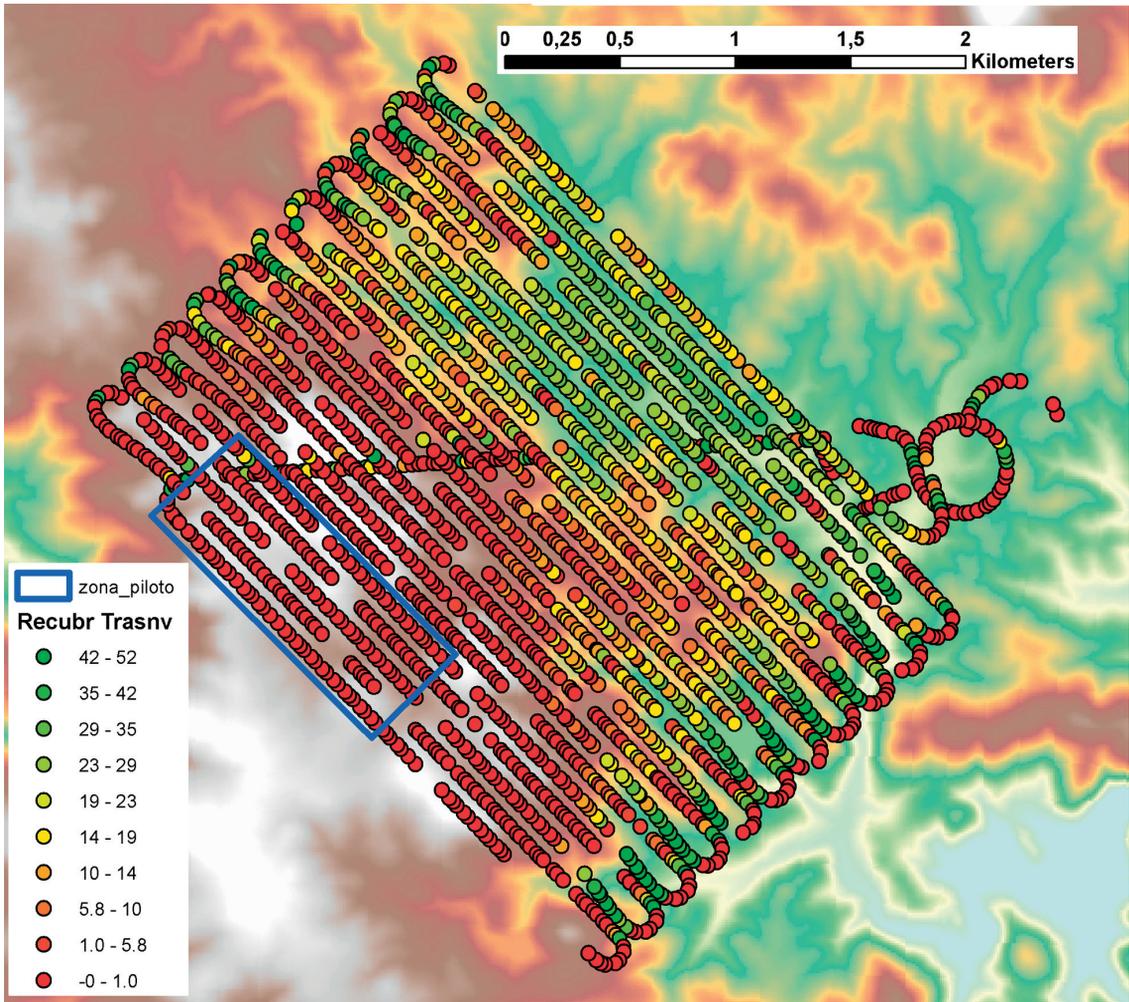


Figura 7. Control geométrico del vuelo: Resultados de test de control análisis del recubrimiento transversal entre pasadas (visualización sobre CDP de imágenes).

georreferenciación aproximada que permita una interpretación visual de las imágenes. El resultado mejoraría sustancialmente con un proceso de Aerotriangulación (Orientación de fotogramas). En este sentido se ha seleccionado un ámbito en donde el GSD es “adecuado” según apartado 2.1 (Figuras 6 y 7), y en donde se verificó en campo presencia de individuos. Para ello se han obtenido las imágenes en un formato de trabajo, transformando de *raw data* a TIFF 16 bits *unsigned*. A cada imagen TIFF se le aplica su correspondiente *World File* (tfw) con parámetros específicos de cada imagen (orientación de la imagen, resolución en función de su escala,...). Inicialmente se ha generado un mosaico para el ámbito piloto de 153 imágenes (ver apartados posteriores), y posteriormente se ha obtenido

un mosaico de todo el ámbito del vuelo (2.500 imágenes) sobre el que extrapolar la metodología de identificación de individuos. La generación de los *World File* para georreferenciación de imágenes se ha realizado con herramientas REDIAM y los mosaicos con ERDAS IMAGINE (por pasadas) y ArcGIS (mosaico completo).

El uso de las imágenes así capturadas está afectado por las limitaciones propias de la perspectiva cónica a las que se suman las de la georreferenciación aplicada según proceso expuesto (errores no sistemáticos de incluso decenas de metros). Sin embargo, la georreferenciación de las mismas teniendo en cuenta la escala a la que se ha tomado cada imagen permite que los elementos registrados tengan unos tamaños comparables. Este aspecto

es especialmente importante en la identificación de animales (que deben ser de un tamaño similar aparezcan en la imagen que aparezcan). Una mejor aproximación se obtendría generando la ortoimagen (u ortofotografía) de cada fotograma (no realizada en este trabajo).

Tanto por interpretación visual como por tratamientos digitales, si se estudiara imagen a imagen se podrían tener problemas de duplicidad de elementos debidos al solape entre fotogramas y entre pasadas. Además cualquier tratamiento digital requeriría aplicarlo tantas veces como imágenes (fotogramas) disponibles.

Una optimización del proceso se consigue trabajando sobre un mosaico de imágenes de forma que cualquier clasificación se aplica una sola vez. Para eliminar cualquier tipo de problema de duplicidad, georreferenciación, etc. lo más adecuado es realizar la ortorrectificación de las imágenes (fotogramas) y el posterior mosaicado. Debido a las limitaciones de datos de partida y a los objetivos de este estudio, en este caso se ha llevado a cabo la obtención de un fotomosaico (mosaicado de las imágenes georreferenciadas del ámbito piloto seleccionado (Figura 8) con el objeto de comprobar que se puede trabajar directamente con el mismo para la identificación de fauna mediante tratamiento digital y clasificación.

Comparando el fotomosaico con una base cartográfica de referencia precisa como la ortofotografía PNOA (Figura 9), pueden apreciarse limitaciones geométricas comentadas a la hora de llevar a cabo la georreferenciación de las imágenes (y también

las deformaciones debidas a la perspectiva cónica de los fotogramas). Este fotomosaico se emplea como una aproximación del mosaico de ortoimágenes en el que se eliminan diferentes problemas ya comentados anteriormente.

2.4. Análisis digital e identificación de elementos

Disponiendo de las imágenes individuales y del fotomosaico (en el ámbito piloto) en esta fase del trabajo se han llevado a cabo tratamientos digitales para la identificación de potenciales individuos de fauna cinegética (venados) de la finca. Se ha trabajado inicialmente sobre imágenes individuales y posteriormente sobre el mosaico piloto para estudiar la viabilidad de identificación de animales y verificar que se obtienen similares resultados al trabajar sobre el mosaico piloto. Posteriormente, el proceso se ha extrapolado a todo el ámbito de vuelo (mosaico de 2.500 imágenes). En todos los casos se ha trabajado con las imágenes en nivel digital, sin intentar transformarlos a ningún parámetro físico (temperatura suelo, temperatura de animales,...). Dado que las imágenes se han capturado a primeras horas del día, el análisis se basará en las diferencias en la respuesta de los elementos detectados. Para ello, utilizando el software ENVI se llevan a cabo diferentes tratamientos entre los que se selecciona finalmente la aplicación de un filtro de textura (en este caso ocurrencias), fundamentada en que las imágenes

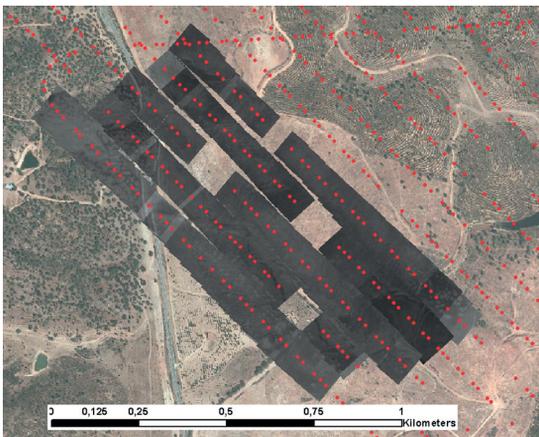


Figura 8. Mosaico piloto (153 imágenes sobre 5 pasadas) sobre ortofotografía PNOA.



Figura 9. Diferencias posicionales y limitaciones geométricas de una de las imágenes georreferenciadas (elementos en rojo) vs. ortofotografía PNOA (verde).

contienen muchas frecuencias espaciales distintas con regiones de alta variación de brillo. Tras el análisis del resultado se realiza una clasificación supervisada de paralelepípedo sobre la banda de la varianza y también sobre la banda del contraste, identificando elementos (regiones de interés) sobre animales con certeza por observación en campo y sobre otros elementos como bordes de imagen y otros considerados como ruido. Se llevan a cabo pruebas con 2 clases (animales y resto) y 3 clases (animales, bordes de imagen y otros). Pruebas similares se llevan a cabo sobre la banda de homogeneidad, no aportando resultados de interés.

Los mejores resultados se obtienen de las clasificaciones sobre la banda de la varianza haciendo uso de 2 clases (animales y resto).

Buenos resultados también se han obtenido aplicando una clasificación mediante árbol de decisión discriminando clases por umbrales, trabajando directamente con dos clases: animales y resto. Una vez se conocen los umbrales de los elementos a identificar este proceso podría aplicarse directamente a mosaicos de diferentes vuelos, siempre y cuando se hayan realizado bajo las mismas condiciones: características técnicas del vuelo, sensores empleados, fechas y horas de vuelo, especies a identificar,... Dada la incertidumbre que estas condiciones pueden introducir, se desecha esta vía de cara a líneas de trabajo operacional.

En las Figuras 10 y 11, se muestran en detalle resultados de localización de individuos potenciales sobre el mosaico piloto. Estos elementos pueden estar duplicados (registrados en fotogramas consecutivos), en primer lugar debido al solape de las

imágenes y también porque los animales podrían haberse movido (en menor probabilidad). En el análisis realizado sobre el mosaico de todo el vuelo se han localizado diferentes ámbitos con presencia potencial de individuos.

Posteriormente a la identificación se realizan procesos de post clasificación para la mejora del resultado, filtrando el resultado para intentar eliminar información que no es de interés (bordes de imágenes, artefactos, otros elementos,...) obteniendo una imagen con localización de todos los elementos de interés, sobre la cual se lleva a cabo un proceso de vectorización y depuración. En esta fase hay que aplicar un trabajo de interpretación para desechar elementos no probables en el cómputo global. En este sentido la observación directa a pie de campo aporta información muy valiosa al respecto, sin embargo está muy restringida a ámbitos y casos muy específicos (condiciones de visibilidad,...). Por otro lado, el uso de otros sensores (visible,...) a bordo de las plataformas UAV podrían aportar información para contrastar la presencia de grupos de individuos. Es decir, pueden tomarse imágenes con cámara térmica y visible de forma que los datos obtenidos con la segunda aportan una gran información para interpretación de resultados. En este sentido es de interés destacar que con los procesos de clasificación de imágenes se han detectado individuos potenciales que están bajo árboles y que en una inspección de las imágenes visibles no se percibirían. Un aspecto de interés puede ser el seguimiento de algunos individuos en los que se hayan implantado mini receptores GPS, tanto como verificación de

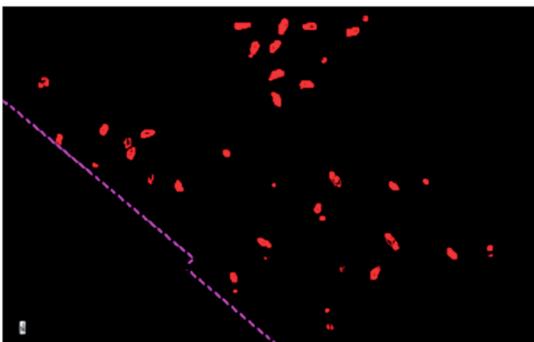


Figura 10. Resultados sobre mosaico piloto. Elementos detectados en el tratamiento digital y clasificación de imágenes.

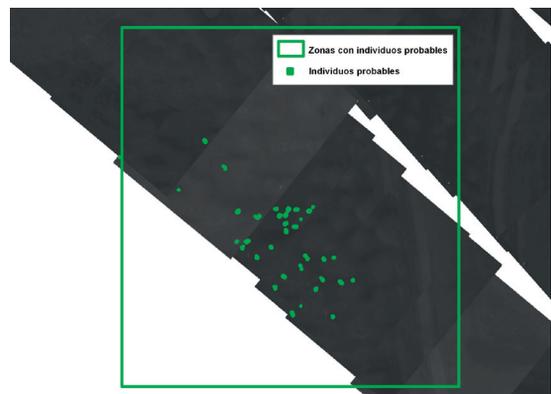


Figura 11. Resultados sobre ámbito piloto. Individuos potenciales detectados sobre mosaico de imágenes térmicas y ortofotografía PNOA.

campo para contrastar imágenes como para analizar el comportamiento de la especie y disponer de suficiente información para planificar fechas de captura de imágenes, trayectorias de vuelo, etc.

3. Resultados

En este estudio, a partir de tratamiento digital se han localizado una serie de elementos que potencialmente pueden ser animales. Centrándonos en el ámbito piloto, sobre la Figura 12 pueden apreciarse en verde los elementos seleccionados como probables y en rojo aquellos que no son probables (errores por comisión debidos a diferentes factores). El comportamiento de la especie y la verificación en campo simultánea a la captura de imágenes confirman la presencia de manada de venados. Los elementos localizados (no probables) distribuidos casi sistemáticamente en muchos fotogramas pueden considerarse errores debidos a diferentes factores. Tomando en consideración el análisis de todo el ámbito cubierto por el vuelos (mosaico completo), se han localizado diferentes zonas en las que se han detectado elementos, algunos probables y otros no probables. El tamaño de los mismos, el comportamiento de la especie (agrupaciones en manadas,...), interpretación de elementos con Ortofotografía PNOA,... permiten estimar ámbitos probables y no probables (Figura 13).

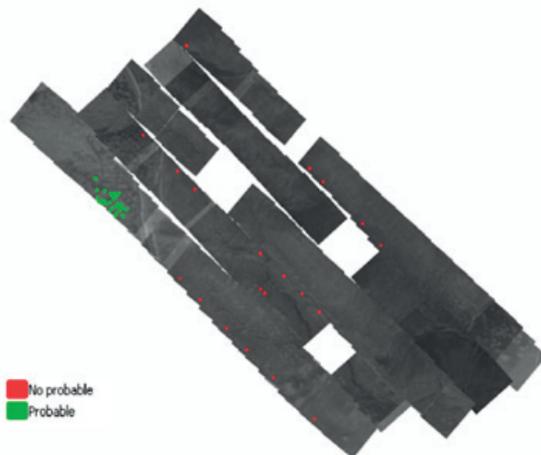


Figura 12. Resultados sobre mosaico piloto de localización de individuos probables (verde) y no probables (rojo) sobre ámbito de estudio (vectorización depurada).

4. Conclusiones.

Se puede afirmar que los UAV pueden ser una buena plataforma para la observación y estimación de poblaciones cinegéticas. Sin embargo se plantean limitaciones y requerimientos técnicos específicos para obtener resultados adecuados, que es conveniente contrastar con visitas de campo simultáneas a la adquisición de imágenes u otros elementos de interés.

Es importante la realización del vuelo en fechas y horas concretas que permitan obtener las máximas diferencias térmicas entre los individuos y el resto de elementos detectados (principalmente suelo). En este sentido el vuelo realizado es un estupendo ejemplo para conseguir este objetivo.

Es importante una correcta planificación del vuelo seleccionando un GSD coherente con el tamaño de elementos a detectar (en este caso fauna cinegética) y una optimización entre el GSD y la superficie total a cubrir.

Es imprescindible una completa integración de los sistemas de adquisición de datos: Sensor/es-GNSS-IMU para una precisa asignación de posiciones (XYZ y ángulos) a los centros de proyección. Esto favorecerá el análisis de las fotografías y el tratamiento posterior, principalmente de cara a llevar a cabo un proceso riguroso de orientación (aerotriangulación) para su ortorrectificación.

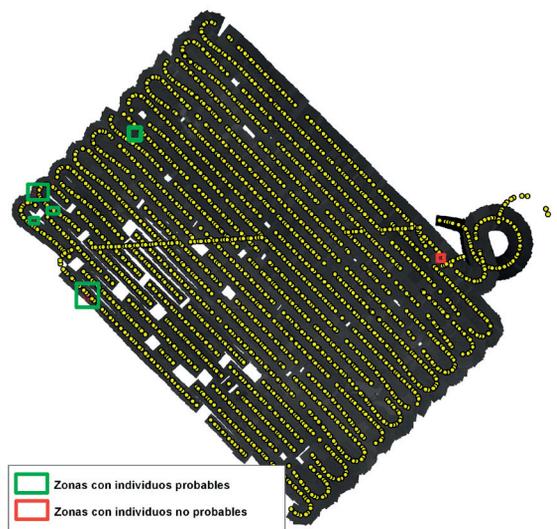


Figura 13. Localización de zonas con probabilidad de presencia de animales tras procesos de análisis, clasificación de imágenes es interpretación de las mismas.

El producto ortofotografía a partir de imágenes UAV proporciona representaciones de similar tamaño para elementos del territorio capturados (animales). El fotomosaico utilizado no deja de ser una aproximación para los estudios realizados, siendo conveniente trabajar sobre ortoimágenes de las imágenes para eliminar ambigüedades y errores derivados de la duplicidad de zonas, ocultaciones, problemas de recubrimiento y huecos.

No hay que olvidar que en el tiempo en el que se lleva a cabo un vuelo UAV (o similar) los animales se pueden desplazar por todo el territorio introduciendo incertidumbre en su estimación. En cualquier caso, la velocidad de vuelo y el tiempo de captura de todo el ámbito permiten sacar conclusión de que la incertidumbre en este sentido es baja.

En un análisis más profundo podrían contrastarse ambas metodologías: detección/conteo de animales clásicos y aplicación de UAV y analizar los pros/contras de ambas metodologías (costes, trabajos de campo, procesamiento de información, rangos de error en estimación de individuos,...). Ambas podrían ser complementarias. Incluso podría valorarse la posibilidad de instalación de micro receptores GNSS en individuos.

En un ámbito pueden existir diferentes especies animales (fauna salvaje, rebaños...), por lo que es importante conocer el comportamiento y distribución aproximada y potencial para no cometer errores graves de estimación. Cuanto mayor conocimiento al respecto del ámbito a estudiar, mejores

resultados podrán obtenerse. En el caso de mezcla de especies, podría plantearse el análisis digital de imágenes para diferenciación de especies (siempre con verificación en campo).

Agradecimientos

Agradecimiento a ELIMCO SISTEMAS por aportar el vuelo y la información de partida: imágenes y datos adquiridos y a la unidad de I+D+i de la Agencia de Medio Ambiente y Agua por el interés en el desarrollo de aplicaciones de los UAV como soporte a la gestión ambiental.

Referencias

- Kissell, R.E., Tappe, P.A., Gregory, S.K. 2004. Assessment of population estimators using aerial thermal infrared Videography data. *Lakeside Farms, Wingmead Farms, Inc. and the Arkansas Game and Fish Commission*.
- Naugle, D.E., Jenks, J.A., Kernohan, B.J. 1996. Use of thermal infrared sensing to estimate density of white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 24(1): 37-43.
- Wilde, R.H., Trotter, C.M. 1999. Detection of Himalayan thar using a thermal infrared camera. *Arkansas Game and Fish Commission*.
- Zarco, P.J. Creación de Algoritmo para búsqueda automática de avutardas usando imágenes adquiridas en los vuelos realizados en 2011 y 2012. *Informe de prestación de servicio. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. European Project*.