

DELIMITACIÓN DE ZONAS FORESTALES AFECTADAS POR VENDAVAL MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA

R. Riera.

*Diputació de Barcelona, Oficina Tècnica de Prevenció Municipal de Incendis Forestals,
C/ Compte d'Urgell 187 08036 Barcelona. rieratr@diba.cat*

RESUMEN

El vendaval que azotó especialmente el norte de la Península Ibérica y el sur de Francia en enero de 2009 provocó graves desperfectos en los núcleos urbanos, urbanizaciones, zonas agrícolas e industriales y también en la masa forestal. Los medios de comunicación se hicieron eco de la gran afectación en las masas forestales de Las Landas francesas. En Cataluña, si bien las afectaciones fueron más localizadas que en las Landas, se derrumbaron gran cantidad de pinos, dejando los bosques en un estado intransitable. En el presente estudio se muestra la metodología utilizada para cartografiar las zonas con cubierta forestal afectada en el área más castigada de la provincia de Barcelona: la comarca del Baix Llobregat. Se realizó un vuelo fotogramétrico de 16.000 ha con la cámara DMC (*Digital Mapping Camera*), generando imágenes digitales RGB & CIR de aproximadamente 25 cm de píxel (GSD) y un solapamiento del 60 – 30 %. Estas imágenes fueron restituidas mediante el software Purview, proporcionando visión estereoscópica de las imágenes, delimitando las zonas de cubierta forestal con árboles abatidos y definiendo el grado de afectación según el porcentaje de árboles derribados o partidos. El resultado ha sido una cartografía operativa para los ingenieros forestales, utilizada para la retirada de la madera abatida en el bosque, donde además de la localización se aporta información de la dirección de caída de los árboles.

ABSTRACT

Windstorm hits especially Iberian Peninsula and southern France on January 2009, caused serious damage in villages, interface areas, agricultural and industrial areas and also forests. Although media impacts on the great forest affection of French Landes, in Catalonia the damages were more localized and many pine trees fell being impenetrable forests. This study describes the methodology used to map the damaged forest areas on the most affected area in Barcelona Council: Baix Llobregat County. RGB and CIR digital images with 25 cm pixel (GSD) and an overlap of 60 – 30 %, were obtained from a photogrammetric flight with DMC camera (*Digital Mapping Camera*) over 16.000 ha. Digital stereo photogrammetry based on the aerial photographs through Purview software, was used to delineate forest damaged areas and specify the impact degree according to the percentage of fallen or broken trees. The results are operative maps used for forest engineers to remove fallen trees. Additionally provides information about the direction of the falling trees.

Palabras clave: fotogrametría, forestal, vendaval, DMC.

INTRODUCCIÓN

A finales del mes de enero de 2009, especialmente el norte de la Península Ibérica y el sur de Francia se vieron afectados de un modo excepcional por el ciclón extratropical Klaus. Fue principalmente la mañana del 24 de enero cuando el vendaval azotó de forma más virulenta a Cataluña. En la provincia de Barcelona, la máxima potencia se localizó en las comarcas de l'Anoia, el Alt Penedès y el Baix Llobregat, donde se registraron rachas máximas de viento de 139 km/h en las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) de Òdena y Font-rubí o de 131 km/h en Begues (Servei Meteorològic de Catalunya 2006), con unas consecuencias devastadoras.

Las rachas de viento máximo fueron muy localizadas y en consecuencia los daños también, provocando desperfectos de varios miles de euros. En las zonas urbanas las afecciones fueron reparadas con carácter de urgencia por bomberos, protección civil, etc., restableciendo rápidamente la normalidad. En la zona forestal, los daños debían evaluarse, si no con la misma urgencia, sí con celeridad, para empezar cuanto antes los trabajos de retirada de los árboles caídos.

Los medios de comunicación se hicieron eco de la gran afectación en las masas forestales de Las Landas francesas, en donde las primeras estimaciones apuntaban a más de 300.000 ha arrasadas de pino marítimo (*Pinus pinaster* Ait.)

(Diariovasco.com 2008). En el norte peninsular, Galicia fue castigada severamente con, por lo menos, 32.500 ha de pino (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) abatidos (GIT 2009), mientras que en Euskadi se hablaba de 350 ha dañadas (Diariovasco.com 2008).



Figura 1.- Mancha de árboles caídos.

En Cataluña las afectaciones fueron más localizadas que en Las Landas. Muchos de los bosques catalanes quedaron llenos de árboles aislados caídos, que en las zonas más afectadas se vieron aumentados a tamaño de pequeñas manchas, de centenares de metros cuadrados a unas pocas hectáreas, de pinos derribados, mayoritariamente pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) (Figura 1). Las primeras evaluaciones realizadas por el cuerpo de agentes rurales de la Generalitat de Cataluña estimaban en 1.950 las hectáreas dañadas por el vendaval en las comarcas del Vallès Occidental, l'Anoia, el Alt Penedès y el Baix Llobregat.

Experiencias similares anteriores, de daños sobre la cubierta forestal, como las del ciclón Gudrun en Suecia en enero de 2005 o los ciclones Lothar y Martin en el norte y centro de Francia en diciembre de 1999, demuestran cómo tanto la teledetección, mediante imágenes ópticas de muy alta resolución o radar, como la fotogrametría, resultan ser métodos efectivos y económicos para cartografiar las zonas forestales dañadas (Maire y Yésou 2003; Swedish Forest Agency 2007).

Para el ciclón Klaus, en Francia, el 24 de enero se activó el *International Charter* para la adquisición y entrega de datos espaciales en catástrofes naturales y se hicieron las primeras evaluaciones de los daños con imágenes SPOT 5 (Spot Image 2008); mientras que en Galicia no se utilizaron imágenes satélite ni aéreas para el inventario de daños, sino inspecciones aéreas y con medios propios.

En la provincia de Barcelona se evaluó la relación costos, precisión y rapidez en la disponibilidad de los datos, comparando distintas tecnologías y medios aplicables (LiDAR, VHR, RADAR o UAVs), y la fotogrametría apuntó a cumplir con la mayoría de los requisitos y el objetivo propuesto: cartografiar las zonas afectadas a escala 1:5000.

ZONA DE ESTUDIO

Los daños causados por el temporal se distribuyeron de forma irregular y localizada por toda la provincia de Barcelona. Después de una primera inspección aérea, se observó que el Baix Llobregat era la comarca más afectada y con los daños en la masa forestal más generalizados, motivo por el cual se decidió centrar el estudio en dicha comarca.

El 14 de marzo de 2009 el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) realizó dos vuelos con el avión Partenavia P-68 sobre las zonas más afectadas del Baix Llobregat (Figura 2), obteniendo dos rectángulos (ED1950 UTM Zona 31N: 414008E, 4580876N & 420598E, 4586034N) diseñados con el fin de optimizar el plan de vuelo y cubrir la máxima área forestal posible.

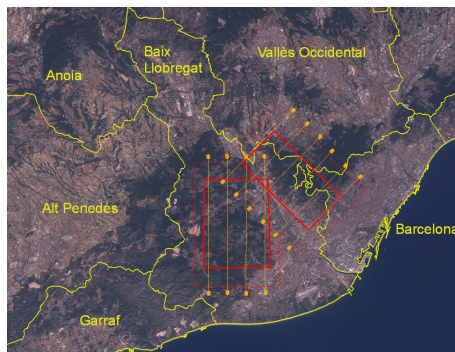


Figura 2.- Localización de los dos vuelos (recuadros rojos) en el Baix Llobregat.

El área está localizada a ambos lados del río Llobregat, a solo 10 Km de su desembocadura. Por un lado en las Sierras d'Ordal y por el otro en la montaña de Collserola. La orografía es abrupta y cambiante, con un rango de altitudes entre 5 y 500 msnm. El paisaje contiene un mosaico de zonas urbanas, urbanizaciones, matorral, campos de cultivo y bosques, en donde predominan los pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.).

DATOS

Las imágenes fueron generadas con la cámara DMC 14, que permite obtener imágenes fotogramétricas digitales mediante un sensor electrónico. Opera en 5 canales espectrales (pancromático, rojo, verde, azul e infrarrojo cercano) con 8 objetivos ópticos (4 pancromáticos y 4 multispectrales) generando imágenes digitales de alta resolución en color (RGB) e infrarrojo (CIR) a partir de una combinación entre los canales multispectrales y el pancromático (Alamús *et al.* 2005). En el presente estudio se dispuso de 157 imágenes en RGB y CIR (Figura 3) con un solapamiento longitudinal y transversal del 60–30% respectivamente, una resolución radiométrica de 8 bits y un tamaño de píxel de 25 cm GSD (*Ground Sampling Distance*), lo que permite trabajar a una escala mínima de 1:5.000 (Jacobsen 2005) y un error en la precisión vertical y horizontal de ± 1 m (I.S.M. International Systemap Corp. 2009).

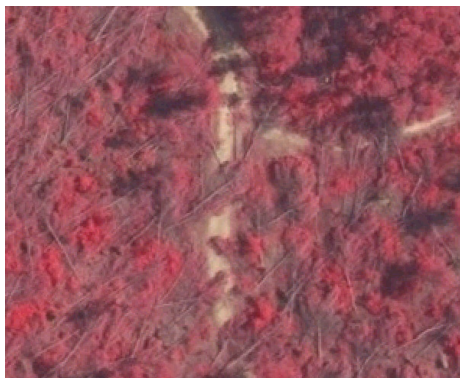


Figura 3.- Imagen CIR de una zona afectada sobre un camino forestal.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La identificación de las manchas de árboles caídos mediante interpretación visual de las imágenes en 3D depende de las aptitudes y conocimientos del operador (Quine y Bell 1998) y de la resolución espacial de las imágenes (Miller *et al.* 2000); con 25 cm GSD es suficiente para reconocer las zonas de bosque con árboles derribados o partidos mediante restitución fotogramétrica, siendo mejor la visualización con imágenes CIR respecto a las RGB.

El software Purview es una estación fotogramétrica que trabaja en el entorno de ArcGis con imágenes digitales y elementos de geodatabase

superpuestos (I.S.M. International Systemap Corp. 2009). Para la orientación de las imágenes, se requieren sus correspondientes parámetros de orientación o georreferenciación, que se obtienen del archivo de soporte cinemático generado en vuelo, en donde se aporta información de cada fotograma de las coordenadas centrales X, Y, Z y de la actitud del avión (aleteo, cabeceo y guiño), lo que permite orientar las imágenes en el SIG.

Una vez orientadas las imágenes y con la cartografía de base superpuesta, se procede al reconocimiento de las zonas afectadas y la delimitación de su perímetro definiendo el grado de afectación según el porcentaje de árboles derribados:

- 75 – 100 %
- 50 – 75 %
- 25 – 50 %
- < 25 %

Dada la situación de emergencia, en la primera fase del estudio se han inventariado únicamente aquellas fincas del área de estudio en que el propietario forestal lo ha solicitado mediante su adscripción a la Asociación de Propietarios Agroforestales del Baix Llobregat. Posteriormente, la revisión se ha extendido en zonas circundantes a las fincas asociadas y zonas de mayor afectación.

En la Figura 4 se muestra la cartografía operativa para la saca de la madera, con la localización, el grado de intensidad y la dirección de caída predominante de los árboles, útil para la planificación del desembosque de los troncos.

Tabla 1.- Superficie forestal afectada según el grado de intensidad.

Porcentaje de afectación	Superficie (ha)
75 – 100 %	129,81
50 – 75 %	110,56
25 – 50 %	78,46
< 25 %	20,43
TOTAL	339,26

A principios de mayo, el número de nuevos propietarios asociados a raíz del siniestro eran 121, con un total de 2.548 hectáreas forestales. En la Tabla I se muestra el total de superficie afectada según el grado de intensidad en la zona inventariada hasta ese momento. Cabe mencionar que la afectación real es, por lo menos, superior a estas cifras, ya que no se ha restituido la totalidad de la zona de estudio.

DISCUSIÓN

La delimitación de los perímetros de las zonas afectadas mediante restitución fotogramétrica es un proceso mecánico. No es aconsejable para cubrir grandes superficies dado el alto requerimiento en tiempo del proceso, pero sí para zonas localizadas, como es el caso de este estudio (las fincas asociadas).

Las expectativas de costo – precisión de la tecnología utilizada fueron altamente cumplidas, si bien la rapidez en la disponibilidad de los datos se vio frenada por la proximidad de la zona de estudio al aeropuerto de Barcelona, hecho que complicó la obtención de los permisos para volar y que consecuentemente retardó la disponibilidad de los datos. Este aspecto debería mejorarse en futuras situaciones de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

Alamús, R., Kornus, W., Palà, V., Pérez, F., Arbiol, R., Bonet, R., Costa, J., Hernández, J., Marimon, J., Ortiz, M. À., Palma, E., Pla, M., Racero, S. and Talaya, J. 2005. Validation process of the ICC digital camera. *ISPRS Workshop "High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information"*. Hannover, mayo 2005.

Diariovasco.com Digital Vasca, S.L.U. 2008. Hemeroteca: <http://www.diariovasco.com>. Último acceso 30 enero 2009.

GIT Forestry Consulting. Consultoría y Servicios de Ingeniería Agroforestal 2009. *GIT Forestry Consulting's Blog*: <http://www.git-forestry.com>.

I.S.M. International Systemap Corp. 2009. *Purview*. I.S.M. International Systemap Corp, Vacouver, B.C., Canada.

Jacobsen, K. 2005. Photogrammetry and geoinformation trends for large scale mapping. *1st Middle East Conference on Geospatial Information, Techn. and Applications 'Map Middle East'*, Dubai.

Maire, C. and Yésou, H. 2003. Storm Forest Damage Mapping Based on VHR InSAR Data. *Proceed. of Fringe, 2003*. ESA, ESRIN, Italia, 1 – 5 Diciembre.

Miller, D., Quine, C. and Hadley, W. 2000. An investigation of the potential of digital photogrammetry to provide measurements of forest characteristics and abiotic damage. *Forest Ecology and Management*, vol. 135: 279-288.

Quine, C.P. and Bell, P.D.B. 1998. Monitoring of windthrow occurrence and progression in spruce forests in Britain. *Forestry*, vol. 71 (2): 87-97.

Servei Meteorològic de Catalunya, 2006. *Dades d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (EMA)*: <http://www.meteocat.com>. Último acceso 20 mayo 2009.

Spot Image S.A. 2008. *Images in the news*: <http://www.spotimage.fr>. Último acceso 25 mayo 2009

Swedish Forest Agency 2007. *The Storm in Sweden*: <http://www.svo.se>. Último acceso 25 mayo 2009.

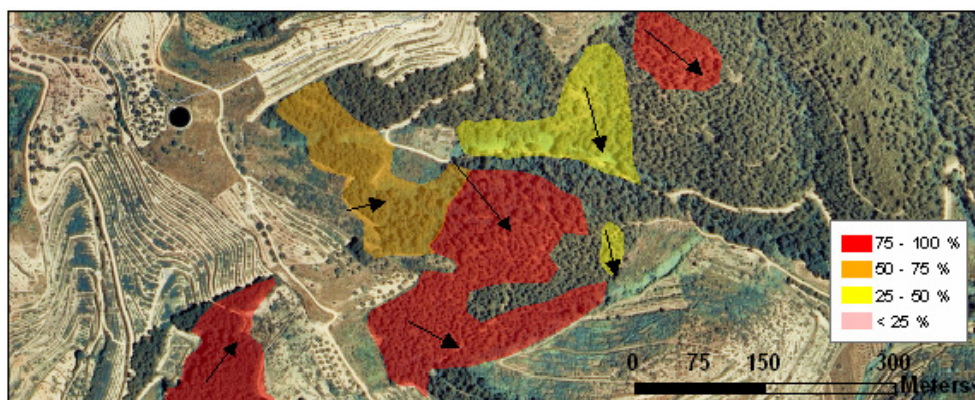


Figura 4.- Cartografía operativa de una zona afectada sobre ortofotomapa 1:5000 (ICC).