



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-392

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Determinación de la biomasa del dosel en la interfaz urbano-forestal del municipio de Lugo

JIMÉNEZ CARMONA, E.¹, FERNÁNDEZ FILGUEIRA, C.¹, VEGA HIDALGO, J.A. ¹

¹ Centro de Investigación Forestal – Lourizán. Xunta de Galicia.

Resumen

En este estudio se ha combinado la información LiDAR (proveniente del vuelo del PNOA) con otros obtenidos de mediciones en campo en áreas de interfaz urbano – forestal en el municipio de Lugo. Se establecieron un total de 19 parcelas circulares de 15 m de radio. A partir de los datos medidos en estas parcelas (densidad, altura dominante, altura máxima, área basimétrica, biomasa de hojas y biomasa de ramas finas y ramillas), se realizaron regresiones con estadísticos del vuelo LiDAR para poder extrapolar los resultados a otras áreas de similares características. Se observaron relaciones significativas entre los valores dendrométricos y de biomasa en las parcelas y diversos estadísticos LiDAR (R^2 oscilando entre 0,57 en el caso de biomasa de hojas y 0,88 en el caso de altura máxima). Estos resultados nos permiten determinar los valores de aquellas fracciones de biomasa más influyentes en el comportamiento del fuego (hojas, ramas finas y ramillas), aportando criterios para la determinación de zonas prioritarias de actuación preventiva en áreas de interfaz urbano-forestal de características similares a las evaluadas.

Palabras clave

LiDAR, combustibles, riesgo, información remota, áreas periurbanas.

1. Introducción

La estimación de biomasa forestal y su cartografiado son aspectos esenciales a la hora de cuantificar las cargas de combustibles existentes con el objetivo de evaluar el riesgo de incendio y elaborar planes de prevención de incendios forestales (GONZÁLEZ-OLABARRIA et al., 2012). El método más comúnmente empleado para la estimación de la biomasa aérea es el de inventariación en campo. Sin embargo, dados los altos costes y dificultades operacionales asociados a esta metodología, cada vez está siendo más común el empleo de información remota en combinación con trabajo de campo (JI et al., 2012). Dentro de la diferente información remota existente, la proveniente de LiDAR (Light Detection and Ranging) está considerada como una de las más eficientes, precisas y baratas, aportando información sobre la altura vertical de retornos que pueden ser usados para la predicción de atributos del dosel (CHEN, 2013). Los inventarios basados en esta tecnología pueden ser llevados a cabo en dos diferentes escalas: A nivel de árbol individuales (lo cual requiere información LiDAR de alta densidad, mayor de 5 puntos/m²), o a nivel de superficie (para lo cual puede emplearse información LiDAR de baja densidad). En este estudio se realizaron estimaciones de biomasa forestal a escala de superficie, ya que se empleó información LiDAR de baja densidad (0,5 puntos/m²) proveniente del Plan Nacional de Ortografía Aérea (PNOA).

Cabe destacar la existencia de una tendencia al incremento de la interfaz urbano-forestal en los países desarrollados, sin que se estén desarrollando las medidas de protección ante incendios forestales necesarias (VEGA, 2015). Para la correcta planificación de las medidas preventivas a llevar a cabo en estas áreas con el objetivo de incrementar la seguridad de sus habitantes ante la presencia de un incendio forestal, es necesario una precisa estimación y cartografiado de las zonas de interfaz (CABALLERO, 2004; LAMPIN et al. 2010).

2. Objetivos

El objetivo de este estudio fue el de evaluar la factibilidad del empleo de información LiDAR de baja densidad para la estimación de valores de biomasa aérea del dosel influyente en el comportamiento del fuego de copa en áreas periurbanas en el municipio de Lugo.

3. Metodología

La información de campo recogida para su correlación con los estadísticos provenientes de LiDAR se obtuvo en áreas periurbanas del municipio de Lugo. Se establecieron un total de 19 parcelas circulares de 15 m de radio. El centro de cada parcela fue georreferenciado mediante GPS. En el interior de cada parcela, se etiquetaron todos los individuos arbóreos. Se determinó la especie de cada individuo, y se le midió el diámetro normal y la altura. A partir de estas mediciones se determinó para cada parcela la densidad del arbolado, diámetro medio, altura máxima, altura dominante y área basimétrica. La especie predominante fue *Quercus robur* L., aunque también se encontraron individuos de *Castanea sativa* Mill., *Salix* spp., y *Pinus pinaster* Ait. En cada una de las parcelas se aplicaron ecuaciones alométricas existentes (BALBOA-MURIAS et al., 2006 para *Quercus robur*, JIMÉNEZ et al., 2013 para *Pinus pinaster* y MONTERO et al., 2005 para *Castanea sativa* y *Salix* spp.) a cada uno de los individuos presente en las parcelas para la determinación de los valores de biomasa para las fracciones que intervienen en los fuegos de copa: hojas, ramas finas (grosor entre 2 y 7 cm) y ramillas (grosor inferior a 2 cm).

Como información LiDAR se empleó la aportada por el PNOA para Galicia oriental (2009). Para el tratamiento de los datos LiDAR se utilizó el programa FUSION (MCGAUGHEY, 2009). Antes de la obtención de los estadísticos de retorno de la vegetación se realizaron una serie de pasos previos. Primero se eliminaron posibles “outliers” mediante la herramienta “FilterData”. Posteriormente se generaron Modelos Digitales del Terreno empleando las herramientas “GroundFilter” y “GridSurfaceCreate”. Para terminar se realizó la normalización de los retornos, extrayendo a cada retorno de la vegetación la altura del terreno, utilizando la herramienta “CanopyModel”. La extrapolación espacial a todo el área de estudio de los datos de biomasa de las parcelas medidas en campo se realizó mediante la obtención de estadísticos de retorno de vegetación (elevación e intensidad) de las capas LiDAR para la superficie de cada parcela medida en campo. Inicialmente se realizó un recorte de los archivos procedentes de los pasos anteriores del área ocupada por cada parcela medida en campo mediante la herramienta “ClipData”. Para cada uno de estos recortes se obtuvieron los estadísticos de vegetación con la herramienta “CloudMetrics”. Para estimar la cobertura se consideró vegetación arbórea aquella que superaba los 2 m de altura.

A partir de los estadísticos obtenidos y los valores dendrométricos y de biomasa de las parcelas se obtuvieron ecuaciones alométricas (lineales, potenciales y/o exponenciales), seleccionándose aquellos modelos con mayor R^2 y menores errores. Una vez determinados los estadísticos significativos, mediante la herramienta “GridMetrics” se calcularon los estadísticos de vegetación dentro de las áreas periurbanas analizadas en celdas cuadradas de 10 m. Posteriormente se obtuvo un raster de cada uno de los estadísticos significativos, convirtiéndolos en archivos formato ASCII, para poder aplicar las ecuaciones alométricas obtenidas y obtener de este modo la extrapolación espacial de las variables dendrométricas y de biomasa consideradas.

4. Resultados

En la Tabla 1 se presentan los valores de las parcelas inventariadas medios, máximos y mínimos de las variables dendrométricas y de biomasa consideradas. Se observa que los rangos para cada uno de estos parámetros son muy variables, con el fin de abarcar la variabilidad presente en el área de estudio.

Tabla 1. Valores medios, mínimos y máximos de densidad, diámetro normal (D_n), altura dominante (H_o). Altura máxima (H_{max}), área basimétrica (G), biomasa de hojas, ramillas y ramas finas.

	Densidad (pies/ha)	D_n (cm)	H_o (m)	H_{max} (m)	G (m ² /ha)	Hojas (kg)	Ramillas (kg)	Ramas finas (kg)
V. medio	231	53,5	18,5	23,2	51,1	901	1047	2912
V. min.	127	32,7	14,1	15,8	28,0	466	481	1484
V. máx.	609	72,5	22,5	29,0	86,6	1538	1794	5738

Relacionando los estadísticos LiDAR obtenidos por parcela con sus valores de los parámetros dendrométricos y de biomasa se obtuvieron las ecuaciones alométricas mostradas en la Tabla 2. Las ecuaciones que presentaron mejores ajustes fueron lineales en los casos de altura dominante, diámetro normal y altura máxima, y exponenciales en el resto. Como variables explicativas resultaron significativos tanto estadísticos LiDAR de elevación como de intensidad. Los ajustes más elevados se apreciaron para altura máxima y biomasa de ramas finas y ramillas y los más bajos para diámetro normal y biomasa de hojas. En las Figuras se muestran las relaciones entre los valores observados en campo y los predichos mediante las alometrías.

Tabla 2. Ecuaciones de ajuste entre los valores de altura dominante (H_o), densidad, altura máxima (H_{max}), área basal (G), biomasa de hojas y biomasa de ramas finas + ramillas de las parcelas medidas en campo y estadísticos de retorno de LiDAR.

Variable	Ecuación	R ²
H_o (m)	$7,126 + 0,872 \text{ EICURTmeanCUBE}$	0,61
Densidad (pies/ha)	$\text{EXP}(3,044 + 0.236 \text{ Elp80} - 0,004 \text{ Ret1})$	0,70
H_{max} (m)	$-22,145 + 0,279 \text{ Elmax} + 0,709 (\text{Perc Ret above 2/1st ret}) + 23,261$ $\text{Int CV} - 2,846 \text{ Intp25} + 1,446 \text{ Int IQ}$	0,88
G (m ² /ha)	$\text{EXP}(1,101 + 0,014 \text{ Perc Ret above 2} + 0,031 \text{ Perc Ret above mean})$	0,60
Hojas (kg)	$\text{EXP}(5,524 + 0,107 \text{ EIL1})$	0,57
Ramas finas + ramillas (kg)	$\text{EXP}(4,282 + 0,019 \text{ Perc Ret above 2} + 0,045 \text{ Perc Ret above mean})$	0,80

Una vez obtenidas estas ecuaciones, pueden ser aplicadas a las áreas periurbanas de características similares a las evaluadas, con el fin de obtener los valores de las variables dendrométricas y de biomasa de interés. En la Figura 1, se muestra a modo de ejemplo la variación espacial de la biomasa de ramas y ramillas en las áreas periurbanas donde se instalaron las parcelas de medición en campo. Los valores medios de las variables dendrométricos y totales de biomasa para estas áreas se presentan en la Tabla 3.



Figura 1. Valores biomasa de ramas finas (entre 2 y 7 cm) y ramillas (< 2 cm) en las áreas de carballeiras con una resolución de 10 m.

Tabla 3. Valores medios de densidad, altura dominante (H_0), altura máxima (H_{max}), área basimétrica (G), biomasa total de hojas, ramillas y ramas finas.

Densidad (pies/ha)	H_0 (m)	H_{max} (m)	G (m^2/ha)	Hojas (kg)	Ramas finas + ramillas (kg)
443	14,8	20,3	49,2	41085	259517

5. Discusión

Los resultados de este estudio muestran como parámetros dendrométricos y de biomasa pueden ser estimados con relativamente alta precisión a partir de información LiDAR de baja

densidad, como previamente había sido observado para otro tipo de masas forestales (GONZÁLEZ-FERREIRO et al., 2012, 2013). Aunque el uso de estadísticos de intensidad provenientes de la información LiDAR como variables explicativas no está generalizado, algunos estudios han mostrado que su inclusión, como en nuestro caso, puede mejorar el poder predictivo de los modelos, o ser incluso decisivos si se usan en combinación con los estadísticos de altura (GONZÁLEZ-OLABARRIA et al. 2012; GONZÁLEZ-FERREIRO et al. 2012).

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran el potencial del uso de información proveniente de LiDAR de baja resolución para la obtención de relaciones que nos permiten determinar la distribución de variables dendrométricas de y cargas de combustibles en áreas de interfaz urbano-forestal.

7. Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos RTA2014-00011-C06, por la Dirección Xeral de Innovación e Industrias Agrarias e forestais. También ha sido cofinanciado por el INIA y el Fondo Social Europeo (contrato post-doctoral E. Jiménez). Agradecemos a J. Gómez y J. Pardo su apoyo en el trabajo de campo y laboratorio.

8. Bibliografía

BALBOA-MURIAS, M.A.; ROJO, A.; ÁLVAREZ, J.G.; MERINO, A.; 2005. Carbon and nutrient stocks in mature *Quercus robur* L. stands in NW Spain. *Ann. For. Sci.* 63: 557-565.

CABALLERO, D.; 2004. Conclusions of the Third WARM Workshop on Forest Fires in the Wildland-urban Interface in Europe. Madrid, Spain, 26-27th May. WARM Project Final Report. European Commission.

CHEN, J.; 2013. Lidar remote sensing of vegetation biomass. En: WENG, Q.; WANG, G. (eds.): *Remote Sensing of Natural Resources*. 399-420. CRC Press: Taylor & Francis, Group.

GONZÁLEZ-FERREIRO, E.; DIEGUEZ-ARANDA, U.; MIRANDA, D.; 2012. Estimation of stand variables in *Pinus radiata* Don plantations using different LiDAR pulse densities. *Forestry* 85: 281-292.

GONZÁLEZ-FERREIRO, E.; MIRANDA, D.; BARREIRO-FERNÁNDEZ, L.; BUJA, S.; GARCÍA-GUTIERREZ, J.; DIEGUEZ-ARANDA, U.; 2013. Modelling stand biomass fractions in Galician *Eucalyptus globulus* plantations by use of different LiDAR pulse densities. *Forest Systems* 22: 510-525.

GONZÁLEZ-OLABARRIA, J.R.; RODRÍGUEZ, F.; FERNÁNDEZ-LANDA, A.; MOLA-YUDEGO, B.; 2012. Mapping fire risk in the Model Forest of Urbión (Spain) base on airborne LiDAR measurements. *For. Ecol. Manage.* 282: 149-156.

JI, L.; WYLIE, B.K.; NOSSOV, D.R.; PETERSON, B.; WALDROP, M.P.; MCFARLAND, J.W.; ROVER, J.; HOLLINGSWORTH, T.N.; 2012. Estimating aboveground biomass in interior Alaska with Landsat and field measurements. *Int. J. App. Earth Observation and Geoinformation* 18: 451-461.

JIMÉNEZ, E.; VEGA, J.A.; FERNÁNDEZ-ALONSO, J.M.; VEGA-NIEVA, D.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; RUIZ-GONZÁLEZ, A.D.; 2013. Allometric equations for estimating canopy fuel load and distribution of pole-size maritime pine trees in five Iberian provenances. *Can. J. For. Res.* 43: 149-158.

LAMPIN, C.; MANTZAVELAS, A.; GALIANA, L.; JAPPIOT, M.; LONG, M.; HERRERO, G.; KARLSSON, O.; IOSSIFINA, A.; THALIA, L.; THANASSIS, P.; 2010. Wildland urban interface, fire behaviour and vulnerability: characterization, mapping and assessment. En: SILVA, J.S.; REGO, F.; FERNANDES, P.; RIGOLOTT, E. (eds): *Towards Integrated Fire Management-Outcomes of the European Project Fire Paradox*. 71-92. European Forest Institute. Joensuu.

MCGAUGHEY, R.; 2009. FUSION/LDV: Software for LiDAR Data Analysis and Visualization. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 123 pp. Seattle.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. *Monografías INIA*. Serie Forestal nº 13.

VEGA, J.A.; 2015. Nuevos retos y oportunidades de mejora en la lucha contra incendios forestales y sus consecuencias. *Cuadernos de la SECF* 39: 73-95.