

## UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS FOTOGRAMÉTRICAS DIGITALES Y MODELOS DIGITALES DEL TERRENO (MDT) EN LA DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ALTURAS EN UNA MASA FORESTAL

O. Fernández (\*), J. Ramírez (\*), A. Fernández-Manso (\*) y C. Quintano (\*\*)

ingenieria2@tecnosylva.com

(\* *Universidad de León. Dpto. de Ingeniería Agraria.*

*Av. Astorga s/n Ponferrada (León)*

(\*\* *Universidad de Valladolid. LATUV. Dpto. de Tecnología Electrónica.*

*C/Francisco Mendizabal s/n 47014 Valladolid*

### RESUMEN

En el trabajo se integran MDT y MDE con técnicas fotogramétricas digitales para la estimación de alturas de una masa forestal. Se analizan tres métodos con el fin de resolver el problema de la identificación de los puntos de altitud en la base de los árboles en masas muy cerradas del norte de Europa (bosques templados) donde es una gran fuente de error en la determinación de alturas de árboles a partir de fotografía aérea.

### ABSTRACT

The possibility of integrating DTM and DEM with a digital photogrametric techniques to estimate forest stand heights is investigated. Three methods are tried with the purpose to resolve the problem of identify the tree base point elevation in temperate forest (North of Europe) that is the greatest source of error in tree height determination from aerial photographs.

**Palabras clave:** Fotogrametría digital, MDT, altura dominante

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los últimos avances técnicos en fotografía, tales como modernas cámaras fotográficas aéreas, lentes de alta calidad y películas de alta resolución, han permitido un gran desarrollo de la fotogrametría aérea (Laar y Akça, 1997).

Dentro de ésta, es la fotogrametría digital la que ha experimentado un mayor desarrollo debido principalmente a la disminución del precio de los ordenadores y de sus tecnologías aplicadas.

La fotogrametría aérea digital tiene la ventaja de adquirir información de grandes áreas con un coste más eficiente. Su creciente disponibilidad y potencial para derivar modelos de elevación del terreno (MDE), modelos estereoscópicos y ortofotografías digitales hace que sea utilizada como otra fuente de datos para el uso en los sistemas de información geográfica (SIG) (Tilley, 1994).

El objetivo general del presente trabajo es definir y aplicar una metodología que permita la extracción de una de las posibles variables

dendrométricas, como es la altura de masa, con una buena precisión, en menos tiempo y con un menor coste que en convencionales estudios del terreno, empleando fotografías aéreas digitales.

Los objetivos específicos se agrupan en dos categorías. La primera de ellas corresponde al uso de una estación fotogramétrica digital (Softplotter), para a partir de dos tiras de fotografías aéreas obtener estéreo pares fotogramétricos digitales, un modelo de elevación del terreno y una ortofoto digital. En la segunda fase se emplearán las imágenes generadas junto con el MDT de la zona, para determinar la distribución de alturas dentro de una masa forestal.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está localizada en el centro de Alemania, en el sur de la Baja Sajonia, aproximadamente a 8 km al noreste de la ciudad de Göttingen, entre los pueblos de Roringen y Bösinghausen (Figura 1).

Para el estudio se emplearon 6 fotografías aéreas infrarrojas (en dos tiras) del área de estudio adquiridas en mayo del 1993 de un vuelo sobre la

ciudad de Göttingen a través de la compañía aérea Aerowest Photogrammetrie H. Benfer GmbH. Para estas fotografías el porcentaje de solapamiento fue del 60% y del 20%, para el solapamiento horizontal y vertical, respectivamente.



Figura 1. Localización del área de estudio

Se empleó el mapa básico de Alemania (DGK, Deutsche Grundkarte) a escala 1:5000 para situar puntos de control y poder georeferenciar la fotografías en el proceso de aerotriangulación. Al igual que un modelo digital del terreno (MDT) de la zona de estudio (1 x 1 m)

En la realización de la primera fase del trabajo se utilizó el software fotogramétrico Softplotter montado en una estación de trabajo Silicon Graphics (Autometric Inc., 2000), un escáner de negativos de fotos aéreas (RasterMaster Photoscanner, Wehrl) para convertir las fotos aéreas a imágenes digitales en formato TIFF y el software ERDAS Imagine 8.4 (corrección de MDE, ortofotos y crear mosaicos) (Figura 2).

Para la georreferenciación y la unión de las diferentes fotos aéreas se localizaron 8 puntos de control y 25 puntos de unión, respectivamente.

Los modelos estereoscópicos fueron creados por resamplado y rectificación de imágenes trianguladas en una en una orientación epipolar. Estas imágenes sirvieron, para mediante un proceso de autocorrelación, obtener los MDE (1x1m). Y finalmente, obtener ortofotos digitales con una resolución espacial de 0.25x0.25 m.

Se debe entender como masa forestal a un grupo continuo de árboles suficientemente uniforme en composición de especies, organización de clases de edad como para ser considerado una unidad homogénea y distinguible.

Como en estudios en el terreno, sólo una pequeña muestra de árboles es medida en las fotografías, lo cual es suficiente para dar una estimación razonable de la altura de una masa forestal. Se midieron las alturas de los árboles dominantes y codominantes dentro de cada estrato, calculando su valor medio que correspondería a la altura dominante ( $H_0$ ) del estrato. Altura que es interesante determinar en masas forestales ya que no está afectada por tratamientos selvícolas de claros y claras, y es utilizada a menudo para valorar la productividad potencial.

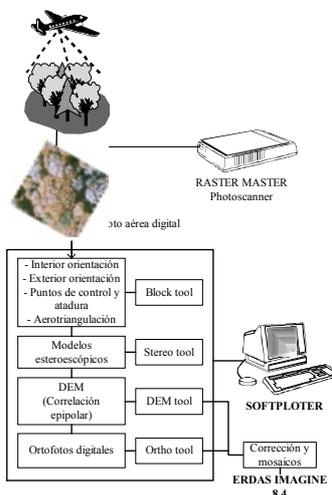


Figura 2. Diagrama flujo del proceso seguido en la primera

El problema que se presenta al medir las alturas en los bosques templados, a partir de modelos estereoscópicos es su densa cubierta (Figura 3).

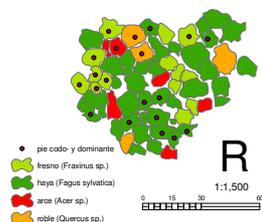


Figura 3. Muestra de pies codo- y dominantes

Spurr (1948) explicó que en bosques densos es difícil la determinación de la elevación

del terreno. Bajo tales condiciones la determinación de la altura de los árboles sólo puede ser aproximada.

Se han probado tres métodos para la determinación de las alturas dominantes de la masa.

a. Para el primero de ellos, se empleó una estación fotogramétrica Silicon Graphics y el software Kork Digital Mapping System (KDMS). Esto permitió la creación de ficheros vectoriales con las alturas de los árboles medidos en los modelos estereoscópicos digitales. Se midieron los puntos de elevación del árbol, y el del terreno en la base del árbol.

b. El segundo método consistió en la elaboración de una imagen con una cobertura de superficies de alturas de árboles de la zona de estudio (FCHS). Para ello se restaron el MDE de la masa y el MDT utilizando el software ArcGIS 8.2. Previamente se pasó la imagen de MDE con valores de números flotantes a 16 bits con el propósito de poder ser analizadas en ArcGIS. Se utilizó para ello ERDAS Imagine 8.4. Situándose sobre la copa de los árboles dominantes y codominantes se pudo medir automáticamente la altura de los árboles muestra (Fernández, 2001).

c. El tercer método es un método mixto entre los dos citados anteriormente. La altitud del árbol es medida con KDMS sobre el modelo estereoscópico digital y la altitud del terreno con el MDT. El fichero vectorial creado con KDMS fue abierto en ArcGIS sobre el MDT y poder con ello localizar los árboles medidos y asociarlos la altitud en su base. Con una simple resta de las altitudes se consiguió las alturas de esos árboles muestra.

También se comprobó la diferencia al estimar la altitud del terreno con el MDT y con el modelo estereoscópico. Para ello, se tomaron anteriormente una serie de puntos del terreno visibles localizados en claros de la masa, carreteras y fuera de la masa. Después se midió la altitud de esos puntos en el modelo estereoscópico con KDMS y en el MDT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferencias en la estimación de las altitudes del terreno fueron pequeñas y su error medio cuadrático (EMC) de 1,34 m., por lo que permite el empleo del MDT para el cálculo de la altitud en la base de los árboles en masas forestales muy densas (Tabla 1). En la zona de estudio, la fracción de terreno cubierta por la vegetación era de un 85%, por lo que la estimación de la altura dominante de la masa de los distintos estratos con precisión era difícil de determinar empleando

solamente la metodología del modelo estereoscópico digital.

CHECK POINT	PUNTO CON MDT (m)	PUNTO CON KDMS (m)	DIF. (m)
10	389.1	387.8	1.3
20	375	374.3	0.7
30	386.2	385.5	0.7
40	381.9	379.6	2.3
50	305.8	305.5	0.3
60	326.2	326.8	-0.6
70	341.3	340	1.3
80	327.4	326.1	1.3
90	328.1	325.8	2.3
100	331.4	331.2	0.5
110	331.9	331.4	0.5
120	329.8	329.5	0.3
130	348.8	349.3	-0.5
140	328.1	329.1	-1
150	327.2	325.1	2.1
160	317.6	316.5	1.1
170	315.2	315.5	-0.3
180	318.1	317.6	0.5
190	324.4	325.2	-0.8

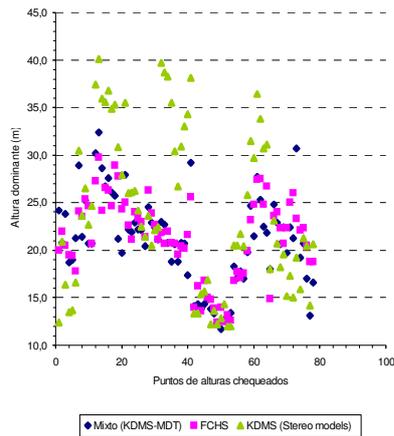
**Tabla 1.** Comparación de dos métodos en el cálculo de altitud del terreno

En el cálculo de las alturas dominantes por los tres métodos se dan algunas diferencias entre las alturas computadas con el modelo estereoscópico (KDMS) en comparación con las obtenidas aplicando las otras dos metodologías (Figura 4). Cuando las medidas son realizadas en masas muy densas, esto ocurre debido a que la altitud en la base del árbol es diferente que las medidas en los puntos de referencia (claros, caminos,...).

Akça (2000) citó que la medida de la altura de árboles usando instrumentos de ploteo digital pueden ser problemática en la identificación de la base de los árboles en masa cerradas porque no es fácil encontrar puntos en el terreno con la misma elevación que los puntos de la base del árbol. Por lo tanto, es una gran fuente de error en la determinación de alturas a partir de fotografías aéreas. La solución a este problema sería una evaluación analítica en el modelo estereoscópico.

Las diferencias entre el método mixto y el FCHS fueron pequeñas (Figura 5). Estas dos metodologías son suficientemente buenas para estimar la altura dominante de masas forestales en lugares con alta fracción de cabida cubierta. El

problema es el tener buenos MDT's y MET's (Tabla 2).



**Figura 4.** Alturas dominantes calculadas con tres diferentes métodos

En masas forestales como las españolas, con densidades medias de coberturas de copas, el uso del plotter digital (Softplotter-KDMS) proporciona una precisión suficiente en la medida de la altura de los árboles.

	M1	M2	M3
Sesgo	-0.37	-2.91	2.54
EMC (m)	6.12	45.4	44.55
SD of Diff.	2.46	6.11	6.21

M1: comparación método mixto y FCHS, M2: comparación mixto y KDMS, M3: comparación de KDMS y FCHS

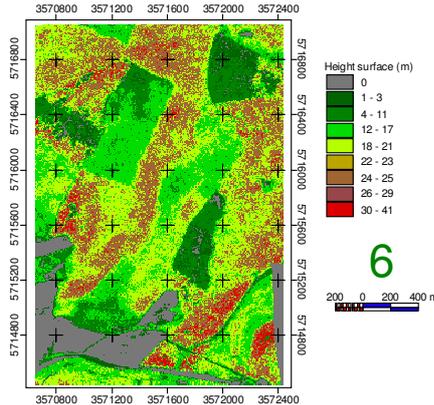
**Tabla 2.** Comparación de los diferentes métodos en la estimación de la altura de los árboles

#### CONCLUSIONES

Por una parte, el uso de Softplotter ha permitido la obtención rápida y precisa de los modelos estereoscópicos, MEDs utilizadas en la segunda fase del trabajo, a la vez que leer, grabar y almacenar los datos generados.

De las metodologías analizadas la que mejor resultados ha dado en la estimación de alturas fue la mixta, usando el MDT para la determinación de la altitud en la base del árbol y la altitud en la parte más alta del árbol con el modelo estereoscópico. Proporciona una buena precisión y resuelve el problema de localización de punto del terreno con la misma elevación que en la base del árbol en condiciones de alta espesura de la masa

forestal, como en el área de estudio (bosque templado del norte de Europa).



**Figura 5.** Modelo FHCS (Forest Cover Height Surface)

#### BIBLIOGRAFÍA

Akça, A. 2000. *Forest Inventory*. English Revised and Edited by Jeanne R. Wirkner. Universität Göttingen.

Autometric Inc. 1994. *Kork Digital Mapping System. KORK User's guide*. Bangor, USA.

Autometric Inc. 2000. *Softplotter 2.0. User's Guide*.

Erdas Inc. 1999. *Erdas Imagine 8.4. Tour guides*. Atlanta, Georgia.

Fernández, O. 2001. *Application of digital photogrammetric techniques and geographical information system to mapping and analysing a forest area in Bösinghausen, Göttingen (Germany)*. Master thesis. Georg-August-University Göttingen.

Laar, A. van and Akça, A. 1997. *Forest Mensuration*. Cuvilier, Göttingen.

Spurr, S.H. 1948. *Aerial photographs in forestry*. The Ronald Press Company, New York.

Tilley, G.B. 1994. Digital orthophotography for natural resource management. In: *The Proceedings of the GIS'94 Symposium*. Vancouver. pp 235-241.

Wehrli & Associates Inc. 2001. *Raster Master Photoscanner for Windows NT*.