

Aplicación de Imágenes de Satélite de muy alta Resolución al Inventario y Gestión Forestal.

F. Gómez Fernández⁽¹⁾, J. Suárez Beltrán⁽¹⁾ y J. Donés Pastor⁽²⁾

⁽¹⁾ Centro de Observación y Teledetección Espacial S.A. (COTESA), Parque Tecnológico de Boecillo, parcela 207, 47151 Boecillo, Valladolid, franciscagomez@grupotecopy.es, jsuarez_beltran@yahoo.com.

⁽²⁾ Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Centro Montes de Valsain, Primera 11, La Pradera de Navalhorno, 40109 Valsain, Segovia, monte.valsain@mma.es.

Resumen

El presente estudio ha desarrollado una metodología para el tratamiento digital de imágenes de muy alta resolución de IKONOS con el objeto de apoyar las tareas de inventario y gestión forestal y de analizar las posibilidades que estos datos aportan frente a otras técnicas convencionales de adquisición como la fotografía aérea.

Los resultados obtenidos han demostrado que el tratamiento digital aporta elementos de discriminación en la imagen que las técnicas clásicas de fotointerpretación no proporcionan.

Para desarrollos futuros se ha considerado necesario comprobar la robustez del método aplicándolo en otras zonas de trabajo con diversas características bioclimáticas y composiciones específicas.

1. Introducción

España cuenta con una superficie forestal total de 26 millones de hectáreas. Actualmente se encuentra en aumento la superficie arbolada y la biomasa forestal. Junto a esta circunstancia cabe destacar que España es el país de la Unión Europea que mayor número de espacios naturales aporta a la Red Natura 2000, siendo la mayor parte de estos espacios forestales.

Se hace patente pues la necesidad de contar con información precisa y actualizada del estado de los montes con objeto de inventariar, catalogar y categorizar los recursos existentes para su mejor sostenibilidad y conservación.

Varios elementos de los que intervienen en la gestión forestal (ej. la elaboración de inventarios) comienzan a verse apoyados en nuestros días por la introducción de nuevas tecnologías, a pesar de que han existido ciertas limitaciones para su introducción en el sector forestal.

Las características de los datos de satélite los ha convertido en una fuente de información clave

para la realización de estudios que requieran la adquisición de toda una serie de variables relacionadas directa o indirectamente con la gestión forestal, tanto en lo que se refiere a la caracterización de las masas específicas que componen las plantaciones como en aspectos relacionados con los riesgos a los que éstas se encuentran sometidos (de tipo meteorológico, geológico, biológico, etc.).

La disponibilidad sólo reciente de datos procedentes de los nuevos satélites de muy alta resolución espacial ha dado lugar a que todavía se encuentren en fase de experimentación en determinados campos y sólo recientemente se hayan comenzado a desarrollar aplicaciones útiles para la gestión forestal [1,2].

2. Objetivos del Estudio

El objeto principal del presente trabajo ha sido el de analizar las posibilidades que las imágenes de satélite de muy alta resolución ofrecen al sector forestal en la gestión de los recursos y la medida en la que éstas podrán en un futuro inmediato sustituir o complementar las tecnologías actuales empleadas para la realización del inventario y la gestión forestal.

El área de estudio seleccionada se extiende por ambas vertientes de la Sierra de Guadarrama. La zona central se encuentra ocupada por el Macizo de Peñalara y se extiende hacia los montes Matas y Pinar en la provincia de Segovia y el Monte Cabeza de Hierro, en la Comunidad de Madrid.

En la zona de trabajo se localizan tres montes ordenados desde mediados a finales del S.XIX: los Montes Matas y Pinar y el Monte Cabezas de Hierro, sujetos en la actualidad a sistemas de gestión similares.

La realización de inventarios se rige por métodos sensiblemente diferentes en ambos casos. En los Montes de Valsain éste se realiza mediante muestreo sistemático de variables. En el Monte de Cabezas de Hierro el inventario se realiza pie a pie.

La existencia de información obtenida mediante técnicas distintas puede mejorar el proceso de calibración de los resultados del estudio.

3. Desarrollo Metodológico

Para alcanzar los objetivos del estudio se ha hecho necesario diseñar y desarrollar una metodología basada en el uso y adaptación de algoritmos e índices sintéticos obtenidos mediante técnicas de proceso digital de imagen.

3.1. Material

Para llevar a cabo el estudio, se han seleccionado, de entre la variedad de imágenes de muy alta resolución disponibles, las del sensor IKONOS, de Space Imaging.

Son dos los factores que han favorecido la selección de imágenes de IKONOS: su resolución espacial y la espectral. Se ha trabajado con una imagen adquirida con fecha 12 de Julio de 2.003.

Con objeto de procesar la imagen adquirida se han utilizado otras fuentes cartográficas de referencia. Cabe destacar en particular el acceso del que se ha dispuesto a la base de datos de Montes de Valsain.

El Centro dispone de una base de datos integrada dentro de un Sistema de Información Geográfica (ArcView 3.2), la cual se encuentra personalizada con objeto de elaborar consultas espaciales referidas a la planificación y gestión de los Montes Matas y Pinar, donde se recoge información de correspondiente a los planes de gestión vigentes, así como de los inventarios forestales disponibles. Esta información ha constituido la fuente principal para apoyar la validación de los resultados obtenidos por el proyecto.

3.2. Metodología de Trabajo

La metodología que se ha seguido para llevar a cabo la realización del estudio se ha estructurado en dos fases principales: la ortorrectificación y el tratamiento digital de los datos con objeto de extraer información de los mismos.

3.2.1. *Ortorrectificación.*

Para llevar a cabo la ortorrectificación de la imagen IKONOS adquirida se ha aplicado el modelo denominado Satellite Orbital Math Model, que integra los parámetros y efemérides acompañantes de las escenas en el momento de la adquisición, al tiempo que toma en consideración

las características de vuelo de la plataforma y la geometría del sensor y de la observación.

El Satellite Orbital Math Model es un modelo desarrollado por Thierry Toutin [3], del Canada Center for Remote Sensing aplicable a las coberturas capturadas por sensores tanto ópticos como radar, entre los que se encuentra los sensores a bordo de IKONOS.

El proceso fundamental lo ha constituido la clasificación multispectral de la imagen, la cual ha permitido extraer información sobre las variables relevantes para la gestión forestal.

3.2.2. *Clasificación de Imagen*

Para extraer la información necesaria para llevar a cabo el inventario forestal, se ha diseñado un método consistente en combinar técnicas de clasificación multispectral no supervisada con clasificación multicriterio.

La clasificación no supervisada se ha elegido con el fin de aprovechar al máximo la información espectral contenida en las imágenes de IKONOS [4]. Al no tener que definir áreas de entrenamiento homogéneas, se evita la posible omisión de categorías espectrales significativas o que queden importantes áreas de la imagen sin clasificar, como se ha demostrado en estudios previos realizados en otras regiones.

Para llevar a cabo la clasificación se han elegido una serie de bandas y de índices sintéticos que se ha comprobado que aportan la mayor cantidad de información espectral, textural y contextual para la realización del proceso.

Entre los diversos métodos de clasificación no supervisada existentes, se ha aplicado el denominado clasificación no supervisada por Isodata.

Con objeto de definir el número de clusters o clases finales se ha estudiado la leyenda de clases de vegetación del SIG de Montes de Valsain atendiendo únicamente a la vegetación y usos del suelo de aquellos cantones enteramente comprendidos dentro del área extraída de la imagen original. Al no contar con un criterio inicial claro para definir los parámetros de la clasificación, se han establecido varias opciones de clasificación y se han comparado los resultados obtenidos con los datos procedentes del GIS de Montes de Valsain con el fin de calibrar su validez. Este análisis ha determinado la elección final de los parámetros de clasificación, que se han establecido con el objeto de conseguir un equilibrio entre el número de clases resultante y la relativa homogeneidad espacial de éstas.

Como resultado de la clasificación se han obtenido nueve clases principales de cobertura para la zona de trabajo cuya nomenclatura es equivalente a la empleada en las categorías del SIG Montes de Valsaín (Figura 1).

Se ha observado un cierto grado de confusión entre varias de las clases identificadas. La resolución de este problema ha resultado ser sencilla dado que existe una relación directa entre la presencia de las especies de las que se ha ocupado el estudio su emplazamiento altitudinal. Para estos casos ha sido posible introducir un criterio de clasificación que bien a priori, como una banda más en la clasificación, o a posteriori, una vez realizado el análisis de los resultados, permita disolver las mezclas que se producen debido a la proximidad espectral de clases.

3.2.3. Calibración de resultados.

Para llevar a cabo la validación de los resultados obtenidos se ha utilizado la información vectorial almacenada en el SIG de Montes de Valsaín. Este proceso ha conducido a la generación de una matriz de confusión que ha proporcionado la base para cuantificar la precisión de los resultados obtenidos.

Como resultado de este análisis se ha observado que las clases mayoritarias de cobertura (pinares) han sido clasificadas con un nivel de precisión muy elevado, que ronda valores situados entre el 85% y el 95%. Esta precisión disminuye para los pastizales y las frondosas hasta valores del orden del 60-70% y alcanza el 50% para las clases minoritarias, entre las que se encuentran varias formaciones mixtas.

4. Análisis de Variables Dasométricas

Una vez llevada a cabo la calibración de los resultados de la clasificación, se ha analizado la posibilidad de establecer la relación entre las clases obtenidas con parámetros utilizados para la elaboración del inventario, tales como superficie de cubierta y número de pies por hectárea existentes en la zona de trabajo. El análisis de estas variables se ha llevado a cabo exclusivamente dentro de los límites del Monte Pinar y para aquellas clases identificadas por la clasificación como pertenecientes a la especie *Pinus sylvestris*.

Se ha observado que la ocupación del número de pies respecto a las clases temáticas de pinar identificadas presenta una distribución que indica la existencia de correlación entre las clases

identificadas y los distintos estados de madurez de las masas de pinar observadas (Figura 2).

Para comprobar que existe efectivamente una correlación entre ambas, el mismo análisis se ha aplicado a las demarcaciones establecidas por el planeamiento y gestión del Monte.

El resultado en este caso muestra una correlación inversa entre la disposición de las clases de pinar en la clasificación por tramos y el número de pies por hectárea. Es decir, aquellas clases en las que la población está principalmente compuesta por individuos cercanos a la madurez o maduros (menor proporción de pies por ha) son aquellas que quedan clasificadas de manera preferente en los tramos en preparación. Por el contrario, aquellas clases con una distribución heterogénea quedan clasificadas de manera similar en la clasificación por tramos (Figura 3).

Por tanto, se considera que el resultado de la clasificación se puede utilizar de manera fiable en el apoyo a la extracción de algunas de las variables que se requieren para realizar la gestión de la explotación. Las divergencias que se observan entre los datos de los Montes de Valsaín y la clasificación se pueden atribuir, entre otras razones, al hecho de que la información con que se cuenta de la explotación llega hasta 1998, con lo que el periodo de tiempo transcurrido desde esa fecha deberá haber modificado, necesariamente la distribución de las clases de pinar.

5. Conclusiones

La aplicación de las imágenes de satélite de muy alta resolución IKONOS puede resultar útil como complemento a las técnicas convencionales de trabajo utilizadas para la gestión forestal.

Si se pone en cuestión los procedimientos de muestreo y las estadísticas utilizadas de manera clásica para llevar a cabo el inventario, el método empleado permite una localización espacial precisa de los recursos forestales mediante la combinación de datos cartográficos y estadísticos. Esta combinación permite realizar inventarios caracterizados por la explotación de las propiedades biofísicas de las cubiertas vegetales observadas, propiedades que definen la respuesta espectral de las citadas coberturas.

Los resultados de la aplicación del método desarrollado han logrado caracterizar aproximadamente el 90% de la superficie de pinar en el área de estudio y distinguir algunas variables dasométricas. La incorporación de nuevas técnicas de análisis podrá afinar su precisión en el futuro.

La aplicación de técnicas análogas en escenarios distintos, ya sea por distinta

composición específica de las plantaciones estudiadas o por diferencias derivadas de métodos de explotación, orografía o dedicación productiva, permitirá llevar a cabo un mejor ajuste de los parámetros de análisis.

Se hace por último necesario profundizar en las causas que provocan la escasa separabilidad de las frondosas, desarrollando una metodología propia para su análisis, recurriendo para ello a datos multitemporales, análisis multicriterio y librerías espectrales en su caso.

6. Agradecimientos

COTESA agradece al Centro Montes de Valsain, del Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y, en particular, a su director Javier Dones Pastor, la colaboración que han prestado en la realización del presente trabajo.

El presente estudio ha sido llevado a cabo en el marco de la subvención con referencia 04/02/VA/0048 de la Agencia de Desarrollo Económico de la Junta de Castilla y León.

7. Referencias

- [1] Kayitakire, G. and Defoumy, T. "Discrimination automatique de peuplements forestiers à partir d'orthophotos numériques couleur: un cas d'étude en Belgique". Canadian Journal of Remote Sensing, vol. 28, n°5, pp. 629-640, 2002
- [2] Spitzer, H., Franck, R., Kollwe, M., Rega, N., Rothkirch, A. and Wiemker, R. "Change Detection with 1 m Resolution Satellite and Aerial Images". Proceedings of the IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 5, pp. 2256-2258, 2001
- [3] Cheng P. and Toutin, T. "Orthorectification and dem generation from high resolution satellite data". http://www.imagesatintl.com/customer-support/techarticles/Orthorectification_DEMGeneration.pdf
- [4] Hame, T., Heiler, I. and San Miguel-Ayanz, J. "An unsupervised change detection and recognition system for forestry". International Journal of Remote Sensing, 19(6):1079-1099, 1998.

Figura 1: Vista parcial de los resultados obtenidos por la clasificación multispectral en los Montes de Valsain.

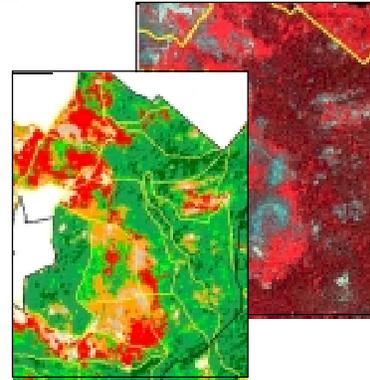


Figura 2. Relación existente entre las clases de pinar identificadas en la clasificación multispectral y el número de pies por ha de Pinus Sylvestris en Valsain.

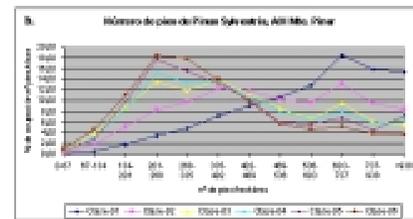


Figura 3. Relación existente entre las clases de pinar identificadas en la clasificación multispectral y la ocupación por tramos establecida en Valsain. Se observa que aquellos tramos que se encuentran en preparación se corresponden con las clases de pinar más maduro (menor número de pies por ha).

