

Rodalización del grupo de montes ordenados Ansó-Fago mediante teledetección

C. Lafragüeta Pérez¹, A. Martínez Cebrián¹

¹ FADOT, Fundación Aragonesa para el Desarrollo de la Observación de la Tierra, Edificio Félix de Azara, Parque Tecnológico Walqa 22197 - Cuarte, Huesca, España

clafragueta@gmail.com, alodia.martinez.cebrian@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo se centra en establecer rodales preliminares de gestión, es decir, en delimitar zonas homogéneas en los montes de la Mancomunidad Forestal de Ansó-Fago, en base a la cantidad de biomasa albergada y los intereses perseguidos desde el punto de vista de la gestión forestal sostenible; todo ello atendiendo a las particularidades de gestión de este espacio natural protegido.

Para este estudio se han usado imágenes satelitales SPOT 5 y tras corregirlas radiométricamente se ha realizado una clasificación digital obteniendo así las diferentes coberturas forestales. Esta información combinada con los datos LiDAR, de los que se derivaron variables dasométricas fundamentales (altura del arbolado y Fracción de Cobertura Cubierta), ha permitido establecer zonas homogéneas con distintos intereses desde el punto de vista de la explotación forestal, y de acuerdo a unos criterios técnicos establecidos que contemplaban entre otros aspectos, las particularidades de gestión en las áreas protegidas de este espacio. Con este trabajo se pone de manifiesto las posibilidades que ofrecen las técnicas más innovadoras de la teledetección con aplicación a la gestión del patrimonio natural, poniéndose en valor la información elaborada por los Planes Nacionales de Teledetección y Ortofotografía Aérea (PNT y PNOA).

Palabras clave: Gestión forestal, Teledetección, LiDAR, variables dasométricas

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información geográfica y de observación de la Tierra, poseen gran potencial de aplicación al sector forestal y a la gestión de su patrimonio. Este potencial se ha visto incrementado recientemente en Aragón con la creciente disponibilidad de imágenes de alta y muy alta resolución espacial proporcionadas por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), el Plan Nacional de Teledetección (PNT), y exponencialmente con el vuelo LiDAR del PNOA 2010.

LiDAR acrónimo de Light Detection and Ranging, es un método de percepción remota que utiliza la luz en forma de láser pulsado para medir distancias a la Tierra. El LiDAR registra los periodos de tiempo entre el envío de las transmisiones y la vuelta de las señales al sensor, generando información precisa en tres dimensiones (x, y, z) sobre las superficies de la Tierra y los elementos que se encuentran sobre ésta.

A través de esta tecnología se generan grandes conjuntos de datos, unos 3 millones de puntos por cada cuadrícula de 2x2 km en las que se divide el vuelo del PNOA 2010, lo que corresponden con una densidad de 0,5 puntos/m². En el ámbito forestal, dicha información puede ser post-procesada para la extracción de variables dasométricas, lo cual abre una vía para la obtención de información precisa y continua sobre las formaciones forestales.

Como resultado del encargo realizado por el Servicio de Planificación y Gestión Forestal de la Dirección General de Gestión Forestal a FADOT (Fundación Aragonesa para el Desarrollo de Observación de la Tierra) para la rodalización de masas forestales, en base a las bondades que las tecnologías de la observación de la Tierra ofrecen en el campo de la gestión forestal; se ha desarrollado una metodología que conjuga la información proporcionada por diversas fuentes de teledetección con otras fuentes de información usuales en el ámbito forestal (trabajo de campo, Inventario Forestal Nacional, Mapa Forestal Español, etc.), ofreciendo una alternativa al método tradicional de apeo de rodales, basado fundamentalmente en la fotointerpretación de ortoimágenes, y minimizando así el trabajo de campo.

2. OJETIVO

El objetivo principal de este proyecto es la realización del apeo de rodales en gabinete del grupo de montes ordenados de la Mancomunidad Forestal del Valle de Ansó-Fago. La finalidad del trabajo es delimitar extensiones homogéneas en el monte, en base a la información proporcionada por la tecnología de teledetección, así como otra información de carácter forestal proporcionada mediante fuentes tradicionales; de manera que ésta delimitación sirva como información de entrada en el diseño posterior del inventario dasométrico, a partir del cual se planteará la planificación de la gestión forestal del espacio.

3. ZONA DE ESTUDIO

La zona objeto de rodalización comprende el grupo de montes ordenados que conforman la Mancomunidad Forestal del Valle Ansó-Fago, abarcando una superficie total aproximada de 24.587 ha, pertenecientes al T.M. de Ansó en la provincia de Huesca. El área de trabajo se reparte en cuatro Montes de Utilidad Pública (MUP), parte de los cuales se encuentran enmarcados o bajo la influencia de dos figuras de protección: el *Parque Natural de Los Valles Occidentales* y el *Paisaje Protegido de las Foces de Fago y Biniés*.

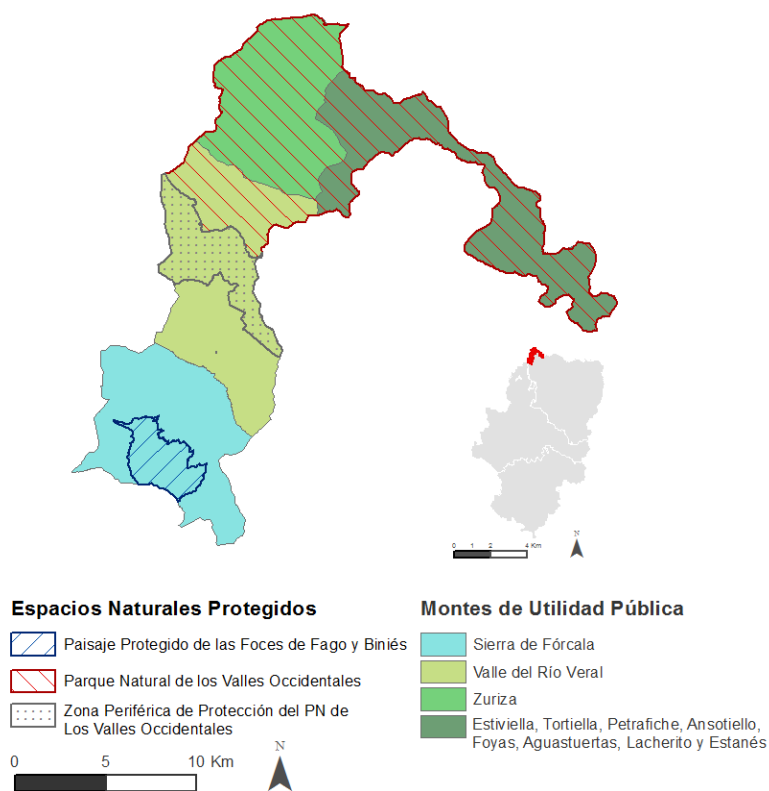


Figura 1. Montes de Utilidad Pública (MUP) que integran la Mancomunidad Forestal Ansó-Fago y áreas incluidas en figuras de protección de espacios naturales.

En cuanto a las formaciones vegetales que habitan la zona, cabe destacar la confluencia de ambientes atlántico y mediterráneo, dando lugar a una vegetación variada que frecuentemente se combina originando formaciones mixtas o mezclas pluriespecíficas de coníferas y frondosas.

En las áreas septentrionales aparecen formaciones propias del ambiente montano húmedo, siendo la más característica la conformada por la combinación de haya (*Fagus sylvatica*) y abeto (*Abies alba*), éste último en regresión a favor del haya. Las mezclas de frondosas están protagonizadas por el quejigo (*Quercus faginea*) y el haya, y en menor medida por la combinación de éstos con el roble pubescente (*Quercus humilis*). También son habituales las combinaciones de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) con haya, y puntualmente de pino con abeto.

En las áreas al sur, el dominio vegetal es ejercido por el pino, bien de origen natural (*Pinus sylvestris*) o de repoblación (*Pinus nigra*), este último principalmente en solana. Las combinaciones de especies también son frecuentes en forma de pino y quejigo, y así como las formaciones monoespecíficas o pluriespecíficas de quercíneas (*Quercus ilex* y *Quercus faginea*).

Por último es importante reseñar la existencia de otras comunidades como los prados húmedos de montaña, que aparecen abarcando las áreas de mayor altitud y latitud.

4. METODOLOGÍA

Ante la riqueza de formaciones forestales presentes en la zona a procesar, y la importancia en cuanto a extensión se refiere, resulta indicado un desarrollo metodológico basado en procesos automatizados que maximicen los resultados en términos de superficie. En este sentido, y tras un exhaustivo análisis de la información disponible para tal fin, dicho planteamiento resulta posible y a priori más adecuado que la tradicional y subjetiva digitalización por pantalla.

El post-proceso de la información se estructura en cuatro fases, y fruto de la consecución de los procesos que incluye cada una de ellas, se obtienen resultados parciales o finales.

4.1. Información de partida y tratamiento previo de la misma

Este bloque de operaciones comprende los procesos de georreferenciación y reproyección al sistema de coordenadas UTM ETRS 89 Zona 30N, de las diferentes capas vectoriales empleadas en el trabajo, y que son:

- Montes de Utilidad Pública del Gobierno de Aragón, proporcionada por el Centro de Información Territorial del Gobierno de Aragón (CINTA).
- Espacios Naturales Protegidos de Aragón, proporcionada por el Centro de Información Territorial del Gobierno de Aragón (CINTA).
- Teselas de vegetación para la ordenación 2000-2014 del conjunto de montes de la Mancomunidad Ansó-Fago, proporcionada por el Servicio de Planificación y Gestión Forestal (DGGF) del Gobierno de Aragón.
- Mapa Forestal de España a escala 1:50.000, elaborado en el año 2010 por el Ministerio de Medio Ambiente.

Por otra parte, también incluye la creación de un mosaico con las hojas del MDT (Modelo Digital del Terreno) adquirido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en 2010, a resolución espacial 5 m, para la zona.

También la imagen SPOT5 HRG (Xs) del PNT para el área de trabajo, adquirida en agosto de 2012 a resolución 5 m.

Por último, de información de partida se completa con la información proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), en relación a las ortofotografías a resolución 0,5 m para los años 2006, 2009 y 2012, y en relación a la nube de puntos LiDAR a resolución 0,5 puntos/m², adquirida en el 2010.

4.2. Procesado de la nube de puntos LiDAR

La nube de puntos LIDAR proporcionada por el PNOA no está clasificada, conteniendo dos tipos de puntos diferentes: no clasificado y ruido. Tal circunstancia, obliga a llevar a cabo la depuración de los puntos clasificados como ruido.

Posteriormente, se realiza un filtrado de la nube de puntos para obtener el modelo digital del terreno (o suelo desnudo), utilizado para ello un algoritmo de superficie iterativo.

Tras la creación del MDT, a resolución espacial 5 m, se lleva a cabo la normalización de la nube de puntos con respecto al suelo desnudo, pudiéndose derivar información sobre la altura de los objetos dispuestos sobre la superficie terrestre, en este caso fundamentalmente, altura de la vegetación, por tratarse de una zona eminentemente forestal; así como de la FCC del arbolado (Fracción de Cabida Cubierta), considerándose éste superior a 2,5 m.

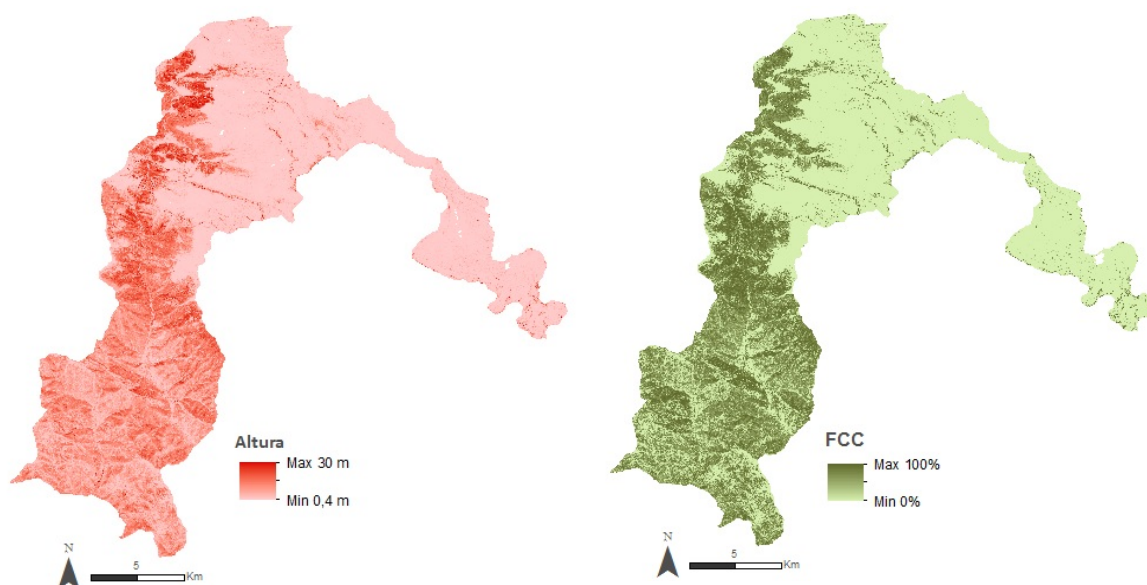


Figura 2. Altura (izquierda) y FCC del arbolado (derecha) a resolución espacial 5 m

4.3. Elaboración de la cobertura temática de formaciones

La cobertura temática sobre formaciones vegetales, se obtiene mediante un proceso de clasificación digital de la imagen de satélite, basado en la respuesta espectral diferencial de las distintas cubiertas. Paso previo, es su corrección radiométrica y normalización topográfica, de acuerdo a la metodología contemplada en Hoúles V. et al. (2008), con el fin de minimizar sus anomalías respecto a la imagen que se obtendría en condiciones ideales.

Según el tipo de cubiertas presentes en la zona de trabajo, a priori se establecen catorce categorías de tipo vegetal -relativas a las especies que conforman las formaciones puras y mixtas más frecuentes-, y otra más para aunar las áreas improductivas desde el punto de vista forestal.

Posteriormente, y con ayuda del personal del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, buen conocedor de la zona, se realiza una selección de áreas de entrenamiento para cada una de las categorías establecidas, en las que existe certeza de que el área seleccionada corresponde a la categoría asignada. Estas áreas constituyen la información en base a la cual el algoritmo de clasificación de tipo supervisado de máxima probabilidad, realiza la clasificación de la imagen, obteniéndose así una capa temática de formaciones vegetales.

Posteriormente, a fin de simplificar los resultados de acuerdo con el objetivo del trabajo, se realiza una unificación de las categorías afines, obteniéndose finalmente una imagen clasificada en ocho categorías (o tipos de formaciones).

- Hayedo
- Mixta de coníferas y frondosas
- Mezcla de frondosas
- Pinar
- Quercíneas
- Matorral
- Pasto/Cultivo
- Improductivo (suelo desnudo, suelo urbano, masas de agua, etc.)

Por último se lleva a cabo el proceso de validación de la capa temática resultante mediante algunas de las áreas de entrenamiento identificadas y no utilizadas en el proceso de clasificación.

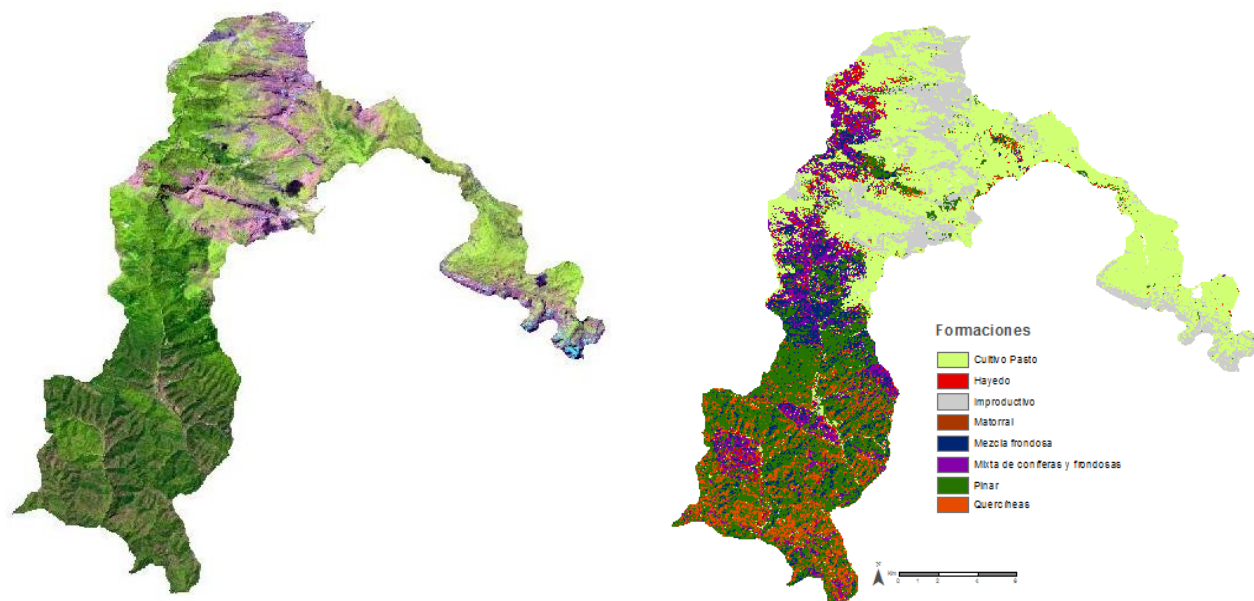


Figura 3. Imagen SPOT5 HRG (Xs) (izquierda) e imagen clasificada (derecha)

4.4. Delimitación de zonas restringidas

Gran parte del área de trabajo se encuentra enmarcado o bajo la influencia de las figuras de protección del *Parque Natural de Los Valles Occidentales* y del *Paisaje Protegido de las Foces de Fago y Biniés*. Como consecuencia fundamental de esta circunstancia, la planificación de distintos aprovechamientos en la zona precisa la consideración de una serie de restricciones de tipo fisiográfico, determinadas por el límite altitudinal de 1600 m y la pendiente del 60%.

La delimitación de las áreas situadas por debajo de 1.600 m se lleva cabo en base a la información proporcionada por el MDT en un entorno de trabajo GIS. Asimismo, el procesado de esta información permite calcular la pendiente del terreno, y la posterior delimitación de las áreas cuya pendiente es inferior al 60%. La combinación de ambas restricciones fisiográficas, definen las áreas susceptibles de explotación; complementarias de las zonas restringidas.

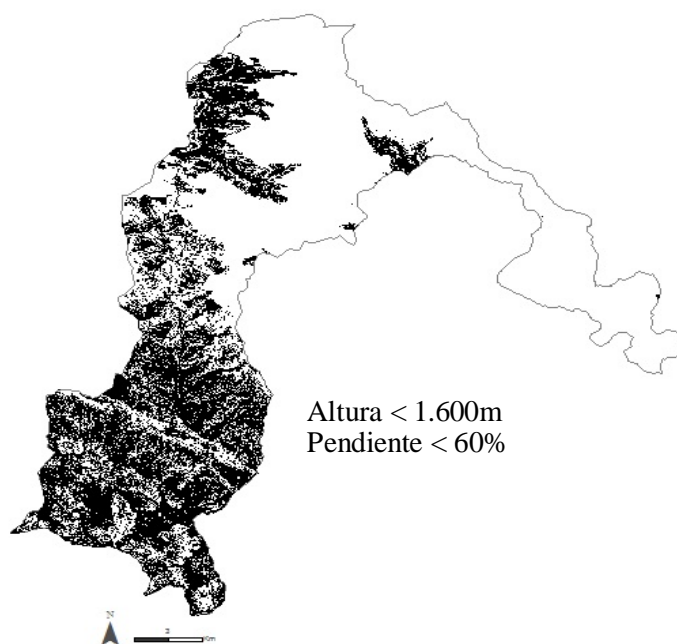


Figura 4. Áreas susceptibles de explotación

4.5. Rodalización

La fuente de información para la rodalización está constituida por las tres coberturas generadas:

- Altura de la vegetación
- FCC del arbolado
- Formaciones vegetales

La combinación de la información proporcionada por dichas capas se realiza mediante la adopción de criterios que permiten la categorización de la información, y la posterior unificación de clases en función del objetivo del trabajo. Tanto los criterios establecidos, como la posterior unificación de las clases, se establecen desde el punto de vista del aprovechamiento –fundamentalmente maderero- de las masas. En este sentido cabe apuntar que los umbrales considerados para los valores de altura y FCC del arbolado, se han establecido de acuerdo a los estadísticos derivados para esas variables en las formaciones identificadas como formaciones de pinar en la cobertura temática de formaciones vegetales (Altura: Media 9,12 Desviación estándar 5,31 m y FCC arbolado: Media 51,70 Desviación estándar 30,89%) y tras haber realizado distintas pruebas con diferentes umbrales.

A continuación se resumen los criterios considerados para cada tipo de información, las clases establecidas y su posterior reclasificación. Según el grado de unificación adoptado entre clases, se establecen clases genéricas, en lo que respecta a los tipos de formaciones menos interesantes desde el punto de vista del aprovechamiento maderero, o clases detalladas en el caso de las formaciones con mayor interés. Así, se establecen tres clases diferenciadas para las formaciones de pinar, según sea el destino que se prevea dar a las extracciones de biomasa, de acuerdo a las características dasométricas consideradas; siendo la clase C1 la que presenta las cualidades más interesantes y la C3 la que menos.

Tabla1: Criterios para cada tipo de formación

<i>H (m)</i>	<i>FCC (%)</i>					
	<i>>70</i>	<i>20-70</i>	<i><20</i>	<i>>70</i>	<i>20-70</i>	<i><20</i>
<i>Formación</i>	Hayedo			Quercíneas		
<i>>13</i>	Hayedo			Quercíneas		
<i>7-13</i>						
<i><7</i>						
<i>Formación</i>	Mixta de coníferas y frondosas			Matorral		
<i>>13</i>	Mixta de coníferas y frondosas			Matorral		
<i>7-13</i>						
<i><7</i>						
<i>Formación</i>	Mezcla de frondosas			Pasto/Cultivo		
<i>>13</i>	Mezcla de frondosas			Pasto/Cultivo		
<i>7-13</i>						
<i><7</i>						
<i>Formación</i>	Pinar			Improductivo		
<i>>13</i>	Pinar C1	Pinar C1	Pinar C2	Improductivo		
<i>7-13</i>	Pinar C2	Pinar C2	Pinar C3			
<i><7</i>	Pinar C3	Pinar C3	Pinar C3			

Una vez identificadas los distintos tipos de formaciones y sus características dasométricas (10 en total), se procede a la digitalización de los rodales. Este proceso se realiza de forma manual por pantalla, tomando en consideración distintas fuentes de información; principalmente los tipos de formaciones y sus características dasométricas (10 clases) y secundariamente las teselas de vegetación definidas en la ordenación 2000-2015, las ortofotografías del PNOA (2006, 2009 y 2012) y las áreas susceptibles de explotación.

En cuanto a la superficie de los rodales, en el proceso para su delimitación como norma general se ha procurado preservar el nivel de detalle que proporciona el análisis realizado, aunque rehuendo de superficies pequeñas, a excepción de aquellos rodales que corresponden a formaciones de pinar C1 y C2, en base a

su importancia en cuanto al objetivo. Por otra parte, el proceso de manual digitalización se ha realizado a una escala 1:10.000, permitiendo mejorar en la medida de lo posible, los resultados obtenidos de forma automática, incluso diferenciar entre categorías (pinar natural –*Pinus sylvestris*- y de repoblación –*Pinus nigra*-, así como pasto y cultivo).

La digitalización de la capa de rodales ha sido generada a partir de los límites definidos para los MUP en la información proporcionada por el CINTA, teniendo en cuenta aspectos topológicos, a fin de evitar rodales incompletos así como superposiciones entre éstos.

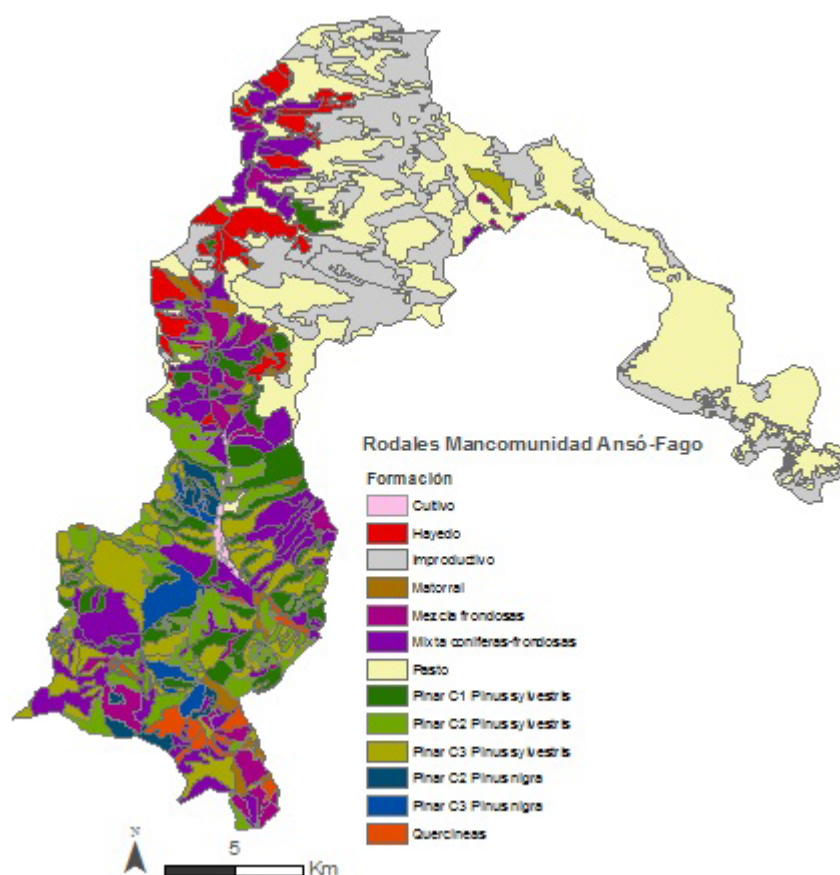


Figura 5. Rodales Mancomunidad Ansó-Fago

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La cobertura de rodales definidos según el tipo y las características dasométricas de las formaciones identificadas, desde la perspectiva del aprovechamiento fundamentalmente maderero, en el área de la Mancomunidad Ansó-Fago, constituye una herramienta de base para la planificación del futuro inventario dasométrico (paso previo e indispensable para una adecuada planificación forestal), permitiendo la adaptación del esfuerzo de muestreo a los diferentes rodales identificados.

Por otra parte, los resultados parciales obtenidos en forma de coberturas espaciales, proporcionan una primera aproximación a la estructura de las formaciones forestales allí presentes y a su composición específica, a través de la información dasométrica (altura del arbolado y FCC) y la clasificación digital de la imagen de satélite, respectivamente. Esta información, cuando comparada con registros anteriores (Proyecto de Ordenación del Grupo de Montes de la Mancomunidad Ansó Fago 2009-2014), permite evidenciar cambios en relación a estos aspectos; poniendo de manifiesto, este caso, procesos de regeneración natural tras las operaciones ejecutadas al amparo de la ordenación, así como la dinámica sucesional de la vegetación, tal y como atestigua la regresión del abeto en favor del haya.

Durante las últimas décadas, la teledetección se está convirtiendo en una herramienta de inestimable valor para la evaluación de los recursos naturales, permitiendo la obtención de información detallada y precisa de grandes extensiones de terreno en un corto espacio de tiempo; todo ello incurriendo en menores costes.

La enorme complejidad de los montes de la Mancomunidad de Ansó-Fago, en base a su elevada composición de especies y superficie, ha puesto de relieve las ventajas técnicas y económicas del uso de la teledetección en las labores de gestión forestal, frente a las costosas y tradicionales vistas de campo, y/o las laboriosas tareas de fotointerpretación y digitalización en gabinete.

Por otra parte, esta experiencia contribuye al avance y a la consolidación del conocimiento y la aplicabilidad de las tecnologías de la teledetección satelital y aeroportada en general, y de la tecnología LiDAR, en particular; además de una puesta en valor de los recursos proporcionados por los Planes Nacionales de Ortofotografía Aérea y de Teledetección (PNOA y PNT) en Aragón.

Los resultados satisfactorios de este trabajo, avalan por sí mismos la necesidad de continuar trabajando en la implementación y el desarrollo de las metodologías basadas en las técnicas más innovadoras de teledetección, con la finalidad de evaluar el estado y la disponibilidad de los recursos forestales en Aragón, y en definitiva, con el objetivo de potenciar la adecuada conservación de su patrimonio natural.

AGRADECIMIENTOS

Al del Departamento de Agricultura Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón por la ayuda y la información proporcionada, y en especial a Daniel Cantón, Miguel Ángel Ena y Félix Ipas. También a Alfonso y a Óscar Fernández Manso, por la bibliografía recomendada para la elaboración de este trabajo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Davranche A., Lefebvre G. y Poulin B. (2009) Radiometric Normalization of SPOT-5 Scenes: 6S Atmospheric Models versus Pseudo-invariant Features. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol 75, No. 6, pp. 723-728.

Domenech E. (2014): Teledetección en la Gestión de Riesgos Naturales en Protección Civil. Nivel II. *Plan Nacional de Teledetección (PNT)*. Instituto Geográfico Nacional. 24 Abril 2014. Madrid.

Hoùles V., El Hajj M. y Begué A. (2008): 'Radiometric Normalization of a SPOT 4 and SPOT 5 Time Series of Images (Isle-Reunion) for Agriculture Applications'. *Image and Signal Processing for Remote Sensing XIII*. SPIE. 17 Septiembre 2007. Florencia (Italia).

Tragsatec. Proyecto de Ordenación del Grupo de Montes de la Mancomunidad Ansó Fago (2009-2014).