

REQUERIMIENTOS DE LOS USUARIOS DE UN SISTEMA DE OBSERVACIÓN FORESTAL (FOS)

X. Pons^{1,2}, J. Valeriano¹, R. Salvador¹, J. Masó¹

¹ Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAM, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

² Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

RESUMEN: En el presente estudio se evalúan los requerimientos para un nuevo sistema de observación forestal desde satélite. Ello se efectúa mediante una profunda revisión de la bibliografía reciente de teledetección forestal y mediante el análisis de los resultados de una encuesta presentada a expertos forestales y de teledetección a escala mundial.

INTRODUCCIÓN

Como resultado de la actividad humana, el medio ambiente global de la Tierra está sufriendo importantes cambios. Para entender mejor estos procesos nos fijamos en las consecuencias que tienen sobre la tierra, la atmósfera y los océanos. Los estudios sobre ecosistemas forestales con relación al cambio global se están llevando a cabo en muchos países dentro de programas nacionales e internacionales.

Por otro lado, la existencia de un mercado forestal justifica el interés en aumentar la producción y calidad de los productos de los bosques.

En ambos casos, existe la necesidad de una información georeferenciada. Ésta se puede obtener mediante trabajo de campo, pero este procedimiento resulta limitado en cuanto a área a muestrear y suele ser muy costoso. La teledetección nos permite estudiar áreas mayores y con un cierto periodo de repetitividad de una forma mucho más barata.

En los pasados años, la teledetección se ha venido usando para obtener valiosa información en numerosas aplicaciones forestales. Sin embargo, los presentes satélites fueron diseñados para aplicaciones muy genéricas y no satisfacen totalmente las necesidades de la comunidad forestal ni en términos de especificaciones ni en términos de disponibilidad de los datos. Los sensores aerotransportados se han venido usado en algunas aplicaciones, pero requieren un diseño específico para cada campaña y conllevan costes muy superiores, así como mayores problemas de geometría de las imágenes.

El proyecto FOS (Forestry Observing System) fue llevado a cabo por Ingeniería y Servicios Aeroespaciales (INSA), que lideró el proyecto, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) entre noviembre de 1995 y noviembre de 1996 en respuesta a una propuesta de ESA/ESTEC.

El proyecto consta de varias fases. En la primera de ellas se analizan los requerimientos de los usuarios [1]. En la segunda se analizan los sistemas actuales de teledetección y a qué nivel satisfacen los requerimientos de los usuarios [2]. En tercer lugar se analizan los posibles candidatos a sensores para el sistema de observación forestal y se elige uno para la misión FOS, teniendo en cuenta estimaciones de coste y retorno [3, 4]. Finalmente, se diseña el sistema FOS, sus productos y servicios y se hace una detallada evaluación económica de la misión [5, 6, 7]. En este último punto, se vuelve a consultar a destacados usuarios mundiales.

El estudio que se presenta corresponde a la primera fase y ha sido llevado a cabo por CREAM en el marco del proyecto FOS. Se especifican los requerimientos del sensor tanto desde el punto de vista científico como de usuario.

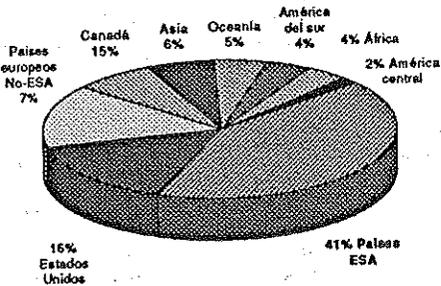
METODOLOGÍA

A fin de analizar los requerimientos de los usuarios se proponen dos aproximaciones.

La primera consta de un análisis profundo de la bibliografía de teledetección forestal de los últimos seis años (1990-1995). Referencias anteriores se tienen en cuenta en caso de ser especialmente relevantes. Se clasifican tres grupos de referencias en función de su nivel de interés para el proyecto: referencias de máximo interés, interés medio y referencias generales. El total es de 522 referencias analizadas, mayormente de revistas especializadas como: International Journal of Remote Sensing, Remote Sensing of Environment, IEEE Transactions

on Geoscience and Remote Sensing, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Canadian Journal of Remote Sensing, etc. Asimismo, se tienen en cuenta trabajos relevantes en revistas de ciencia forestal.

La segunda aproximación se basa en la elaboración de un cuestionario que fue distribuido a más de 350 usuarios de todo el mundo. En la siguiente figura se muestra la distribución geográfica de los encuestados.



El diseño del mismo responde a la necesidad de identificar los requerimientos presentes y futuros de los usuarios. Se establecen tres grandes bloques de preguntas. En el primero se pide información general sobre usuario: área, temas de interés, experiencia, etc. En el segundo se pide información sobre los proyectos presentes: temática, imágenes que usa, cantidad, duración. Finalmente se pregunta sobre los futuros proyectos: tipo de datos son los que quisiera tener el usuario, aplicación, bandas espectrales, resolución radiométrica, geométrica, temporal, cobertura, etc. La encuesta fue escrita también en formato HTML para poder ser contestado vía Internet.

Las respuestas se analizan y ponderan convenientemente. Los resultados se cruzan con los del análisis bibliográfico y posteriormente se establecen una serie de grupos de requerimientos para las posteriores etapas del proyecto.

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

El análisis bibliográfico se ha estructurado por aplicaciones. Para cada una de ellas se estudian las características principales del sistema de observación: resolución espacial, resolución temporal, resolución radiométrica y resolución espectral.

Resolución espacial. Entre todo el rango de resoluciones espaciales que puede tener un sensor, podemos distinguir las siguientes tres escalas:

Escala de paisaje: puede ir desde cientos de metros en regiones heterogéneas hasta kilómetros en regiones homogéneas. En esta escala las unidades de estudio son claramente diferentes (campos, prados, bosques, áreas quemadas, etc.). Normalmente no permite discriminar entre diferentes tipos de bosque, los cuales suelen ser tratados como unidades o clases únicas. En esta escala se usan métodos de clasificación, obteniéndose resultados mayormente cualitativos, ya que no es posible el análisis de variables continuas cuantitativas.

Escala de cubierta forestal (canopy): Opuesta a la escala de paisaje en cuanto a resolución espacial, esta escala puede ir de menos de medio metro a varios metros. Como el tamaño del píxel es más pequeño que el tamaño de la cubierta forestal, encontramos grandes varianzas para píxeles de la misma clase de bosque [8]. Algunos de estos píxeles contienen información de cubiertas soleadas, otros de cubiertas en sombra y suelo [9][10]. Aunque esta escala de trabajo podría ser útil para algunas aplicaciones forestales, los satélites actuales no tienen esta resolución. Sin embargo, algunos satélites en un futuro muy próximo dispondrán de dichas resoluciones espaciales [11]. Una de las características destacadas de la escala de cubierta es que permite una localización precisa de los puntos de control sobre la imagen, lo que es importante para su correcta georeferenciación.

Escala de rodal: escala intermedia en la cual la unidad es el rodal, área homogénea con características propias determinadas por sus árboles. Puede ir de decenas de metros en bosques muy heterogéneos hasta algunos cientos de metros en los homogéneos. El tamaño de píxel permite obviar los altos niveles de varianza que encontramos en la escala de cubierta forestal, pero es suficientemente pequeño para evitar la contribución de zonas adyacentes de características diferentes. En la bibliografía [8] se hallan valores óptimos de entre 5 y 18 m para bosques homogéneos y entre 15 y 22 m para los heterogéneos.

Resolución espectral. Determinar qué regiones espectrales son las más convenientes para las diferentes aplicaciones forestales puede parecer una pregunta de fácil respuesta, especialmente después de varias décadas de experiencia en teledetección. Sin embargo, la configuración óptima no está clara para muchas aplicaciones de las que desconocemos el número de bandas espectrales necesarias, su anchura y

localización en el espectro electromagnético. Estas dificultades se deben a la gran variedad de aplicaciones forestales, a la falta de estudios rigurosos y a la misma complejidad de los procesos físicos involucrados.

Resolución radiométrica. En la mayoría de aplicaciones existe una falta de resolución radiométrica para la evaluación cuantitativa de parámetros forestales. Por ejemplo, Danson y Curran [12] encontraron un rango de solo cuatro DN en la respuesta de bosques de coníferas usando imágenes SPOT XS. La insuficiente resolución radiométrica se puede mejorar de varias maneras: incrementando el número de bits por píxel, modificando las radiancias máxima y mínima (rango dinámico), o mejorando la relación señal/ruido. De todas formas, estudios cualitativos como el de Mayaux y Lamber [13] o el de Wolter et al. [14], no parecen requerir una resolución radiométrica más fina que la típicamente disponible en plataformas satelitarias.

Resolución temporal. La resolución temporal presenta

una problemática muy diferente que las anteriores desde el punto de vista de un sistema de observación forestal. Podemos separar dos grandes grupos de aplicaciones: aquellas que requieren periodos de repetitividad muy cortos, como por ejemplo detección o seguimiento de fuegos y aquellas que requieren periodos más largos. Los satélites actuales no permiten altas resoluciones temporales. Además hay que tener en cuenta el efecto del clima y la posibilidad de usar sensores activos en aquellas áreas que estén más frecuentemente cubiertas de nubes.

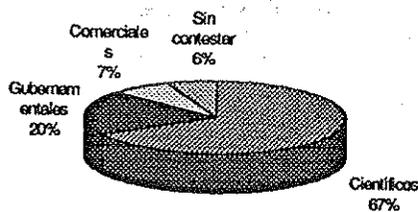
La siguiente tabla resume las necesidades actuales en teledetección de cada una de las aplicaciones forestales:

- *** Indica que la resolución está bien cubierta por las plataformas actuales
- ** Indica que la resolución está cubierta, pero que podría mejorarse en algunos aspectos.
- * Indica que las plataformas actuales no cubren la resolución requerida por la aplicación.

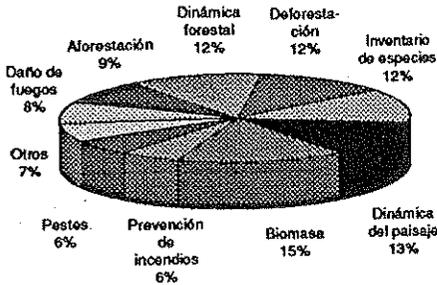
Aplicación	Resolución espacial	Resolución espectral	Resolución radiométr.	Resolución temporal
Biomasa, producción y estructura	**	*	*	***
Dinámica forestal	**	*	*	**
Inventario forestal	**	**	*	**
Dinámica del paisaje	***	**	***	***
Prevención de incendios	**	*	*	**
Detección de incendios	*	**	**	*
Seguimiento de fuegos	**	**	*	*
Daño causado por fuegos	***	***	***	**
Deforestación	***	**	**	**
Aforestación	***	**	*	***
Pestes y daños forestales	***	**	**	**

ENCUESTA A LOS USUARIOS

Los resultados que se presentan a continuación se basan en las respuestas de los usuarios que contestaron la encuesta. La participación fue de un 30% sobre el total de encuestas enviadas y corresponden mayormente al área científica. Los porcentajes se muestran en el siguiente gráfico:



A continuación se muestran en porcentajes las aplicaciones forestales de la teledetección.



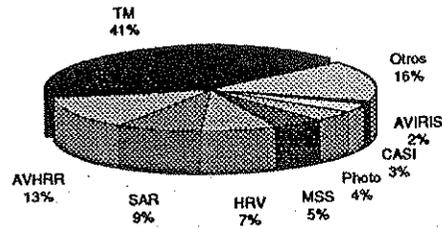
Sólo un 11 % de los usuarios forestales que han contestado la encuesta dicen no tener experiencia en teledetección. Ello es debido básicamente a que los datos que les ofrece la teledetección actual no les sirven para sus respectivas aplicaciones. Otros alegan dificultades en la obtención de datos, ya sea debido a los costes de las imágenes, ya sea a una mala distribución de las mismas. El 60 % de los usuarios dice tener más de 10 años de experiencia en teledetección y el 75 % tiene más de 5 años de experiencia, lo cual da credibilidad a los resultados que se barajarán.

Cabe citar que el 75 % de usuarios realiza un análisis digital de las imágenes de teledetección mientras que sólo el 13 % las utiliza únicamente para fotointerpretación. La fotografía aérea se utiliza regularmente u ocasionalmente.

Proyectos actuales

Los usuarios prefieren actualmente sensores del visible e infrarrojo tales como Landsat-TM, NOAA-AVHRR y SPOT-HRV. En segundo lugar aparecen los sensores activos y los sensores aerotransportados como CASI y AVIRIS. TM, AVHRR y HRV se usan en una gran variedad de aplicaciones. HRV y TM se suelen usar cuando hacen falta mayores resoluciones espaciales sobretudo para biomasa, estructura y producción, inventarios y estudios de dinámica forestal. En cambio, AVHRR se suele usar más en deforestación y prevención de incendios. Las aplicaciones actuales del SAR se centran básicamente en estudios de deforestación y biomasa, estructura y producción, aunque a nivel experimental.

Datos que se precisan en el futuro

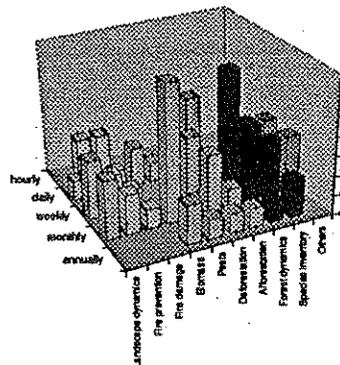


Según los resultados de la encuesta, los futuros proyectos no diferirán demasiado de los actuales en cuanto a porcentaje de uso de cada aplicación. Para detalles véase [1].

Por lo que respecta a resolución espacial, se observa una tendencia generalizada a pedir mejores resoluciones (del orden de 5 m) que las que nos ofrecen los sensores actuales. Algunos usuarios dicen tener suficiente con resoluciones de 20-100 m. En el siguiente gráfico se puede observar la resolución que piden los usuarios en función de la aplicación:

También se requiere una mejora en cuanto a resolución radiométrica de las imágenes y mejores relaciones señal/ruido.

En cuanto a la resolución temporal, difiere mucho de una aplicación a otra, aunque podemos distinguir tres grandes grupos: sistemas de muy alta resolución que requieren periodos de repetición de hasta horas, como son la prevención y seguimiento de incendios; los sistemas de resolución media, que requieren periodos de repetición de semanas; y los sistemas de baja resolución en los cuales es suficiente una imagen cada varios meses o anualmente.



CONCLUSIONES

Los resultados de la encuesta están de acuerdo con el análisis bibliográfico en la mayoría de puntos. Encontramos diferencias significativas en los requerimientos de resolución espacial, ya que los usuarios piden resoluciones e 5 m, aunque, de acuerdo con el análisis de la bibliografía, esto no mejoraría demasiado los resultados ya que tendríamos una mayor varianza interna de los datos. En cambio, para análisis visual de imágenes y fotointerpretación una alta resolución espacial es deseable.

Aunque las imágenes de radar son potencialmente muy interesantes, las actuales bandas C no son óptimas para aplicaciones forestales. Hay que investigar las posibilidades de otras bandas como la P y la L. También se recalcan la importancia de la región del espectro infrarrojo mediano y la integración de datos que provienen de diferentes sensores. Se deberían desarrollar nuevos métodos de calibración y se debería simplificar el proceso de distribución y pedido de las imágenes. Por razones de espacio, no es posible aquí incidir en cada uno de los aspectos requeridos por cada sector de aplicación. Para más información véase [1] y [2]. Como se ha comentado anteriormente, los resultados de este estudio han servido para definir las posteriores fases del proyecto FOS.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente la colaboración de C. Martín-Rico, J. Gonzalo de INSA y J.I. González, a M.J. Gutiérrez de la Cámara, E. De Miguel y A. Fernández del INTA y a A. Tobias, W. Leidbrandt y M. Rast de ESA/ESTEC.

REFERENCIAS

- [1] Forestry Observing System. Technical Note 01. "User requirements and utilization of a forestry observing system", ESA/ESTEC 1996.
- [2] Forestry Observing System. Technical Note 02: "Analysis of current practices and identification of gaps", ESA/ESTEC 1996.
- [3] Forestry Observing System. Technical Note 03: "Analysis and trade-off of candidate forestry observing systems", ESA/ESTEC 1996.
- [4] Forestry Observing System. Technical Note 04: "Forestry observing system products and services", ESA/ESTEC 1996.
- [5] Forestry Observing System. Technical Note 05: "Concept of a forestry observing system", ESA/ESTEC 1996.

- [6] Forestry Observing System. Technical Note 06: "Forestry observing system data products and services", ESA/ESTEC 1996.
- [7] Forestry Observing System. Technical Note 07: "Perspective economical return", ESA/ESTEC 1996.
- [8] Marceau et al (1994) "Remote sensing and the measurement of geographical entities in a forested environment 2: The optimal spatial resolution". Remote Sens. of Env 49, 105.
- [9] Franklin et al.(1993) "Reflectance of vegetation and soil in Chihuahuan Desert Plant Communities from ground radiometry using SPOT wavebands". Remote Sens. of Env 46, 291.
- [10] Goward et al.(1994) "Visible-near infrared spectral reflectance of landscape components in Western Oregon". Remote Sens. of Env 47, 190.
- [11] Lawrence W. Fritz. "The Era of Commercial Earth Observation Satellites", PE&RS January 1996, 39-45.
- [12] Danson et al. (1991) "Structural controls on the remotely sensed response of coniferous forest plantation. Physical measurements and signatures in remote sensing". ESA SP, 319.
- [13] Mayaux et al.(1995) "Estimation of tropical forest area from coarse spatial resolution data: a two step correction function for proportional errors due to spatial aggregation". Remote Sens. of Env 53, 1.
- [14] Wolter et al. (1995) "Improved forest classification in the Northern Lake States using multi-temporal Landsat imagery". PE&RS 9, 61, 1129.