

Planimetría de áreas forestales quemadas¹

Ester Quintano Pastor, Domingo Villalba Indurria²

Resumen

El desembarco de las nuevas tecnologías facilita la recogida de información en lugares remotos como es el caso de los incendios forestales. Una vez producido el incendio se necesita georeferenciarlo inmediatamente y seguir la evolución de su perímetro hasta su extinción. En una fase post incendio es imprescindible saber la superficie afectada para realizar una evaluación de los daños, además saber la forma del incendio ayuda a determinar su punto de inicio, es imprescindible definir el perímetro afectado para aplicar medidas legislativas sobre dicho territorio, para llevarlo a juzgado, para informar a la opinión pública, para cumplimentar el parte de incendio, realizar la subasta de la madera quemada, replanteo del terreno para el proyecto de restauración y un largo etcétera. La necesidad de conocer un perímetro de la superficie quemada que sea lo más preciso y parecido a la verdad terreno, es una realidad indiscutible.

En la presente ponencia se pretende evaluar y comparar diversos métodos ensayados y validados durante los cuatro últimos años para realizar la planimetría de las áreas quemadas en Castilla y León, así como referencias a proyectos de colaboración con el mismo objetivo en otros lugares.

Se expondrá nuestra experiencia en la utilización de satélites destacando Landsat TM7, TM5 y MODIS, y por otro lado, la diversa utilización de GPS desde tierra o con medios aéreos. Por último, se evalúa la utilización del sistema en aviones no tripulados de detección, seguimiento y medición de aéreas quemadas.

¿Por qué son necesarios los perímetros de los incendios?

En Europa los incendios forestales son considerados como la causa directa y la amenaza más importante de destrucción de bosques en los países mediterráneos (aunque sea mentira, otros factores como la improductividad, la propiedad privada, la ordenación del territorio, las carencias de gestión de la propiedad pública son factores reales y de mayor amenaza). En la Comunidad Autónoma de Castilla y León, el régimen de fuegos ha modelado sus ecosistemas forestales, con un promedio anual (1996-2005) de 2057 incendios, que afectan a unas 31.108,74 ha anuales de superficie forestal. Como objetivos del V5 Defensa del Monte del Plan Forestal de Castilla y León se plantea reducir los daños producidos por grandes incendios, trabajando en mejorar la eficacia de los medios de extinción y en las estrategias empleadas en la extinción. De hecho en los últimos años ha aumentado el porcentaje de conatos desde un 30% en 1997 hasta un 56,63% en 2006 (datos provisionales

¹ La presente comunicación integra los resultados de varios programas de I+D+I en planimetría de incendios forestales, entre ellos destaca GMES dentro de RISK EOS.

² Ingeniera/o de Montes. Incendios Forestales y Caza y Pesca Castilla y León. España.

de avances). En esta eficacia juegan un papel primordial la detección precoz y la evaluación inicial de la situación (superficie afectada georeferenciada) para dimensionar y emplear adecuadamente los medios del operativo disponibles.

La obtención del un perímetro del incendio lo más ajustado a la realidad es necesaria desde el momento en el que se produce para poder gestionar eficazmente la emergencia, al conocer en cada momento lo que está ocurriendo y las posibles estrategia, táctica y horario a emplear en cada sección y momento del desarrollo del mismo. El modo de proceder de muchos técnicos que tratan de obtener una visión completa del incendio subiendo al helicóptero de coordinación o al menos a una zona de mayor visibilidad, nos indica la importancia de conocer la situación de forma global y no sólo desde un punto de vista parcial, afectado por la topografía y la visibilidad de cada punto.

Desde el año 2003, los perímetros están plenamente disponibles durante el desarrollo del incendio, en aquellos que presentan cierta envergadura, gracias a la labor del helicóptero de coordinación operado por la empresa Coyotair. Se debería de protocolizar para el 2007 la sistematización de este proceso realizada por el técnico de la helitransportada. Además se dispone de una herramienta plenamente operacional ,meteosig de meteorológica S.A., de predicción del comportamiento y posible evolución del fuego con ciertas limitaciones temporales (sólo da predicciones para entornos de 3 horas y desde un solo punto de inicio), su interpretación debe ser siempre complementada con el desarrollo real observado dadas las posibles variaciones de variables y el propio efecto del combate del incendio sobre la evolución del mismo.

En cuanto a la posterior evaluación del incendio, tanto desde el punto de vista de la determinación del punto de inicio y su causalidad, como del análisis completo de las diferentes fases de desarrollo del incendio y las estrategias y métodos seguidos para su extinción, es de vital importancia conocer con la mayor exactitud y precisión posible la superficie y área afectada. Además, hay que tener en cuenta que es necesario cuantificar económicamente los daños producidos, así como determinar el impacto ambiental sobre el entorno, la fauna y flora existente. La gestión de la superficie afectada también debe ser modificada a través la variación de planes de ordenación, cinegética o pascícola, en concreto del acotamiento al pastoreo, la planificación de la regeneración de la zona, así como afecciones jurídicas o limitaciones de uso.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar y comparar diversos métodos ensayados y validados durante los cuatro últimos años para realizar la planimetría de las áreas quemadas en Castilla y León, así como referencias a proyectos de colaboración con el mismo objetivo en otros lugares. Teniendo en cuenta los dos momentos en los que se necesitan - durante y posteriormente a la extinción- que condicionan la forma de obtención y otros factores como la precisión y exactitud se determinará los procesos más efectivo y necesarios. Además de evaluar estos diferentes métodos empleados se comentará las nuevas posibilidades existentes, y las ventajas, inconvenientes, eficacia y disponibilidad de los diferentes métodos, en cada situación y también en función de la superficie y peligrosidad del incendio en cuestión.

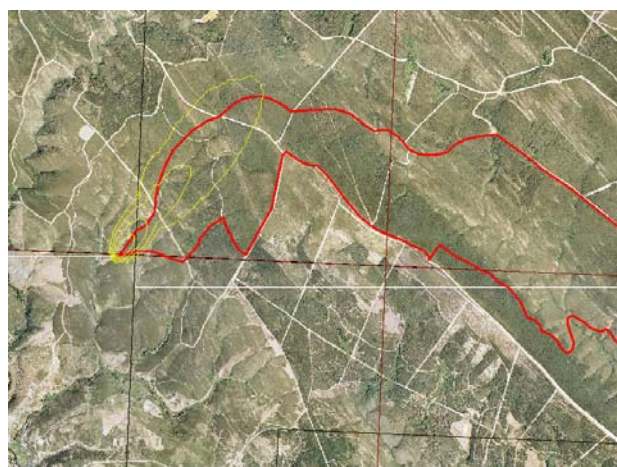
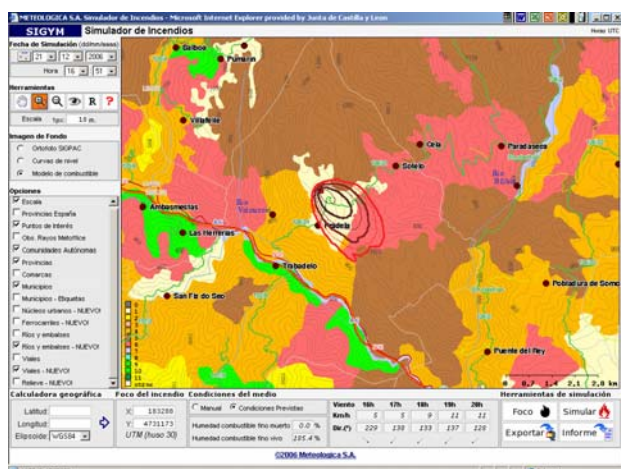


FIGURA 1.- Simulador del comportamiento del fuego. Comparación con perímetro incendio de 1 de mayo 2006 en Rihonor, Zamora.

Material y Métodos

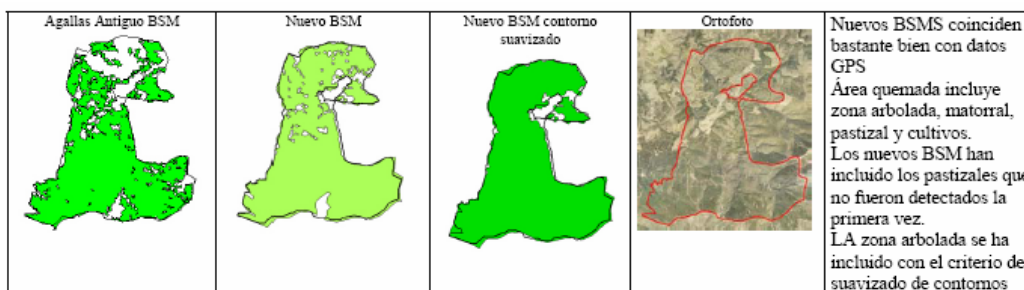
Las técnicas de lucha contra los incendios forestales han experimentado cambios desde sus inicios a los que han contribuido la introducción del empleo de medios aéreos, de maquinaria pesada, y la mejora en las técnicas y medios de extinción para poder actuar de manera eficaz y coordinada, todos estos medios deben estar integrados en una planificación específica para cada incendio, fundamentada en una evaluación previa global de la situación actual y posible evolución en el comportamiento del fuego. En este contexto, la obtención de un perímetro más o menos preciso del incendio, supone una información clave para la gestión desde el Puesto de Mando Avanzado (PMA); que también aunque de forma diferente y con otras exigencias de precisión servirá para posterior gestión y restauración de la zona afectada.

Las nuevas tecnologías han ido incorporándose a la lucha contra incendios forestales, en todos los aspectos desde la prevención mediante sistemas de predicción meteorológica y de simulación de incendios, hasta las técnicas de localización precisa de medios y los sistemas de detección automatizados a través de cámaras utilizadas en el seguimiento de misiles. En cuanto a la obtención de perímetros, anteriormente esta información de las superficies afectadas por incendios era recogido a través de un croquis, a veces sobre planos a escala 1:10.000, basándose en los límites administrativos y topográficos, observados desde puntos elevados o privilegiados para determinar su contorno. Con la incorporación de los navegadores GPS como herramienta de trabajo de técnicos (Ingenieros Forestales y de Montes) y guardería (Agentes Medioambientales) se empezó a recorrer los perímetros de áreas incendiadas extinción, práctica que se debería normalizar y extender a toda la superficie forestal quemada, y se incorpora a la investigación efectuada por las Brigadas de Investigación Forestal para determinar el punto de origen del incendio, un dato de gran

importancia para poder determinar la causa por el cuadro de indicadores o por encontrar el medio de ignición.

En el caso de acudir medios aéreos y con mayor frecuencia cuando acude la aeronave de coordinación aérea, desde los helicópteros se realizan sucesivos perímetros. El recorrido de la aeronave suele completarse con el replanteo en gabinete de las fotografías y con ortofotos que permiten la corrección de las posibles desviaciones de las trazas desajustadas de las aeronaves. Esta metodología, que puede parecer básica, mejora la fiabilidad y exactitud de los resultados hasta precisiones submétricas.

Además de estos métodos más clásicos, la Sección de Incendios Forestales de la Junta de Castilla y León, ha participado en proyectos de I+D+I para la aplicación de nuevas tecnologías y aplicaciones como son las imágenes de satélite, para lo cual se estableció un convenio en el año 2003 para trabajar con la empresa INSA (Ingeniería y Servicios Aeroespaciales) en un proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA)-RISK-EOS- que se enmarca dentro del programa de iniciativa conjunta entre la ESA y la Comisión Europea GMES (Global Monitoring of Environment and Security), destinado a dotar a Europa de una infraestructura espacial de observación de la tierra propia y dedicada al soporte de la gestión de desastres naturales. En el ámbito del mismo se llevo a cabo la identificación y georreferenciación vía satélite de todos los incendios forestales, en un primer lugar, de las provincias de León, Zamora y Salamanca y la planimetría a partir de la imagen satélite Landsat TM7 (posteriormente se utilizó TM5 debido a la disfunción de TM7) de todos los incendios mayores de 20 ha, después se realizó el trabajo para toda la región de Castilla y León. Dada la resolución espacial de las imágenes utilizadas las áreas quemadas visibles en la imagen normalmente superan las 50 ha, aunque en algunos casos se han cartografiado también áreas con superficies comprendidas entre las 25 y las 50 ha. Los resultados de este trabajo fueron evaluados y se continuó trabajando y analizando los resultados durante los años 2004, 2005 y 2006. Después de la primera validación, la precisión alcanzaba en media en los ajustes realizados el 70% mientras que en la primera entrega fueron del 11%. También se mejoró mucho en consideración de superficies herbáceas quemadas siempre que no tuvieran cobertura arbórea y se comprobó que los incendios ocurridos con bastante anterioridad a la adquisición de la imagen del pase de satélite, eran todavía omitidos.



Tablee 1.1.1-7: Agallas (GPS: contorno negro, BSM: superficie verde)

Figura 2.- Incendio de Agallas, Salamanca 2003. (BSM: *Burn Scar Map*)

La última cartografía validada de áreas quemadas de los incendios ocurridos de julio a septiembre de 2005 nos hemos encontrado que se mantienen errores de precisión, comisión y omisión que impiden la edición final del producto como cartografía temática integrada en nuestro SIGMENA (Sistema de Información Geográfica del Medio Natural). No obstante el avance ha sido espectacular en la consideración de los fuegos ocurridos de mas de 10 hectáreas y en la definición de tres productos; áreas quemadas (la superficie vegetal quemada aparece en manchas sin estar integrada en un perímetro), perímetros e integración de estos en una capa por provincia. Por último, lo que perfecciona y le da la calidad final al producto ha sido la asociación a la información geográfica de la base de datos sobre los incendios. De esta forma, cuando se está viendo el perímetro del incendio se puede saber la fecha de ocurrencia, las superficies del parte de incendio, la cartografiada por satélite, la causa, la coordenada del punto de inicio o en su defecto el centro del área quemada.

Por otro lado, desde el año 2005 se ha podido contar con imágenes libres (sin coste) vía Internet del sistema MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), instrumento clave sobre los satélites **Terra (EOS AM)** y **Aqua (EOS PM)**. Terra pasa de norte a sur atravesando el ecuador por la mañana y Aqua por la tarde. De esta manera se observa toda la superficie terrestre cada 1 o 2 días, adquiriendo datos en 36 bandas espectrales, o grupos de longitudes de onda. Las imágenes del día anterior y también el archivo histórico se encuentran disponibles en la dirección <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>. Se trata de composiciones de color, de pixels de 250 m y con representación de los incendios activos que se recuadran en rojo en función de la anomalía térmica, detectada por MODIS usando datos de las bandas infrarroja media y térmica. El cuadrado no representa el tamaño real de fuego, sino sólo indica el perímetro de un pixel de 1 km de resolución que contiene la anomalía térmica detectada, por tanto, olvidémonos de ajustes precisos a las líneas de control del fuego, pero la visión global que aporta de todo el territorio peninsular permite conocer el *status* de los incendios activos para prever disponibilidad de medios compartidos, de cobertura nacional o solicitudes de ayuda de Operativos vecinos.

Tanto los perímetros proporcionados por el proyecto RISK-EOS, como las imágenes del MODIS proyectadas, una vez han sido descargadas de la página web, permite un análisis de las áreas afectadas por el fuego dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfica). De esta manera estos perímetros se analizan comparativamente con otros obtenidos haciendo un itinerario GPS terrestre o desde un helicóptero para determinar su adecuación a la realidad.

El uso del MODIS comenzó con la utilización de la detección de HOT-SPOTS en el año 2003 por el LATUV (Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid), a partir de la anomalía térmica, al observarse que era posible conocer otros aspectos como la superficie o grado de afección se empezaron a proyectar las imágenes en SIG para poder contrastar con la información suministrada por otras fuentes cercanas a la verdad terreno.

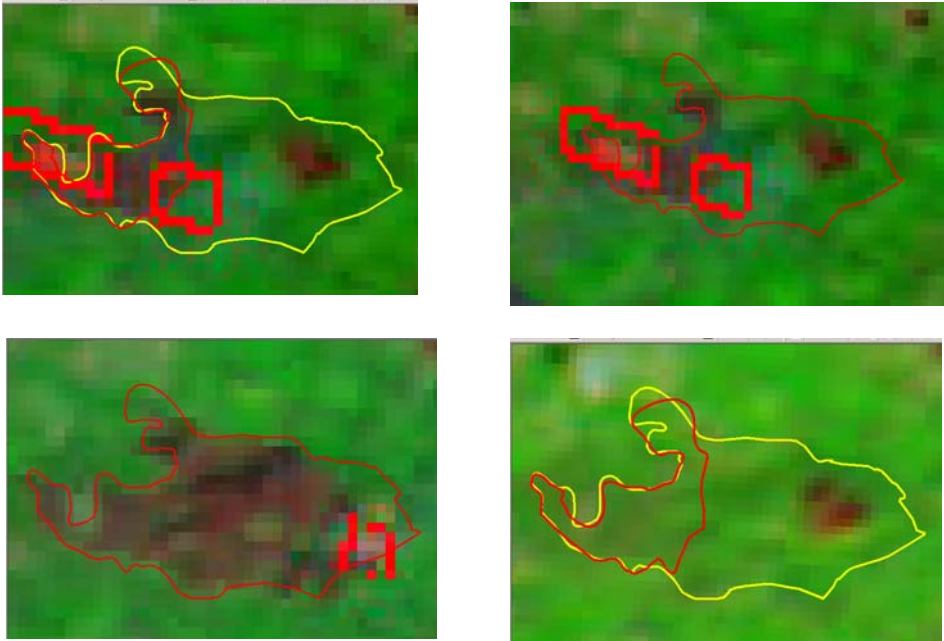


Figura 3.- Incendio de Pombriego, León 2005. Comparación perímetros GPS con información MODIS *rapid fire*.

Por último señalar, los intentos efectuados en la campaña 2006 y el desarrollo de software realizado por la empresa Aeronautics para por medio de telemetría, imagen infrarrojo y real desde una aeronave, en principio no tripulada, se pueda proporcionar a los Centros de Mando, perímetros de los fuegos a la vez que imagen y todo ello en tiempo real. El sistema tiene un fallo de concepto ya que supedita a la decisión de operador el marcaje de los puntos del polígono que más acerca al supuesto perímetro del fuego cuando lo ideal sería poder georeferenciar la imagen tomada.

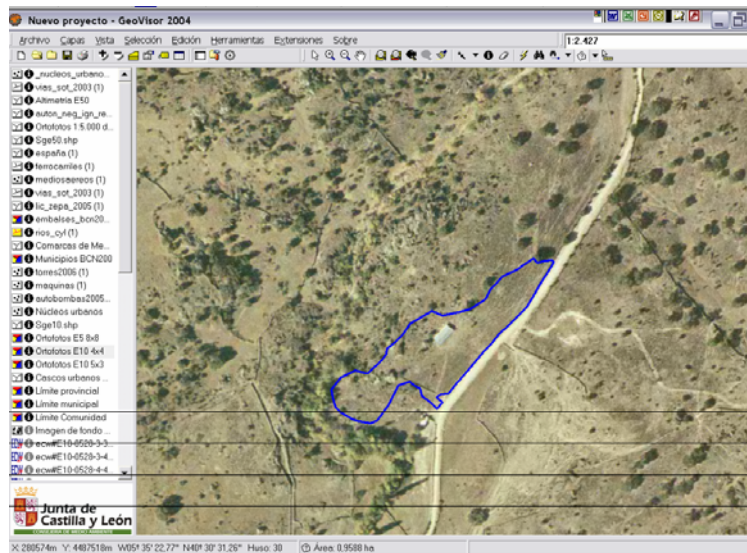


Figura 4.- Perímetro replanteado por Aeronautics en octubre 2006 de un fuego en Guijuelo, Salamanca. Aquí sobre ortofoto.

Resultados y discusión

Tras un análisis exhaustivo de un elevado número de incendios. El problema tanto del primer uso de los satélites dentro del programa RISK-EOS como del MODIS es que la obtención de los datos es muy posterior a la extinción del incendio, su escala temporal y espacial no es indicada para su utilización en planificación de la extinción de incendios en España que en los casos más graves no suele durar más allá de dos o tres días. Para su uso en la posterior evaluación y gestión del territorio afectado puede tener cierta utilidad aunque las divergencias en las estimas de la superficie quemada con la realidad terreno debían estar normalizadas y acotadas.

Un problema añadido que no siempre se ve reflejado es el debido al tipo de vegetación afectada por el fuego. De esta forma, si se ha quemado la vegetación del sotobosque, es decir, bajo arbolado, es muy difícil de cuantificar o de discriminar por los sensores de los satélites. Lo que si queda mejor representado y puede ser evaluado desde otro punto de vista son las áreas no quemadas o menos afectadas en el interior de la zona afectada. Otro inconveniente es que no detecta incendios de más de 10 ha, el algoritmo omite demasiados incendios de relevancia ya que en la mayoría los Operativos el porcentajes de conatos (fuegos menos a una hectárea) supera el 50% del objetivo del Plan Forestal Nacional.

Todavía existe, en algunos casos, un desajuste en la georreferenciación con respecto a nuestro sistema, lo que se observa porque los perímetros aparecen desplazados respecto a otros perímetros recogidos. Al principio en el proceso de realizar contornos continuos de los perímetros que se solicitaba como usuarios hizo perder la información de fragmentación que es útil conocer y que nosotros no recogemos en campo por el esfuerzo que supone. Ahora dicha información se presenta como otro producto denominado áreas quemadas, aparte de los perímetros y capa de anual provincial de superficies quemadas.

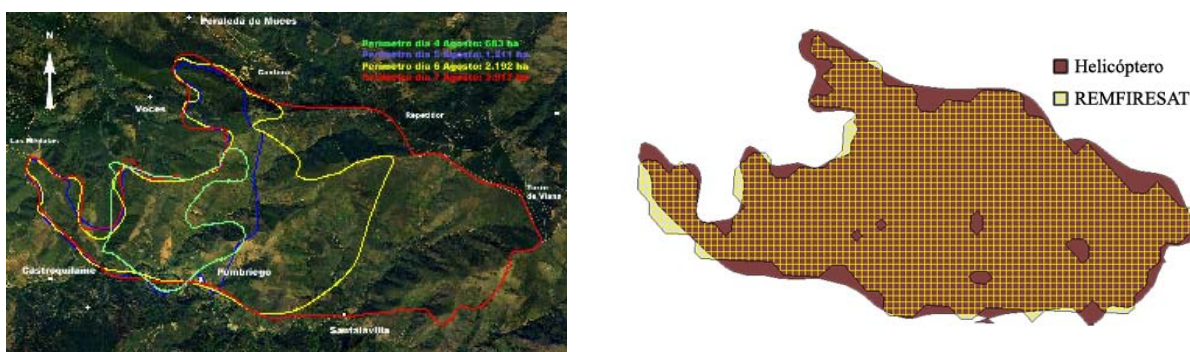


Figura 4.- Diversos perímetros GPS evolución incendio de Pombriego. Derecha estimación de la superficie con MODIS en el sistema REMFIRESAT 2005. La islas del interior fue superficie no quemada.

Las posibilidades de estos sistemas son sin embargo bastante importantes, aún si se obtienen a posteriori (siempre asociando perímetros a una mínima base de datos):

PREVENCION: Análisis de patrones de recurrencia de incendio, localización de situaciones de riesgo, definición de zonas de actuación con programas de prevención, quemas controladas o tratamientos selvícolas preventivos. Todo esto se ha analizado hasta el momento en un contexto de localización municipal y en cuadrículas de 10 por 10 km a la espera de poder disponer de datos de mayor exactitud de forma homogénea en todo el territorio de la Comunidad.

EXTINCIÓN: Siempre es útil disponer de información real teledetectada. Al cruzar ortofotos con el perímetro se pueden ver las zonas quemadas de años anteriores, análisis de comportamiento del fuego.

Por ahora, aunque los productos suministrados pueden tener cierta utilidad a la hora de contrastar el tamaño y grado de afección, no llegan a poder sustituir los perímetros obtenidos mediante un navegador GPS, ya sea recorriendo a pie el perímetro afectado, o en los que son de cierto tamaño con el recorrido del helicóptero de coordinación y fotografías realizadas desde el helicóptero que se contrastarán más tarde con una ortofoto para poder rectificar los movimientos del helicóptero que no pueden realizarse debidos al humo, obstáculos u otras causas.

En el caso de las imágenes de satélite su escasa resolución y la disponibilidad con bastante retraso limita esta vertiente de aplicabilidad. Lo más efectivo ha resultado ser por el momento el envío de perímetros por parte del helicóptero de coordinación a los Centros de Mando. El uso experimental del avión con cámara destinado a reproducir el desarrollo del incendio ha resultado más complejo de lo esperado debido a las dificultades de transmisión y compresión de las necesidades de usuario a una empresa cuya principal línea de desarrollos se centra en los usos militares.

Conclusión

Podemos concluir en la necesidad de definir dos productos finales; uno el de monitorizar en tiempo real el perímetro del incendio y otro el de constituir una geobase de datos de las superficies quemadas anualmente, con sus respectivos subproductos; grado de afección de la vegetación o severidad, hotspot, frentes de llama, áreas quemadas, perímetros y los derivados de la integración de otra información geográfico o alfanumérica.

Desde el año 1968, en España se recoge la información estadística sobre incendios forestales de una forma sistemática y creemos en el momento actual de generalización de herramientas SIG que dicha información debe evolucionar hacia una geobase de datos. Más en estos momentos con el nuevo Plan de Acción quinquenal de la UE para los bosques (Comunicación del Consejo de 15.06.2006) donde se resalta la Acción 8: trabajar a favor de la creación de un sistema de seguimiento forestal europeo y la Acción 9: mejorar la protección de los bosques de la UE. Lo aquí sólo se sugiere es el establecimiento de una plataforma adecuada de información en continuo (posibilitando su descarga) incorporando el montón de información teledetectada de valor añadido que ser generada y pudiéndose realizar consultas en un histórico interrelacionando ciertos parámetros o geodatos observados.

La apuesta y la necesidad sería una geobase de datos de superficies quemadas estimadas con una metodología común en un sistema Europeo que permita el uso conjunto de la geoestadística, la teledetección y la cartografía en un sistema de información geográfica con información del relieve, vegetación, climatología y meteorología.

Referencias bibliográficas

- Bobbe, T.J. (2005). **Application of Remote Sensing Technologies to Support Fire Supresión and Rehabilitation within the USDA Forest Service**
- Chuvienco, E., Riaño, D., Danson, F.M., Martin, P. (2006). **Use of a radiative transfer model to simulate the post-fire spectral response to burn severity**. Journal of Geophysical Research in press.
- Daz-Delgado R. **Pons X.Spatial patterns of forest fires in Catalonia (NE of Spain) along the period 1975-1995** - Analysis of vegetation
- Fernandez A.; Illera P; Casanova J.L. (1997). **Using AVHRR NDVI Composite Image Data. Remote Sensing of Environment**, Volume 60, Number 2, May 1997, pp. 153-162(10)
- Plan Forestal de Castilla y León (2002) aprobado pro Decreto 55/2002 de 11 de Abril por el que se aprueba el **Plan Forestal de Castilla y León**