

Servicio a la DGB: Ejemplo de Uso Operacional de Datos de Teledetección como Soporte a la Gestión de Aeronaves en la Lucha contra Incendios

Roberto Correa¹, José Joaquín Gallar², Gonzalo Martín-de-Mercado³, Antonio Muñoz⁴

Resumen

Es un hecho que la tecnología espacial está ayudando a los servicios de lucha contra incendios forestales en sus actividades. Comunicaciones y navegación son las tecnologías más difundidas que han facilitado la labor de los operadores. En cambio, en el caso de la teledetección, su uso es muy limitado y no existen fuentes específicas para la detección y la monitorización de incendios forestales. Sin embargo, los satélites existentes y los desarrollos que se están llevando a cabo pueden ser útiles para complementar los dispositivos de extinción de incendios forestales. Durante los últimos años, se ha realizado un esfuerzo importante en el desarrollo y ajuste de varios sistemas para que los servicios de lucha contra incendios forestales puedan aprovechar las ventajas de la teledetección espacial. Los prototipos desarrollados se han adaptado y rediseñado de acuerdo con los comentarios de los usuarios.

En la actualidad, el Área de Defensa Contra Incendios Forestales (ADCIF) del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), cuenta con una herramienta para el suministro de productos de teledetección, diseñada para apoyar las decisiones tomadas en la gestión de los medios de extinción de este organismo. El sistema se compone de un centro de proceso, donde los datos procedentes del satélite se transforman en productos adecuadamente geo-referenciados, y un sistema de soporte a la decisión (DSS) basado en GIS, desde el que los usuarios pueden solicitar, visualizar y analizar la información recibida.

Abstract

It is a fact that space is currently helping forest fire services in their activities. Communications and navigation are the two most widespread technologies that have facilitated the operators work. In the case of remote sensing, their use is limited and up to the present day, there are no specific remote sensing sources for forest fire detection and monitoring. However, existing satellites and on going developments could be useful in order to complement the forest fire extinction mechanism. During the last years, an important effort has been done in the development and tuning of different systems for forest fire services to take advantage of space remote sensing. Through several demonstration campaigns, prototypes developed and deployed have been tuned and refurbished according to user feedback.

¹ INSA S.A., Departamento de Software, rcorrea@insa.org

² Área de Defensa Contra Incendios Forestales, Ministerio de Medio Ambiente, jjgallar@mma.es

³ INSA S.A., Departamento de Sistemas y Observación de la Tierra, gmartin@insa.org

⁴ Área de Defensa Contra Incendios Forestales, Ministerio de Medio Ambiente, amcorreal@mma.es

Today, the Forest Fire Defense Area (ADCIF) from Ministry of Environmental (MMA), counts on a tool for remote sensing products supply, designed to support the decisions for aerial resource management taken in this organization. The system is composed of a processing facility, where the satellite data is transformed into information products properly geo-referenced, and a GIS based Decision Support System (DSS), from where users can request, display and analyse the information received.

Introducción

El incendio forestal es un fenómeno históricamente ligado al hombre y año tras año se repite con variable incidencia en distintas regiones de todo el mundo. Dentro de la Unión Europea, es en los países de la cuenca Mediterránea donde este fenómeno alcanza una mayor relevancia, obligando a las distintas administraciones responsables de la defensa contra incendios forestales a realizar fuertes inversiones en prevención y extinción de incendios.

Todas estas inversiones, así como el gran despliegue de efectivos humanos y materiales realizado, no siempre se ve reflejado en una reducción significativa del número de incendios o de las superficies quemadas.

Esta falta de correlación entre inversiones-resultados hace que muchas veces sea necesario buscar técnicas que nos permitan mejorar, con un coste moderado, la eficiencia de estos sistemas de lucha contra incendios forestales.

Con el paso del tiempo, la labor de los equipos responsables de esta lucha ha sido cada vez más compleja, con la incorporación de nuevos equipamientos, tecnologías y métodos de trabajo.

Una manera de mejorar esta eficiencia o rendimiento es la aplicación de tecnologías que simplifiquen y automaticen determinadas tareas, permitiendo reasignar efectivos y esfuerzos que habitualmente son utilizados en una labor determinada a otras tareas, dando como resultado un aumento de la eficiencia del trabajo.

De igual manera conforme se avanza en el conocimiento del fenómeno de los incendios forestales, es cada vez mayor el flujo de información que se genera y que es necesario que llegue de manera rápida y precisa a los gestores para que puedan utilizar esta información como herramienta en la toma de decisiones.

Ejemplos de este tipo de información son la localización de los distintos incendios, la evolución de las variables meteorológicas, los momentos de incorporación y ubicación de los distintos medios de extinción en el incendio, tipo y distribución de los modelos de combustible en el incendio, etc.

Este artículo se centra en la utilización de la teledetección espacial como herramienta para el suministro de información crítica a los centros de decisión para la ayuda en la toma de decisiones de los gestores de este tipo de emergencia, principalmente orientada a la localización y monitorización de los incendios forestales.

Aplicaciones de Teledetección para Incendios Forestales

Si bien es cierto que muchos servicios de lucha contra incendios forestales han incorporado desde hace bastantes años la tecnología espacial en sus actividades (principalmente en comunicaciones, navegación y seguimiento de plataformas móviles), los productos de observación de la Tierra, no han terminado de integrarse plenamente y con todo su potencial dentro este sector.

Entre todas las razones que podemos encontrar, cinco parecen ser las que tienen un mayor peso:

- Frecuencia de suministro de datos insuficiente.
- Resoluciones espaciales inadecuadas.
- Tiempos de proceso muy largos.
- Distribución deficiente de los productos resultantes.
- Costes de adquisición elevados.

Las distintas experiencias que administraciones, universidades y empresas vienen realizando cada vez convencen a más profesionales de que la observación de la Tierra, si bien todavía no puede sustituir a sistemas ya existentes, si que ha demostrado que puede complementarlos con la ventaja de ser una tecnología que está en proceso continuo de desarrollo y mejora, por lo que todas las aplicaciones derivadas igualmente se ven beneficiadas de cada uno de los avances y mejoras que se producen. Esto permite que se puedan ir solventando gran parte de los problemas técnicos y operacionales que van surgiendo durante la integración de esta tecnología en los sistemas de trabajo actuales.

Desde que se desarrolló la teoría de la caracterización espectral de objetos, gracias a la teoría de radiación del cuerpo negro formuladas por Max Plank a principios del siglo XX, se sabe que con cámaras en los canales infrarrojos adecuados se pueden discriminar regiones de diferentes temperaturas dentro de las imágenes obtenidas.

Esta es, precisamente, la base de una de las principales aplicaciones de la teledetección para incendios forestales, la detección y caracterización de incendios forestales. Mediante el uso de imágenes en el infrarrojo medio, es posible llegar donde no se puede con el visible, e incluso caracterizar físicamente los elementos presentes en la escena.

Sin embargo, no es la única aplicación útil. Teniendo en cuenta las características espectrales de las superficies terrestres captadas con imágenes de satélite, es posible localizar regiones donde se haya producido un incendio con anterioridad, determinar la presencia o ausencia de masas forestales, e incluso correlar ciertos parámetros físicos calculados mediante la teledetección para intentar determinar el riesgo de que se produzca un incendio en una determinada posición.

Todas estas aplicaciones, si bien útiles, necesitan tener el formato de un producto comprensible por el usuario final, que se integre en sus sistemas y aplicaciones existentes y que sea compatible con su forma habitual de trabajar. Además de esto, es imprescindible distribuirlos de forma adecuada. La combinación de las imágenes de satélite, los procesos de datos, la generación de productos y la distribución de los mismos constituyen un servicio.

Servicio a la DGB

Antecedentes

El problema de la lucha contra los incendios forestales, es un problema común que atañe a gran parte de los países europeos, particularmente los de la cuenca mediterránea. Para colaborar en las tareas que los distintos estados europeos vienen desarrollando para hacer frente a este problema, la *Agencia Europea del Espacio (ESA)*, ha subvencionado una serie de proyectos de investigación, cuyo objetivo es aprovechar la información procedente de diversas fuentes de teledetección para ponerla a disposición de los diferentes agentes que participan en la lucha contra incendios. Estos proyectos han sido pre-operacionales y su objetivo último ha sido recabar distintas impresiones de los usuarios, de forma que se pudiera avanzar en un futuro hacia un concepto operacional.

El primero de estos proyectos fue el programa *REMFIRESAT (Real-Time Emergency Management of Forest Fires via Satellite)*, lanzado en 2002 cuyo objetivo era ofrecer una plataforma cliente-servidor, donde el usuario final pudiera obtener, visualizar y manipular productos GIS que cubrieran todas las fases en la lucha contra incendios. Además, integraba un módulo gestor de flotas básico para medios terrestres mediante el sistema de comunicación *ORBCOMM*.

Este proyecto abarcó la campaña de incendios del verano del 2003 teniendo como usuarios finales al *Área de Defensa Contra Incendios Forestales (ADCIF)* perteneciente a la *Dirección General de Conservación de la Naturaleza (D.G.C.N.)* del *Ministerio de Medio Ambiente*, con un ámbito de trabajo nacional; la *Coordinación de Zona de la D.G.C.N.* en Castilla y León y el *Centro Autonómico de Mando de la Junta de Castilla y León (JCyL)* en Valladolid con un ámbito regional y el *Centro Provincial de Mando (JCyL)* en Salamanca, con un ámbito de trabajo provincial.

Aunque el prototipo propuesto inicialmente por *REMFIRESAT* fue válido, el reto que se planteó a continuación era demostrar que existían los medios tecnológicos para proporcionar toda la información suministrada por estas aplicaciones de una manera operacional. Una primera vertiente era la construcción de instrumentos y plataformas que abarcasen un conjunto de requisitos de usuario mayor.

La primera demostración que se hizo en este sentido fue el proyecto *DEMOBIRD*, que utilizaba el satélite *BIRD (Bi-spectral Infrared Detection Microsatellite)* del *Centro Aeroespacial Alemán (DLR)* para suministrar información acerca de incendios forestales en Galicia, siendo el usuario final la *Consellería de Medio Ambiente* de la *Xunta de Galicia* y abarcando la campaña de incendios del verano de 2003. El objetivo último de la demostración era la validación de un instrumento de alta resolución para la localización y caracterización de incendios y obtener información y datos que justificasen la construcción de este tipo de instrumentos para esta aplicación.

La experiencia fue todo un éxito, y se planteó la posibilidad de repetirla con otros usuarios. Sin embargo, *BIRD*, que era un satélite de demostración proyectado para 18 meses, dejó de funcionar poco después de la conclusión del proyecto tras 22 meses de operación. Debido a este éxito, *ESA* decidió lanzar un programa dentro de la iniciativa *GMES (Global Monitoring for Environment and Security)* para la creación

de un instrumento que pudiese embarcarse en múltiples satélites y del que pudieran beneficiarse todos los agentes participantes en la defensa contra incendios forestales.

Por otra parte, siguiendo en la línea de REMFIRESAT, se continuó con el proyecto *NOD (Near Operational Demonstration of the Use of Space Technique for Fire Risk Management)*, cuyo mérito consistió en proporcionar una serie de mejoras tecnológicas en comparación con REMFIRESAT. Para ello, se incluyeron la mayoría de sugerencias recibidas de los usuarios en los proyectos anteriores, además de apostar por una redefinición del alcance del servicio de demostración. Se desechó el módulo de gestión de flotas y se centraron los esfuerzos y recursos en la parte de productos para *Sistemas de Información Geográfica (GIS)*, en la facilidad de uso de la herramienta y en la obtención de productos -a través de un módulo de descarga automática-. Como novedad, se incorporó un pequeño módulo de base de datos para incendios. En este proyecto colaboró la *DGB* como Autoridad Nacional. La duración del proyecto cubrió las campañas de verano de los años 2004 y 2005 y contó con la participación de los siguientes usuarios internacionales:

- Italia: DPC (Dipartimento Della Protezione Civili)
- Portugal: DGRF (Direcção Peral dos Recursos Florestais) y el SNBPC (Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil)
- Francia: COGIC (Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises); CODIS (Centre Opérationnel de la Direction des Services d'Incendie et de Secours) y COZ (Centre Opérationnel de Zone).
- España: ADCIF (Área de Defensa Contra Incendios Forestales) y la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia).

A finales de 2005, el ADCIF —de forma pionera entre los usuarios europeos— contrató el primer servicio operacional, después de una larga experiencia con los proyectos patrocinados por *ESA*.

Arquitectura del Servicio

La arquitectura que se planteó sigue el modelo cliente-servidor, donde la recepción, generación y diseminación de productos se encarga la parte del servidor.

El software cliente, ubicado en las instalaciones de los usuarios descarga, visualiza y manipula los productos útiles para la gestión de la emergencia de forma automática. La arquitectura del servicio operacional que se planteó se muestra en la (*figura 1*):

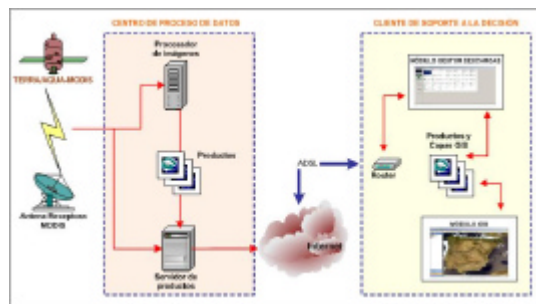


Figura 1— Arquitectura del sistema desplegada en la DGB

Centro de proceso de datos

Las funciones principales que se llevan a cabo en el centro de proceso de datos son:

- Recepción de datos.
- Procesado de los datos.
- Distribución de los productos.

La principal fuente de suministro de imágenes son los satélites gemelos *TERRA* y *AQUA* de la *NASA*, siendo proporcionadas por el sensor *MODIS* con el que van equipados ambos satélites. La recepción se produce mediante una antena que se encuentra en el centro de proceso de datos (Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid –LATUV–).

Las características técnicas principales de este sensor se describen en la (tabla 1).

Resolución	Valores
Espacial	250m, 500m y 1km
Temporal	1 día
Espectral	36 bandas de 0,4 a 14,4 μm
Radiométrica	12 bits

Tabla 1— Características sensor MODIS

Una vez que se reciben, las imágenes se almacenan como paso previo al procesado de los datos para la obtención de los productos de incendios. La frecuencia en la obtención de las imágenes se refleja en la (tabla 2)

Satélite	Imágenes/Día
Terra/Modis	2-4
Aqua/Modis	2-4

Tabla 2— Frecuencia en la obtención de imágenes por día

Como complemento a la información procedente de *MODIS*, existen otras fuentes de datos alternativas que durante el desarrollo del proyecto se han probado y que también pueden ser utilizadas.

Entre estas alternativas se han utilizado imágenes captadas por el sensor *AVHRR* cuyas características se describen en la (tabla 3)

Existen en la actualidad varios satélites equipados con este instrumento entre los que se encuentran los satélites meteorológicos *NOAA* norteamericanos (actualmente disponibles los satélites *NOAA 15, 16, 17 y 18*) y el *MetOP* de *EUMETSAT*.

Resolución	Valores
Espacial	1,1 Km
Temporal	1 día
Espectral	6 bandas de 0,58 μm a 12,5 μm
Radiométrica	10 bits

Tabla 3— Características sensor AVHRR

También se han realizado experimentos con el satélite *METEOSAT Second Generation (MSG)* y su instrumento *SEVIRI*, que tiene una resolución espacial más grosera, pero que en contrapartida proporciona datos cada 15 minutos.

Resolución	Valores
Espacial	4 Km en latitud, 3 en longitud para la Península Ibérica
Temporal	15 minutos
Espectral	11 bandas de 0,6 μm a 13,4 μm
Radiométrica	10 bits

Tabla 4— Características sensor SEVIRI

Las imágenes de los sensores AVHRR se recogen mediante una antena receptora de NOAA y las imágenes del sensor SEVIRI mediante una antena de recepción de broadcast para MSG, ambas ubicadas en el LATUV.

Una vez obtenidas las imágenes se lleva a cabo una serie de tareas de pre-proceso (calibración, filtrado de nubes, corrección radiométrica, corrección geométrica y geo-referenciación) cuyo objetivo es preparar y equilibrar la información de forma que sea comprensible por los procesadores de datos. Estos son los que generan los productos finales, cuyas características se recogen en la (tabla 5).

Producto	Resolución	Umbral mínimo (variable)	T.Generación
Puntos calientes (MODIS)	1Km	> 0,2 - 3 Ha	< 30 min
Puntos calientes (AVHRR)	1,1 Km	> 2 - 8 Ha	< 30 min (sólo noche)
Puntos calientes (SEVIRI)	3x4 Km	> 1 - 15 Ha	< 15 min
Frente de Llama (MODIS)	250m-1 Km	> 50 Ha	< 30 min
Área Quemada (MODIS)	250m	> 100 Ha	< 2 días
Área Quemada (AVHRR)	1 Km	> 250 Ha	< 2 días

Tabla 5— Productos de teledetección

Los tiempos de generación de los productos abarcan desde el comienzo del proceso de adquisición de la imagen hasta su distribución final de los productos al usuario.

En el caso de las áreas quemadas, al ser un producto que se genera bajo petición del usuario, el tiempo de generación aumenta debido fundamentalmente a la necesidad de un proceso manual de fotointerpretación (análisis de imágenes pre y post incendio). En algunos casos, este tiempo se ve incrementado por la calidad de las imágenes, ya que pueden verse afectadas a veces por densos penachos de humo, la existencia de nubes o por aberraciones ópticas que reducen la calidad del producto final y obligan a esperar a posteriores pasadas de los satélites para la obtención de imágenes validas para la generación de este producto.

Inicialmente los distintos productos están concebidos para fases específicas de la lucha contra incendios. Así el producto *Puntos calientes* está asociado a la fase de detección, el *frente de llama* a fase de extinción y el *mapeo de áreas quemadas* a fase de postincendio.

A continuación, se describen los diferentes procesos de elaboración que se siguen para la obtención de los diferentes productos.

Puntos calientes

Se genera llevando a cabo una serie de análisis espaciales y temporales de tipo contextual.

Se comparan las características de un píxel (temperaturas de brillo de los canales del infrarrojo medio y el infrarrojo térmico) con el valor medio de los píxeles que están alrededor. Si se exceden ciertos umbrales, se supone que el píxel es diferente a los que tiene alrededor y por lo tanto será un fuego.

Este producto lleva asociado una probabilidad, que será mayor o menor dependiendo del tamaño de la ventana (número de píxeles que forman un punto caliente). Cuando la ventana es grande, la probabilidad de que el píxel pertenezca a una zona con un incendio será mayor.

La dimensión temporal se contempla cuando se determinan los valores en la posición, ya que es necesario compararlos con los de días anteriores para ver si el resultado es una evolución lógica, o si por el contrario se muestran cambios bruscos que se puedan ser achacables a la existencia de un fuego. Se considera suficiente un número de 10 días para la comparación.

Frente de llama

Se elabora a partir de la imagen con los píxeles que están ardiendo, cruzándose con el mapa CORINE para determinar que áreas forestales del píxel están ardiendo. La determinación del área del píxel que se está quemando se realiza mediante la ecuación de *Dozier*.

Área quemada

Se calcula mediante diferencias de NDVI. Para ello se toman dos imágenes, una antes del incendio y otra posterior al incendio y se realiza un análisis píxel a píxel, revisándose que se cumple que el NDVI antes del incendio es superior al NDVI de después y que su diferencia excede del valor medio de las diferencias en más de 1,5 veces la desviación típica, considerándose entonces el píxel como quemado.

Una vez que los productos han sido generados, son puestos en un servidor, dispuestos para que el cliente se conecte y realice la descarga de los mismos.

Producto	Atributos	Formato
Puntos Calientes	fiabilidad, temperatura, localización	Vectorial (shp)
Frente de llama	frente, intensidad	Vectorial (shp)
Área quemada	perímetro afectado	Vectorial (shp)

Tabla 6— Atributos y Formato de los productos de teledetección

Cliente de soporte a la decisión

En las instalaciones del cliente se encuentra instalado un PC con la herramienta de descarga de productos personalizada en función de las necesidades del usuario.

Esta herramienta se compone de módulos, siendo los principales:

Módulo de GIS: Se encarga del manejo y visualización de los diferentes productos. Dispone de carga automática personalizable de productos en el GIS. Como visor de cartografía, este módulo incorpora la funcionalidades básicas más comunes: zoom, panning, activación/desactivación de capas temáticas raster y vectoriales, identificación de elementos gráficos, medición en pantalla de distancias y áreas, impresión y exportación a fichero gráfico.

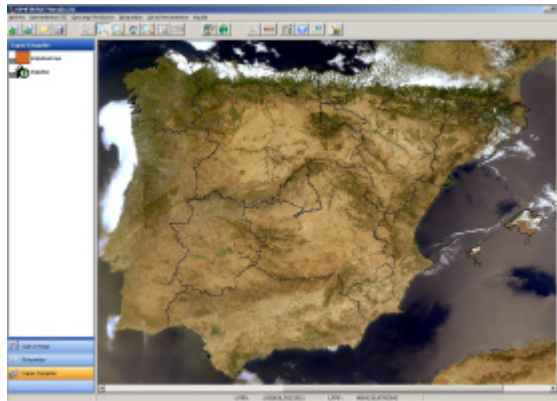


Figura 2— Interfaz GIS

Módulo de Descarga: permite la obtención de los productos de teledetección, de una forma ágil, sencilla e intuitiva. El usuario se puede descargar el catálogo de productos de forma manual para una fecha determinada (figura 3), o bien automáticamente el sistema descarga cada producto cuando esté disponible. El esquema del proceso de descarga se puede ver (figura 4)

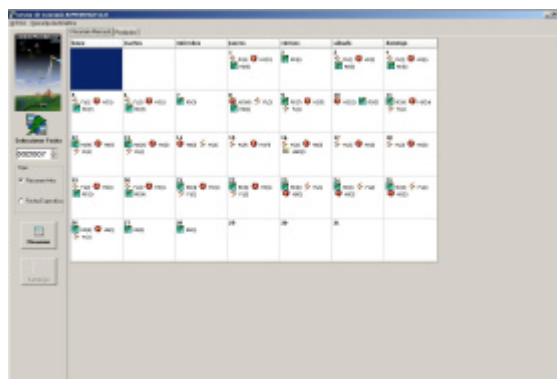


Figura 3— Interfaz del gestor de descargas

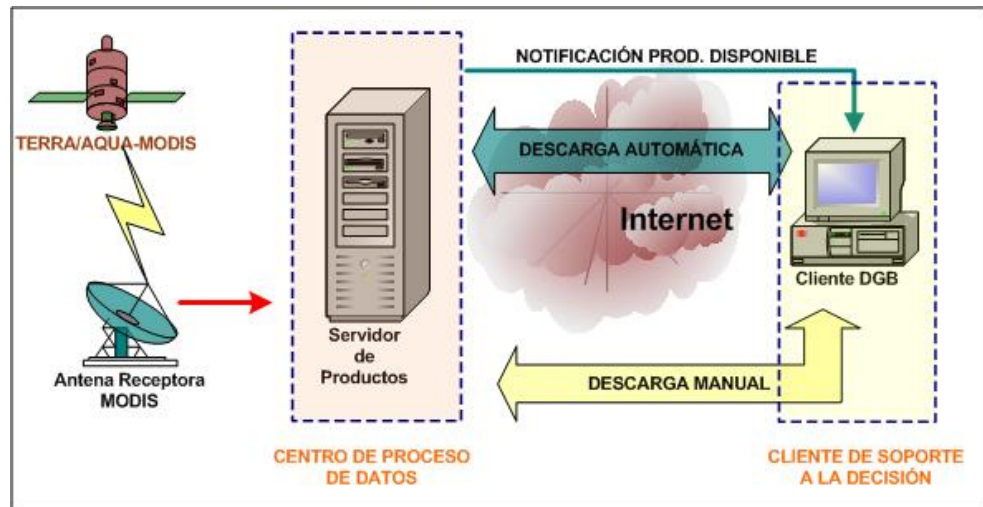


Figura 4— Proceso de descarga de productos

Datos Significativos

El conjunto de experiencias piloto realizadas durante los proyectos de demostración financiados por la Agencia Espacial Europea han demostrado que los sistemas de observación de la Tierra para el seguimiento de incendios forestales son una herramienta con un gran potencial de desarrollo y utilización, aunque todavía hay que trabajar en la mejora de algoritmos y en la búsqueda de nuevas fuentes de datos con mejores resoluciones.

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos al comparar las detecciones de incendio realizadas por modis con los datos oficiales de incendios obtenidos de la base de datos de la Estadística General de Incendios Forestales (EGIFW) propiedad del Ministerio de Medio Ambiente y de las Comunidades Autónomas.

Superficie Quemada (Ha.)	Datos Oficiales (EGIFW)	Incendios detectados (MODIS)	Pct (%)
Total	8.830	413	4,67
Forestal > 1	2.774	411	14,81
Arbolado > 1	797	398	49,93
Forestal > 5	941	365	38,78
Arbolada > 5	273	261	95,6
Forestal > 10	578	308	53,28
Arbolada > 10	191	187	97,9
Forestal > 100	100	96	96
Arbolado > 100	32	31	96,87

Tabla 7— Datos de incendios detectados mediante MODIS durante los tres meses que duró el proyecto NOD en 2005 (julio, agosto y septiembre)

En el caso del producto frentes de llama su validación no ha podido ser realizada al ser muy compleja, ya que requeriría diseñar un sistema de monitorización de incendios con instrumentación específica para poder obtener datos suficientes que

permitieran posteriormente comparar los resultados obtenidos. Esta validación de momento no ha sido realizada y sería necesaria incluirla en un proyecto posterior más amplio.

La validación de áreas quemadas no resulta tan compleja y los errores en la estimación de zonas quemadas utilizando sensores como *MODIS* está determinada típicamente alrededor del 7 % para superficies mayores de 250 ha. Durante esta validación si se han detectado algunos inconvenientes en el algoritmo utilizado ya que la calidad del producto es variable en función de diferentes parámetros como por ejemplo la vegetación afectada o el grado de daños o intensidad del fuego.

El algoritmo de diferencias de *NDVI* sólo revela datos completamente fiables sobre superficies boscosas. Así por ejemplo, la evaluación en zonas donde hayan ardido vegetación en parada vegetativa con una muy baja actividad fotosintética o en pastizales secos y en general en todas las formaciones vegetales donde tras el incendio no es posible detectar una variación en el *NDVI*, la precisión del producto dependerá mucho de la pericia del operador y de su conocimiento del terreno para realizar una evaluación coherente.

La utilización otras imágenes obtenidas de sensores de alta resolución como puede ser el caso de *LANDSAT-TM* puede incrementar la precisión de la medida; sin embargo, dado el precio de las imágenes de *LANDSAT* el servicio suele restringirse a la generación de áreas quemadas al final de campaña, lo que introduce un error adicional en la medida.

Conclusiones

El conjunto de todas estos proyectos pre-operacionales y operacionales realizadas hasta la fecha ha permitido a los usuarios realizar una evaluación de lo que la teledetección es capaz de aportar actualmente a sus sistemas de defensa contra incendios. De igual modo ha permitido identificar a las empresas involucradas en el desarrollo de estos proyectos los requisitos básicos demandados por los usuarios finales de esta tecnología. Esta información aportada por los usuarios permite mejorar las aplicaciones existentes (corrigiendo problemas y deficiencias que se presentan), para tratar de poder alcanzar una operatividad plena en todos los servicios de extinción de incendios.

Cualquier aplicación que se quiera derivar de la teledetección para su uso en incendios forestales debe de cumplir una serie de requisitos derivados de las características de esta actividad:

Sistemas fiables.

El hardware y software utilizado durante todo el proceso debe de ser fiable ya que la extinción de incendios no es una labor que pueda posponerse en el tiempo. Para ello es preciso que todo el proceso sea suficientemente sólido para evitar fallos en los momentos críticos.

Esto en el caso del hardware es fácilmente solucionable con la duplicación de los equipos y sistemas de comunicación y generación de la información así como mediante la utilización de fuentes auxiliares de alimentación.

En el caso del software es algo más complejo y solo la integración de manera operacional que permita detectar las posibles debilidades del mismo asegurará que el software sea estable.

Resoluciones adecuadas

La cobertura que los sistemas deben ofrecer debe de ser adecuada al servicio que prestan. Sistemas que no abarquen la totalidad del espacio que se desea proteger son difícilmente integrables en un sistema donde es muy importante la gestión conjunta de todos los recursos.

De igual manera los sistemas que solo funcionen en rangos temporales restringidos y no abarquen la totalidad de la época de riesgo es complicado que sean aceptados por los usuarios ya que no permite a los mismos establecer procedimientos de trabajo ya que estos tendrán que variar con la hora o el día en que este tipo de sistemas estén disponibles.

De forma general, para poder trabajar con este tipo de sistemas es necesario abarcar unos rangos temporales y espaciales amplios.

En cuanto a los productos utilizados se han obtenido una serie de conclusiones:

Puntos calientes

Aunque concebidos para la fase de detección, su utilización para la sustitución de sistemas tradicionales todavía no parece posible ya que ni las resoluciones temporales (serían necesarias resoluciones de unos 15-20 minutos como máximo) ni las espaciales (son necesarias resoluciones inferiores a 250 metros no solo para una buena localización de los incendios sino también para evitar falsas alarmas que otras fuentes de calor puedan generar) permiten trabajar en este sentido. Serían necesarios satélites con instrumentos diseñados específicamente para esta labor de los que por el momento no parece que dispongamos.

Este producto si que han demostrado ser muy útil en el suministro de información adicional a los gestores como por ejemplo la ubicación precisa de los incendios, que al representar sobre plataformas GIS permiten obtener información adicional como puede ser los modelos de combustible en la zona del incendio, poblaciones amenazadas, etc.

También han resultado interesantes en la obtención de una visión global de la situación en zonas geográficas amplias y el seguimiento de incendios en zonas donde la obtención de información puede ser complicada como por ejemplo zonas fronterizas con otros países.

Frentes de llama

Debido a la falta de una validación con datos de campo es difícil realizar un juicio de valor de este producto. Según los usuarios si que es un producto con un potencial de utilización similar al anterior y de gran interés en el caso de poder monitorizar los incendios forestales, para lo cual sería necesaria una frecuencia de productos mayor de la que existe habitualmente.

Además ha permitido, cuando existía disponibilidad de pases de satélite suficientes, seguir la evolución de incendios, pudiéndose identificar las zonas donde los frentes se encontraban activos, la evolución de los incendios en un periodo determinado y actividad de los distintos frentes de llama.

Planimetrías de zonas quemadas

Este producto parece ser el que en principio parece pueda tener una mejor aceptación a corto plazo principalmente debido a existir una mayor cantidad de satélites y sensores capaces de suministrar datos para la obtención de este producto. Debido a los inconvenientes encontrados a la hora de trabajar con un único algoritmo y tipo de imágenes y a pesar que en los incendios de mayor tamaño la precisión del producto ha sido muy similar al de los sistemas tradicionales (G.P.S.), parece conveniente utilizar varias fuentes de datos distintas o distintos algoritmos para corregir las posibles deficiencias del uso de una única metodología.

Si que ha resultado muy interesante, en el caso de grandes incendios con una duración de varios días el poder disponer de distintas planimetrías de un mismo incendio para poder realizar seguimientos de la evolución de los mismos y abre, en el caso de poder mejorar los tiempos de entrega de este producto, a su utilización no solo como herramienta de valoración de daños postincendio sino también como herramienta en la fase de extinción para la monitorización de los incendios y como apoyo a las decisiones de los gestores.

En definitiva, según las experiencias y opiniones aportadas por los usuarios, los productos de observación de la tierra tienen una gran posibilidad de uso en incendios forestales, principalmente como suministradores de información a los gestores para la ayuda a la toma de decisiones.

El problema principal que se presenta para una integración de esta tecnología de una forma plenamente operativa es la falta de sistemas diseñados específicamente para incendios forestales.

Como conclusión final al conjunto de todas estas experiencias, para poder aprovechar todas las posibilidades que los productos de observación de la tierra ofrecen, es necesario diseñar sistemas con características específicas, como en su día ocurrió con el programa FUEGO. Este programa fue diseñado por INSA para la Agencia Espacial Europea y consistió en una constelación de satélites para la detección temprana y el seguimiento de incendios forestales, aunque el sistema quedó en fase de estudio sin llegar a implementarse.