

TELEDETECCIÓN

Sistemas Operacionales de Observación de la Tierra

Editores:
Alix Fernández-Renau González-Anleo
Eduardo de Miguel Llanes

Imagen de la portada: Tramo bajo y desembocadura del río Nalón (Asturias, España). Imagen en color real a partir de datos adquiridos con el sensor aeroportado AHS por el Área de Teledetección del INTA con motivo del XIV Congreso de la AET, celebrado en Mieres del Camino en septiembre de 2011.

Teledetección. Sistemas operacionales de observación de la Tierra

Editores: Alix Fernández-Renau González-Anleo y Eduardo de Miguel Llanes

Asistencia a la edición: Marcos Jiménez Michavila, Clara Linés Díaz y Elena Prado Ortega

Depósito legal: M-29011-2013

TELEDETECCIÓN

SISTEMAS OPERACIONALES DE

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Editores:

Alix Fernández-Renau González-Anleo

Eduardo de Miguel Llanes

XV Congreso de la Asociación Española de Teledetección
INTA, Torrejón de Ardoz (Madrid)
22-24 de octubre de 2013

INTRODUCCIÓN

Este libro recoge las comunicaciones presentadas al decimoquinto congreso de la Asociación Española de Teledetección (AET), celebrado del 22 al 24 de octubre de 2013 en las instalaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) en Torrejón de Ardoz (Madrid) y organizado por el Área de Teledetección del INTA, con el soporte de la AET, Isdefe y el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Como lema para el Congreso se eligió “Sistemas Operacionales de Observación de la Tierra”, con la intención de promover el encuentro entre las comunidades académicas, científicas e industriales en el campo de la teledetección, destacando los logros conseguidos en la generación y diseminación de productos útiles para la sociedad, y las nuevas oportunidades que ofrecerán los satélites del Plan Nacional de Observación de la Tierra (PNOT) y las misiones del Programa Europeo de Observación de la Tierra Copernicus.

El programa científico está estructurado en las siguientes áreas temáticas:

- Misiones y servicios de observación de la Tierra
- Instrumentación y datos auxiliares
- Avances en metodología de proceso de datos
- Cambio climático y atmósfera
- Teledetección de aguas continentales y oceánicas
- Ocupación y usos de suelo
- Medio ambiente y recursos naturales
- Emergencias, seguridad y defensa

La colaboración del Comité Científico y el trabajo de todo el Comité Organizador, especialmente de Clara Linés, Elena Prado y Marcos Jiménez, ha sido fundamental para la edición de este libro.

Los editores,

Alix Fernández-Renau
Eduardo de Miguel

CARACTERIZACIÓN DE LOS RAYOS QUE OCASIONAN INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE SUPERFICIE Y SIG

J.R. Rodríguez-Pérez, M. Faba-Fernández, M.A. Blanco-Vázquez, J. Blanco-Oviedo, F. Castedo-Dorado, M. Marabel

Grupo de Investigación GEOINCA. Universidad de León (Campus de Ponferrada). Avda. de Astorga s/n, Ponferrada, 24400 León. E-mail: jrrod@unileon.es

RESUMEN

A partir de los datos disponibles de incendios forestales y de la información sobre rayos (obtenida por técnicas de teledetección en superficie), se han clasificado los rayos caídos en días de tormenta en la provincia de León. Para ello se partió de una clasificación en la que se asignó como probable rayo causante el más cercano al punto de inicio del incendio y cayó el mismo día que este. Según la clasificación propuesta, la intensidad de la descarga condiciona la aparición del incendio, al ser mayor en los rayos asignados como causantes (mediana=12.6 kA) que en los caídos en zonas próximas (10.8 kA). Sin embargo, la duración de la descarga no resultó estadísticamente significativa.

Palabras clave: Teledetección en superficie, Incendios Forestales, Rayos, SIG.

ABSTRACT

This work has tried to identify the lightning strike that caused the forest fires depending on the proximity to the starting point and the date and time of detection. The method is based on the statistics of forest fires and lightning information (obtained by remote sensing techniques in area) and it is carried out in the province of Leon. Eighty-three lightning strikes has been identified as fire causing that which median strength (12.6 kA) is higher than the rest of lightning strikes (10.8 kA); the differences in duration were not statistically significant.

Keywords: Ground Remote Sensing, Forest fire, Lightning, GIS.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo aquí presentado utiliza datos de descargas de rayos obtenidos mediante técnicas de teledetección en superficie de volúmenes de la atmósfera distantes. La red de detección de descargas eléctricas en España está operativa desde principios de la década de 1990, cuando funcionaba con 14 equipos ALDF (*Advanced Lightning Direction Finding*) (Pérez, 2005). En la actualidad, la Red de Detección de Rayos (REDRA) de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) está formada por estaciones IMPACT (*Improved Position Accuracy Technology*), dotadas con tecnología temporal GPS. REDRA está compuesta por tres subsistemas encargados respectivamente de la detección de descargas eléctricas (SDDE, 20 equipos detectores de descargas eléctricas), el control de los equipos, el análisis y localización de sus medidas (SCAL) y la explotación de estos datos. Los detectores SDDE captan, analizan y discriminan la radiación electromagnética de las descargas eléctricas y el sistema SCAL estima su localización, duración, intensidad así como los errores asociados a estas estimaciones (AEMET, 2013). Además otros cuatro equipos en Portugal y diez de Francia, complementan la REDRA.

Esta red, junto con el sistema nacional de observación radar, proporciona datos esenciales para, entre otros,

actividades de predicción inmediata y a muy corto plazo de fenómenos meteorológicos adversos y aplicaciones operativas con fines hidrológicos (AEMET, 2013). En meteorología, el estudio de fenómenos convectivos, entre ellos el rayo, se ha aplicado a líneas de investigación tales como (Álvarez-Lamata *et al.*, 2011): i) convección, su climatología y sus causas, ii) manifestaciones de la convección y del tiempo severo, iii) estudio de los incendios forestales originados por rayo, etc. El presente trabajo se enmarca dentro de la última línea indicada.

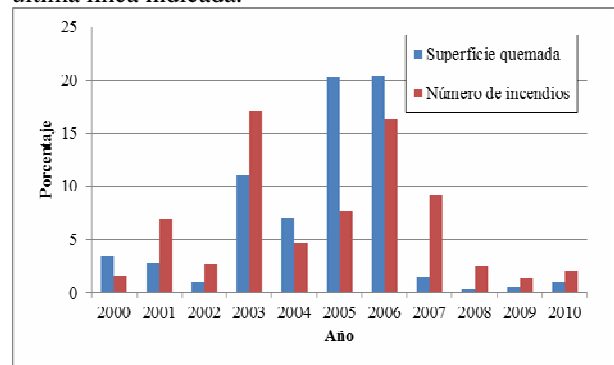


Figura 1. Porcentaje de incendios forestales causados por rayos y de superficie quemada por los mismos en la provincia de León en el período 2000-2010.

Por otro lado, los incendios forestales en nuestro país suponen un grave problema por las pérdidas en vidas humanas, recursos ambientales y económicos. La media anual del número de incendios forestales durante el período 1998-2007 fue de unos 20 000 y la media de superficie quemada de 123 988 ha (Hernández-Jorge y Cabezas-Rubio, 2008). Gracias a la actuación de las diferentes administraciones, estas cifras han ido disminuyendo durante los últimos años (MAGRAMA, 2011).

En muchos casos los incendios forestales están asociados a la actividad humana. Sin embargo los incendios provocados por causas naturales (rayos) tienen también gran importancia en algunas zonas. Así, en la provincia de León, en el período 2000-2010 se quemaron un total de 113 904 ha, de las cuales 7 487 ardieron por causa de los rayos; el número total de incendios originados por rayo fue de 399 (sobre un total de 6 672). Por tanto, aunque los rayos no son la causa más importante de incendios forestales en la provincia, algún año han supuesto más del 15% del número de incendios (2003 y 2006) y hasta el 20% de la superficie total quemada (2005 y 2006) (Figura 1).

Estudios previos han identificado algunos factores que están relacionados con la ocurrencia de incendios forestales causados por rayos, entre los que destacan las características orográficas, de la vegetación y meteorológicas (que incluyen algunas características de los rayos) (Nieto *et al.*, 2012; Larjavaara *et al.*, 2005).

El objetivo del presente trabajo es proponer una metodología para la identificación y caracterización de rayos causantes de incendios forestales en la provincia de León.

2. MATERIAL

El material básico de partida para realizar este trabajo han sido los datos de rayos caídos y los datos de los incendios forestales ocurridos durante el período 2000-2010 en la provincia de León.

Los datos sobre los rayos fueron facilitados por la AEMET. La base de datos aportada contiene información sobre la localización de caída (incluyendo la estimación del error de localización), la duración, la intensidad y la polaridad de la descarga, entre otros.

La información sobre los incendios forestales fue obtenida de la base de datos de incendios forestales (EGIF) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Esta base de datos contiene, para incendio registrado (IDPIF), la causa que lo originó y las coordenadas del punto de ignición, entre otras variables.

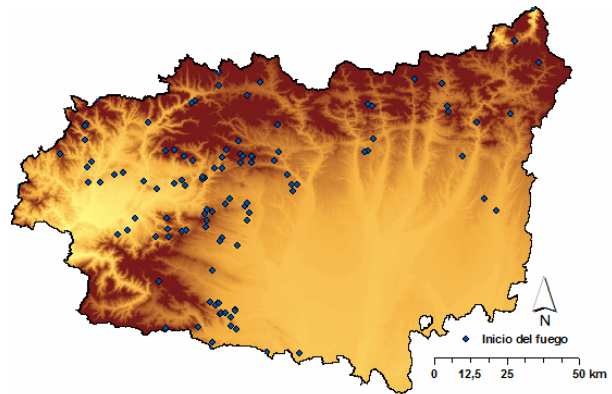


Figura 2. Puntos de inicio de los incendios forestales originados por rayos en el período 2005-2010.

Además, se ha utilizado la base de datos asociada al Mapa Forestal de España correspondiente a la provincia de León (shapefile; SRC: EPSG23030), para determinar el tipo cobertura del suelo y el tipo de vegetación existente. Para la caracterización del relieve se ha utilizado el MDT (ASCII; 200 × 200 m; SRC: EPSG25829) del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

3. METODOLOGÍA

Los datos de caídas de rayos fueron filtrados y representados sobre un mapa de la zona de estudio. El filtrado consistió en seleccionar los datos correspondientes a la primera descarga de cada rayo, y de estos los localizados con buena precisión siguiendo los criterios propuestos por Álvarez-Lamata *et al.* (2011), que consideran que un dato de rayo es “válido” cuando cumple simultáneamente que los semiejes mayor y menor de la elipse de error son menores a 6 y 3 km, respectivamente, y el valor del estadístico normalizado χ^2 es inferior a 10. Además, sólo se representaron los rayos caídos en los días en los que hubo incendios forestales originados por esta causa.

Por otra parte, a partir de los datos de EGIF se representaron los puntos de inicio de los incendios (Figura 2).

Una vez representados los rayos caídos y los puntos de inicio de los incendios, se asignó a cada incendio su probable rayo causante teniendo en cuenta dos criterios: i) que el rayo hubiera caído el mismo día en que se detectó el incendio, pero a una hora anterior a la detección, y ii) que fuese el rayo más cercano al punto de inicio de entre los que cumplían el primer criterio. Tras esta asignación, todos los rayos caídos en día de ocurrencia de incendio fueron clasificados en tres categorías:

- Rayo *a*: asignado como probable causante del incendio.
- Rayo *b*: no causantes del incendio y caídos a menos de 3000 m del punto de inicio.

-Rayo *c*: no causante del incendio y caído a más de 3000 m del punto de inicio.

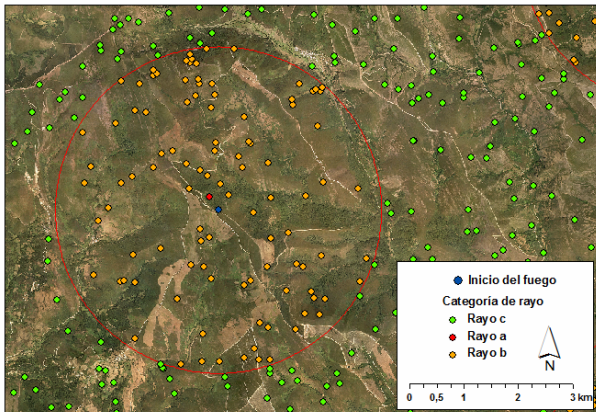


Figura 3. Ejemplo de clasificación de los rayos para un incendio según la distancia al punto de inicio del mismo. Datos del incendio: IDPIF: 2006240333, detectado el 15-07-2006 en Villafranca del Bierzo.

En la Figura 3 se ilustra esta clasificación con un ejemplo para un caso concreto. El valor de 3000 m se fijó teniendo en cuenta el error promedio en la localización del lugar de caída los rayos.

El análisis estadístico consistió en caracterizar cada categoría de rayos mediante los estadísticos básicos de las dos variables más características: duración (ns) e intensidad (kA) del rayo. Asimismo, para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas para estas variables entre las tres categorías se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, que permite identificar diferencias entre dos poblaciones basadas en el análisis de dos muestras independientes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mediana de la intensidad de los rayos asignados como probables causantes de los incendios (rayos *a*: 12.6 kA), es mayor que la mediana del resto de rayos, tanto los cercanos a los puntos de inicio del incendio (rayos *b*: 10.8 kA) como los más alejados (rayos *c*: 10.7 kA) (Tabla 1). Los valores de las medias también siguen este mismo orden. Además, la prueba U de Mann-Whitney mostró que estas diferencias son estadísticamente significativas (Tabla 3).

Respecto a la variable duración, los rayos asignados como causantes de incendio (rayos *a*) duran un promedio de 509 776 735.7 ns y son más largos que el resto (Tabla 2). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba U de Mann-Whitney (Tabla 3).

Tabla 1. Estadísticos de la variable intensidad (kA) para la clasificación de rayos propuesta (ver Metodología).

	Rayo <i>a</i>	Rayo <i>b</i>	Rayo <i>c</i>
Nº de casos	83	10652	59505
Media	18.5	15.4	15.2
Mediana	12.6	10.8	10.7
Mínimo	3.8	0.3	0.4
Máximo	123.2	266.9	322.3

Tabla 2. Estadísticos de la variable duración (ns) para la clasificación de rayos propuesta (ver Metodología).

	Rayo <i>a</i>	Rayo <i>b</i>	Rayo <i>c</i>
Nº de casos	83	10652	59505
Media	509776735.7	505816374.7	507508060
Mediana	520844667	508808236.5	513131336
Mínimo	571700	281655	15212
Máximo	960730452	999868168	999998446

Tabla 3. Valor de la significación en la prueba de U de Mann-Whitney: intensidad (encima de la diagonal) y duración del rayo (debajo de la diagonal).

	Rayo <i>a</i>	Rayo <i>b</i>	Rayo <i>c</i>
Rayo <i>a</i>	...	0.008	0.006
Rayo <i>b</i>	0.896	...	0.158
Rayo <i>c</i>	0.928	0.586	...

Según estos resultados, los rayos asignados como causantes de incendio tienen una mayor intensidad y una duración similar al resto. Adicionalmente se realizó otro análisis en el cual se compararon los rayos caídos a menos de 3000 m de un punto de inicio con el rayo asignado como probable causante. En este caso se seleccionaron sólo los rayos caídos en un radio de 3000 m en el mismo tipo de cubierta que la existente en el punto de inicio del incendio. Con este análisis se pretendió eliminar la influencia que el tipo de cubierta pudiera tener en la probabilidad de ocurrencia.

Tabla 4. Estadísticos de las variables intensidad (kA) y duración (ns) para la clasificación de rayos propuesta y caídos en el mismo tipo de cubierta.

	Intensidad		Duración	
	Rayo <i>a</i> *	Rayo <i>b</i> *	Rayo <i>a</i> *	Rayo <i>b</i> *
Nº de casos	67	2883	67	2883
Media	16.8	15.5	503316320.6	509163206.4
Mediana	13.2	10.9	505911059	520844667
Mínimo	4.5	2.3	281655	571700
Máximo	58.4	266.9	999868168	960730452

Tabla 5. Valor de la significación en la prueba de U de Mann-Whitney: intensidad (encima de la diagonal) y duración del rayo (debajo de la diagonal).

	Rayo <i>a</i> *	Rayo <i>b</i> *
Rayo <i>a</i>*	...	0.036
Rayo <i>b</i>*	0.848	...

Los estadísticos básicos de los dos tipos de rayos se muestran en la Tabla 4. En este nuevo análisis, la mediana de la intensidad de los rayos asignados como causantes (rayos a^* : 13.2 kA) es mayor que la del resto de rayos (rayos b^* : 10.9 kA); estas diferencias son significativas (Tabla 5). Al igual que ocurría con anterioridad, las diferencias en la duración de los rayos no son estadísticamente significativas (Tabla 5).

La mayoría de los trabajos previos sobre probabilidad de ignición por rayos (e.g. Rorig y Ferguson, 1999; Latham & Williams, 2001; Nieto *et al.*, 2012) indican las características intrínsecas de éstos tienen menos influencia que otras variables como la cubierta vegetal o la existencia de tormentas secas (sin precipitaciones apreciables), pero las variables de los rayos también parecen tener cierta influencia en la probabilidad (e.g., Latham & Schlieter, 1989). En este sentido, los resultados del trabajo aquí presentado indican que la intensidad del rayo es un factor importante que condiciona la ignición. En Finlandia, Larjavaara *et al.* (2005) encontraron resultados similares de forma indirecta, ya que observaron que al aumentar el número de subdescargas por rayo disminuía la probabilidad de ignición (hay que tener en cuenta que la intensidad disminuye con el número de descargas por rayo).

Sin embargo, al contrario que otros autores (e.g., Latham & Schlieter, 1989), en este estudio no se encontró relación entre la duración del rayo y la probabilidad de ignición. La no inclusión de la variable polaridad en el análisis podría ser una causa de esta ausencia de relación (Latham & Williams, 2001).

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado una caracterización de los rayos caídos en días de tormenta en la provincia de León. Para ello se partió de una clasificación en la que se asignó como probable rayo causante el más cercano al punto de inicio del incendio. Según la clasificación propuesta, la intensidad de la descarga parece una variable que condiciona la aparición del incendio forestal, al ser mayor en los rayos asignados como causantes. Sin embargo, la duración de la descarga no parece tener influencia en dicha ocurrencia. Futuros trabajos deben verificar estos resultados en otras áreas introduciendo nuevas variables relacionadas con las condiciones meteorológicas u otras.

6. BIBLOGRAFÍA

AEMET. 2013. *Observaciones de teledetección terrestre*. Documento accesible on-line. <http://www.aemet.es/es/idi/observacion/teledeteccion> (acceso en 12-03-2013).

ÁLVAREZ-LAMATA, E., ESPEJO-GIL, F., CORTÉS-RABINAD, F.J., LAFRAGÜETA-PÉREZ, C.,

SERRANO-NOTIVOLI. 2011. *Caracterización sinóptica de los procesos convectivos en el interior del nordeste peninsular*. Nota técnica 3 de AEMET. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Sinoptica/NT_AEMET_3.pdf; acceso en 12-03-2013)

HERNÁNDEZ-JORGE, E., Y CABEZOS-RUBIO, F.J. 2008. *Mejoras necesarias en la lucha contra los incendios forestales*. Actas del Congreso Nacional del Medio Ambiente; Cumbre del Desarrollo Sostenible (http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/985772_EHern%E1ndez.pdf; acceso en 18-01-2013)

LARJAVAARA, M., PENNANEN, J., TUOMI, T.J. 2005. *Lightning that ignites forest fires in Finland*. Agricultural and Forest Meteorology 132, 171-180.

MAGRAMA. 2011. *Anuario de Estadística del MAGRAMA 2011*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Subdirección General de Estadística (http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2011/AE_2011_Completo.pdf; acceso en 18-02-2013)

NIETO, H., AGUADO, I., GARCÍA, M., CHUVIECO, E. 2012. *Lightning-caused fires in Central Spain: Development of a probability model of occurrence for two Spanish regions*. Agricultural and Forest Meteorology, 162-163, 35-43.

PÉREZ, F. 2005. *El valor de la información sobre electricidad atmosférica. La evolución de la red de rayos*. Ambienta, 49, 57-63.

LATHAM, D.J., WILLIAMS, E., 2001. Lightning and forest fires. In: Forest fires, behavior and ecological effects (Johnson E.A., Miyanishi K. eds). Academic Press. pp. 375-418.

LATHAM, D.J., SCHLIETER, J.A., 1989. Ignition probabilities of Wildland Fuels Based on Simulated Lightning Discharges. USDA Forest Service. Research Paper INT-411.

RORIG, M.L., FERGUSON, S.A. 1999. *Characteristics of Lightning and Wildland Fire Ignition in the Pacific Northwest*. Journal of Applied Meteorology, 38, 1565-1575.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto "Análisis de la distribución espacial y temporal y caracterización de fenómenos tormentosos en el medio agrícola y forestal de la Meseta Central y del Norte de España" financiado por la Universidad de León. Los autores agradecen la colaboración de la AEMET que ha facilitado los datos de las descargas de rayos y al MAGRAMA que ha facilitado los datos de los incendios.