

# **Caracterización espacial de la caída de rayos en la Comunidad Autónoma de Castilla y León**

**Marcos Faba-Fernández**  
**Marco Antonio Blanco-Vázquez**  
**Cristian Román Fincias**  
**Fernando Castedo-Dorado**  
**José Ramón Rodríguez-Pérez**

*Grupo de Investigación 202 (GEOINCA). Universidad de León.*

## **Resumen:**

Cada año los rayos provocan importantes incendios forestales. Por otro lado, los daños provocados por las tormentas (pedrisco, granizo, etc.) en cultivos agrícolas causan grandes pérdidas económicas. Por tanto el análisis espacial de la caída de rayos es una herramienta de gran utilidad para la prevención y alerta de catástrofes naturales en el medio agroforestal. En este trabajo se explica cómo se puede utilizar gvSIG para hacer una caracterización espacial de la caída de rayos. La metodología desarrollada se ha aplicado al territorio de Castilla y León, identificando las áreas más sensibles a incendios forestales provocados por rayos y las zonas agrícolas más propensas a sufrir daños provocados por tormentas.

Palabras clave: SIG, incendios forestales, caída de rayos, daños por tormenta, frutales.

## **Abstract:**

Every year lightning causes important fires. On the other hand, the damage caused by storms (hail, etc.) on agricultural crops generate great economic losses. Therefore, the spatial analysis of the lightning is a very useful tool for the prevention and warning of natural disasters in the agroforestry environment. This paper explains how to use gvSIG for spatial characterization lightning. The methodology has been applied to the territory of *Castilla y Leon*, identifying the potential zones to forest fires caused by lightning and agricultural areas prone to storm damage.

Keywords: GIS, forest fires, lightning, storm damage, fruit.

## **Correspondencia (Para más información contacte con):**

Grupo de investigación 202 (GEOINCA). Universidad de León. Campus de Ponferrada. ESTIA.

Dirección: Avenida de Astorga, s/n. 24400 Ponferrada (León, España).

Phone: +34987442000

Fax: +34987442070

E mail: [markitos\\_0032@hotmail.com](mailto:markitos_0032@hotmail.com) (Marcos Faba-Fernández)

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que ha facilitado los datos de la red de descargas eléctricas y otros datos climáticos para el período de estudio. También ha sido vital la colaboración de la Estación de Avisos Agrícolas del Bierzo, que ha facilitado los datos de sus memorias anuales para la determinación del período crítico de daños por tormentas en frutales y vid.

## **1. Introducción**

Los incendios forestales son la principal causa de desaparición y degradación de los bosques en España. Las actividades humanas son el principal causante de incendios en nuestro país, por lo que tradicionalmente se les ha prestado mucha más atención que a los originados por causas naturales (rayo). Sin embargo, estos últimos pueden quemar superficies más grandes que los provocados por el hombre, debido a que suelen originarse en zonas poco pobladas y a que suelen ocurrir agregados en el espacio y en el tiempo.

En algunas zonas (como en la provincia de León), los incendios provocados por rayos representan, de media, un 5% de los totales que se producen en la provincia (Tárrega y Luis, 1992). Sin embargo, durante años adversos como el año 2003, más del 15% de los incendios fueron provocados por rayos. Esta tendencia tiende a aumentar por el incremento de combustible en el monte generado por el despoblamiento rural.

Diversos estudios apuntan que los incendios provocados por rayo no se distribuyen de forma aleatoria en el espacio, sino que tienden a ocurrir en determinadas zonas concretas. La eficiencia de un rayo para comenzar un incendio está afectada por diversas variables, siendo las más importantes las características de las descargas (cantidad, polaridad e intensidad), el tipo de vegetación sobre el que cae la descarga (es decir, el combustible, necesario para que exista ignición y propagación), la humedad de ese combustible (influida por las condiciones meteorológicas recientes) y las características orográficas de la zona (que condicionan indirectamente las variables anteriores).

Las variables meteorológicas, fisiográficas y de combustible forestal pueden explicar un porcentaje elevado de la probabilidad de ocurrencia (Nieto et al., 2006). La importancia relativa de todas estas variables varía con la escala de trabajo considerada, siendo poco realista el desarrollo de modelos de ocurrencia para regiones muy amplias (ej.: un país), y recomendándose el desarrollo de modelos de ocurrencia a escala local o regional.

En este trabajo se ha considerado que la época del año con una mayor peligro de incendio por rayo se extiende de mayo a septiembre (ambos incluidos).

Por otro lado, el granizo (o pedrisco) y las precipitaciones de agua muy intensas provocan daños en los cultivos agrícolas. Estos daños son especialmente importantes en los cultivos permanentes como son la vid y los frutales. La importancia de estos daños depende del estado fenológico del cultivo. El pedrisco y el granizo provocan defoliación y heridas en hojas, tallos y frutos, por donde pueden entrar a continuación hongos y bacterias.

La vid es exigente en calor (la temperatura ideal de desarrollo es 11°C) y sensible a las heladas de invierno. La pluviometría anual ideal está entre 350mm y 600mm; durante el invierno no le afecta mucho las fuertes lluvias pero si durante la primavera y verano (Hidalgo, 2002).

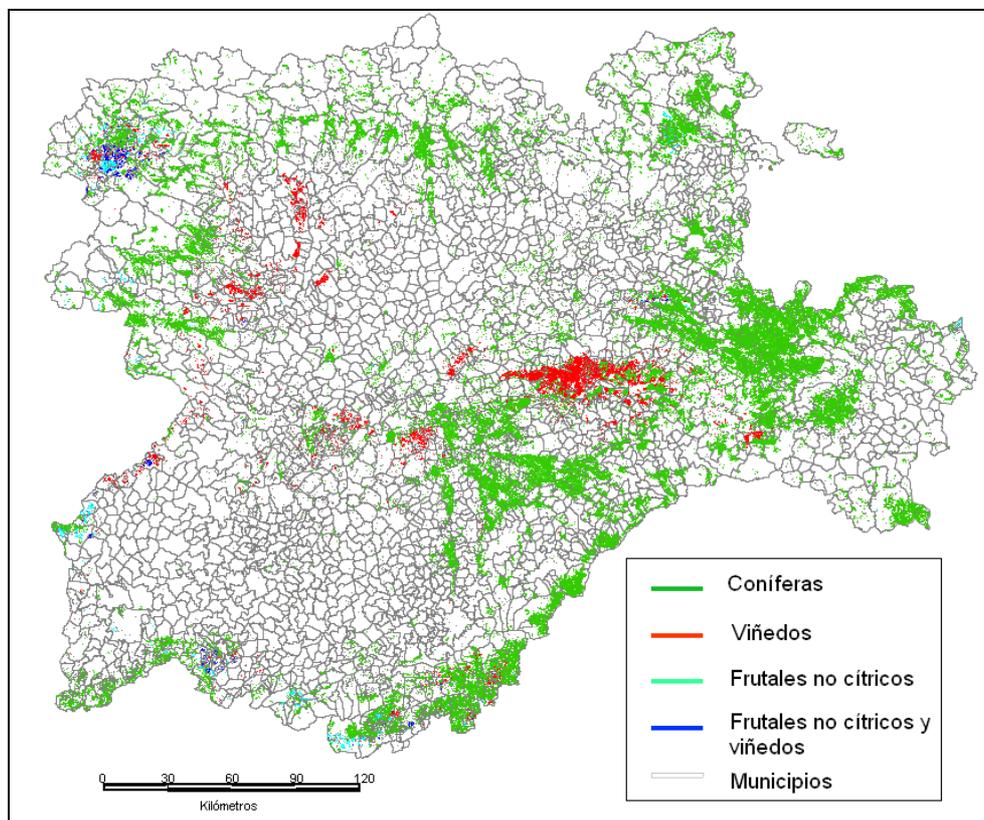
Los frutales de pepita requieren pasar unas horas de frio invernal para poder desarrollar fruto. No son muy exigentes en cuanto a precipitación y temperatura, pero son sensibles a las heladas primaverales y a las tormentas durante el período de floración y estadios iniciales de desarrollo del fruto (Agustí-Fonfría, 2004).

Los efectos de una tormenta de pedrisco o una lluvia muy intensa siempre son perjudiciales para los frutales pero el período más crítico va desde el inicio de floración hasta el cuajado y crecimiento del fruto. Identificar la época del año de mayor sensibilidad a sufrir daños por tormenta es muy complicado puesto que este difiere cada año en función de la climatología y es diferente para cada variedad de frutal o vid. En base a la bibliografía consultada (Gil-Albert, 1992; Hidalgo, 2002) y a los datos reales de campo recogidas en las Memorias anuales de la Estación de Avisos Agrícolas del Bierzo de los últimos 5 años, se han establecido como períodos críticos de susceptibilidad a daños por tormentas los siguientes: para frutales desde principios de abril hasta mediados de mayo; para la vid desde principios de mayo a finales de junio.

## 2. Zona de estudio

La zona de estudio comprende a toda la comunidad de Castilla y León (Norte de España). En concreto se estudiarán las zonas de vid, frutales no cítricos y coníferas.

Figura 1: Zona de estudio mostrando los usos del suelo objeto de análisis.



### 3. Objetivos

El objetivo fundamental de este trabajo es identificar las zonas arboladas de mayor riesgo de sufrir un incendio forestal por la descarga de un rayo y las zonas de mayor riesgo a sufrir daños en frutales y vid por tormenta.

### 4. Material

El software elegido para la realización de este trabajo fue el gvSIG, ya que es un SIG Open Source que cubre todas las necesidades requeridas en este trabajo. Se usó para la visualización y gestión y análisis de las capas de información georreferenciada, así como para creación de mapas y tablas mostrados en los resultados.

Las capas de información georreferenciada utilizada representan los límites de los términos municipales de Castilla y León y los usos del suelo (del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España- SIOSE). Además se utilizó información sobre los rayos caídos en la Comunidad durante el periodo que abarca desde el año 2000 hasta el 2010 (ambos incluidos). Las características y las fuentes de estos datos se exponen a continuación:

- **Términos municipales de Castilla y León:** Fueron descargados en formato Shape de tipo polígono de la página Web del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG, <http://www.cnig.es/>). Contiene todos los términos municipales de España identificados con un código que corresponde al código postal de cada municipio y su nombre. Tiene como sistema de referencia el ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) sin proyección asociada.
- **Usos del suelo:** Esta información fue descargada del servidor ftp del ITACYL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León). Se descargaron todas las capas de usos del suelo del SIOSE correspondientes a Castilla y León. Estas capas son de tipo polígono y se estructuran por hojas del MTN50 (Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50000) y contienen una tabla de atributos asociada con tres campos (identificador, tesela y rótulo) con lo que quedan definidos los usos del suelo. Su sistema de referencia es el ETRS89 y su proyección es la UTM Huso 30 Norte.
- **Rayos:** La información de las descargas ha sido proporcionada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). El formato de entrega ha sido un archivo de texto por cada año con las coordenadas de caída de cada rayo durante el periodo mencionado (párrafo 2 de este mismo apartado) y sus características más importantes como fecha, duración, número de la descarga... Las coordenadas son geográficas con sistema de referencia WGS84 (World Geodetic System 84).

Como la información está en varios sistemas de referencia fue necesario que se definiera uno para trabajar correctamente, en este caso el escogido fue el ETRS89 proyección UTM Huso 30 Norte al que se transformaron las capas que no estaban en el mismo.

## 5. Metodología

Se describe a continuación la metodología utilizada para determinar el número de rayos caídos en los recintos que tienen los usos de suelo de interés.

### 5.1. Preparación de los datos

El primer paso consistió en uniformizar toda la información para poder trabajar con ella fácilmente.

La capa de los términos municipales (en adelante MUNICIPIOS\_CYL) una vez descargada se realizó una selección por atributos para poder seleccionar sólo los municipios de Castilla y León.

Las capas de usos del suelo de cada hoja del MTN50 de toda Castilla y León, fueron unidas con la herramienta *juntar* de gvSIG para poder disponer de una única capa que tenga todos los usos de suelo correspondientes a la Comunidad (en adelante SIOSE\_CYL). Esta capa generada contiene todos los usos del suelo, pero sólo interesan los de recintos o teselas donde se puedan producir daños sobre zonas arboladas de coníferas, frutales y vid. Así pues se hace necesario generar capas diferentes a partir de esta información. De este modo se distinguirán cuatro tipos de parcelas:

- Recintos que contienen viñedos en su interior y no frutales no cítricos.
- Recintos que contienen frutales no cítricos en su interior y no viñedos.
- Recintos que a la vez contienen frutales no cítricos en su interior y viñedos.
- Recintos de coníferas.

Para realizar la selección de las teselas se creó una hoja de cálculo donde se importaron los datos de la tabla de atributos de la capa SIOSE\_CYL y se realizaron búsquedas y atribución de códigos según los códigos del SIOSE:

- Frutales no cítricos: LFN y no LVI
- Viñedos: LVI y no LFN.
- Frutales no cítricos y viñedos: que contuvieran a la vez los dos códigos anteriores
- Coníferas: CNF.

La tabla resultante contenía cuatro campos nuevos en donde se indicaría la presencia/ausencia de algún uso de interés con los valores 1/0 respectivamente. Esta tabla se unió con la tabla de atributos de la capa SIOSE\_CYL con la herramienta *unir tablas* del gvSIG y a continuación se hizo una selección por atributos de las parcelas de interés para producir cuatro nuevas capas: LVI, LFN, LFN+LVI y CNF.

En lo que respecta a la información de los rayos, se unirán en un mismo archivo todos los años de estudio y a partir del mismo se creará un *tema de eventos* con gvSIG en coordenadas WGS84 para posteriormente reproyectar la capa a ETRS89 Huso 30 Norte (*gestor de geoprocetos* y herramienta *reproyectar*). La capa resultante fue de tipo *punto* y contiene toda la información relativa a los rayos para el periodo de estudio para Castilla y León (en adelante RAYOS\_CYL\_2000-11).

Después de este procesado la información georreferenciada está lista para el análisis espacial.

## 5.2. Operaciones para filtrado de los rayos de los periodos críticos

Las siguientes operaciones consistieron en seleccionar los rayos que cayeron en los periodos críticos en cada uso de interés. Estos periodos son diferentes en cada caso:

- Recintos de sólo viñedos: de mayo a junio (ambos incluidos).
- Recintos de sólo frutales no cítricos: desde el 1 de abril hasta el 15 de mayo (ambos incluidos).
- Recintos de frutales no cítricos y viñedos: de mayo a junio (ambos incluidos).
- Recintos de coníferas: de mayo a septiembre (ambos incluidos).

Para cada capa se realizaron los mismos procesos. Primero se generó una capa de rayos para cada uno de los cuatro tipos de usos de interés a partir de la capa RAYOS\_CYL\_2000-11. Con la herramienta *cortar* de SEXTANTE se seleccionaron los rayos caídos en las zonas de interés de cada capa y a continuación se filtraron por atributo los periodos críticos exportando los resultados y dando lugar a cuatro capas nuevas: RAYOS\_LVI, RAYOS\_LFN, RAYOS\_LFN+LVI y RAYOS\_CNF.

La siguiente fase consistió en *intersectar* la capa MUNICIPIOS\_CYL y las capas LVI, LFN, LFN+LVI y CNF para que la resultante contuviera los atributos de nombre de municipio en cada una de las capas de usos del suelo. A continuación se usó la herramienta *contar puntos en polígono* de SEXTANTE en las cuatro nuevas capas generadas para agregar un nuevo campo donde se muestren los rayos que han caído en cada recinto de cada capa. Por último se utilizó la herramienta *propiedades geométricas de los polígonos* para añadir los datos de superficie.

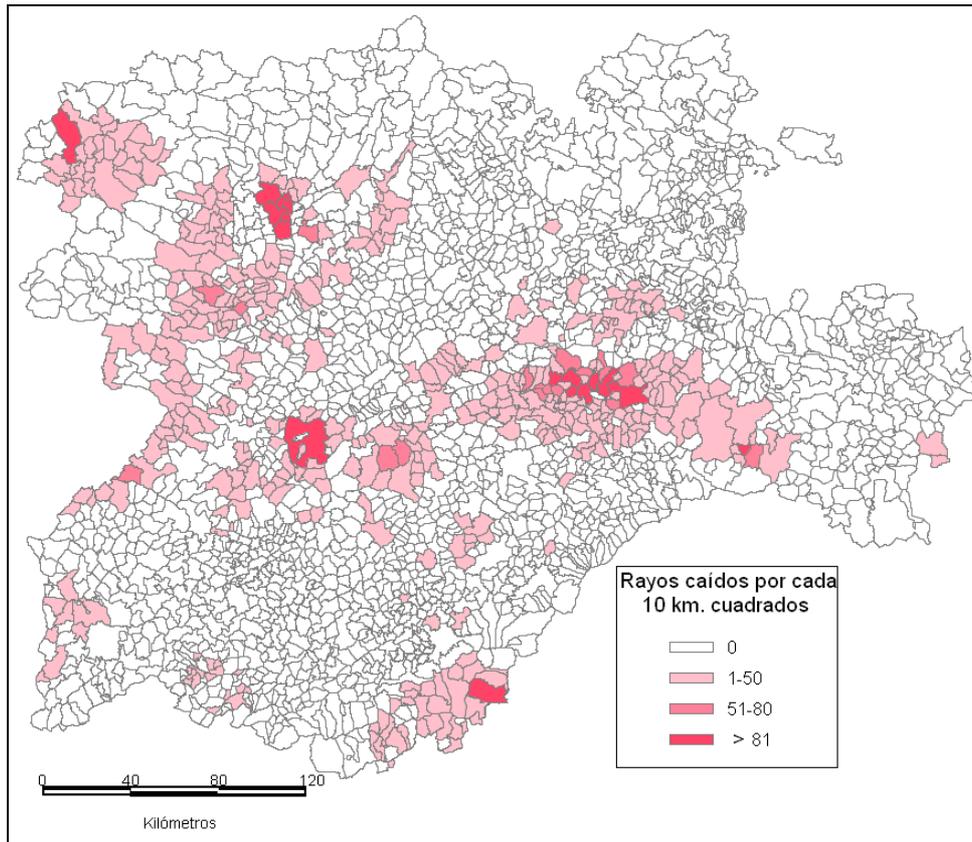
## 5.3. Generación de los informes de cada una de las capas

Se crearon los informes correspondientes a cada capa agrupando los datos por municipios (herramienta *resumen de tablas*). Estas tablas se unieron con la capa de municipios de manera que se generaron cuatro nuevas capas donde aparecen los datos de las parcelas de usos de suelo de interés, número de rayos totales y número de rayos por unidad de superficie...

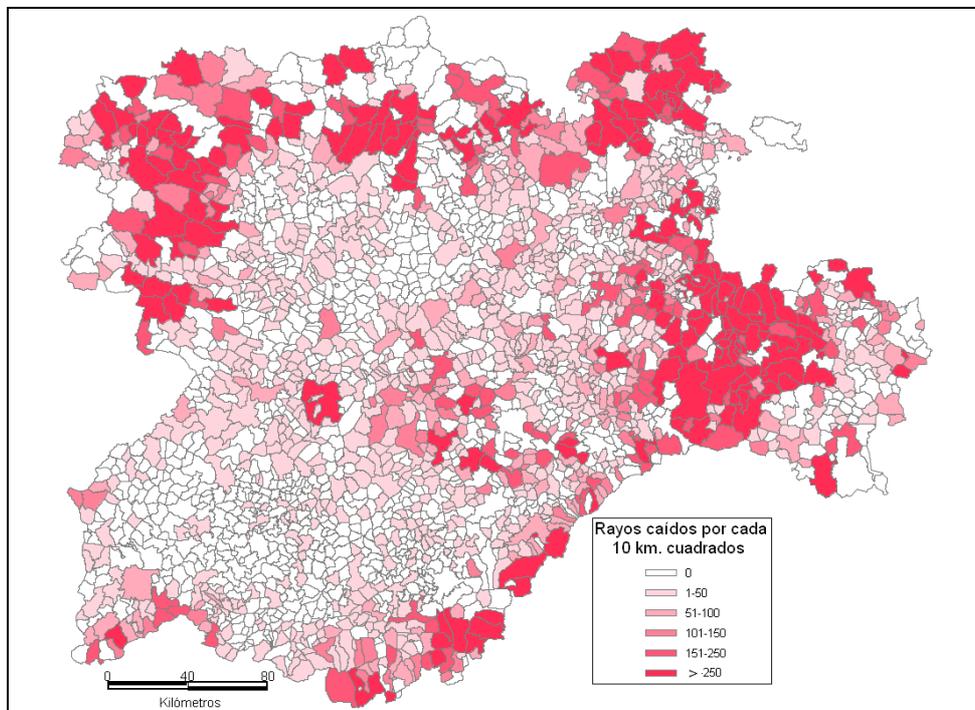
## 6. Resultados

Por lo tanto se obtuvieron cuatro capas (una para cada uso de suelo de estudio) que contiene el número de rayos caídos en cada tesela de interés y la superficie de la misma. En los informes se observarán los rayos caídos por municipio en el uso de suelo correspondiente y la superficie de las parcelas. Con esta información se puede generar cartografía, tablas y gráficos mostrando los resultados. Por ejemplo en la figura 2 se observa el número de rayos caídos por cada 10 kilómetros cuadrados en cada municipio en parcelas de viñedo.

**Figura 2: Rayos caídos por cada 10 kilómetros cuadrados en cada municipio en parcelas de viñedo.**



**Figura 3: Rayos caídos por cada 10 kilómetros cuadrados en cada municipio en parcelas de coníferas.**



En la figura 3 se observan el mismo parámetro que para la figura 2 pero en las parcelas de coníferas. El número de municipios afectados es mucho mayor ya que hay más parcelas de coníferas que de viñedos.

En las tablas siguientes se puede observar información muy relevante sobre los rayos caídos en diferentes términos municipales, según el uso de interés.

**Tabla 1. Datos de los municipios donde mayor número de rayos han caído en parcelas de viñedo.**

Municipio	Nº de rayos	Superficie de viñedos (km <sup>2</sup> )	Nº rayos / 10 km <sup>2</sup>
Aranda de Duero	205	37.90	54.07
Pedrosa de Duero	165	62.20	26.52
Villamañán	126	16.06	78.41
Toro	117	37.75	30.98
Valdevimbre	108	12.73	84.79
Gumiel de Mercado	98	21.38	45.82
Encinas de Esgueva	93	17.90	51.95
Villanueva de Gormaz	89	10.32	86.16
Ardón	88	16.13	54.53
Chozas de Abajo	88	16.56	53.11

**Tabla 2. Datos de los municipios donde mayor número de rayos han caído en parcelas de frutales.**

Municipio	Nº de rayos	Superficie de frutales (km <sup>2</sup> )	Nº rayos / 10 km <sup>2</sup>
Toreno	15	8.56	17.52
Candeleda	14	23.55	5.94
Arenas de San Pedro	12	10.42	11.51
Carracedelo	10	11.48	8.70
Hinojosa de Duero	10	8.86	11.28
Fregeneda, La	8	19.20	4.16
Arenal, El	6	6.58	9.11
Camponaraya	6	8.17	7.33
Noceda del Bierzo	6	7.16	8.36
Folgozo de la Ribera	5	2.38	20.99

**Tabla 3. Datos de los municipios donde mayor número de rayos han caído en parcelas de frutales y viñedos.**

Municipio	Nº de rayos	Superficie de viñedos y frutales (km <sup>2</sup> )	Nº rayos / 10 km <sup>2</sup>
Ponferrada	150	29.12	51.52
Camponaraya	68	10.41	65.31
Cacabelos	58	9.18	63.17
Vega de Espinareda	49	5.33	91.90
Carracedelo	45	5.18	86.95
Arganza	41	7.36	55.68
Fermoselle	41	8.67	47.28
Cabañas Raras	26	7.36	35.30
Villafranca del Bierzo	25	3.00	83.22
Covarrubias	22	3.07	71.73

**Tabla 4. Datos de los municipios donde mayor número de rayos han caído en parcelas de coníferas.**

<b>Municipio</b>	<b>Nº de rayos</b>	<b>Superficie de coníferas (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº rayos / 10 km<sup>2</sup></b>
Soria	3513	22.38	223.82
Arcos de Jalón	3255	20.31	203.06
Vinuesa	3234	28.43	284.28
San Pedro Manrique	2824	29.25	292.50
Covaleda	2647	28.52	285.17
Cabrejas del Pinar	2493	23.18	231.77
Villar del Río	2254	34.97	349.71
Royo, El	2153	31.63	316.31
Burgo de Osma	1908	17.67	176.67
Cubo de la Solana	1516	24.63	246.33

Analizando los resultados mostrados en las tablas y figuras, se deduce de que el número de rayos, y por lo tanto el número de tormentas, se dan de manera diferente según la localización geográfica de las parcelas y que no sólo influye su superficie. Esto lo explica la diferencia de ratios entre los distintos municipios. Con la dificultad que conllevaría intentar establecer las medidas preventivas y de movilización de medios en caso de que se produzcan los daños, los resultados obtenidos ofrecen una ayuda a la solución del problema de la gestión, ya que se puede evaluar de una manera rápida y a un bajo coste.

## **7. Conclusiones**

El uso de gvSIG ha permitido identificar las zonas de Castilla y León en las que han caído más rayos en las épocas con mayor riesgo de incendio para las teselas de coníferas, localizando así las zonas de mayor riesgo de incendio forestal. Por otro lado se ha logrado localizar las teselas en las que el riesgo de daños por tormenta es mayor, puesto que es dónde han caído más rayos durante el período fenológico crítico.

Los análisis hechos en este trabajo se podrían complementar incorporando nuevas variables provenientes de datos orográficos (pendientes, orientaciones, altitud...), datos climáticos (temperatura, velocidad del viento, humedad...), datos de entidades aseguradoras o administraciones públicas que registren daños...

## **8. Referencias bibliográficas**

Agustí-Fonfría, M., "Fruticultura". Madrid, Mundi-Prensa, 2004

Gil-Albert, F. "Tratado de arboricultura frutal. Vol. II: La ecología del árbol frutal" (3ª ed.). Madrid MAPA Mundi-Prensa, 1992

Hidalgo, L. "Tratado de viticultura general" (3ª ed.). Madrid, Mundi-Prensa, 2002

Nieto, H.; Aguado, I.; Chuvieco, E.; 2006. Estimation of lightning-caused fires occurrence probability in central Spain. En: Viegas, D.X. (Ed.), Proceedings of the 5th International Conference on Forest Fire Research, CD-Rom, Elsevier.

Tárrega, R. y Luis, E. "Los incendios forestales en León". León, Universidad de León, 1992