

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA INCIDENCIA DE FENÓMENOS TORMENTOSOS SOBRE CULTIVOS ARBÓREOS DE CASTILLA Y LEÓN

Guillermo Marqués Rodríguez
Ingeniero Agrónomo, por la Universidad de León

José Ramón Rodríguez Pérez
Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad de León

RESUMEN:

La agricultura está íntimamente relacionada con la climatología, sufriendo graves daños en aquellos casos en que ésta resulta adversa. Uno de los principales daños, y con más repercusión sobre futuras cosechas, es el debido al granizo.

Este estudio, localizado en la comunidad autónoma de Castilla y León, analiza los municipios con parcelas de viñedo y frutales no cítricos, realizando una zonificación de los mismos en cinco categorías según el nivel de riesgo de daños por granizo.

Se utilizaron como variables de entrada: el porcentaje de superficie de los cultivos de interés por término municipal, el número de rayos y el número de siniestros en cada término municipal.

El resultado es una clasificación de municipios según el riesgo en las categorías muy bajo, bajo, medio, alto y extremo, obteniendo un total de 640, 171, 33, 21 y 4 municipios respectivamente. Esta información resulta de gran interés para agricultores y empresas aseguradoras.

PALABRA CLAVE: granizo, rayos, tormenta, daños, agricultura

ABSTRACT:

Agriculture is closely related to the climatology, causing serious damage when it is adverse. One of the main damages, which has great impact on future harvests, is caused by the hail.

This study was performed in the region of Castilla y León, and analyzed the municipalities with vineyards and non citrus fruit trees crops within the region. The municipalities were zoned in five different categories according to the hail damage level.

The used input variables were: the percentage of area of interest, the number of lightning strikes and number of claims by hail occurred in each municipality.

As a result the municipalities have been classified in five risk levels: very low, low, medium, high and extreme, that included 640, 171, 33, 21, and 4 municipalities affected by each level respectively. The obtained information is of relevant interest for insurance companies as well as for farmers.

KEY WORDS: hail, thunderstorm, damage, agriculture

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Para el correcto desarrollo de los cultivos es clave una meteorología favorable, dado que en caso contrario, se pueden ocasionar daños en las producciones, lo que supone pérdidas económicas que repercuten directamente en los agricultores.

Una de las causas de daño más usual en los cultivos, especialmente en los frutales y viñas, son las tormentas con precipitaciones en forma de granizo. En España, las pérdidas económicas ascienden a cantidades del orden del 10% de la producción agraria anual, es decir, alrededor de una de cada diez cosechas en cada temporada se ve afectada por este fenómeno y, como consecuencia, se pierde su producción (Ceperuelo, 2008).

El granizo resulta un fenómeno difícil de estudiar debido a la complejidad de los procesos físicos que tienen lugar en su ciclo de vida (Ceperuelo, 2008), incluyendo además la dificultad que plantea el caracterizar los mecanismos que participan en su formación (Sánchez et al., 2001).

En consecuencia, resulta necesario el desarrollo de herramientas que permitan localizar aquellas zonas que sean más propensas a sufrir daños por el granizo.

Las variables meteorológicas y fisiográficas pueden explicar un porcentaje elevado de la probabilidad de ocurrencia de daños (Nieto et al., 2006). La importancia relativa de cada una de estas

variables varía con la escala de trabajo considerada, siendo poco realista el desarrollo de modelos de ocurrencia para regiones muy amplias (por ejemplo: un país), por lo que se recomienda el desarrollo de modelos de ocurrencia a escala local o regional. (Faba et al., 2011).

Los efectos del granizo sobre las plantas dependen del grosor, velocidad de caída y estado físico del propio granizo, así como del estado vegetativo y fisiológico de la planta.

En los árboles provoca una serie de heridas por impacto que pueden llegar a destrozarse la corteza, eliminando ramas jóvenes y arruinando 2-3 cosechas hasta que el árbol recupere la madera perdida. Los frutos quedan depreciados por las señales de los impactos, aunque la granizada sea leve. Además, se pueden producir enfermedades criptogámicas como consecuencia del gran número de lesiones y alto nivel de humedad, que afectarían a la planta y los frutos sanos (Gil-Albert, 1998).

En la vid se producen heridas en los pámpanos y se pierde parte del follaje dañando las yemas y comprometiendo la cosecha del año siguiente (Hidalgo e Hidalgo, 2011). Los daños causados son distintos en función de la época en la que ocurra. Si es temprana e intensa, se deben podar los pámpanos dañados para que broten las yemas secundarias y conseguir madera para la cosecha siguiente y algo de cosecha para ese año. Si la granizada es tardía, el ciclo vegetativo de la planta sería demasiado corto para producir cosecha en ese año (Hidalgo, 2002). Si ocurre cerca de la época de cosecha, no se pueden

aplicar fitosanitarios, lo que aumenta el riesgo de pérdida de producción por aparición de enfermedades como botritis.

En diversos estudios se ha explicado que los fenómenos meteorológicos no ocurren de forma aleatoria en el espacio, sino que tienen una tendencia a ocurrir de forma periódica en determinadas zonas. Partiendo de esta base, se pretende buscar una relación entre los rayos, el granizo y los daños causados por ellos, a partir de los partes de daños en cultivos realizados por las empresas aseguradoras.

Por ello, en el presente trabajo, localizado en la Comunidad Autónoma de Castilla y León (Figura 1), se han utilizado los datos de descargas de rayos ocurridas entre los años 2001 y

2010, así como los partes de daños rellenados en esos mismos años. Para acotar la zona de estudio se han empleado los usos del suelo de carácter agrícola, más concretamente el viñedo y los frutales no cítricos, recogidos en el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España).

A partir de esta información se pretende generar un índice de riesgo de daños por granizo a nivel de término municipal, el cual se plasmará sobre un plano para que pueda ser manejado en un futuro por los agricultores y las compañías de seguros con el fin de determinar el riesgo de que se produzcan nuevos daños (Bentley et al., 2002).

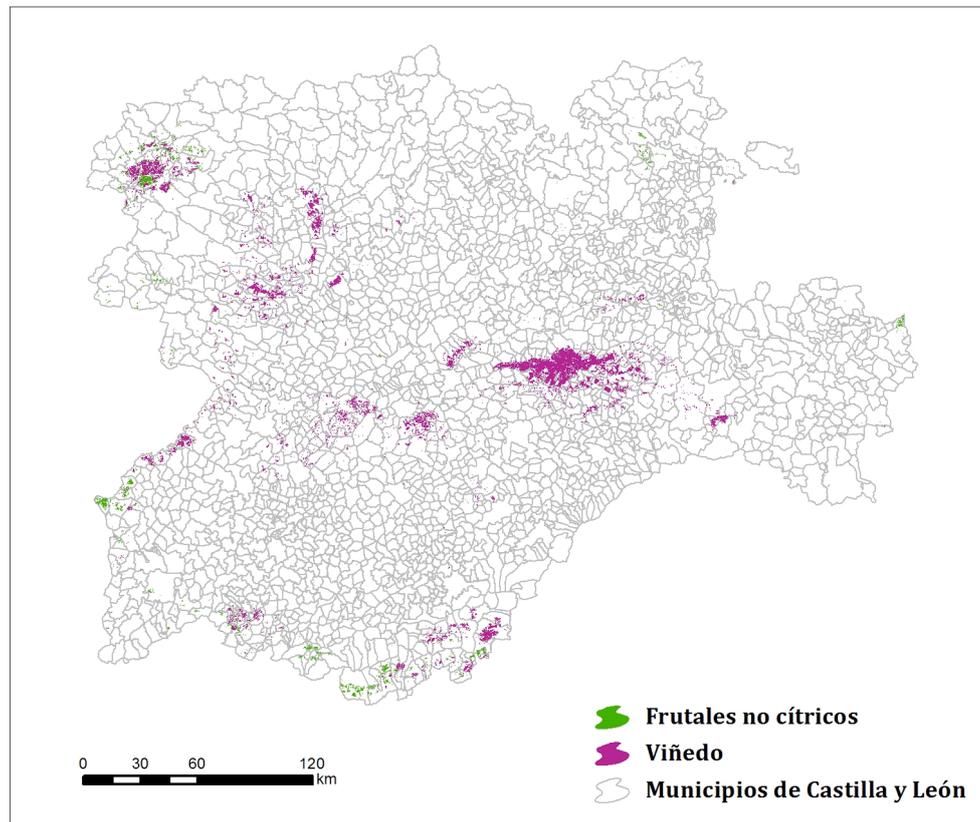


Figura 1. Zona de estudio

1.2 Zona de estudio

El estudio se centra en la comunidad autónoma de Castilla y León, en concreto, en las zonas ocupadas por cultivos arbóreos (viñedo y frutales no cítricos). En la Figura 1 se puede ver su distribución en el espacio.

1.3 Objetivos

El objetivo es localizar aquellas zonas de Castilla y León con mayor probabilidad de sufrir daños en cultivos arbóreos debidos a tormentas y, mediante su relación con el entorno y los datos de siniestros ocurridos en el pasado, localizar las zonas con mayor riesgo de sufrir futuros daños.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para la realización del estudio se optó por el software ArcGIS (ESRI), con el cual se cubren todas las necesidades de proceso.

Se utilizó para la creación de la base de datos georreferenciada y para hacer los análisis espaciales así como para la creación de figuras y mapas con los resultados finales.

En cuanto a la información utilizada proviene de diferentes fuentes y contiene datos desde el año 2001 al 2010:

Los límites de los términos municipales se descargaron a través del Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica), se encuentran en formato shape de tipo polígono y, en su tabla de atributos, aparecen todos los municipios de España definidos a partir del código de provincia y de municipio (código INE (Instituto Nacional de Estadística). El sistema de referencia es ETRS89 en coordenadas geográficas.

Los usos del suelo fueron proporcionados por el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España), los cuales fueron descargados a través del servidor FTP del ITACYL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León) y su escala de detalle es 1:25.000 con fecha de referencia 2005. Se descargaron tanto la información geográfica, en formato shape de tipo polígono, como la tabla asociada de datos alfanuméricos, en formato .mdb, a partir de la cual se definen los usos del suelo. El sistema de referencia es ETRS89

(European Terrestrial Reference System 1989) y su proyección es UTM Huso 30N.

La información sobre impactos de rayos fue aportada por la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) para los años 2001 a 2010. Su formato es un archivo de texto en el que aparece la longitud y latitud del lugar de descarga, así como datos sobre la intensidad y características de la misma (fecha, duración...). El sistema de referencia es WGS84 en coordenadas geográficas.

Los partes de siniestros por pedrisco en frutales han sido aportados por la empresa Agroseguro, son los datos de siniestros ocurridos entre los años 2001 y 2010, se encuentran en formato Excel e incluye información sobre la fecha, el municipio y la causa del siniestro, así como la superficie afectada.

Debido a la variabilidad de fuentes y datos y a los diferentes tipos de sistemas de referencia se decidió trabajar con una "file geodatabase", estructurando los contenidos en diferentes "feature dataset", transformando todas las capas al sistema de referencia ETRS89 en proyección UTM Huso 30N.

2.2 Metodología

A continuación se describe la metodología seguida para el desarrollo del presente estudio.

2.2.1 Preparación de la información

Como se vio en el apartado de materiales, la información proviene de diferentes fuentes, por ello se optó por estructurarla en una file geodatabase (.gdb). Se trata de un formato propio de ESRI que permite almacenar toda la información en un único archivo. Se escogió como sistema de referencia ETRS89 en proyección UTM Zona 30N, utilizando la herramienta Project se unificaron todos los sistemas de referencia.

La primera capa con la que se trabajó fue la de términos municipales, mediante una selección por atributos se seleccionaron los códigos de provincia de todos los municipios de Castilla y León.

La capa de usos del suelo, o SIOSE, se relacionó con su .mdb accesorio para seleccionar las coberturas con las que se quieren trabajar y a continuación, crear una nueva capa solo con los recintos seleccionados, en este caso, las coberturas y sus códigos son:

Frutales no cítricos LFN: 223

Viñedo LVI: 231

Para la información de los rayos el proceso seguido fue la creación de una capa de eventos para cada año y la posterior proyección de todas ellas al sistema de referencia elegido.

La información sobre los siniestros se procesó mediante una tabla dinámica con la ayuda de Excel (Microsoft Office) para conocer el número de partes ocurridos por término municipal y año. El resultado se agregó a la geodatabase como una tabla.

El siguiente paso fue el filtrado de los términos municipales y rayos en función de los usos del suelo.

2.2.2 Número de rayos caídos

Se utilizaron para conocer, mediante un análisis espacial, el número de descargas ocurridas en cada una de las teselas de los diferentes usos del suelo. Para este paso se crearon dos feature dataset dentro de la geodatabase, uno por cada uso de suelo, almacenando en cada uno de ellos los resultados correspondientes.

Además, se determinó el número de tormentas ocurridas en cada tesela al año, considerando que los rayos con misma fecha de descarga se corresponden a la misma tormenta.

2.2.3 Términos municipales y siniestros en frutales

Por último, se relacionó la capa de términos municipales, mediante la opción join, con la tabla que contiene el número de siniestros. De esta forma toda la información disponible tiene una componente geográfica.

Estos datos se relacionaron a su vez con las teselas de usos, mediante un spatial join, para conocer así el término municipal en que se encuentra cada tesela.

2.2.4 Estimación del riesgo

Las hipótesis de partida son que las precipitaciones de pedrisco están asociadas a tormentas, y que los rayos son un buen indicativo de la aparición de las mismas. Por tanto se consideró que el riesgo de que se produzcan daños debidos a granizo dentro de un término municipal será mayor cuanto mayor sea el número de tormentas producidas a lo largo del período de estudio.

Esta hipótesis fue verificada utilizando los partes de daños por pedrisco y los datos de descargas de rayos.

Además también parece lógico pensar que cuanto mayor sea la superficie de frutales y vid dentro de un municipio, mayor será el riesgo de producirse daños por pedrisco.

En definitiva, el riesgo de daños por pedrisco se ha estimado en función del número de tormentas y la superficie ocupada por vid y frutales.

La zonificación se hizo creando capas que representaban las variables de interés (el número de tormentas y la superficie de los diferentes cultivos) de cuya superposición, y posterior reclasificación de los valores obtenidos en 5 niveles, se obtuvo una capa final que refleja el riesgo de daños por pedrisco para cada término municipal.

3. RESULTADOS

3.1 Daños por pedrisco

Con este proceso se han obtenido dos capas, una por cada tipo de uso. Cada una de las teselas que las componen tienen información sobre el término municipal en que se encuentran, el número de descargas de rayos y tormentas ocurridas cada año y el número de siniestros ocurridos en dicho término municipal.

Sobre el total de los rayos se realizó un filtro para trabajar solamente con aquellos que coincidían temporal y espacialmente (en el mismo término municipal) con alguno de los partes de siniestros. De este modo se redujeron en gran medida los rayos y solamente se analizaron aquellos de los que realmente se tiene constancia de haber causado daños. La tabla 1 refleja estos resultados agrupados por año.

Año	Nº rayos	Nº tormentas	Nº siniestros	Superficie siniestrada (ha)
2002	4	1	1	1.7
2003	89	10	132	238.51
2004	65	7	100	143.19
2006	125	13	130	230.09
2007	11	4	6	22.88
2008	21	5	54	89.93
2009	14	1	1	3.06
2010	21	2	2	3.08

Tabla 1. Resumen de datos de caídas de rayos y siniestros por pedrisco para frutales no cítricos

Antes de continuar analizando los resultados cabe destacar que pueden existir fallos en cuanto a la calidad de los datos de origen, pues se observa que existen municipios en los que se han registrado partes de daños por pedrisco pero no se ha

registrado ningún rayo en las teselas de usos en esa fecha. Lo que se puede deber bien a la falta de precisión a la hora de determinar el lugar de descarga del rayo, o bien a la falta de actualización en la información del SIOSE.

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson R y los de regresión lineal (R^2), en la tabla 2 aparecen reflejados estos valores:

Frutales no cítricos	Nº rayos	Número tormentas	Número siniestros	Superficie siniestrada
Número rayos	--	0.96	0.93	0.94
Número tormentas	0.92	--	0.95	0.96
Número siniestros	0.87	0.90	--	0.99
Superficie siniestrada	0.89	0.93	0.98	--

Tabla 2. Coeficiente de correlación-R (encima de la diagonal) y coeficiente de regresión lineal- R^2 (debajo de la diagonal) entre rayos caídos y siniestros por pedriscos para frutales no cítricos (por año)

Con esta tabla se comprueba la existencia de una buena relación entre los pares de variables analizadas, especialmente las detectadas entre el número de tormentas y la superficie siniestrada; y la existente entre el número de tormentas y el número de siniestros.

En la figura 2 se presenta la recta de regresión lineal para la variable número de tormentas y superficie declarada como afectada por pedrisco. En base al elevado valor de R^2 (0.93), en la determinación de la superficie de riesgo se considerará que cuanto mayor sea el número de tormentas ocurridas, mayores serán las posibilidades de que existan daños por pedrisco.

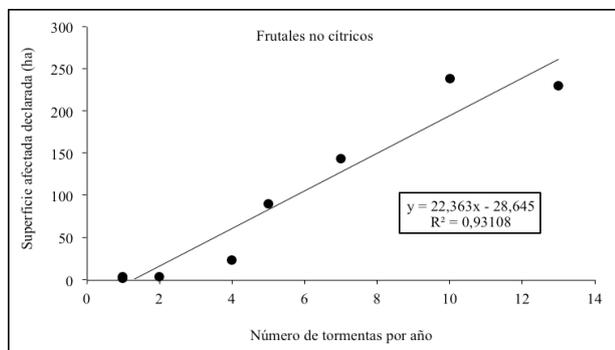


Figura 2. Regresión lineal entre número de tormentas y número de siniestros declarados (por año)

A la vista de estos resultados se puede plantear la hipótesis de que la posibilidad de que ocurran daños en los cultivos debidos a la caída de pedrisco está muy influenciada por el número de tormentas existentes en la zona, ya que éstas suelen venir acompañadas con pedrisco.

3.2 Determinación del índice de daños en función del pedrisco.

La zonificación en función del índice de daños se hará a nivel de término municipal, considerando solamente aquellos en los que existen los usos del suelo de interés.

Para ello, sobre cada término municipal, para el conjunto de los años del estudio, se obtuvo el total de partes de daños y el número de rayos y tormentas correspondientes a la suma de

todas las teselas que los componen, considerando en conjunto el viñedo y los frutales.

La capa resultante de la superposición de capas se clasificó en cinco intervalos, utilizando los umbrales naturales (Método de Jenks), asignando a cada uno de estos intervalos un valor. Tal y como se puede observar en la Tabla 3, los valores de 0 se corresponden con aquellos términos municipales en los que no existen datos de interés.

Porcentaje superficie de interés	Número de rayos	Número de siniestros	Valor asignado en la clasificación
-	0	0	0
1 - 5	1 - 25	1 - 3	1
5,1 - 15	26 - 83	4 - 15	2
15,1 - 30	84 - 178	16 - 40	3
30,1 - 55	179 - 327	41 - 140	4
55,1 - 100	>328	>141	5

Tabla 3. Reclasificación de las variables para el cálculo del riesgo

El número de términos municipales que quedan englobados en cada una de las categorías aparece resumido en la Tabla 4.

Porcentaje de superficie de interés	Número de rayos	Número de siniestros	Valor asignado en la clasificación
-	233	904	0
669	506	15	1
165	129	14	2
55	47	2	3
35	21	3	4
15	3	1	5

Tabla 4. Número de términos municipales englobados en cada categoría

Para determinar el nivel de riesgo de cada término municipal se realizó una suma y una posterior reclasificación de los valores asignados a los tres parámetros, estableciéndose para ello 5 niveles de riesgo: muy bajo (RMB), bajo (RB), medio (RM), alto (RA) y extremo (RE). Obteniendo los resultados que se resumen en la tabla 5, en la que además del nivel de riesgo aparece el total de términos municipales que quedan englobados en cada categoría:

Suma de los parámetros	Nivel de riesgo	Número de términos municipales
1 a 2	Riesgo muy bajo	640
3 a 4	Riesgo Bajo	171
5 a 7	Riesgo Medio	103
8 a 10	Riesgo Alto	21
11 a 14	Riesgo Extremo	4

Tabla 5. Matriz de cálculo del nivel de riesgo

Con el fin de conseguir una mayor graduación y compensar la variabilidad existente entre los tres parámetros de entrada estudiados, se decidió hacer una nueva clasificación en cinco niveles.

En cuanto a los umbrales que engloban cada clasificación se optó por separar y considerar con un riesgo muy bajo a todos aquellos casos en los que bien no existían daños pero si rayos, o en el caso de existir ambos eran muy bajos.

En el lado opuesto se encuentran los términos municipales con riesgo extremo, en los que las tres variables de entrada presentan valores máximos, con lo que resulta lógico esta clasificación con el fin de separarlos del nivel de riesgo alto.

Con estos datos, y como se observa en la Tabla 5, la gran mayoría de términos municipales de Castilla y León con cultivos de frutales no cítricos y viñedo se encuentran dentro de niveles de riesgo bajo o muy bajo.

Solamente cuatro términos municipales se engloban en niveles de riesgo extremo, encontrándose todos ellos en la provincia de León.

Como resumen final, en la Tabla 6 se desglosan los resultados obtenidos para cada una de la provincias de la comunidad autónoma.

	RMB	RB	RM	RA	RE
Ávila	45	23	11	2	--
Burgos	117	26	25	7	--
León	88	26	20	3	4
Palencia	44	1	--	--	--
Salamanca	99	22	14	--	--

	RMB	RB	RM	RA	RE
Segovia	28	6	--	--	--
Soria	24	6	2	1	--
Valladolid	60	22	18	7	--
Zamora	135	39	13	1	--
TOTAL	640	171	33	21	4

Tabla 6. Resumen a nivel de comunidad autónoma

Términos municipales englobados en cada nivel de riesgo

En esta tabla se aprecia, tal y como se indicó con anterioridad, que solamente en la provincia de León existen municipios con niveles de riesgo extremo. También se observa como en las provincias de Palencia y Segovia todos los municipios con cultivos de interés se encuentran dentro de los niveles de riesgo muy bajo y bajo.

En la Figura 3 refleja la distribución en el espacio de todos estos términos municipales.

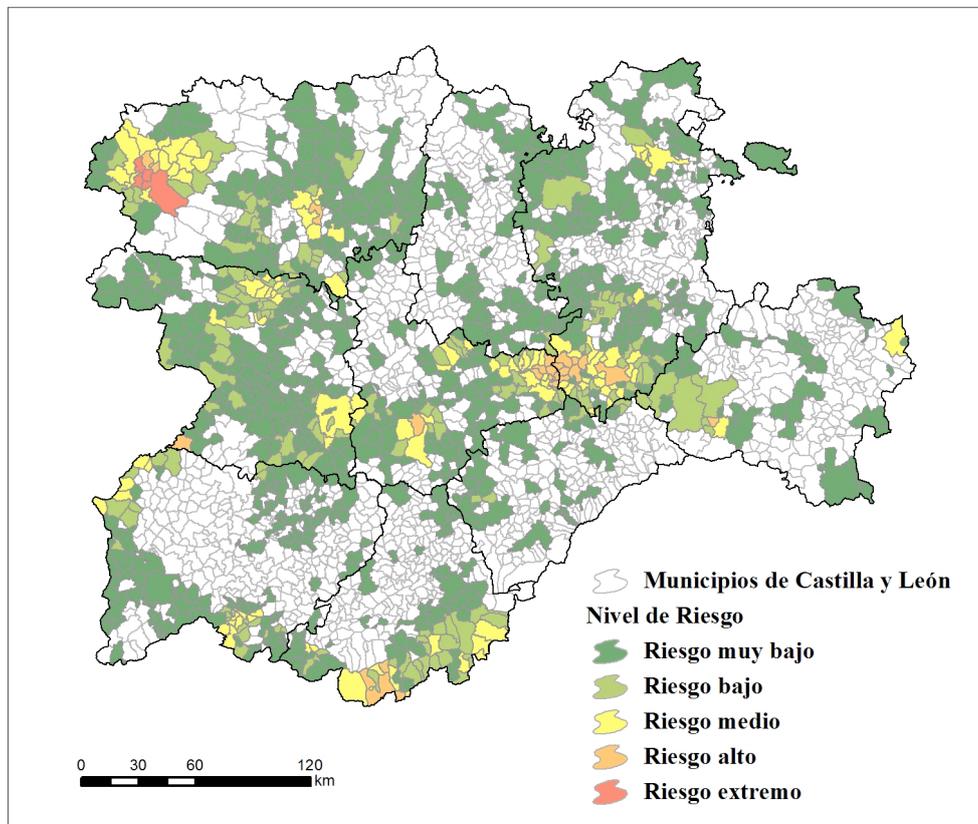


Figura 3. Niveles de riesgo de peligro por granizo en zonas de frutales no cítricos y vid de Castilla y León

4. CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha desarrollado una metodología para determinar el nivel de riesgo de sufrir daños por granizo en los cultivos de frutales no cítricos y de viñedo en cada término municipal de Castilla y León.

Esta información puede ser de utilidad tanto para los agricultores, al permitirles conocer aquellas situaciones en las que sea necesario la contratación de un seguro que pueda cubrir las posibles pérdidas en caso de una tormenta de granizo, como para las propias compañías aseguradoras con el fin de ampliar sus carteras de asegurados en estos términos municipales.

Como puntualización final, este trabajo podría ser ampliado con la información del resto de compañías aseguradoras.

5. REFERENCIAS

Bentley M.L., Mote T.L., Thebpanya P., 2002. *Using Landsat to Identify Thunderstorm Damage in Agricultural Regions*. En *American Meteorological Society* pp. 363 - 376

Ceperuelo Mallafré M., 2008. *Identificación y caracterización del granizo mediante el radar meteorológico. Modelos de predicción del ciclo de vida de las células convectivas*. En: http://www.manelceperuelo.com/docs/Ceperuelo_Tesis_Doctoral.pdf (fecha de consulta mayo de 2012).

Faba Fernández, M.; Blanco Vázquez. M.A.; Román Fincias, C.; Castedo Dorado, F.; Rodríguez Pérez, J.R.; 2011. *Caracterización espacial de la caída de rayos en la Comunidad Autónoma de Castilla y León*. En: 7ª Jornadas Internacionales gvSIG.

Gil-Albert, F., 1998. *Tratado de arboricultura frutal*. 4ª edición. Madrid: Mundi prensa libros. ISBN: 84-491-0996-3.

Hidalgo, L., 2002. *Poda de la vid*. 6ª edición. Madrid: Mundi prensa libros. ISBN: 84-8476-093-6.

Hidalgo, L., Hidalgo, J., 2011. *Tratado de Viticultura*. 4ª edición. Madrid: Mundi prensa libros. ISBN: 987-84-8476-424-3.

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.

Sánchez J.L., García Ortega E., Marcos J.L., 2001. *Construction and assessment of a logistic regression model applied to short-term forecasting of thunderstorms in León (Spain)*. En Atmospheric Research 56. 57–71

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de AGROSEGURO (y ENESA) que facilitó datos de siniestros por pedrisco y la AEMET que facilitó los datos de caídas de rayos; los autores expresan su agradecimiento a ambas entidades.