

# Estudio estadístico de las estructuras eléctricas en Castilla y León

## *A statistical study of electric discharges in Castilla y León*

J. P. Álvarez [1], N. Garrido [2], J. P. Ortiz de Galisteo [3]

[1] GPV de Valladolid, CMT en Castilla y León, INM, c/ Orión, 1 47014, Valladolid.

[2] GPV de Valladolid, CMT en Castilla y León, INM, c/ Orión, 1 47014, Valladolid, [ngp@inm.es](mailto:ngp@inm.es)

[3] Jefe de la Sección de Sistemas Básicos. CMT en Castilla y León. INM, c/ Orión, 1 47014, Valladolid.

### SUMMARY

*We present a preliminary statistical study of electrical discharges in the Spanish region of Castilla y León during a 5 years period, from May 2001 to May 2005. The data were obtained from the network of discharges operative at the INM and available in the Mcidas system. The total number of analyzed days is 405, and due to the orographical diversity and large extension, the region has been divided in 23 geographic areas. These zones coincide with those used in operational weather forecasting and are based on the topographical layer of the GSI. We have analyzed the spatial and temporal cloud to ground lightning distributions and their dependence on altitude and mean values of temperature and wind.*

## 1. INTRODUCCION

La característica más peculiar de configuración del relieve de Castilla y León, la región más extensa de Europa (94.000 Km<sup>2</sup>), es el claro contraste entre las áreas de montaña y la meseta. El perímetro montañoso, de una longitud cercana a los 1.500 Km, y el interior de las llanuras que encierra (50.000 Km<sup>2</sup>), son elementos de contraste y de unidad del relieve. La sensación de aislamiento de la Cuenca con respecto al resto de la Península solo se ve alterada en el extremo norte y nordeste (depresión del Ebro) y en el suroeste (el profundo tajo del Duero en contacto con la frontera portuguesa), que hacen como pasillos para las perturbaciones procedentes del cantábrico oriental y del suroeste peninsular.

Dada la estrecha relación que existe entre la ocurrencia de rayos y la actividad tormentosa, se han diferenciado las mismas 23 zonas geográficas que se utilizan en predicción, tomando como base la topografía del SIG.

La base de datos de descargas eléctricas con 405 días de actividad eléctrica, y un total de 269.186 descargas, es bastante representativo para los meses de verano, pero parece insuficiente en el caso del invierno.

El sistema SIG ha permitido el cálculo combinatorio de varias capas, en el mismo espacio geográfico: la información procedente del fichero de rayos, junto con la orografía y la capa creada por nosotros de las zonas.

Para cada una de las zonas, en el caso de que existiera, se ha elegido una estación automática o completa, como representativa. Se han tomado los datos de temperatura máxima, temperatura mínima diaria, y frecuencia diaria del viento en cada uno de los cuadrantes los días en los que había habido tormenta en esa zona. Hemos calculado los valores medios de estas variables para cada uno de los meses, en un intento de relacionarlos con la densidad de rayos.

## 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS DESCARGAS POR ZONAS

Se ha realizado una primera medida de la distribución de la actividad eléctrica representando para cada una de las zonas el número de rayos por Km<sup>2</sup> para todo el periodo. La densidad media de rayos para toda la Comunidad es de 2.9 rayos/Km<sup>2</sup>.

Se ve como esta aumenta hacia el este y hacia el norte, con una oscilación muy grande: el número de rayos/Km<sup>2</sup> en la zona de la Ibérica de Soria (6.0) es casi cinco veces mayor que el del Sistema Central en Salamanca con tan sólo 1.2 rayos/Km<sup>2</sup>. En el suroeste, provincias de Salamanca y Ávila, la densidad es inferior a 1.6. En contraposición, los valores más altos, superiores a 4, se dan en el extremo este, provincia de Soria y en la Cordillera Cantábrica. Los más cercanos a la media se producen en la meseta y en la provincia de Segovia.

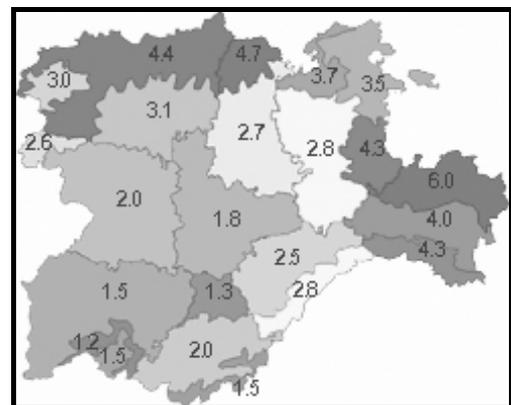


Figura 1 – Número de rayos por Km<sup>2</sup> de mayo 2001 a mayo 2005. (Number of discharges per Km<sup>2</sup>, May 2001-May 2005)

Si tenemos en cuenta la descripción del grado de actividad eléctrica anual para la Península Ibérica, la actividad en Castilla y León es media en general, pero varía grandemente de valores muy bajos en el suroeste (0.25 rayos/Km<sup>2</sup> y año en el Sistema Central de Salamanca), y altos y elevados en el extremo este (1.2 rayos/Km<sup>2</sup> y año en el Sistema Ibérico de Soria), y cercanos a 1, en la Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico y provincia de Soria.

## 3. RELACIÓN CON LA TEMPERATURA Y EL VIENTO

Al representar la frecuencia media del viento (los días que hay tormenta) podemos concluir:

- La frecuencia dominante es claramente del 1<sup>er</sup> cuadrante. En numerosas ocasiones cuando el flujo es del NE en superficie en altura suele ser del SW (advección cálida).

- En los observatorios de Ávila y Segovia el flujo dominante es del 2<sup>o</sup> cuadrante. Muchas de las tormentas que tienen lugar en el Sistema Central se han iniciado en la meseta sur, y se trasladan a la norte, cuando el flujo en superficie es del SE.

- En la Cordillera Cantábrica sin embargo la mayoría de las tormentas se producen con NW (4<sup>o</sup> cuadrante).

- También es singular el caso de Ponferrada (cuenca del Sil) donde el predominio es del 3<sup>er</sup> cuadrante, aunque los porcentajes están más igualados.

- Medina de Pomar (representante de la zona del Ebro), es en la única que las calmas tiene la mayor frecuencia.

- No sorprende que el valor medio de la temperatura máxima sea superior a los 26 °C, teniendo en cuenta que el mayor número de tormentas se produce en verano, como veremos posteriormente.

- La media de la temperatura máxima es superior a 25°C en todas las estaciones excepto en las de montaña del norte S. Isidro y Cervera, y también en el sur de Ávila.

- En la meseta más baja, Zamora, Valladolid y Salamanca, los valores se acercan a los 30°C.
- También en el Bierzo se alcanzan valores similares.
- La media de la temperatura mínima solamente se sitúa debajo de los 12°C en la cordillera Cantábrica y en el valle del Ebro.
- Y alcanza valores entorno a los 15°C en Valladolid, Zamora y el Bierzo.

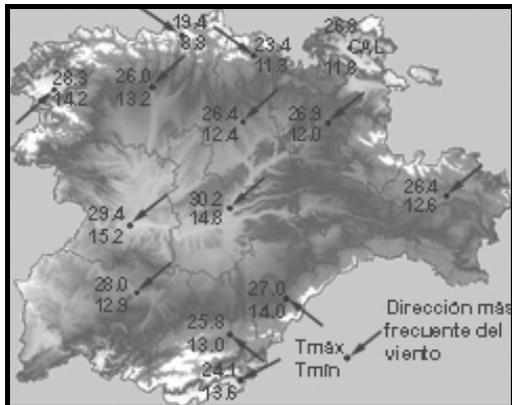


Figura 2 - Dirección más frecuente del viento y Tmáx y Tmín los días de tormenta.  
(Dominant wind direction and maximum and minimum temperatures for days with thunderstorm)

#### 4. RELACIÓN CON LA ALTITUD

Superponiendo la capa de rayos a la capa de topografía del SIG, se le ha asignado a cada descarga la altitud. Con este fichero se ha calculado la altitud media de las descargas para cada una de las zonas.

Representando la altitud media frente a la densidad de cargas por zonas, se puede observar como hay una concentración con una cierta tendencia lineal. Comprobamos que los datos que no se ajustan corresponden a las zonas montañosas del sur y oeste (Sistema Central de Ávila, Salamanca, Segovia y Sanabria) y las correspondientes a las cuencas que no son del Duero (Bierzo, norte de Burgos y valles del Tajo). La nube de puntos se ajusta, a una función lineal, con un coeficiente de correlación R de 0.87.

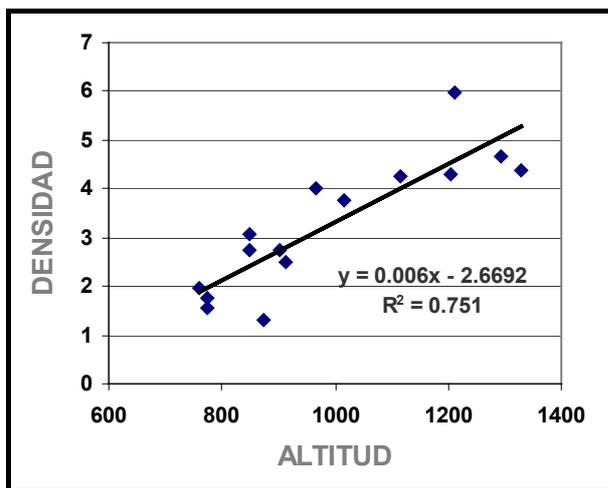


Figura 3 - Relación de las descargas con la altitud eliminando zonas limítrofes  
(Relationship between discharges and altitude removing border areas)

Los puntos que se alejan del ajuste, son los del suroeste por abajo (meseta de Ávila y Salamanca) y los de este y norte por encima (Soria y Cantábrica de León). Lo que nos hace pensar que realmente es mayor el número de descargas en las zonas de montaña.

#### 5. RAYOS POSITIVOS Y NEGATIVOS

Del número total de descargas 269168, el 10 % corresponde a descargas positivas 29529, que se consideraría dentro de lo normal.

Sin embargo, si dividimos el número de rayos negativos entre el de positivos para cada una de las zonas, vemos que hay una gran oscilación entre los 14.2 de la Cordillera Cantábrica de Palencia y los 4.2 del sur de Ávila (3.3 veces más pequeño).

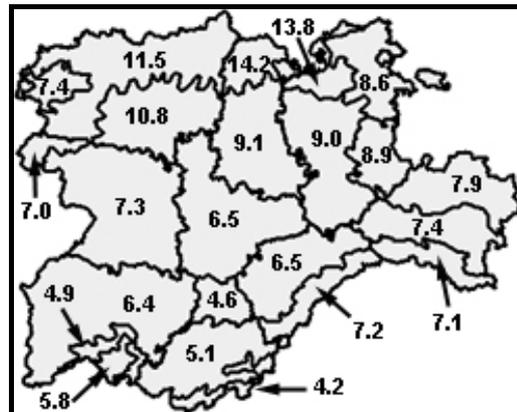


Figura 4 - Mapa de distribución por zonas de rayos negativos divididos por positivos  
(Map of the distribution by areas of negative discharges divided by positive ones)

Existe un claro y fuerte gradiente de valores de norte a sur, y uno menos acusado de este a oeste. El valor de 11.5 de la Cordillera Cantábrica de León inferior a la de Palencia y Burgos, puede deberse a que esta zona tiene una parte importante de sierras hacia el oeste (la Cabrera).

Teniendo en cuenta la distribución eléctrica en las multicélulas y en la supercélulas, las descargas positivas están asociadas a la fase de disipación en las primeras y en la fase de madurez o disipación en las segundas.

En una primera aproximación, podríamos pensar, que la Cordillera Cantábrica puede ser una zona donde se inicien las tormentas (hay 14 veces más rayos negativos que positivos), mientras que la provincia de Ávila y el sur de Salamanca aumenta considerablemente el número de positivos (cada 4 rayos negativos 1 es positivo) podrían considerarse zonas de sumideros, donde se dirigen las tormentas.

Las mesetas de León, Zamora, y Salamanca tienen valores superiores a las de Palencia, Valladolid y Ávila, por lo que las tormentas es posible se generen más al oeste y se desplazan hacia el centro.

Hacia el este los valores se asemejan a la media que es de 8.1 rayos negativos cada positivo.

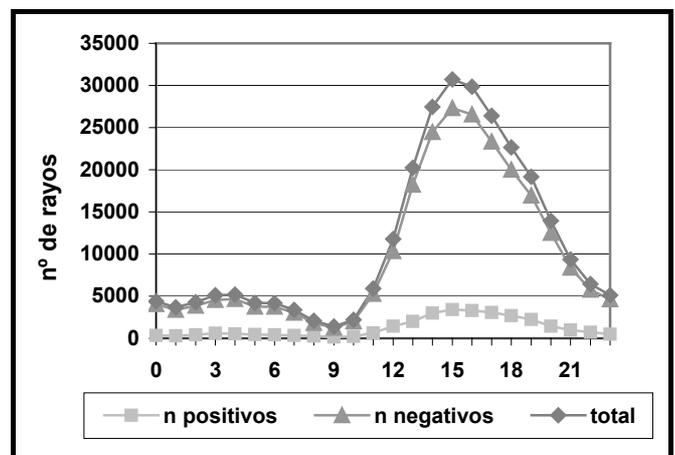


Figura 5 - Distribución horaria de descargas positivas negativas y total.  
(Distribution by hours of positive, negative and total discharges)

Si representamos el número de rayos positivos, negativos y total a lo largo de día, la oscilación de las curvas es muy similar, acorde con el ciclo diurno, evolución de las temperaturas, y teniendo en cuenta que el mayor número de rayos se registra en los meses de verano como veremos posteriormente. En las horas

centrales del día se registran los mayores valores con un máxima a las 15 UTC, descendiendo rápidamente hasta las 23 UTC, donde se mantienen durante la noche. La curva decrece nuevamente coincidiendo con el amanecer (horas en las que se registran las mínimas), situándose el mínimo absoluto a las 9 UTC, con un número de rayos 22 veces inferior a los de las 15 UTC.

En un intento de ver la evolución horaria del desarrollo de las tormentas, dividimos el número de rayos negativos entre el de positivos para cada una de las horas, hemos comprobado que no existe una tendencia clara excepto que el número de rayos negativos aumenta al anochecer hasta alcanzar valores máximos a las 0 y la 1 UTC (11 y 12 veces mayor los negativos frente a los positivos), para descender rápidamente, y mantenerse con valores ligeramente superiores a 8 a las horas en que las temperaturas son más bajas, oscilando en este entorno durante el día y alcanzando valores ligeramente inferiores a 8 en las horas centrales del día (cuando las temperaturas son más altas).

## 6. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE RAYOS

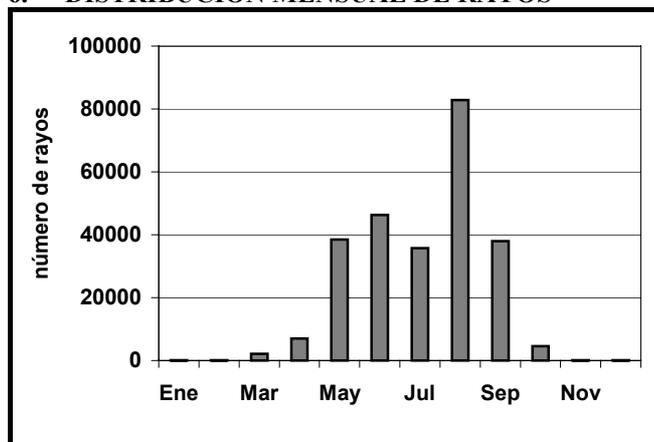


Figura 6 - Distribución de descargas por meses. (Monthly distribution of discharges)

El mayor número de descargas se registra en el mes de agosto, casi el doble de las que se producen en el siguiente mes con mayor número (junio). Mayo, junio y septiembre tienen un número similar, relativamente significativas son las de marzo, abril y octubre, y apenas hay en los meses fríos (enero, febrero, noviembre y diciembre).

Para ver si la distribución de rayos para cada una de las zonas se ajusta o no a la gráfica de distribución mensual hemos representado para cada uno de los meses la densidad de rayos, y hemos ordenado las zonas de menor a mayor densidad de rayos anual, para poder distinguir de forma más clara los comportamientos diferentes.

Así en las zonas con densidades más bajas, las líneas prácticamente no se cruzan y siguen la misma tendencia: son las zonas del oeste y la meseta, donde sus gráficas de distribución de rayos son un calco de la distribución de gráficas mensual, a excepción de las zonas que no pertenecen a la cuenca del Duero, Sanabria y el Bierzo donde la densidad mayor es en septiembre.

En el extremo nordeste (norte de Burgos y Cordillera Cantábrica de Burgos), la densidad de rayos es similar desde el mes de mayo al de septiembre.

Y en el este, meseta de Palencia, meseta de Burgos, meseta de Soria y Sistema Ibérico de Burgos y Soria, es mayor en verano (julio y agosto y septiembre) e inferior de la media en primavera.

Esto demuestra que la gran extensión de la Región, hace que difiera mucho el tipo de situaciones, condicionada por la época del año que da lugar a tormentas.

Para ver la distribución horaria del número de rayos positivos y negativos, por meses, se han representado los meses con mayor número de descargas: mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

Las distribuciones son muy similares a la general, aunque ajustándose mensualmente al ciclo solar. Los picos de los máximos están desplazados hacia la derecha en los meses de junio y julio y

hacia la izquierda en el mes de septiembre. La curva es menos picuada en los meses de mayo, junio y septiembre.

También difiere la hora en el que empiezan a disminuir las descargas al amanecer: mientras que esto empieza a suceder a las 5 UTC en el mes de agosto, en julio se produce entre las 6 y las 7 UTC, y apenas se nota este mínimo en los meses de mayo, junio y septiembre.

Es interesante representar el número de rayos negativos frente al de positivos: en el mes de julio el número de negativos frente al de positivos es casi el doble, que en el mes de octubre. El que los meses más fríos aumente el número de positivos frente al de negativos es debido a un aumento en la cizalladura, que hace que se desplace el centro de cargas positivas desacoplándose con el de negativos produciéndose descargas más frecuentes del primer tipo. Es curioso que en el mes de junio disminuya esta relación. Aunque habría que hacer un estudio de situaciones de este mes, la experiencia demuestra que es un mes en que las situaciones de tormentas de forzamiento frontal son bastante frecuentes.

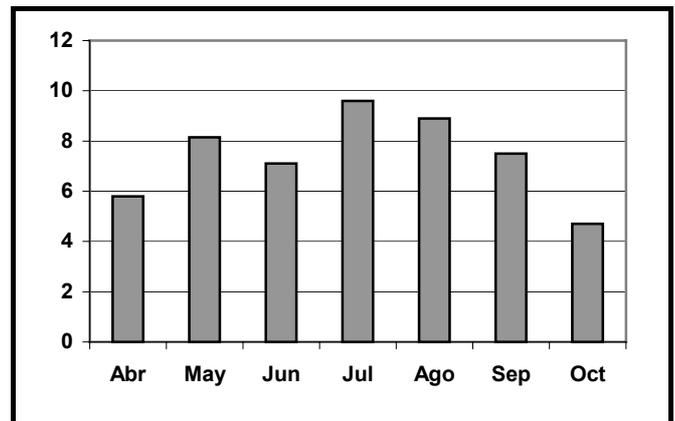


Figura 7 - Relación entre los rayos negativos/positivos por meses. (Monthly distribution of negative/positive discharges)

Por último si representamos la altitud media de los rayos para cada uno de los meses, se mantiene entorno a los 1000 m, unos 200 m superior a la altitud media de la meseta, lo que significa que el factor orográfico es fundamental en la formación de tormentas.

Este valor baja ligeramente, en los meses de abril y octubre, lo que hace suponer el que aumente la importancia de otros factores, más de tipo sinóptico.

La altitud de los positivos es inferior o igual que los negativos excepto en el mes de octubre.

## REFERENCIAS

- Álvarez Alonso J.P., N. Garrido y A. Rodríguez: "Manual de Ayuda al predictor". *Publicación interna GPV Castilla y León*.
- Álvarez Lamata E.: "Climatología de las descargas eléctricas". *CMT de Aragón y Navarra*.
- Elvira Montejo B., L. Esteban y F. Martín León: "Caracterización de la convección estival en la zona centro, campaña 1993". *Nota Técnica nº 21. I.N.M.*
- Curso de predictores, área de predicción y aplicaciones. "Diagnóstico y predicción de la convección profunda". INM.
- Martín León F.: "Actividad tormentosa en la Península y áreas limítrofes durante el verano de 1993". *Nota técnica nº 23. INM*.
- Manso M.: "Análisis del resumen diario de la información de la red de detección rayos del I.N.M.". *III Simposio Nacional de Predicción del I.N.M.*
- Pérez Puebla F. y J.M. Gutierrez: "Análisis de la distribución temporal y espacial de los rayos registrados por la red de detección del I.N.M. 1991-1995". *IV Simposio Nacional de Predicción del I.N.M.*
- Pinto I.R.C.A. and O. Pinto Jr. (2003): "Cloud-to ground lightning distribution in Brazil". *Journal of Atmospheric and Solar - Physics*, 65, 733-737
- Sharp S.D. and Collins W., Paxton C.: "A 10 years monthly lightning climatology of Florida 1986-95". *Whether an Forecasting* 12, 439-448