

# El valor de la información sobre electricidad atmosférica

## La evolución de la red de rayos

Francisco Pérez Puebla  
Cuerpo superior de meteorólogos del Estado  
Instituto Nacional de Meteorología

INFORME



Foto: Roberto Anguita. Naturmedia.

**E**l Instituto Nacional de Meteorología (INM) dispone de una red de detección de descargas eléctricas atmosféricas completamente operacional desde enero de 1.992. Inicialmente se disponía de 14 estaciones radiogoniométricas que entre otras magnitudes determinaban la dirección de procedencia de los pulsos electromagnéticos emitidos por las descargas entre nube y tierra. El alcance de aquellos sistemas de radiodetección era cercano a los 400 kilómetros. Actualmente, por medio de la tecnología GPS, similar a la utilizada en el INM, se ha logrado en la red continental norteamericana hacer

seguimiento continuado de la evolución de tormentas distantes varios miles de kilómetros en el interior de los océanos.

La información detectada por la red es contrastada por un concentrador de datos ubicado en la sede central del INM en Madrid. Este dispositivo de cálculo proporciona automáticamente con tan sólo unos 15 segundos de retraso respecto al fenómeno la localización del electrometeoro tanto en el espacio como en el tiempo así como la tormenta que lo produjo. Además es posible enviar la información de la descarga hacia un sistema de información geo-

gráfica disponiendo de ella en ocasiones incluso antes de que nos llegue el trueno. La precisión en la localización del rayo suele ser de pocos cientos de metros y la eficiencia en la observación de rayos está próxima al 90% en el interior de la red bajo condiciones óptimas de comunicación.

### **EVOLUCIÓN EN EL NÚMERO DE ESTACIONES DISPONIBLES EN LA RED DE DESCARGAS ELÉCTRICAS DEL INM**

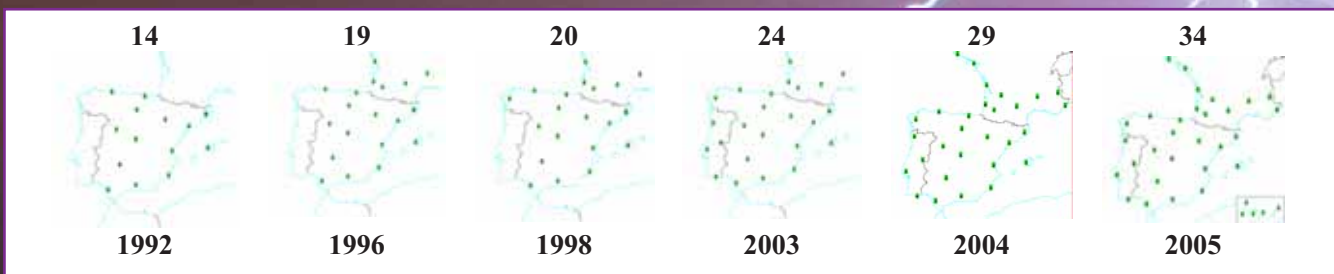
Estas altas prestaciones no han sido consecuencia de unas elevadísimas inversiones para “mantenerse a la última” sino de la constante mejora de la cobertura de la red gracias entre otros al continuo incremento del número de estaciones obtenidas a través de la cooperación internacional con las redes de los países vecinos. Desde 1996 en que se produjo el primer incremento de 5 estaciones si-

tuadas en el sur de Francia cuyo propietario es el servicio meteorológico francés esta tendencia no ha cesado. En 1.998 se añadió una nueva estación en Santiago de Compostela incorporándose una parte importante de Galicia a la cobertura interna de la red.

De nuevo en enero de 2.003 se amplió la cobertura de exploración con otras cuatro estaciones de tecnología GPS proporcionadas por la red portuguesa con capacidad adicional para detectar descargas que no alcanzan el suelo (relámpagos). En junio de 2004 se inició experimentalmente la evaluación de otras 5 estaciones de la red francesa. Recientemente se han iniciado las gestiones para el intercambio operacional con la red del servicio meteorológico italiano y se prevé la apertura del diálogo con el Instituto de Meteorología de Marruecos. El objetivo actual de tanta actividad es alcanzar



Foto: Alvaro López



un grado adecuado de homogeneidad en las prestaciones tanto en los archipiélagos como en las zonas continentales manteniendo la calidad en el seguimiento de las tormentas en todo el territorio nacional; así como, conseguir una reducción de la vulnerabilidad evitando la costosa redundancia de estaciones de radiodetección.

La cobertura de las zonas marítimas y aéreas de responsabilidad nacional no sería posible sin el despliegue recientemente realizado de la red en Canarias a más de 1500 kilómetros de la península. Este reto no ha sido abordado en solitario por el INM. En el año 2001 se realizaron los estudios técnicos preliminares de viabilidad del proyecto de despliegue en las islas de la Macaronesia (Azores, Canarias y Madeira), denominado proyecto REDRIM. La conexión y puesta en marcha de la red en Canarias finalizó en junio de 2005 siendo posible gracias a la colaboración de los Institutos Nacionales de Meteorología de España y Portugal, y del Instituto Tecnológico de Canarias.

Las gestiones realizadas por el INM en nombre del consorcio internacional durante el invierno del 2002 lograron la financiación del 85% del importe total (aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de millón de euros) con cargo a los fondos FEDER por el apoyo al proyecto REDRIM de INTERREG IIB para el desarrollo de estas regiones ultra periféricas de la Unión Europea. El objetivo inicial de REDRIM era dotar a Canarias de la infraestructura de observación y del conjunto de servicios de protección derivados así como la puesta en marcha de un sistema de aviso y seguimiento de la actividad eléctrica en Canarias, Madeira y Azores.

Una vez finalizado el proyecto inicial se mantiene la colaboración internacional para poder desplegar sistemas de radiodetección

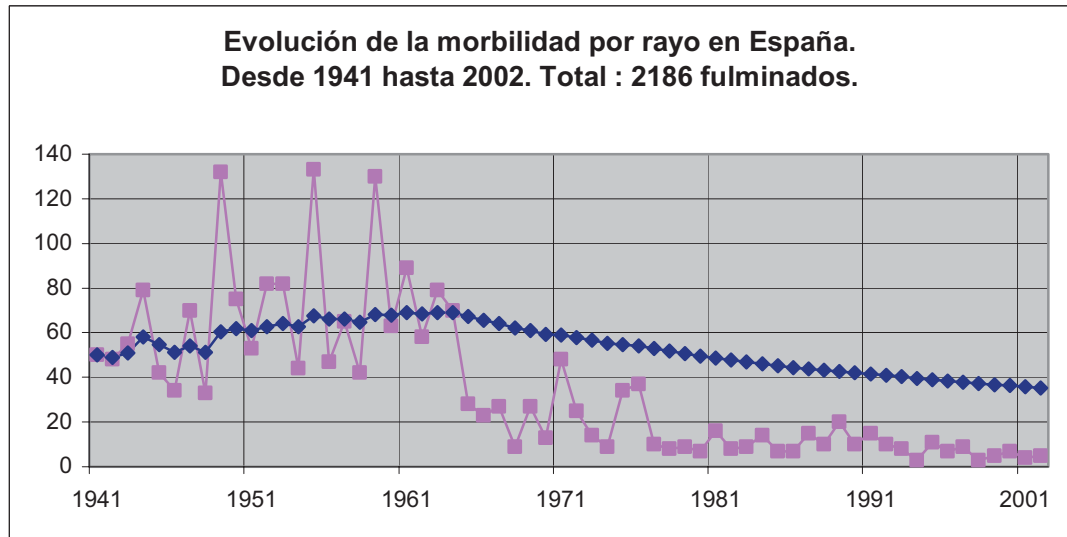
en Madeira y en Azores que nos faciliten la vigilancia en detalle de una de las regiones oceánicas de máxima generación de "gotas frías". En este sentido el IM de Portugal, el INM, la Universidad de las Islas Azores y el Laboratorio Regional de Ingeniería Civil de Madeira están preparando la presentación de otra iniciativa a INTERREG IIB para completar el despliegue de las redes en Madeira y Azores hasta lograr la homogeneidad en las prestaciones de calidad y los servicios de vigilancia y protección para todas las zonas de interés.

### RIESGO ELÉCTRICO NATURAL PARA LA VIDA DE LAS PERSONAS

Los cambios sociológicos acaecidos en la sociedad española desde los años 40 hasta la actualidad han hecho que el número de víctimas ocasionado por los rayos vaya descendiendo progresivamente desde algo más de 2,5 fulminados por rayo por cada millón de habitantes en los años 40 y 50 hasta alrededor de 0,6 en la década de los 70 estabilizándose posteriormente según las estadísticas de defunciones. Sin lugar a dudas a esta evolución ha contribuido decisivamente el que se produjera una redistribución de la mano de obra por sectores disminuyendo la población activa agraria desde un 50,7% en 1940 hasta un 17,3% en 1980 (ahora incluso menos del 10%). Como es obvio, la modernización y mejora de las condiciones de trabajo en el campo con la introducción de la mecanización ha posibilitado una reducción adicional de la siniestralidad.

La comparación de los datos estadísticos de España sobre fulminados con los correspondientes a EE.UU. durante un período suficientemente largo con datos simultáneos, 1950-1969, arroja un promedio cuatro veces superior en riesgo de muerte

*Evolución del promedio interanual del número muertos por impacto de rayo (azul) y del número anual de fulminados (en rosa). Fuente: Instituto Nacional de Estadística.*



por fulminación natural para los españoles con respecto a los estadounidenses. A pesar del acusado descenso en el número de víctimas registrado posteriormente durante las últimas décadas del siglo XX, incluso por debajo de las tasas de EE.UU., la extrapolación de esas estadísticas norteamericanas nos hace presagiar un posible incremento de fulminados en las próximas décadas. El auge de la población activa española en el sector servicios y los cambios en las costumbres provocados por la aparición de la sociedad del ocio y el tiempo libre pueden producir, como ocurre ya en EE.UU., que la mayor parte de las víctimas por rayo no se encuentren entre los pastores y trabajadores del campo sino entre los practicantes de deportes al aire libre y excursionistas. De aquí que el desarrollo de iniciativas en el campo de la prevención, información y educación de la población sean ya parte integrante de la labor meteorológica en EE.UU.

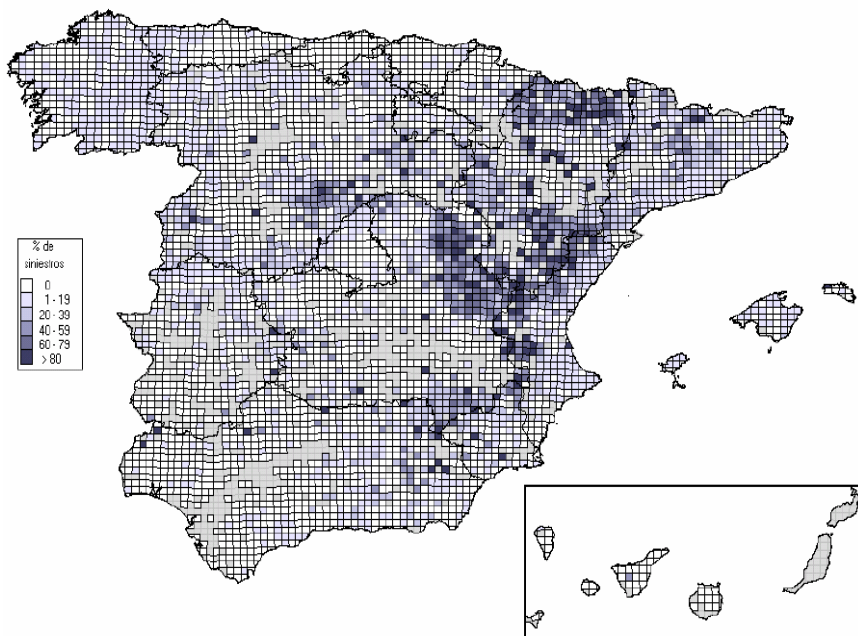
La identificación en EE.UU. de los rayos como principal causa (38%) de fallecimientos provocados por los fenómenos meteorológicos por delante de las avenidas e inundaciones (26.6%), de los tornados (26,2%) y de los huracanes (9,3%) ha supuesto un cambio en las prioridades divulgativas de los servicios meteorológicos. Son particularmente interesantes las iniciativas tomadas para que los investigadores de los servicios meteorológicos junto a especialistas en otras disciplinas divulguen el estado actual de conocimiento en lo relativo a la física de las descargas eléctricas, al rayo, a las tormentas y sus efectos. En este sentido sería muy útil diseñar y programar

planes de prevención para la población más expuesta que contemplen de la mejora de los servicios de información destinados a Protección Civil, y el desarrollo de acciones periódicas de información, educación y divulgación para ayudar a la planificación de sus actividades al aire libre.

En la actualidad es muy común en los países avanzados de nuestro entorno el desarrollo de iniciativas encaminadas a asegurar la prevención de los servicios e infraestructuras esenciales frente a las descargas atmosféricas. En especial si estos servicios tienen por objeto la seguridad y protección de la sociedad y si su vulnerabilidad puede poner en riesgo muchas vidas. En este sentido, el INM ha puesto en marcha recientemente una experiencia innovadora. Se trata de un servicio de aviso automático para la prevención del impacto de rayos en instalaciones hidrológicas estratégicas para la seguridad. La iniciativa superó el periodo de pruebas durante el verano y otoño de 2004 y se ha puesto en marcha operativamente en colaboración con la Dirección General del Agua y la Confederación Hidrográfica (CH) del río Segura para la prevención de los servicios automáticos de información hidrológica (SAIH) y el apoyo al plan de emergencia de presas. Este servicio de aviso, alerta y alarma del fenómeno eléctrico viene complementado por otro sistema automático desarrollado por el equipo hidrológico del SAIH del Segura para disparar medidas de protección en cada una de las cerca de 40 zonas bajo seguimiento y control del riesgo eléctrico. Estas medidas preventivas se están extendiendo al resto de los SAIH de las restantes



% Siniestros causados por rayo. Periodo 1991-2003



Estadística del % de incendios forestales acaecidos en el periodo 1991 – 2003 imputados al rayo.  
Fuente: [www.incendiosforestales.org](http://www.incendiosforestales.org).  
Dirección General de la Biodiversidad.

Confederaciones Hidrográficas, de la Agencia Andaluza del Agua y está disponible para otras agencias y servicios que pudieran necesitarlo.

Pocos conocen que la información registrada por la red de rayos del INM se ha utilizado como soporte documental en las diligencias sobre investigación de ciertos accidentes e incidentes aéreos al igual que se utiliza rutinariamente para la certificación oficial de la actividad eléctrica para siniestros cubiertos por compañías de seguros. El sector del transporte aéreo dispone también de un servicio de aviso por impacto de rayos suministrado para la protección de las actividades de carga de combustible tanto en aeropuertos civiles como militares. Se prevé una mejora de este servicio a corto plazo y su complementación podría extenderse a otros ámbitos de la seguridad de vuelo tanto en la travesía de ruta como en aproximación al aeródromo con avisos para las regiones superiores de vuelo (FIR) o para las áreas terminales y servicios de control aéreo (TMA). Es perfectamente factible la entrada en servicio de sistemas semejantes a los anteriormente enumerados de acuerdo a las recomendaciones de los planes de emergencia de los distintos sectores de actividad para garantizar la seguridad de las actividades portuarias tales como la reposición de combustible, el vaciado y limpieza de tanques o depósitos de barcos, tareas todas ellas hoy obligatorias en las instalaciones interiores de los puertos. La reducción de la siniestralidad y la mejora de la seguridad en otros sectores como el de transporte por carretera o ferrocarril y en particular al de sustancias peli-

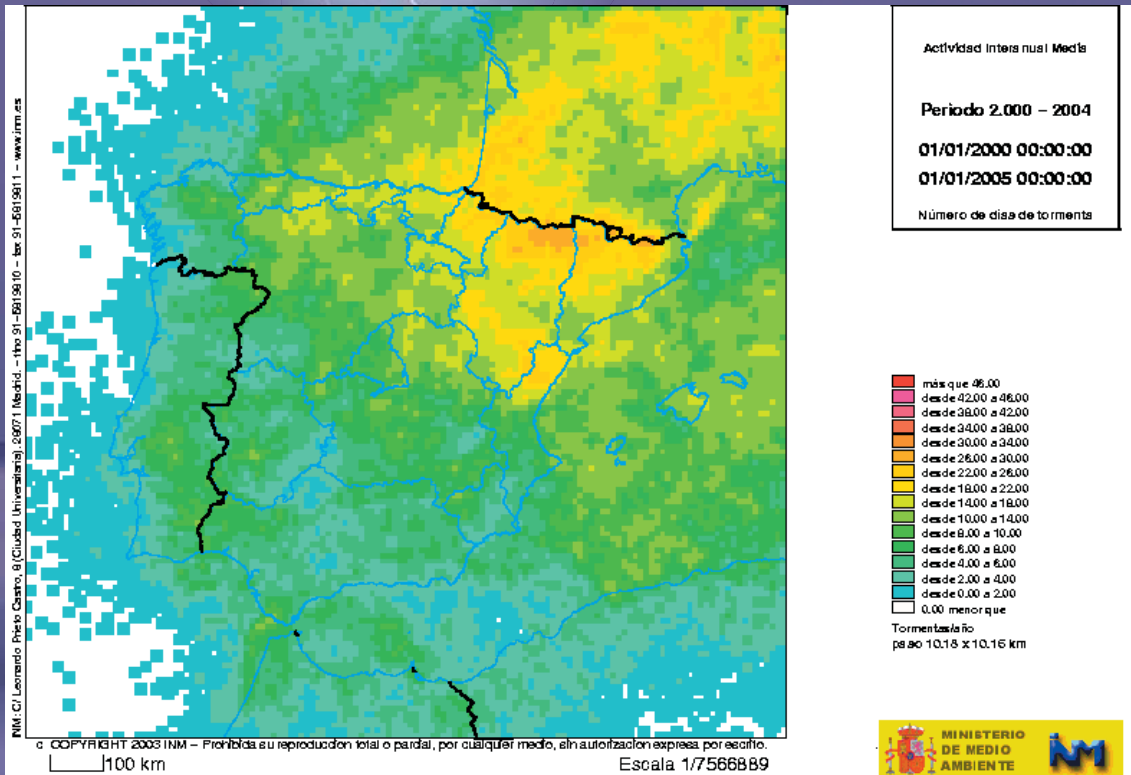
grosas (tóxicas, radiactivas, combustibles, armamento, explosivos,...etc.) muy probablemente serían los grandes beneficiados de estas tecnologías.

## EL RIESGO ELÉCTRICO Y LA PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA

Las modernas redes de detección de rayos surgieron inicialmente en algunos estados norteamericanos con el propósito de ayudar a los servicios forestales en la lucha contra los incendios forestales allá por el final de la década de los años setenta. Más de 300 incendios por cada 100.000



Autor: José A. Quintanares Calvo  
Barajas - Madrid 22/08/2003 00.15 TMG



en EE.UU., frente a una tasa de 85 en España si tomamos en consideración los datos estadísticos del periodo 1976-1983. Alrededor de 10.000 incendios forestales por año se producen en los EE.UU. ocasionados por rayos. Algunos estados norteamericanos, como el canadiense de Alberta, veterano en el uso de sistemas de detección de rayos ha encontrado que más del 90% de sus incendios forestales son iniciados por las descargas eléctricas.

En España durante el período 1991-2003 parece que los incendios que tienen como origen los rayos no alcanzan ni el 5%. No obstante hay algunas comarcas del Valle del Ebro, del curso alto del Tajo y otras comarcas del Sistema Ibérico que superan el 80%. Sin embargo, parece excesivamente elevado el número de incendios cuya causa original se desconoce: alrededor del 20% en todo el país.

Aproximadamente un 50% del total de rayos que se registran entre nube y tierra tienen suficiente intensidad para comenzar la ignición de la materia forestal. La mayor parte de los rayos que causan incendios forestales tienen unas características especiales: o tienen polaridad positiva o son los denominados "ra-

yos calientes". Los rayos positivos provocan la ignición porque aún estando constituidos por término medio de una única descarga esta tiene una intensidad alrededor del doble de los negativos (que son los más abundantes: más del 95% de total). Por su parte, los "rayos calientes" aún no alcanzando una intensidad tan elevada como los positivos deben su peligro a que alguna de las descargas que los componen tienen una duración extraordinaria (hasta décimas de segundo lo que supone dos o tres órdenes de magnitud respecto a lo normal).

Particularmente peligrosas son las denominadas "tormentas secas" en las que la zona de precipitación o bien no coincide con la zona de impacto de un número importante de descargas o bien produce precipitaciones despreciables o bien estas no alcanzan el suelo. En estos casos, al enorme potencial de ignición de la tormenta por el "aparato eléctrico" se unen las escasas o nulas posibilidades de aumentar la humedad del combustible seco de los bosques, y la mayor propensión a la propagación de los focos de fuego por los fuertes vientos que suelen acompañar a las tormentas. Estas situaciones extremas en

potencial de ignición pueden ser observadas por medio de la combinación de la información eléctrica derivada de las redes de detección de rayos y la hidrológica proporcionada por la red de radares del INM.

## **EL RIESGO ELÉCTRICO, LA PLANIFICACIÓN Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS SERVICIOS**

En otros muchos ámbitos está teniendo aplicación la información procedente de las redes de detección de rayos. Especialmente útiles son las aplicaciones de la información de rayos para la seguridad en los sectores de transporte (terrestre, marítimo y aéreo) como se ha señalado anteriormente pero también son de especial relevancia las consecuencias que se derivan de la falta de disponibilidad de las redes de comunicaciones y de las líneas de transporte de energía eléctrica. Baste recordar como el impacto de un rayo en una zona boscosa de Suiza perturbó de tal manera el sistema eléctrico Italiano que dejó a gran parte del territorio sin servicio un largo tiempo. No en vano un número importante de operadores estatales de redes de detección de rayos son organismos reguladores y compañías eléctricas y de telecomunicaciones (Alemania, Noruega, Túnez,...etc.).

Actualmente se dispone de sistemas de información geográfica que combinando la posición de las instalaciones a proteger o mantener (como por ejemplo: las líneas del transporte eléctrico, o las subestaciones de transformación, o las líneas de comunicaciones, ...etc.) y la posición de las herramientas y brigadas de mantenimiento y reparación optimizan los tiempos de respuesta de las reparaciones y facilitan las decisiones sobre las posibles alternativas para identificar los daños o para mantener el servicio en las mejores condiciones con el mínimo gasto en recursos. Por tanto, es posible plani-

ficar el mantenimiento y reparación de averías, la distribución del flujo de energía o de la comunicación por redes situadas en áreas seguras sin la incidencia de tormentas eléctricas. Del mismo modo la prevención de pérdidas por interrupción brusca en muchas operaciones y procesos de fabricación industrial sería otra de las potenciales aplicaciones o beneficios del uso de la información de electricidad atmosférica.

## **EL CONOCIMIENTO DEL RIESGO ELÉCTRICO Y LA INVESTIGACIÓN METEOROLÓGICA**

A pesar de la constante preocupación por asegurar la cobertura y las prestaciones de calidad de la red de descargas eléctricas del INM aún quedan zonas donde es necesaria una mejora para alcanzar un estándar bueno en las capacidades de observación. Hace 12 años se disponía tan solo de una red de propósito puramente meteorológico. Su objetivo esencial era la vigilancia y el seguimiento meteorológico de las tormentas. Ahora que se ha ganado casi un orden de magnitud en la precisión y que la eficiencia puede rondar el 90% en la práctica totalidad de España el objetivo es proporcionar a la sociedad el servicio de prevención que necesita y particularmente a los sectores de actividad más expuestos y vulnerables a la incidencia de rayos y otras descargas atmosféricas.

Con la puesta en operación de la red de rayos se está posibilitado el conocimiento climático de la distribución de las descargas tanto a lo largo del tiempo como del espacio. Se han realizado un número quizás no muy elevado de publicaciones analizando los datos obtenidos. Hace cerca de 10 años se obtuvieron los primeros resultados preliminares del periodo 1992-1995: el valor medio de la densidad de rayos era de 0.717 rayos por km<sup>2</sup> y año. Sin embargo, el valor central, más re-

presentativo, la mediana se situaba en 0.602 rayos por km<sup>2</sup> y año. Por lo general, la mitad norte de la península tiene un índice ceráunico superior a la mediana (todas las comunidades autónomas de la mitad norte peninsular incluyendo Madrid y parte de Castilla La Mancha) y la otra mitad por debajo (Andalucía, Extremadura, Murcia, el sur de la Comunidad Valenciana, Ceuta, zonas de suroeste de Castilla-León y del sureste de Castilla-La Mancha, y el litoral atlántico gallego).

Sin embargo, la evolución de este sistema de observación no sólo mejora su cobertura sino que también cambia su tecnología de observación: del radiogoniómetro hemos pasado al GPS. Y la homogeneidad de las series de datos no es el único sacrificado con esta evolución sino también el programa mismo de observación. Esto es, también han cambiado las magnitudes observables. Con la tecnología GPS obtenemos ahora las descargas simples que constituyen cada rayo. El rayo, ese observable de los años noventa, no es más que una muestra del actual fenómeno registrado. Las mejoras de la tecnología de radiodetección proporcionan un conocimiento más detallado en la física del rayo que desde el punto de vista del conocimiento atmosférico no podemos desdeñar y más aún si su aplicación puede conllevar una lluvia de beneficios para la protección de la sociedad y en la reducción de la siniestralidad humana, natural y socio-económica.

Afortunadamente hay magnitudes simples como el número de días de tormenta que con una bondad semejante es posible evaluar casi independientemente de la tecnología utilizada. Por ese motivo para finalizar, se presenta la distribución anual media del número de tormentas con los resultados obtenidos durante los últimos 5 años de registros de la red del INM trabajando ya casi en exclusiva con tecnología GPS. ☞