

# DETECCION DE RAYOS ENTRE LAS NUBES Y EL SUELO USANDO REDES DE RADIOGONIOMETROS

## (APLICACIONES Y AVANCES RECIENTES)

Por Ronald L. HOLLE, Raúl E. LOPEZ Andrew I. WATSON\*

Durante el último decenio han aumentado considerablemente las zonas terrestres del mundo controladas por las redes de radiogoniómetros (DF) para detectar los rayos entre las nubes y el suelo. Los datos de estos sensores los han utilizado no sólo los Servicios Meteorológicos sino también para localizar los incendios forestales y de las praderas, para determinar los efectos sobre los equipos y las operaciones de la aviación y similares. Algunas de estas aplicaciones se reseñan de forma breve en este artículo.

A finales de los años 70, una tecnología nueva que utilizaba DF hizo posible identificar sin ambigüedad alguna la señal emitida por un rayo que llega al suelo, y localizar su posición en tiempo real<sup>1</sup>. Para lograr este resultado, se conectan juntos tres o más sistemas DF formando una red con una unidad central de proceso. Los DF detectan la señal de un rayo, a continuación el procesador central agrupa los datos de cada DF de la red para calcular la posición del rayo en pocos segundos, y envía un registro con la información a uno o más terminales de pantalla. Cada registro del rayo contiene la información siguiente:

- Hora (con una aproximación de milisegundos);
- Situación;
- Polaridad;
- Intensidad de la señal;
- Número de descargas de retorno en el rayo.

Cabe señalar la definición con que las redes de DF detectan un rayo que contiene una o más descargas de retorno.

El impulso inicial para crear estos sistemas surgió del hecho de que los rayos eran un fenómeno preocupante. Solamente en los Estados Unidos de América los rayos matan a más de 200 personas cada año, y los costes anuales asociados con los daños a las propiedades y con los retrasos en las actividades al aire libre pueden ser de cientos

\* NOAA National Severe Storms Laboratory, Boulder, Colorado, USA.

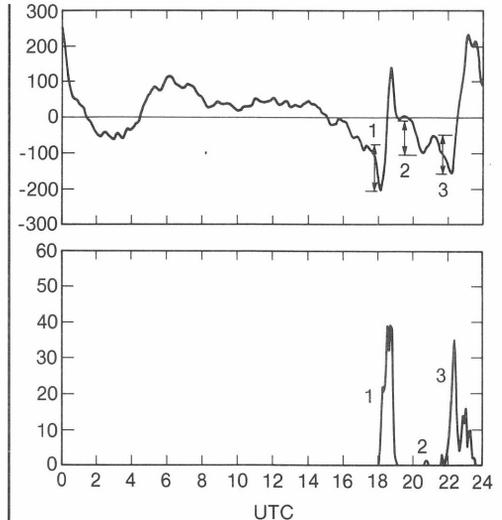


Figura 1 — (arriba) Divergencia total de la zona ( $\times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ ) y (debajo) los rayos en cinco minutos según la red del Centro Espacial Kennedy. Están numerados los tres fenómenos eléctricos asociados y la convergencia.

de millones de \$ EE. UU. La tecnología se aplicó en primer lugar para localizar cuándo y dónde los rayos provocaban incendios forestales y en las praderas, o dañaban la red eléctrica y otros sistemas de distribución de servicios. En unos años, las aplicaciones se desarrollaron para incluir los efectos de los rayos sobre las operaciones de repostar de los aviones, sobre las redes de comunicaciones, sobre los sistemas de defensa, sobre las manipulaciones de municiones y de productos químicos, sobre la preparación y las operaciones de la minería, sobre el lanzamiento y aterrizaje de las naves espaciales, así como sobre las reclamaciones a los seguros relacionadas con estos temas.

La red típica de DF opera sobre una zona de unos cientos de kilómetros de lado a lado, utilizando un campo de antenas. Pocos años atrás, se unieron las redes DF más pequeñas

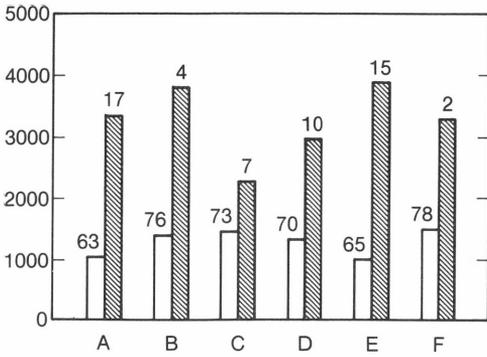


Figura 2 — Relación entre la cantidad diaria de rayos y los diferentes fenómenos meteorológicos en el NE de Colorado durante el verano de 1983. Las seis columnas son lo siguiente: A = granizo; B = daños, víctimas o frecuencia excesiva de los rayos; C = tornado; D = viento fuerte; E = lluvia fuerte; F = inundación repentina. La columna sombreada representa la cantidad de rayos que se produjeron con el fenómeno concreto y la columna blanca los que se produjeron sin él. Las cifras sobre cada columna son el número de días de las muestras.

para formar sistemas mayores que cubrieran subcontinentes tal como en América del Norte o Europa. Estos conjuntos grandes tienen docenas de antenas DF y los financian un consorcio de usuarios, cada uno de los cuales paga una parte de los costes. Una red grande típica tendría usuarios interesados en casi todas las aplicaciones mencionadas anteriormente. La comunicación interconexiones puede hacerse por las líneas telefónicas subterráneas, por microondas (para distancias cortas) o por telemetría de satélite.

Por una fracción del coste de un radar, se puede crear una red de cuatro DF, para detectar rayos, que cubra una zona comparable a la que barre un radar con un alcance de 250 Km. Se necesita un coste anual recurrente de hasta varias decenas de miles de \$ EE. UU. para que el sistema funcione y para transmitir y archivar los datos. En las zonas de terreno accidentado, las redes de detección de los rayos poseen una ventaja importante puesto que hay pocos indicios aparentes de bloqueo por las montañas; también son capaces de detectar bien distancias mayores sobre el mar que sobre la tierra. En los países con fenómenos convectivos frecuentes pero presupuestos limitados, la red de detección de rayos puede ser una herramienta importante para vigilar el desarrollo de las tormentas, la amenaza de rayos y otros fenómenos meteorológicos importantes asociados a la

actividad convectiva.

Hace pocos años, los Servicios Meteorológicos<sup>2</sup> comenzaron a aplicar de muchas formas los datos sobre los rayos obtenidos mediante las redes DF. Las aplicaciones para las operaciones y la predicción de tormentas intensas incluyen: (a) detectar una tormenta, (b) seguimiento de la tormenta para fines de avisos, (c) saber cuándo está comenzando, creciendo o disipándose una tormenta con rayos y (d) mostrar la zona y la orientación de la actividad tormentosa durante períodos de tiempo cortos o largos<sup>3</sup>. En uno de nuestros estudios en el que utilizamos una red<sup>4</sup> de tres DF, desarrollamos un método basado

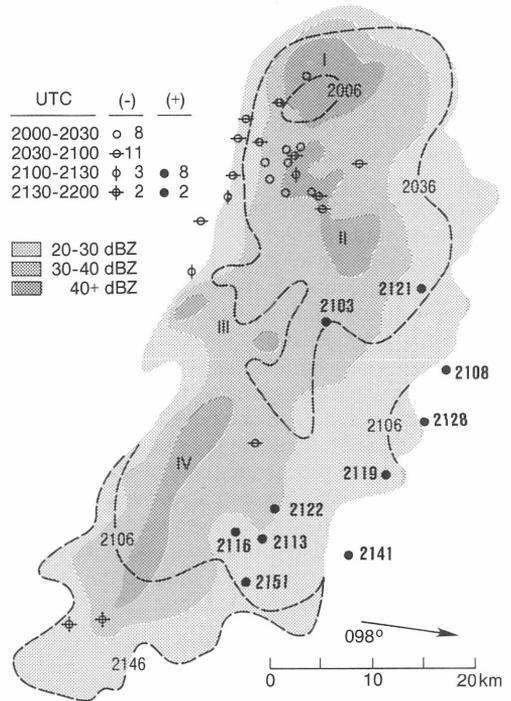


Figura 3 — La evolución de un sistema convectivo en Colorado el día 15 de julio de 1985. Lo sombreado se refiere a la zona que los ecos de una determinada reflectividad alcanzan alguna vez durante el intervalo cronológico. El crecimiento del sistema entero con el tiempo se indica mediante curvas a trazos que encierran la extensión superficial de los ecos a intervalos de 30 minutos. Los números romanos identifican los principales centros de precipitación convectiva. Los círculos en blanco se refieren a las descargas negativas desde la nube hacia el suelo y los círculos en negro a las descargas positivas con indicación de la hora TU. Las descargas negativas se han trazado para mostrar el intervalo de tiempo. Las flechas indican la dirección en que se desplazan los ecos.

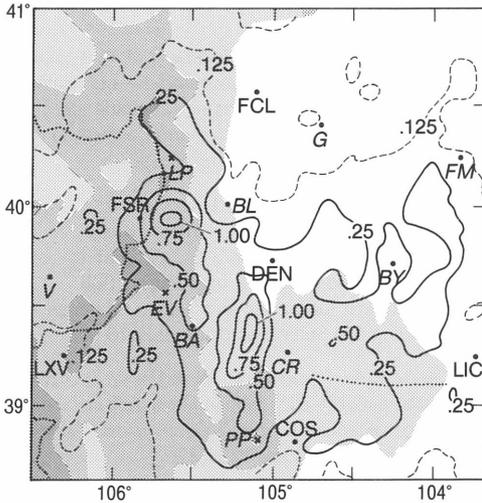


Figura 4 — La distribución espacial de los 104 019 rayos caídos durante junio, julio y agosto de 1983 sobre el NE de Colorado. El sombreado en tonos cada vez más oscuros corresponde a suelo por encima de 1800 m, 2600 m y 3400 m. Las isoplethas son los porcentajes de la cantidad total de descargas sobre una rejilla de un octavo de grado en latitud y longitud.

en la dinámica para predecir a corto plazo los rayos caídos en el Centro Espacial Kennedy de Florida, en el que se vigilaba la convergencia de los vientos en superficie para determinar el potencial de crecimiento de la tormenta futura y su capacidad para producir rayos (véase la figura 1). En otras situaciones, se están

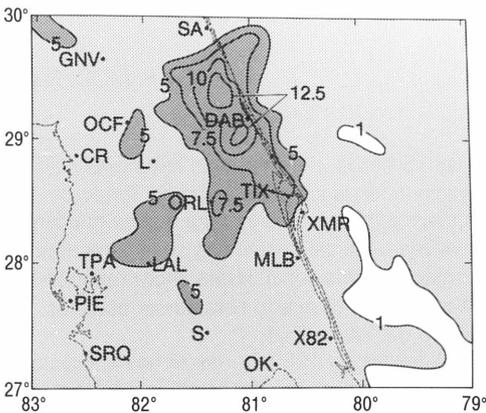


Figura 5 — Distribución espacial de las 105 413 descargas asociadas con un flujo del sudoeste desde la superficie hasta 3000 m durante los veranos de 1983, 1984 y 1985 sobre el centro de Florida. Las isoplethas son la densidad de descargas (número de descargas por 100 Km<sup>2</sup> y por día).

explorando los datos de los rayos para establecer relaciones que ayuden en la predicción y la predicción inmediata de otros fenómenos meteorológicos intensos (figura 2).

Se demuestra que la relación con los ecos del radar es algo compleja (figura 3). Aquí, las descargas negativas se concentran durante la primera parte del ciclo de vida de la tormenta y se localizan a lo largo de la zona de alto gradiente de reflectividad; durante la tormenta, pero más tarde, se producen las descargas que arrastran una carga positiva hasta el suelo y que se localizan en la zona de reflectividad más débil y uniforme (estratiforme) lejos de los centros de reflectividad alta. Los estudios de los rayos<sup>6,7</sup> en los sistemas de convección a mesoescala han mostrado distribuciones distintivas entre los miles de descargas positivas y negativas en dichas tormentas.

A una escala mayor, los datos de los rayos se pueden utilizar para estudiar los factores meteorológicos que afectan a la actividad convectiva sobre una región. Puesto que éste es un conjunto de datos mucho más compacto que la información de radar o de satélite, es una forma eficaz de conocer la climatología de un régimen meteorológico concreto. Por ejemplo, se pueden averiguar las influencias de las montañas<sup>8</sup> (figura 4) y de las brisas<sup>9</sup> de mar (figuras 5 y 6) sobre la distribución de los rayos. Los proyectos nuevos son utilizar los datos de los rayos para conocer los climas regionales mediante el estudio de sus componentes generados por la convección en verano y los procesos que determinan estos componentes, así como

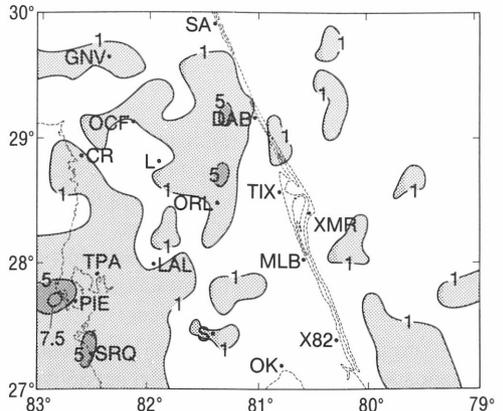


Figura 6 — Como en la figura 5, pero mostrando la distribución de las 38 517 descargas asociadas con un flujo del nordeste.

investigar la variabilidad interanual ahora que algunas redes llevan en funcionamiento más de un decenio.

Se proyecta que grandes zonas de 20 países de cinco continentes estén cubiertas por redes de detección de rayos en funcionamiento para finales de 1990 y hay muchos indicios de que estas redes continuarán creciendo.

#### REFERENCIAS

- 1 KRIDER, E. P., NOGGLE, R. C. & UMAN, M. A.: A gated wideband magnetic direction finder for lightning return strokes. *Journal of Applied Meteorology* **15** (1976) pp. 301-306.
- 2 LOPEZ, R. E., HOLLE, R. L. & WATSON, A. I.: Meteorological studies with cloud-to-ground lightning data — Samples of recent analyses. Preprints, TECIMO-IV, WMO; pp. 275-280.
- 3 LEWIS, J.: Real-time lightning data and its application in forecasting convective activity. Preprints, Twelfth Conference on Weather Analysis and Forecasting, AMS; pp. 97-102.
- 4 WATSON, A. I., LOPEZ, R. E., HOLLE, R. L. & DAUGHTERY, J. R.: The relationship of lightning to surface convergence at Kennedy Space Center — A preliminary study. *Weather and Forecasting* **2** (1987); pp. 140-157.
- 5 LOPEZ, R. E., OTTO, W. D., DAUGHTERY, J. R. & HOLLE, R. L.: The relationship between radar and lightning characteristics of north-eastern Colorado storm systems. Preprints, twenty-fourth Conference on Radar Meteorology, AMS; pp. 85-88.
- 6 HOLLE, R. L., WATSON, A. I., LOPEZ, R. E. & MACGORMAN, D. R.: Lightning in mesoscale convective complexes on 3-5 June 1985 in Oklahoma and Kansas. Proceedings, 1988 International Aerospace and Ground Conference on Lightning and Static Electricity; pp. 310-317.
- 7 ORVILLE, R. E., HENDERSON, R. W. & BOSART, L. : Bipole patterns revealed by lightning locations in mesoscale storm systems. *Geophysical Research Letters* **15** (1988) pp. 129-132.
- 8 LOPEZ, R. E. & HOLLE, R. L.: Diurnal and spatial variability of lightning activity in north-eastern Colorado and central Florida during the summer. *Monthly Weather Review* **114** (1986) pp. 1288-1312.
- 9 LOPEZ, R. E. & HOLLE, R. L.: A study of the interaction between the sea breeze and the synoptic flow using lightning data. Preprints, Seventeenth Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology; pp. 82-85.

## LA CONTRIBUCION DEL REINO UNIDO A LAS BECAS DEL PCV

Por F. D. REECE\*

### Introducción

La Meteorological Office del Reino Unido ha financiado constantemente el Programa de Cooperación Voluntaria mediante dos fondos separados: equipamiento y servicios (administrado por la Sección Internacional y de Planificación) y becas (administrado por la Escuela de la Meteorological Office).

El programa de becas funciona desde hace 20 años y actualmente su dotación económica es de 176.000 libras al año. Esto permite que en cada ejercicio financiero se puedan conceder

unas 15 becas. Pero también hay flexibilidad suficiente en la administración del fondo de equipamiento y servicios para que se puedan conceder algunas becas más en el campo de la formación profesional. Hasta ahora todas las becas se han otorgado para cursar estudios dentro del Reino Unido.

A finales de 1987 se realizó una encuesta general del programa becas del Reino Unido para el PCV.

### Resultados de la encuesta

En la encuesta se analizaron las 123 becas concedidas por el Reino Unido desde 1970 a ciudadanos de 53 países diferentes. Se

\* Meteorological Office College, Shinfield Park.