

ANÁLISIS DEL RESUMEN DIARIO DE INFORMACIÓN PROPORCIONADO POR LA RED DE DETECCIÓN DE RAYOS DEL I.N.M.

Marcelino Manso

(Servicio de Teledetección, -INM-)

RESUMEN

A partir de las series formadas por los valores diarios del número total de rayos detectados, número total de rayos detectados localizados dentro de una región de estudio y número de rayos detectados de polaridad positiva, que figuran en el listado-resumen diario de la red de detección de rayos del INM, se estudia la marcha de la actividad eléctrica durante el período de los 10 meses que abarca el estudio (febrero a noviembre de 1992). Además, admitiendo que durante los meses de enero y diciembre hay pocos rayos, se da una estima de la densidad media anual de rayos para la región de estudio y se relaciona este valor con el número medio anual de días de tormenta y con las estimaciones del número de descargas en el planeta.

1. Introducción. Datos utilizados por el presente estudio.

Las técnicas para la detección de los rayos entre nube y el suelo mediante el uso de radiogoniómetros datan de finales de la década de los setenta. El despliegue con carácter operativo de este tipo de redes de detección de rayos ha experimentado un considerable auge durante los últimos años; los datos proporcionados tienen un amplio abanico de aplicaciones (Holle, 1990), siendo insustituibles para las tareas de vigilancia meteorológica y para el estudio de las tormentas.

Los datos para la realización de este trabajo fueron obtenidos de la Red de Detección de Rayos del Instituto Nacional de Meteorología

-REDRA- (SGDM/S.BAS/21/92). La red consta de 14 detectores desplegados por el territorio peninsular y Baleares. En la Figura 1 se muestran los emplazamientos de los detectores y la cobertura teórica nominal al 90% de la red (cada equipo es capaz de detectar al menos el 90% de los rayos que caen en un círculo de 370 km de radio centrado en él, bajando esta eficacia de detección al 70% para un radio de 1.110 km); en color magenta están las zonas cubiertas por dos equipos dentro del círculo de cobertura de 370 km, en azul las zonas cubiertas por tres equipos y en amarillo las zonas cubiertas por cuatro o más equipos. Los detectores son capaces de discriminar sin ambigüedad la señal electromagnética radiada por un rayo a tierra de cualquier otra y de discernir si el origen de la señal es un rayo negativo (los

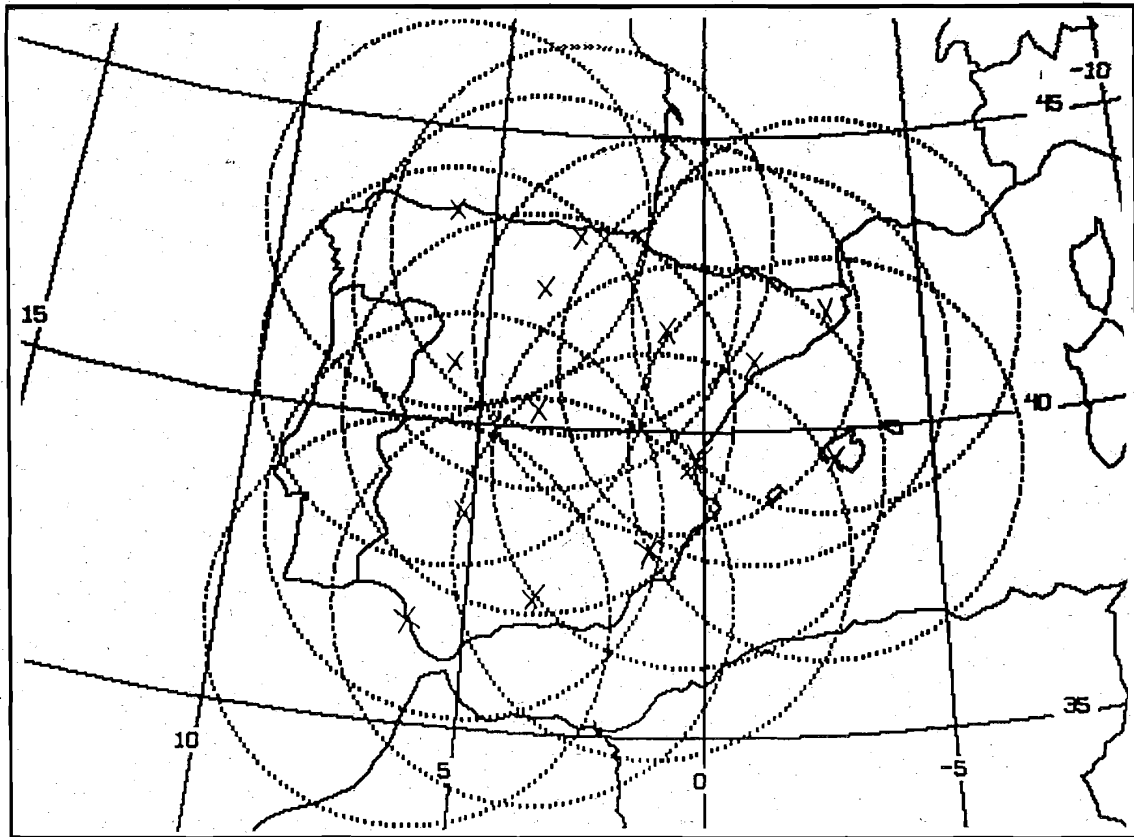


Figura I.- Emplazamientos de los radiogoniómetros y cobertura teórica nominal al 90% de la red (explicación en el texto)

electrones bajan de la nube a tierra) o un rayo positivo (los electrones suben de tierra a la nube). Para localizar el lugar donde ha caído un rayo es necesario que éste haya sido detectado por al menos dos detectores.

El estudio abarca el período comprendido entre el 1 de febrero y el 30 de noviembre de 1992 (la red comenzó a tomar y procesar datos de forma rutinaria el 28 de enero) y utiliza sólo una mínima porción de la información generada por la red, concretamente 3 datos por día:

- el número total de rayos, positivos y negativos, detectados por la red;
- el número total de rayos, positivos y negativos, detectados por la red que han ocurrido dentro de una región de control definida por los paralelos 35°N, 45°N y los meridianos 7°E, 10°W;
- el número de rayos positivos detectados por la red.

Estos datos figuran en el listado-resumen que genera automáticamente la red. En la tabla I se muestra el listado-resumen correspondiente al 7 de agosto que, por el momento, es el día en que la red ha detectado más rayos: 31.363 en total, de ellos 30.321 cayeron dentro de la región de control y 854 fueron positivos (en este día el equipo de Granada no estuvo operativo). Dado que hasta el 23 de septiembre no se introdujeron en la base de datos del analizador central de posición los errores sistemáticos de cada radiogoniómetro (calculados a partir de estudios estadísticos realizados con los datos crudos de alrededor de 400 mil rayos detectados hasta finales de julio), ha sido necesario obtener de nuevo el listado-resumen para los días anteriores reprocesando los datos crudos originales pues aunque los errores sistemáticos no afectan prácticamente en absoluto a los datos totales de rayos detectados y localizados, sí que afectan, en algunos casos de forma importante, al número total de rayos detectados y localizados dentro de la región de control considerada.

COMUNICACIÓN D1

STATION NAME	DF#	TOTAL INPUTS	NON COINCIDENT	NON INTERSEC	OVERANGE INPUTS	POSITIVE INPUTS
REUS	1	11112	1252	79	0	219
GERONA	2	7837	1181	112	0	155
PALMA	3	1908	86	19	0	46
VALENCIA	4	4862	181	20	0	104
BURGOS	5	23985	3393	193	42	1043
BILBAO	6	18624	3829	277	45	1589
ASTURIAS	7	29241	14841	462	437	5032
SALAMANCA	8	21189	3756	144	18	580
JEREZ	9	2756	396	102	0	40
HINOJOSA	10	4661	324	28	0	58
GRANADA	11	0	0	0	0	0
MURCIA	12	242	242	39	0	61
ZARAGOZA	13	12923	12923	271	96	6196
GETAFE	14	1362	1362	73	11	347
	PA	TOTAL FLASHES	WITHIN REGION	NONINTER SECTING	OVERANGE FLASHES	POSITIVE FLASHES
I.N.M.	0	31363	30321	898	0	854

Tabla I

Listado-resumen del analizador central de REDRA correspondiente al 7 de agosto de 1992

2. Total de rayos detectados. Densidad de rayos y de descargas eléctricas por unidad de superficie y de tiempo.

Durante el período de tiempo que abarca el estudio, 1 de febrero de 1992 a 30 de noviembre de 1992 (10 meses / 304 días) la REDRA ha detectado y localizado 768.289 rayos.

Del total de 768.289 rayos detectados, cayeron en la región de control 645.718 lo que representa un porcentaje del 84%. La región de control tiene una superficie de unos 1,6 millones de kilómetros cuadrados, lo que permite aventurar para la región de control un promedio de densidad de rayos de aproximadamente 0,4 por kilómetro cuadrado y por año, suponiendo que el número de rayos durante los meses de diciembre y enero representará un porcentaje pequeño en el total anual.

Resulta interesante intentar comparar este valor promedio de la densidad de rayos en la región de estudio con:

i) los valores del "número de días de tormenta" que es el único elemento climático del que se tiene registro y que está relacionado con él;

ii) la estimación del número total de descargas eléctricas atmosféricas que tienen lugar en el planeta por unidad de tiempo.

Para la primera de las comparaciones se pueden utilizar relaciones estadísticas del tipo $NR=a*NDT**b$ (Prentice, 1977), donde NR es la densidad de rayos por km cuadrado y por año y NDT es el número anual de días de tormenta; y sustituyendo en ellas NR por el valor de 0,4 rayos por kilómetro cuadrado y año, obtenemos para NDT valores comprendidos entre 10 y 15 como media de número de días de tormenta para toda la región de control. Valores éstos que están en acuerdo con los valores climatológicos promedio para la región de control: en la Península Ibérica se tienen núcleos de más de 30 días de tormenta al año en los Pirineos y áreas reducidas del Sistema Ibérico y Sierra de Gredos mientras que los menos tormentosos, con menos de 5 días de

tormenta al año, se encuentran de forma preponderante en el litoral atlántico y mediterráneo al sur del paralelo 41° (Font, 1983).

En cuanto a la segunda de las comparaciones, estimaciones del número de descargas eléctricas atmosféricas por unidad de tiempo que tienen lugar en todo el planeta realizadas a partir de observaciones con instrumentación embarcada en satélites de órbita polar han dado valores variables comprendidos entre 40 y 120 descargas por segundo, dependiendo del experimento, dándose en ocasiones el valor de 100 descargas por segundo como representativo de la actividad del planeta (Orville, 1979). Si aceptamos que en nuestras latitudes el número total de descargas es unas 4 veces el número de rayos, tenemos una densidad de 1,6 descargas por kilómetro cuadrado y año que extrapolado a toda la superficie del planeta daría 26 descargas por segundo: aceptando las hipótesis anteriores nuestra región de estudio ha presentado una actividad inferior a la aceptada como media del planeta, como era de esperar ya que la mayor contribución al total de descargas proviene de las zonas intertropicales.

Del total de 768.289 rayos detectados 699.122 fueron de polaridad negativa y 69.167 de polaridad positiva, es decir que el porcentaje de rayos positivos con respecto al total representa un 9%. Esta cifra es similar a la obtenida en otras partes del planeta que operan redes similares; a este respecto hay que tener en cuenta que la mayor parte de las regiones geográficas donde operan estas redes corresponden también a latitudes templadas y muy posiblemente sea la latitud el factor fundamental del que depende este porcentaje.

3. Variabilidad temporal de la ocurrencia de rayos.

Hasta ahora se han dado cifras acerca del número total de rayos en los 10 meses de estudio, densidad media "anual" de rayos en la región de control, porcentajes de rayos positivos, etc. Todos ellos valores globales que no hacen referencia acerca de la gran variabilidad espacial y temporal del fenómeno rayo. Con los datos de partida para este trabajo no se puede hacer ninguna inferencia importante acerca de la variabilidad espacial, sin embargo sí se pueden derivar algunas inferencias acerca de la variabilidad temporal de este fenómeno, al menos durante el período de estudio. Para ello se han estudiado las siguientes 5 series de valores diarios: número diario de rayos detectados, número diario de rayos detectados que han

sido localizados dentro de la región de control, número diario de rayos positivos detectados, porcentaje diario de rayos positivos con respecto al total, y porcentaje diario de rayos localizados dentro de la región de control con respecto al total.

3.1. Valores mensuales de los parámetros analizados. Número mensual total de rayos.

El número de rayos varía mucho a lo largo del período de estudio. A continuación se muestran las gráficas que representan el número total de rayos para cada mes, el número total de rayos positivos para cada mes, el porcentaje mensual de rayos positivos con respecto al total, y el porcentaje mensual de rayos detectados dentro de la región de control con respecto al total de rayos detectados.

La Figura 2 muestra el número total de rayos por cada mes que han sido localizados dentro de la región de control; observamos en ella que los meses más activos fueron agosto (con el 22,1% de los rayos), julio (con el 19,0%) y junio (con el 17,5%); los meses menos activos fueron febrero (con el 0,4%) y noviembre (con el 1,3%). Es decir, en los tres meses de junio, julio y agosto se detectaron el 58,6% de los rayos, quedando muy marcada la diferencia entre el período de mayo a octubre y el resto siendo interesante observar que el cociente entre el número de rayos en el mes más activo, agosto, y el menos activo, febrero, es tan elevado como 54.

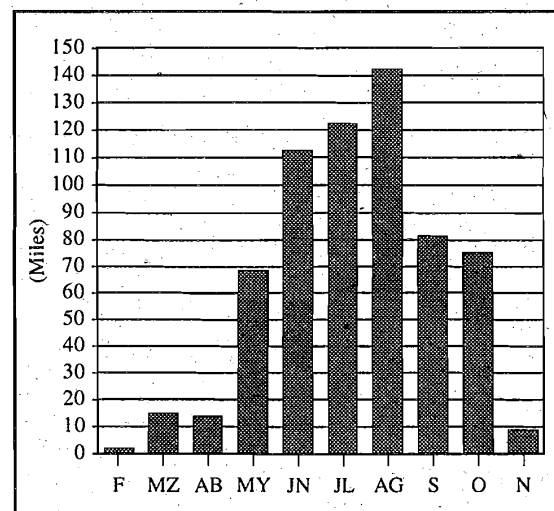


Fig. 2.- Número total de rayos por cada mes, de febrero a noviembre de 1992, localizados dentro de la región de control.

Si nos fijamos únicamente en los rayos positivos, Figura 3, se observa que los meses más activos en cuanto a este tipo de rayos fueron octubre (con el 18,3% de los rayos positivos), y junio (con el 14,8%); los meses menos activos fueron también en este caso febrero (con el 3,4%) y noviembre (con el 5,1%). El cociente entre el número de rayos positivos en el mes más activo, octubre, y el menos activo, febrero, es tan sólo de 5.

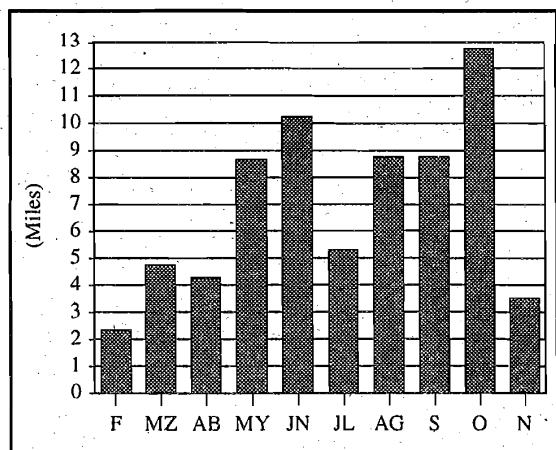


Fig. 3.- Número de rayos positivos por cada mes, de febrero a noviembre de 1992, localizados por la red.

La Figura 4 muestra, para cada mes, la proporción de rayos positivos con respecto al total. En este caso se muestra un fuerte control estacional sobre este parámetro observándose los valores mínimos en los meses de verano, justamente en los meses de junio, julio y agosto que es cuando es mayor el número total de rayos, y máximos en los meses de invierno: 3,9% en julio y 35,4% en febrero.

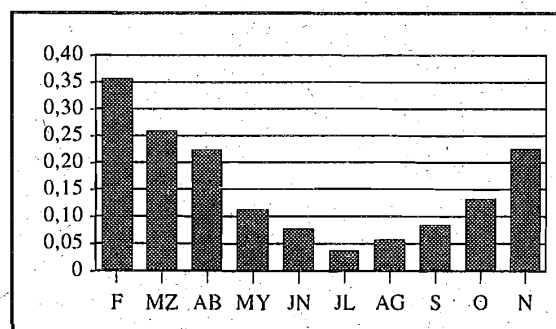


Fig. 4.- Porcentaje de rayos positivos con respecto al total para cada mes, de febrero a noviembre de 1992.

En la Figura 5 se representa para cada mes la proporción de rayos localizados dentro de la región de control respecto al total de rayos detectados. En ella se observa cómo en los meses de mayo a agosto más del 85% de los rayos localizados tuvieron lugar dentro de la región de control y como este porcentaje es claramente inferior en los meses invernales (55% en noviembre y 40% en febrero); la marcha anual de este porcentaje puede explicarse por: a) la mayor frecuencia relativa de tormentas sobre tierra en los meses veraniegos y sobre mar en los meses invernales, b) la capacidad de los equipos de detectar señales más débiles, correspondientes a rayos más lejanos, al disminuir la actividad eléctrica, y c) el aumento durante el invierno de la proporción de rayos positivos que suelen ser más intensos y por lo tanto se pueden detectar a más distancia.

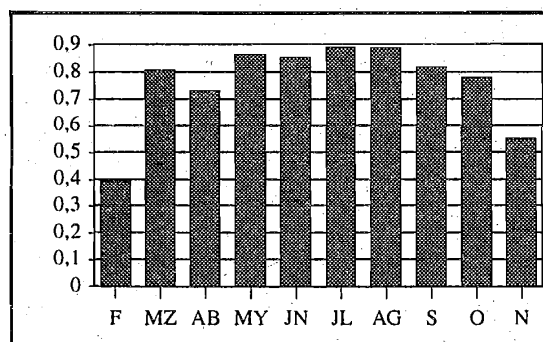


Fig. 5.- Proporción de rayos localizados dentro de la región de control con respecto al total para cada mes, de febrero a noviembre de 1992.

3.2. Distribuciones mensuales de los valores diarios.

La Figura 6 muestra las líneas quebradas que delimitan los cuartiles segundo y tercero de las distribuciones mensuales del valor diario del número de rayos detectados dentro de la región de control; en ella puede observarse que de junio a agosto el 25% de los días ha habido más de 5.500 rayos dentro de la región de estudio.

En la Figura 7 se presenta la distribución para el caso de los rayos positivos; aquí las líneas que delimitan los cuartiles segundo y tercero muestran sus máximos en los meses de junio y octubre, presentando una interesante depresión en los meses de julio, agosto y septiembre.

III SIMPOSIO NACIONAL DE PREDICCIÓN

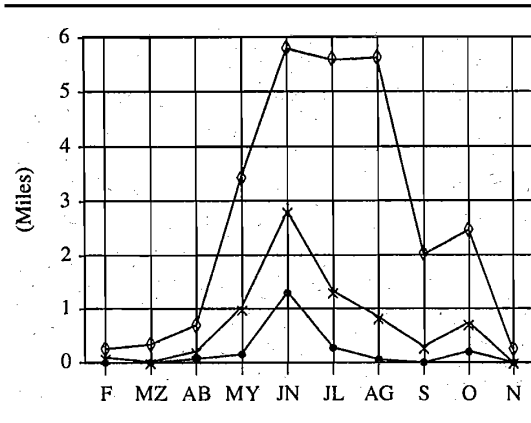


Fig. 6.- Cuartiles segundo y tercero de las distribuciones mensuales del valor diario del número de rayos detectados dentro de la región de control de febrero a noviembre de 1992.

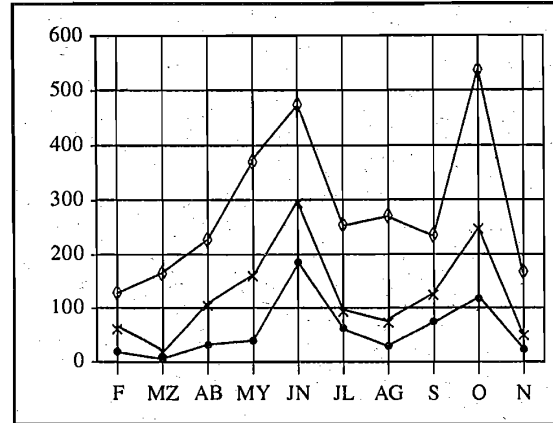


Fig. 7.- Cuartiles segundo y tercero de las distribuciones mensuales del valor diario del número de rayos positivos detectados por la red de febrero a noviembre de 1992.

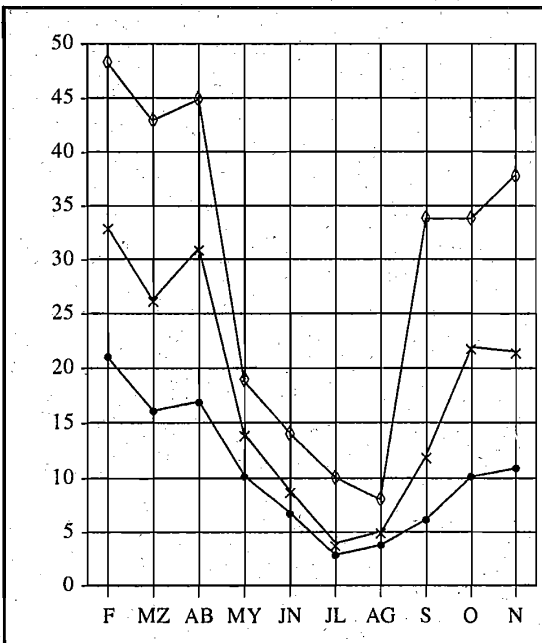


Fig. 8.- Cuartiles segundo y tercero de las distribuciones mensuales del valor diario del porcentaje de rayos positivos con respecto al total, de febrero a noviembre de 1992.

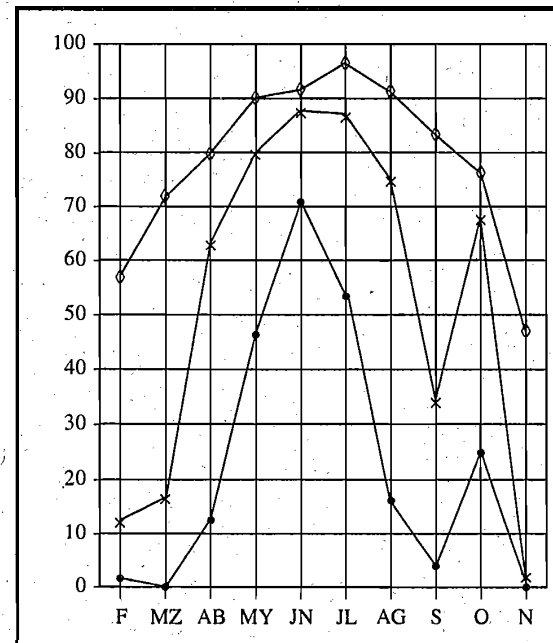


Fig. 9.- Cuartiles segundo y tercero de las distribuciones mensuales del valor diario del porcentaje de rayos que caen dentro de la región de control con respecto al total, de febrero a noviembre de 1992.

Cuando nos fijamos en la distribución mensual del porcentaje diario de rayos positivos, Figura 8, vemos que los porcentajes menores se obtienen para los meses de junio, julio y agosto (más del 50% de los días de julio y agosto dan un porcentaje de rayos positivos inferiores al 5%) que son los de mayor actividad; este hecho se puede resumir en la afirmación de que las condiciones que favorecen o contribuyen positivamente a una mayor producción total de rayos contribuyen negativamente al porcentaje de producción de rayos positivos (López, 1989). El examen de las Figuras 4 y 8 muestra el marcado control estacional del porcentaje de rayos positivos, lo que sugiere que este parámetro dependa fundamentalmente de las características de la masa aérea dominante.

En la Figura 9 se muestra la distribución mensual del porcentaje diario de rayos que caen dentro de la región de control en relación con el total de rayos detectados. En ella se observa el máximo principal relacionado con el calentamiento diferencial de la Península en relación a los mares circundantes y un máximo secundario en octubre inducido por el hecho de que la región de control elegida contiene una parte importante del mar Mediterráneo Occidental, región que se mostró especialmente activa durante ese mes.

Conclusiones.

i) Los valores obtenidos para la densidad media de rayos y la densidad de descargas en la región de control seleccionada durante el período de estudio, que abarca prácticamente un año, están en franca concordancia con los que cabría esperar partiendo de los valores climatológicos del número de días de tormenta y de las observaciones desde satélite de la densidad de descargas.

ii) Al estudiar el número total de rayos se observan claramente diferenciados: un "período activo" que va de mayo a octubre, y otro en el que la densidad se ve muy reducida que corresponde al resto de los meses; esta clara diferencia no se observa al estudiar el número de rayos positivos.

iii) La proporción de rayos positivos con respecto al total presenta un marcado control estacional con mínimo en los meses de verano y máximo en los invernales; un trabajo posterior de interés es el estudio de este porcentaje en relación a los índices de estabilidad térmica, contenido de vapor de agua y cizalla del viento, con datos diarios.

Referencias.

- Holle, R.L.; López, R.E.; Watson, A.I. (1990). *Detección de rayos entre las nubes y el suelo usando redes de radiogoniómetros (aplicaciones y avances recientes)*. Boletín de la O.M.M., vol. 39, pp. 191-194.
- SGDM/S.BAS/21/92. *Red de detección de rayos del INM, resumen general. Servicio de Teledetección.*
- Font, I. (1983). *Climatología de España y Portugal*. Instituto Nacional de Meteorología. pp. 85-88.
- Prentice, S.A. (1977). *Frequency of lightning discharges*. En "Lightning, vol. I, Physics of lightning" (Editor: R.H. Golde). Academic Press. New York. pp. 465-495.
- Orville, R.E.; Spencer, D.W. (1979). *Global lightning flash frequency*. Monthly Weather Review. Vol. 107, pp. 934-943.
- López, R. E.; Holle, R.L. (1989). *Meteorological conditions and the polarity of clouds to ground lightning flashes in northeastern Colorado*.