

EL REGIMEN DE TRABAJO EN RADAR DE CAMAGÜEY PARA APLICACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

Autores: FÉLIX GAMBOA ROMERO

Centro Meteorológico Provincial de Camagüey

RESUMEN:

En este trabajo se abordó la caracterización espacio-temporal de la ocurrencia de lluvia en la provincia de Camagüey, Cuba, a través de un análisis de las frecuencias relativas y acumulativas de ocurrencia de lluvia en ese territorio. Para el mismo se utilizaron 3394 eventos de lluvias ocurridos, durante los meses de Junio a Septiembre. Los resultados del mismo permitieron calcular el total de horas que debe trabajar el radar de modo continuo, para registrar el 90 % del total de las precipitaciones (incluidas las más importantes) que se producen en la región de estudio, siendo éste su objetivo principal; cuyas sumas mensuales son: Junio: 179 horas, Julio: 139 horas, Agosto: 292 horas y Septiembre: 252 horas. Los resultados brindan la posibilidad de aplicar un régimen de trabajo para el radar que en modo alguno hace imprescindible su uso continuado durante las 24 horas diariamente y permite obtener un registro representativo de la lluvia caída en el territorio, suficiente para los intereses de la Defensa Civil y diferentes sectores de la economía

Introducción

Dada la capacidad de los radares meteorológicos para generar detallada información, muy útil para caracterizar las precipitaciones (Tilford, 1999; Stelman, 1999), el radar meteorológico de Camagüey, cuenta con un creciente número de clientes, los cuales, sin excepción, han solicitado la lámina de precipitación como su producto más apreciado, debido a la importancia de la misma en aquellas actividades donde la lluvia juega un rol importante para el éxito del proceso productivo; si a eso le adicionamos, la necesidad demostrada (Wilson, 1979; Barros, 1999 y Watson, 1999) de disponer de información radárica en tiempo real, (tanto para enfrentar los períodos de lluvias intensas y/o conti-

nuas como para el servicio sistemático) con la finalidad de elaborar diagnósticos y pronósticos hidrometeorológicos, en estas afirmaciones encontraremos algunas de las motivaciones que exigen el uso continuo de este equipo, argumentado por Gamboa et al., (1993) y Núñez, (1994) régimen de labor que necesita un análisis previo sobre la cantidad de horas aproximadas que tendrá que trabajar intensivamente el radar, con vista a prever la logística que debe respaldar esta forma de trabajo. Para satisfacer tal aspiración; dado el hecho de que contamos con la base de datos (Tabla 2) aportada por el Proyecto Cubano de Modificación Artificial del Tiempo (PCMAT), decidimos hacer un estudio sobre la ocurrencia de lluvia sobre un área de aproximadamente 20,000 km², delimitada por un radio de 80 km. Con su centro (en el lugar donde estuvo empla-

zado el radar hasta 1997, el cual está, a sólo 4 Km del emplazamiento actual) ubicado en: 21° 35', Latitud Norte y 77° 55' Longitud Oeste, la cual ocupa la provincia de Camagüey y sus alrededores. Este análisis implicó la caracterización espacio-temporal de dicha ocurrencia, lo que además de ser una contribución al análisis de la factibilidad económica, de la explotación del radar con un régimen continuo de trabajo, es una importante fuente documental sobre el comportamiento de las precipitaciones en el territorio.

Colección y prosamiento de los datos

La adquisición del dato se hizo con un radar (Tabla 1) de banda S.

Tabla 1: Algunas Características técnicas del radar utilizado (MRL-5)

PARÁMETROS	LONGITUD DE ONDAS	
	$\lambda = 3 \text{ cm}$	$\lambda = 10,14 \text{ cm}$
S. Mínima	-134 dB/W	-135 dB/W
Potencia de impulso	160 KW	510 KW
Ancho del haz	0.5 grados	1.5 grados
Duración del pulso	1 y 2 μseg	1 y 2 μseg

La información radárica del área se archivó de forma continua (cada 5 minutos), desde la aparición del primer eco hasta la desaparición de los radioecos de lluvia en el área referida, en muchas ocasiones, no se disipaban por completo los sistemas convectivos de mesoescala, pues se salían del radio de monitoreo, en el horario entre las 23:00 y 02:00 GMT.

La información digital fue registrada utilizando un procesador integrador digital del video (Rudenko, 1984), con el cual se discretizan los datos cada 1.4° azimutales y 1 Km radial, con la misma, se conformaron los mapas de reflectividades en alturas constantes (CAPPI) compuesto por cuadrículas de 2 x 2 km² y con un espesor de 1 Km, desde 0.2 Km hasta 13,2 Km de altura. Para nuestro estudio se usó la intensidad de la lluvia, calculada con los datos del CAPPI de 200 a 1200 m sobre el nivel del mar, excluyendo la información afectada por propagación anómala y ecos fijos; además se sacaron de la muestra todos los horarios en que se detectaron desperfectos en el funcionamiento del radar. Para compensar la ausencia de registros en los intervalos de tiempos en que el radar estaba fuera de servicio; (período durante el cual se produjeron menos del 1 % de los eventos) se usó la información aportada por los 6 pluviógrafos de la red convencional de INSMET en Camagüey, los cuales trabajaron las 24 horas del día y durante todo el período de análisis, estaban distribuidos por todo el polígono en 6 cuadrículas diferentes

(Fig. 1). Además estos equipos se utilizaron para validar la información de radar.

Todos los ecos con intensidad $\geq 0.2 \text{ mmh}^{-1}$ fueron considerados en el estudio. El cálculo de la intensidad de las precipitaciones se hizo con la relación obtenida por Woodley, (1975) en la península de la Florida; la cual se denota por:

$$Z = 300R^{1.4}$$

Donde la reflectividad está representada por Z y la intensidad de lluvia por R. Debido al tamaño del territorio y el gran volumen de datos, este se dividió en 16 cuadrículas de 40 x 40 km² (Fig. 1). Para cada una de ellas se tarjó la ocurrencia de lluvia en intervalos de 1 hora. Dicha información horaria fue obtenida en el intervalo transcurrido entre 30 min antes y después de cada hora exacta.

Para facilitar la identificación de cada cuadrícula que tiene más del 50% de su área sobre el mar, se procedió con un signo menos (-) su número identificativo al ser mencionada en el texto.

En la tabla 2, columna 3 se considera el número de eventos contemplados en la muestra cada mes, asumiendo como tal el intervalo de tiempo ininterrumpido que media entre la aparición y desaparición del eco de lluvia en una cuadrícula.

Para calcular la cantidad de horas que debe trabajar el radar mensualmente, Si las características meteorológicas son similares a las observadas en el período de estudio (Aroche, 1999). Se procedió de la siguiente forma:

Se detectó, la hora en que se observó por primera vez la F = 5% y la última ocasión en que se alcanzó la F = 95 % (Fig. 2-5), infiriendo este tiempo, como el posible intervalo en el cual se producen el 90 % de la ocurrencia de lluvia en la provincia de Camagüey, el mismo fue multiplicado por la media de la cantidad de días con lluvia, (Tabla 3) habiéndole adicionado a ésta su error típico.

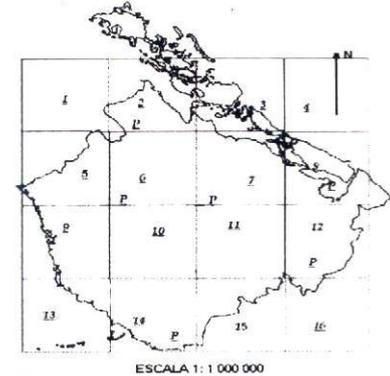


Fig. 1: Representación de las 16 cuadrículas en que se dividió el área de estudio. La P indica la posición en que estaban los pluviógrafos que sirvieron como sensores auxiliares

Tabla 2: Composición de la información primaria de la muestra.

1	2	3
MESES	AÑOS	TOTAL DE EVENTOS
JUNIO	1985	563
	1987	
JULIO	1985	987
	1986	
	1987	
	1988	
AGOSTO	1985	870
	1986	
	1987	
SEPTIEMBRE	1986	1004
	1987	
	1989	

Para determinar la cantidad de días con lluvias por meses, se procesó la información de la siguiente forma: En cada cuadrícula se promediaron los días con lluvia, según el mes y el número de año considerado en la muestra, posteriormente dichos valores medios se sometieron a un análisis estadístico, quedando reflejados en la tabla 3, algunos de sus estadígrafos de tendencia central.

Tabla 3: Cantidad promedios de días con ocurrencia de lluvia en el área de estudio. Período: 85-89, según el radar.

Estadísticos	PERIODO: 85-89			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Media	16,8	13	13,9	17,9
Mediana	17,5	14,0	14,0	19,0
Moda	18,0	14,0	16,0	19,0

Análisis y discusión de los resultados

El uso de la información de los pluviógrafos de la red de estaciones convencionales, demostró que el registro de ocurrencia de lluvia por parte del radar se hizo con una alta eficiencia temporal, pues los eventos que no pudieron ser registrados por éste no rebasaron el 1 % del total de la muestra.

Tabla 4: Total de frecuencias horarias de ocurrencia de lluvia (T_H).

CUADRICULAS	MESES			
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
-1	106	97	120	100
2	192	134	195	163
-3	65	55	71	68
-4	16	27	23	22
5	103	161	182	172
6	163	213	280	192
7	177	176	142	188
8	72	118	92	134
9	82	181	133	153
10	114	170	156	167
11	111	172	174	144
12	155	215	220	198
-13	57	189	115	102
14	172	243	232	233
-15	114	177	144	144
-16	91	148	149	123

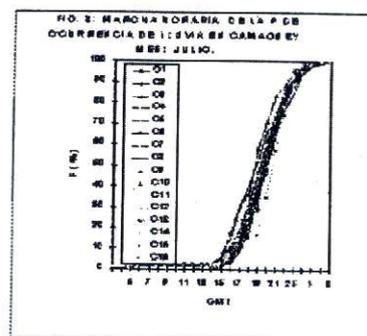
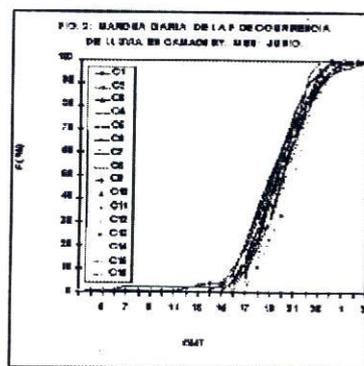
La tabla 4, muestra que las cuadrículas con más del 50 % de su área sobre el mar tienden a tener menor T_H , presentándose el mínimo valor en la -4, ésta junto a las -1, -13 y -16, está en el extremo del área de monitoreo y como

el registro está limitado a la superficie de 80 Km de radio con centro en radar, no es posible registrar los ecos en toda sus porciones,

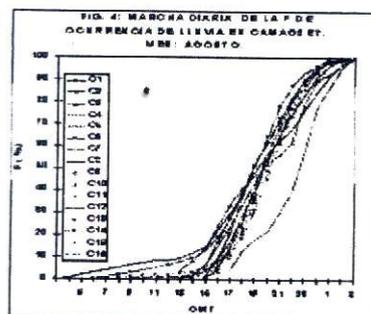
pero estas dificultades no son importante para los objetivos del trabajo, pues sólo nos interesan aquellas que tienen más del 50 % de su área sobre tierra.

La Fig. 2 ilustra que en el mes de Junio, el período entre la aparición de la primera $F = 5\%$ (cuadrícula 2) y la última $F = 95\%$ (cuadrícula 7) es de 9 horas y está, entre las 16 : 00 y la 01 : 00 GMT.

En Julio (Fig. 3) se observa un comportamiento idéntico al mes anterior, en cuanto la duración del



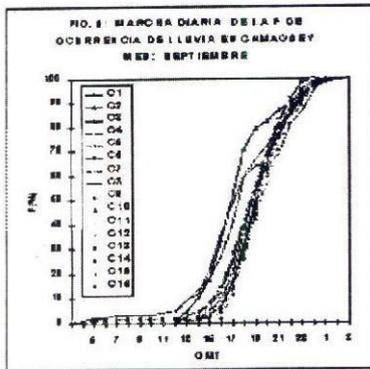
El mes de Agosto, tiene el intervalo de mayor dispersión temporal de F con un comportamiento que no sigue el mismo grado de uniformidad que las curvas de distribuciones de los meses



precedentes. Hay un intervalo de tiempo de 18 horas entre la aparición de la primera cuadrícula con $F = 5\%$ (cuadrícula 8) y la última que logró su $F = 95\%$ (cuadrícula 11). Este prolongado período se extiende desde las 08 : 00 hasta las 02 : 00 GMT del próximo día. Esto está asociado al hecho de que éste es el mes, que presenta la mayor dispersión temporal de ocurrencia de lluvia en el territorio estudiado.

Por último, en Septiembre (Fig. 5) el intervalo entre la aparición de la primera $F = 5\%$ (cuadrícula 11) y la ocurrencia de la última $F = 95\%$ (cuadrícula 8), es de 12 horas y éste se extiende desde las 13:00 hasta las 01:00 GMT del día siguiente.

La comparación de los 4 conjuntos de curvas indica la concentración de los intervalos de precipitaciones en determinados horarios, y dentro de un mismo mes existe muy poca dispersión temporal, exceptuando el mes de Agosto.



De acuerdo con los cálculos efectuados, si deseamos que el radar registre el 90 % de las precipitaciones que se producen en Camagüey, incluidas las más importantes, el mismo tendrá que trabajar probablemente, en: Junio: 179 horas, Julio 139 horas, Agosto 292 horas y Septiembre 252 horas. Tal y como lo demuestran las curvas de distribuciones (Fig. 2-5) Para esto no será necesario que este equipo trabaje continuamente durante las 24 horas del día, pues es suficiente con que su operador esté debidamente actualizado del pronóstico de inicio de la convección para el día y aplicar un sistema de vigilancia escalonado que permita poner a trabajar el radar en régimen continuo, cuando sea inminente el inicio de la convección en el área vigilada y se suspenda ese modo de trabajo cuando desaparezcan las probabilidades de lluvia.

Conclusiones

Podríamos sugerir algunas consideraciones que pueden ser de gran interés para la explotación del radar, con fines hidrometeorológicos.

1- Los valores de $F = 5\%$ se observan entre los 13:00 y 16:00 GMT, mientras que la aparición de la $F = 95\%$ se alcanzan por todas las cuadrículas como máximo a las 01:00 GMT. Exceptuando Agosto, donde tales variables se encuentran entre las 08:00 y 02:00 GMT, respectivamente.

2- Teniendo en cuenta la hora de aparición de $F = 5\%$ y $F = 95\%$ en todas las cuadrículas del área y la cantidad de días promedios con ocurrencia de lluvia cada mes, se infiere que, para que el radar pueda registrar el 90 % de las precipitaciones que se producen en Camagüey, durante los meses estudiados, probablemente tenga que trabajar (de modo continuo) una suma mensual de: 179 horas, en Junio; 139 horas, en Julio; 292 horas, en Agosto; y 252 horas, en Septiembre; si las condiciones meteorológicas son similares a las del período analizado (Aroche, 1999).

3- Estos resultados brindan la posibilidad de aplicar un régimen de trabajo para el radar que en modo alguno hace imprescindible su uso continuado durante las 24 horas diariamente y permite obtener un registro representativo de la lluvia caída en el territorio, suficiente para los intereses de la Defensa Civil y diferentes sectores de la economía

Bibliografía

- Aroche R., F. Gamboa Y L. M. Batista, 1999: Tipificación de las Condiciones del Tiempo Durante el Proyecto Cubano de Modificación del Tiempo. Editora de Investigaciones Geográficas Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante.
- Barros M. T. and W. C. Mauger. 1999: Improvements in the Sao Paulo Flood Warning System. 29th

International Conference on Radar Meteorology. Am. Met. Soc. Montreal, Quebec, Canada. 12-16 July 1999.

Gamboa, F.; W. Vázquez, O. Rodríguez, C. Pérez, R. Aroche, et al., (1993): Complejo Radárico Automático para la Información de Lluvia Localizada (CRAILL). [inédito] Informe Científico al INSMET. PP. 42.

Núñez., O., (1994): Proyecto para el Servicio Científico Técnico: Vigilancia Meteorológica por Radar. (Inédito)

Rudenko, Y. I. 1984: Construcción de un Sistema Digital de Registro de Datos de un RADAR Meteorológico. TRUDI SAO. 154: 27-32

Stellman K., H. Fuelberg, R. Garza and M. Mullusky. 1999: Utilizing Radar Data to Improve Streamflow Forecasts. 29th International Conference on Radar Meteorology. Am. Met. Soc. Montreal, Quebec, Canada. 12-16 July 1999. PP. 931-934.

Tilford K. A., C. G. Collier, N. J. Fox, D. Hetherington, P. Melbourne. 1999: On the use of Rainfall from Radar for the Management urban Storm Sewer System 29th International Conference on Radar Meteorology. Am. Met. Soc. Montreal, Quebec, Canada. 12-16 July 1999. PP. 941-944..

Watson a. I., K. M. Stellman, K.. J. Gould and P. P. Dodge. 1999: Local Applications of the WSR-88D Hourly Digital Precipitation Product at the National Weather Service Office in Tallahassee, Florida. 29th International Conference on Radar Meteorology. Am. Met. Soc. Montreal, Quebec, Canada. 12-16 July 1999.

Wilson J. W. And E. A. Brandes. 1979: Radar Measurement of Rainfall A Summary. Bulletin of the AMS. vol.60. nº9. September 1979.

Woodley, W. L., et al. 1975: Comparison of Gage and Radar Methods of Convective Rain Measurement. J. APPL. Meteor., 14, 909-928.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer la ayuda que nos dieron el Dr. Daniel Martínez Castro y el Lic. Roger Rivero Vega, con sus comentarios sobre este trabajo, así como Sonia Cervantes Lagos y Belkys Figueroa Martín en la extracción y procesamiento de la información.

ABSTRACT: *The spatial and temporal behavior of radar estimated rainfall in the province of Camagüey, Cuba, with 3394 events of rainfall during the central rainy season, is studied using standard statistical procedures. These results allowed us to determine what number of hours should our observing radar be working continuously for being able to measure at least 90% of the total precipitation in*

its study' region, being this its main objective. such values are, June: 179 hours, July: 139 hours, August: 292 hours and September: 252 hours. It values allowed us to demonstrate that it is not at all necessary to keep the observing radar working 24 hours round the clock, so to obtain estimates of daily rain amounts precise enough to fulfill the needs of economical sectors and civil protection.