Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2013, Vol.14, No.1, pp.5- 13, ISSN 1729-3790

Estudio de la marcha diaria de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta

Lourdes Álvarez-Escudero*[(1)], Israel Borrajero-Montejo [(1)], Rosendo Álvarez-Morales [(1)], Ibis Rivero-Llerena [(1)], Mario Carnesoltas-Calvo [(1)], Yanneyis Rojas-Díaz [(1)]

[(1)] *Instituto de Meteorología. Apartado Postal 17032. CP 11700. Habana 17. La Habana. Cuba.*
E-mail: lourdes.alvarez@insmet.cu, israel.borrajero@insmet.cu, mario.carnesoltas@insmet.cu, ibis.rivero@insmet.cu, yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu

Recibido: junio 11, 2012	Aceptado: noviembre 12, 2012

Resumen

Usando como información de base los registros de observaciones trihorarias de código de estado del tiempo presente para 69 estaciones del territorio cubano, se examina la calidad de la información y se determina, debido a la carencia de observaciones en horarios de la noche y la madrugada, usar los registros correspondientes al periodo 2004 – 2008, lo que reduce el número de estaciones en estudio a 67. Se construyen las series de marcha diaria de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, encontrando que el 84 % de las tormentas ocurren entre las 13 y las 19 hora local, con máximo a las 16 donde el 82% de las estaciones lo alcanzó. Se consideran además con detalle las series correspondientes a las estaciones con comportamiento distinto al de la mayoría, donde se verifica que puede existir llegada de tormentas en horarios más tardíos debido a la migración desde otras zonas, características especiales del lugar como la distancia a la costa o baja ocurrencia en general. Se analiza además, la influencia que la falta de registros en horarios extremos del día puede traer sobre el cálculo de otros parámetros asociados al estudio de las tormentas.

Palabras clave: tormenta eléctrica, marcha diaria, observaciones trihorarias, tiempo presente

Study of the daily course of series of frequency of observations with thunderstorms

Abstract

Using as input information tri-hourly records of present state codes for 69 stations over the Cuban territory, a quality analysis of the data is made and it is determined that, due to the lack of observations in the night shifts, only observations from the period 2004 – 2008 should be used, which reduces the number of stations to 67. Series of daily course of frequency of observations with storm are built yielding that 84% of thunderstorms occur between 13 and 19 hours local time, with a maximum at 16 hours (82% of all stations). Stations with a behavior different from the majority are considered in detail, and it is checked if storms can be reported at hours later than usual which arrive migrating from other zones, or if special characteristics of the place as distance from the coast, or low occurrence in general. It is also analyzed the influence that the lack of records in extreme hours of the day can have on the calculus of other parameters associated to the study of storms.

Key words: thunderstorms, daily course, tri-hourly observations, present weather

1. Introducción

La marcha diaria del fenómeno "tormenta eléctrica" es un tema de especial interés, debido a la incidencia que el mencionado suceso tiene sobre la vida de las personas y sobre diferentes sectores de la economía. Para planificar actividades al aire libre o conectar sistemas de protección se precisa un conocimiento sobre la hora u horas del día que las tormentas son más frecuentes.

En el mundo, debido a su importancia, se han llevado a cabo múltiples estudios sobre la marcha diaria de las tormentas. Así se destacan los estudios primarios como los de Byers y Braham (1949) y los realizados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1956) o estudios más detallados como los desarrollados por Easterling y Robinson (1985), López y Holle (1986), Robinson y Easterling (1988), Changnon (1988) o Dai (2001), que utilizan mejores fuentes de información y más complejas técnicas de procesamiento. Con la aplicación de nuevas tecnologías como los dispositivos detectores de rayos tanto en tierra como a bordo de satélites, los estudios han ganado aún más en precisión (Huffines y Orville, 1999; Ntelekos et al., 2007; Guijarro y Heredia, 2004; Christian et al., 2003; Jackson et al., 2009).

En Cuba Alfonso (1980; 1985; 1986) y Alfonso y Florido (1993) realizaron estudios para varias localidades del país, aunque el más abarcador es el dado por Lecha y colaboradores (1994). Un trabajo más reciente y que sirve de antecedente a este es el dado por Álvarez y colaboradores (2005a; 2005b). Sin embargo, los estudios de marcha diaria de las tormentas eléctricas realizados con anterioridad, no han contenido a todas las estaciones meteorológicas de la red cubana, ni las series han abarcado datos de los últimos años trabajados, que es donde más completos se encuentran los registros por no faltar mediciones en los horarios de la noche y la madrugada.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y evaluar los problemas que introduce para la determinación de parámetros climáticos la ausencia de observaciones en horarios de la noche y la madrugada.

2. Materiales y métodos

La base fundamental de información utilizada en el presente estudio la constituyen los registros de código de estado de tiempo presente de 69 estaciones a lo largo de todo el país. Las series utilizadas varían en largo entre 3 y 39 años con un alto promedio de 32.4 años, pero donde hay importantes faltantes de información con 14 estaciones por debajo del 70% de información útil y con un promedio de 83.1%. Los detalles sobre la información pueden consultarse en el trabajo de Álvarez y colaboradores (2011).

Los datos fueron tomados de la Base de Datos THOR (Álvarez et al., 2009) a la que se le agregaron los registros correspondientes al periodo 2006 – 2008, obtenidos de la Base de Datos del Centro del Clima del INSMET, datos estos que fueron sometidos a varias validaciones y adaptaciones con el objetivo de lograr homogeneidad en los registros de la base. También se agregaron datos captados manualmente mediante el programa THOR (Álvarez et al., 2006) de fechas anteriores al 2006, así como datos de horarios no convencionales para la estación Casa Blanca. La nueva base constituida se nombra "Nueva_THOR".

Para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del código de estado de tiempo presente se tomaron los adecuados, según la Tabla 4677, sobre "Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal", del Manual de Claves (WMO, 1988). Se agruparon los códigos 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99 que se refieren a la tormenta eléctrica con o sin lluvia, de cualquier intensidad a la hora de la observación o con anterioridad. Los códigos 93, 94 y 98 se rechazaron por tener frecuencias de ocurrencia muy bajas o nulas y muchas veces representar más observaciones erróneas que datos reales. El código 13 relacionado con el relámpago visible, no se tuvo en cuenta, por ser un código de preferente ocurrencia en horarios de la noche y la madrugada (Álvarez et al., 2005a) y representar tormentas lejanas que ocurren usualmente sobre el mar. Además como fenómeno desde el punto de vista del observador la tormenta empieza cuando se oye el primer trueno y termina 15 minutos después del último, por lo que es necesario el trueno para identificar al fenómeno.

La variable utilizada es la "frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas", obtenida al dividir el número de casos de códigos relativos a tormentas entre el número de observaciones válidas

Aunque se analizaron las series de registros con el mayor número posible de años, el estudio arrojó que las lagunas en la información introducían sesgo en la distribución de la variable calculada por lo que fue necesario trabajar con el intervalo más completo posible en lo que a datos se refiere, que fue el que abarca desde el año 2004 al 2008 y esto implicó también trabajar con dos estaciones menos (67 en total) que no contaban con observaciones en este periodo.

3. Análisis de los resultados

Las tormentas son un fenómeno fundamentalmente vespertino. Para todas las observaciones correspondientes a tormentas, recogidas en la base "Nueva_THOR", en el periodo 1989 -2008, el 84 % ocurren entre las 13 y las 19 hora local, con máximo a las 16. En la **Fig.** 1 se muestra la marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta para el conjunto de todas las estaciones en estudio en el periodo 1989 – 2008, donde se observa el máximo a las 16 hora local que representa cerca de un 18% del total de observaciones válidas.

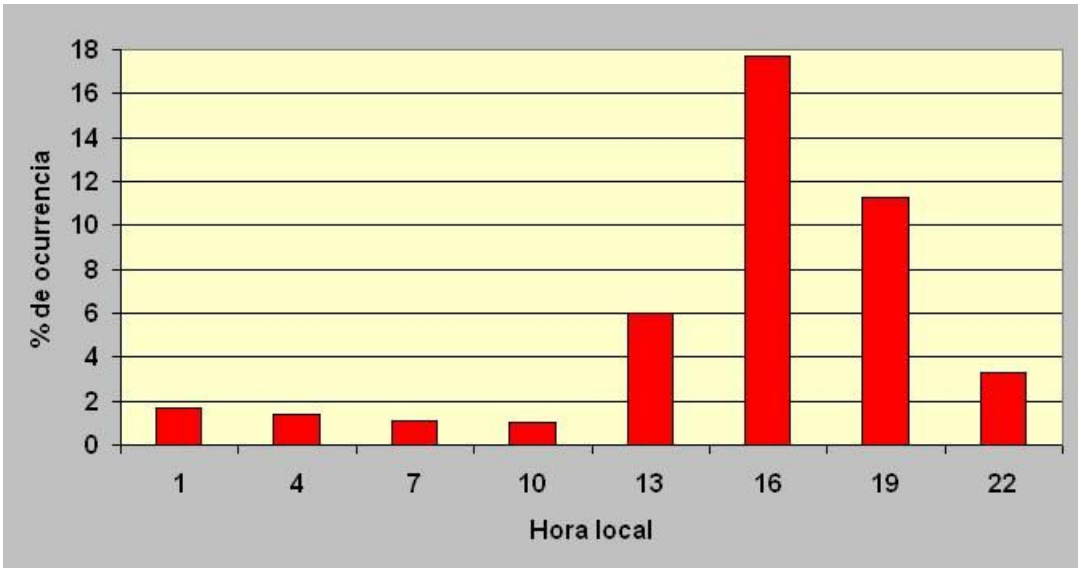


Fig. 1. Marcha diaria del por ciento de ocurrencia de observaciones con tormenta analizando en su conjunto todos los registros contenidos en la base Nueva_THOR para el periodo 1989 – 2008.

Para estudiar más detalladamente la marcha diaria se necesita que la información esté lo más completa posible (aún trabajando con frecuencia) en todos los horarios. En la **Fig.** 2 se muestra el por ciento de llenado de la información en los horarios de las 01, 04 y 22 hora local para el conjunto de todas las estaciones contenidas en la base "Nueva_THOR", por periodos de 20, 15, 10 y 5 años, donde se observa que estos valores solo sobrepasan el 90% para los últimos 5 años, razón por la cual aquí se trabajará con el periodo 2004 – 2008. Trabajar con este periodo limitará el uso de 2 estaciones: la declarada como 372, La Sabana, que cerró en el año 1993 y la 331 Jagüey Grande que solo funcionó en el 2004.

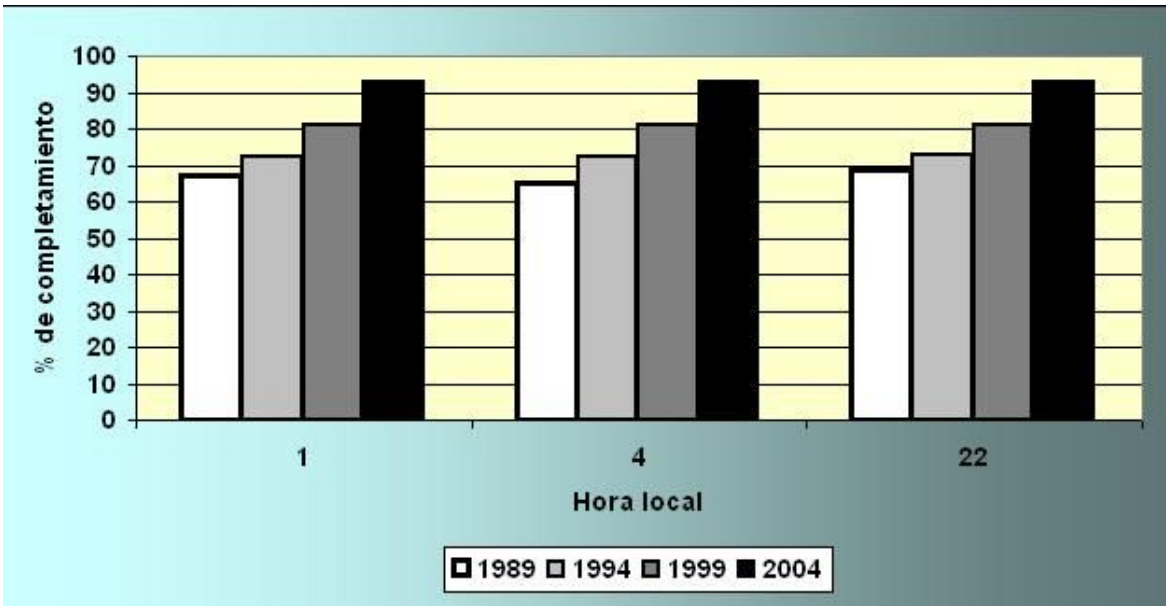


Fig. 2. Por ciento de llenado de la información en los horarios de las 01, 04 y 22 hora local del conjunto de todas las estaciones contenidas en la base "Nueva_THOR", para periodos de 20, 15, 10 y 5 años.

Para que se tenga una idea del comportamiento diario de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para cada una de las estaciones en estudio, en la Tabla I se resumirá el comportamiento por estaciones,

donde se sombreará la casilla de negro cuando se corresponda con el horario de mayor ocurrencia y de gris para aquellos valores superiores al percentil 67, que significa una desviación estándar para una distribución normal de los valores analizados.

De la Tabla I se observa que la hora de mayor ocurrencia siempre estuvo en los horarios de la tarde para todas las estaciones, donde para el 82% de las estaciones ocurrió a las 16 hora local, el 10% a las 19 y el 8% a las 13.

Los horarios, diferentes del máximo, con mayor ocurrencia fueron las 13 y 19 hora local con el 85 y 82% del total de estaciones respectivamente y se muestra un discreto 13% para las 22. Hay dos casos de excepción para las estaciones 356 (Jamal) y 369 (Punta de Maisí) ambas de la provincia de Guantánamo donde se alcanzan valores altos de ocurrencia a las 04 hora local con respecto a los otros horarios del día. Si se representan las marchas diarias de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para todas las estaciones de la provincia Guantánamo, como se muestra en la **Fig.** 3, se observa que las estaciones 356 y 369 son las que muestran menor frecuencia de ocurrencia, ambas con máximo a las 13 hora local a diferencia de sus vecinas provinciales que lo tienen a las 16 y donde la diferencia entre horarios matutinos y vespertinos diferentes del de máxima ocurrencia es poca, por lo que los valores pueden ser más casuales que causales; por ejemplo obsérvese la pequeña diferencia de valores de por ciento de ocurrencia entre los horarios de las 16 hora local (1.97%) y las 04 hora local (2.62%) para la estación Punta de Maisí (369).

Tabla I. Resumen de la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para todas las estaciones en estudio en el periodo 2004 – 2008

Estación	1	4	7	10	13	16	19	22	Estación	1	4	7	10	13	16	19	22
308									345								
309									346								
310									347								
312									348								
313									349								
314									350								
315									351								
316									352								
317									353								
318									354								
319									355								
320									356								
321									357								
322									358								
323									359								
324									360								
325									361								
326									362								
327									363								
328									364								
329									365								
330									366								
332									367								
333									368								
334									369								
335									370								
337									371								
338									373								
339									374								
340									375								
341									376								
342									377								
343									378								
344																	

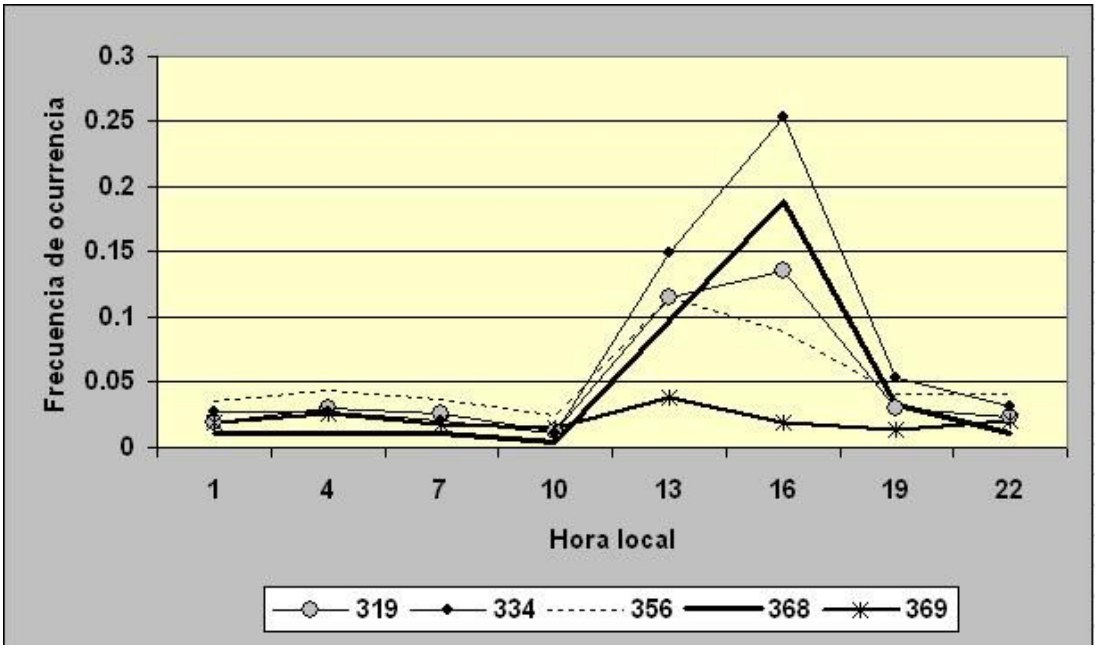


Fig. 3. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para las 5 estaciones de la provincia de Guantánamo en el periodo 2004 – 2008.

Las estaciones del Municipio Especial Isla de la Juventud muestran un máximo temprano a las 13 hora local y valores mayores de frecuencia de ocurrencia a las 22 hora local que a las 19, aunque la diferencia no es muy marcada (ver **Fig.** 4). Esto podría atribuirse a la llegada de tormentas que se forman en la Isla de Cuba, fundamentalmente en la zona de la Ciénaga de Zapata y que emigran hacia la Isla de la Juventud al final de la tarde y principios de la noche tal y como refiere Alfonso (1980).

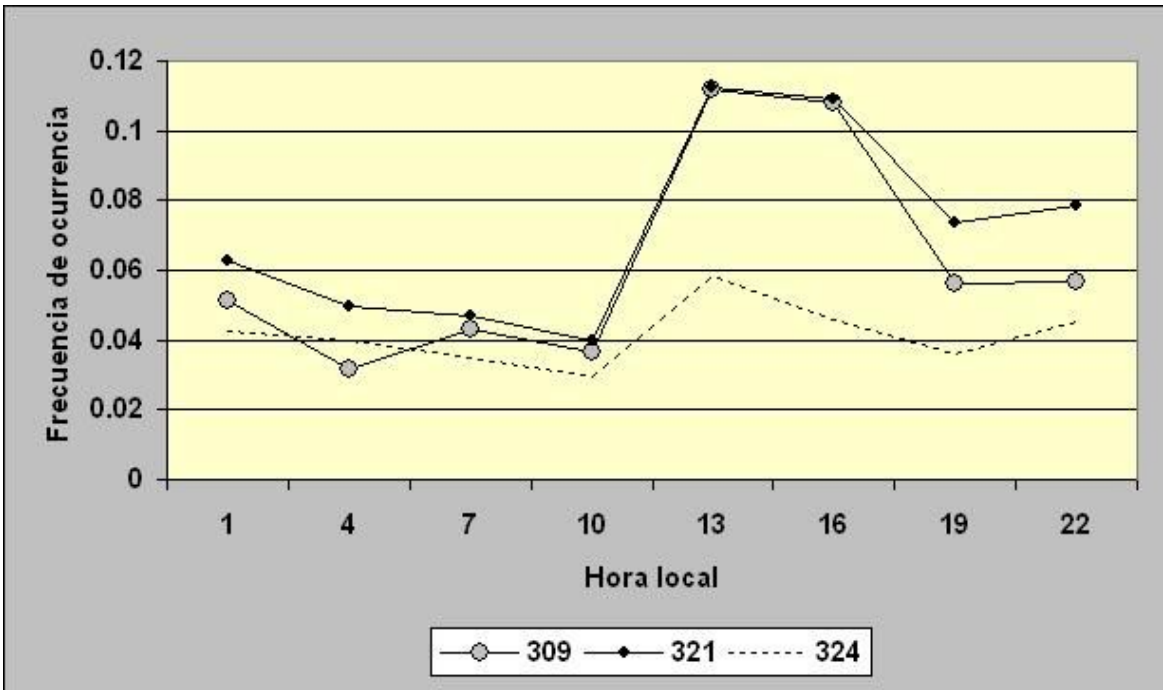


Fig. 4. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para las 3 estaciones del Municipio Especial Isla de la Juventud en el periodo 2004 – 2008.

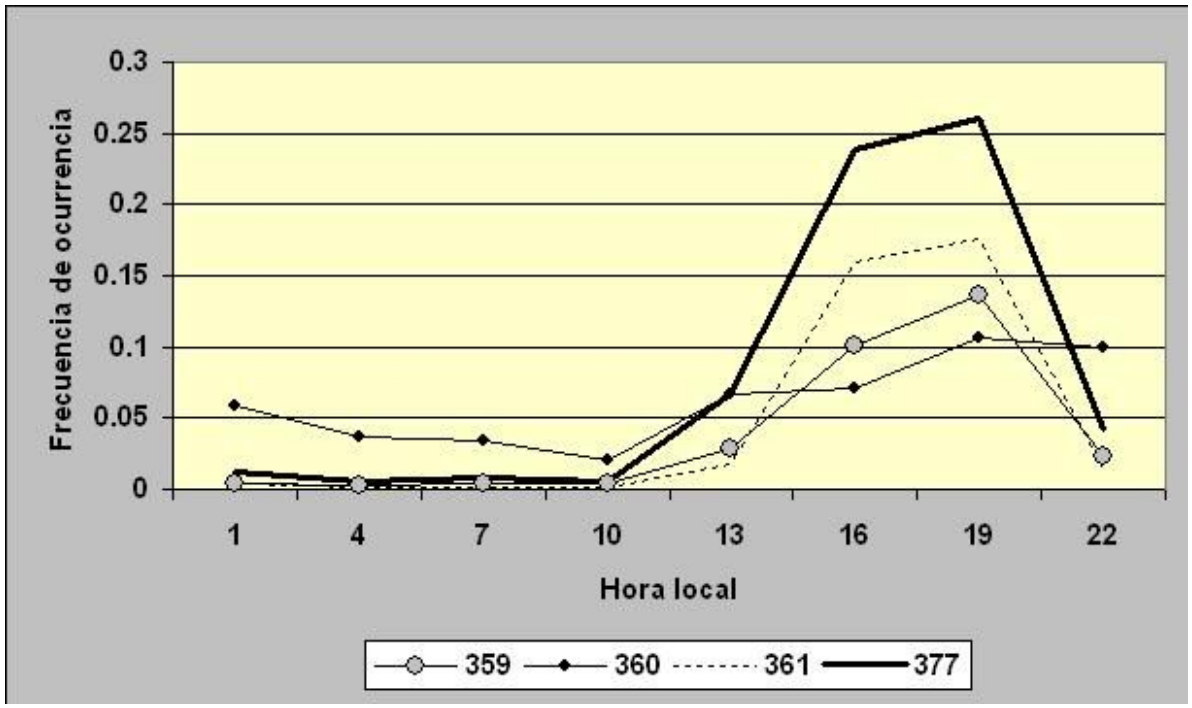


Fig. 5. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para las 4 estaciones de la provincia de Granma en el periodo 2004 – 2008.

Las estaciones de la provincia de Granma muestran un máximo más tardío, a las 19 hora local (ver **Fig.** 5), al igual que la estación Santa Cruz (351) al sur de la provincia de Camagüey y relativamente cercana a las anteriormente mencionadas; esta ocurrencia tardía también podría estar asociada a la migración de tormentas desde lugares más al norte de estas localidades. Entre las estaciones de la provincia de Granma, la estación de Cabo Cruz (360), aunque es la que presenta valores más bajos de ocurrencia, muestra valores más altos en horas de la noche y la madrugada, en comparación con sus vecinas provinciales.

Las estaciones de Playa Girón (333) y Cayo Coco (339) también muestran máximos tardíos a las 19 hora local.

Un comportamiento similar para las estaciones de la provincia de Granma, Santa Cruz (351), Playa Girón (333), Maisí (369), Punta del Este (324) y Santa Fe (321) fue detectado para series de datos más largas y que terminaban en el 2002, según Álvarez y colaboradores (2005a).

Si se calcula el por ciento de observaciones con tormenta en los horarios diurnos (07 a 19 hora local) que es donde la información es más completa y se contabiliza el número de estaciones (en por ciento) que tienen más del 90% de observaciones en esos horarios, entre el 90 y el 80, entre el 80 y el 70 y menores e iguales que 70%, se obtiene lo que se muestra en la **Fig.** 6. El análisis arroja que en el 94% de las estaciones las observaciones con tormenta ocurren con más de un 70% en horarios diurnos y solo 4 estaciones (6%) están por debajo de esa cota, lo que reafirma el carácter diurno de la ocurrencia del fenómeno.

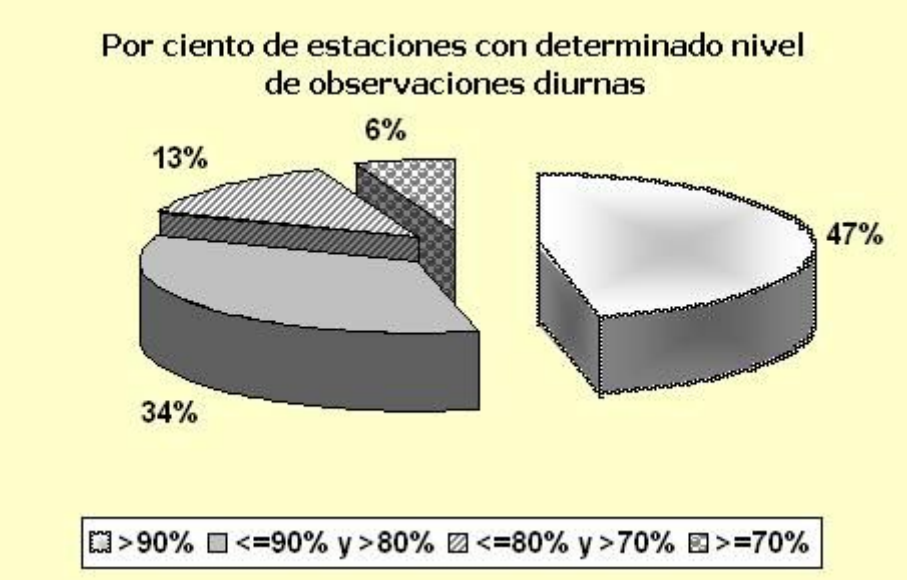


Fig. 6. Por ciento del total de estaciones que presentan un determinado por ciento, según cotas de observaciones con tormenta en el horario diurno (07 a 19 hora local), usando para el análisis el periodo 2004 – 2008.

Podría pensarse en este caso, que dada la alta ocurrencia de tormentas en horario diurno, las observaciones de estos plazos bastarían para describir el fenómeno, pero si se hace una comparación entre la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para todos los horarios y para horarios diurnos, mediante un ajuste lineal y se determina el intervalo de confianza de la regresión lineal simple, la recta Y = X, es decir, frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas para todos los horarios igual a frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas en horarios diurnos, queda fuera del intervalo de confianza. En la Tabla II se muestra con detalle la descripción de los conjuntos de datos comparados, los coeficientes de ajuste, la correlación y los intervalos de confianza. La metodología para el cálculo del intervalo de confianza está basada en lo presentado por Ostle (1981).

Tabla II. Comparación entre la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas calculadas para el total de observaciones (trihorarias) y para las observaciones diurnas (07 a 19 hora local), para el periodo 2004 – 2008, mediante un ajuste lineal, para todas las estaciones en estudio y para grupos de ellas, definidos por el por ciento de observaciones con tormenta que acumulaban en el horario diurno con respecto al total de observaciones de este fenómeno

Descripción	No. de puntos	Pendiente	Intercepto	Coeficiente de correlación	Error estándar	Intervalo de confianza			
						pendiente		intercepto	
todas las estaciones	67	0.87	-0.0001	0.95	0.007	0.89	0.84	0.004	-0.005
estaciones con más del 90%	31	0.93	-0.0003	1.00	0.002	0.94	0.92	0.003	-0.003
estaciones entre el 90 y 80%	23	0.84	0.0016	0.99	0.003	0.86	0.82	0.006	-0.003
estaciones entre el 80 y 70%	9	0.79	-0.0018	0.99	0.003	0.83	0.74	0.019	-0.022
estaciones con 70% o menos	4	0.66	-0.0018	0.99	0.003	5.15	-3.83	3.172	-3.176

Como se observa de la Tabla II los ajustes siempre presentan altas correlaciones y las rectas de mejor ajuste siempre presentan interceptos muy cercanos a cero, como lo muestran las variaciones del intervalo de confianza para el intercepto; sin embargo, aunque las pendientes no son muy lejanas a 1, el intervalo de confianza nunca

contiene la pendiente 1, excepto para el caso de las estaciones con menos del 70% de las observaciones con tormenta en el horario diurno, que son muy pocas.

Este comportamiento ameritaría realizar una comparación entre los valores de las variables que se usarán para describir otros comportamientos climáticos, principalmente los valores en las estaciones a partir de los cuales se obtendrá la distribución espacial (frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y frecuencia de ocurrencia de observaciones de tormentas con lluvia en la estación), teniendo como periodo de trabajo 1989 - 2008, calculadas desde dos puntos de vista: uno teniendo en cuenta los valores calculados a partir de todas las observaciones existentes y otro calculando las variables a partir solo de las observaciones diurnas, utilizando las relaciones obtenidas en la Tabla II. La comparación entre los valores así calculados permitiría evaluar la magnitud del sesgo que introduce la falta de datos de noche y madrugada y en caso de ser significativo dar una vía para la mejora de los valores obtenidos a partir de las series de registros de las estaciones. El caso de la variable "día con tormenta", debido fundamentalmente a que solo basta una observación con tormenta de cualquier tipo para ser considerado como tal, se puede analizar aparte, viendo la cantidad de días por meses para cada año y recalculando los valores que se encuentren muy afuera de las cotas normales de variabilidad, para cada mes en cada estación, caso en el cual el valor aberrante será sustituido por el promedio de valores mensuales entre el año precedente y el posterior.

En general puede decirse que la tormenta es fenómeno diurno, fundamentalmente vespertino y que la falta de datos de noche y madrugada en las series de registros de la información por estaciones podría introducir alguna limitación en el análisis de los resultados.

Conclusiones y recomendaciones

La mayoría de las estaciones en estudio presentan grandes faltantes de información en los horarios de la noche y la madrugada (01, 04 y 22 hora local) y solo alcanzan más del 90% de observaciones válidas contra posibles en el periodo 2004 -2008, por lo que este factor es el que introduce mayor sesgo dentro de las distribuciones de frecuencia de ocurrencia relativas al fenómeno tormenta.

Para todas las estaciones del país el 84 % de las observaciones con tormenta ocurren entre las 13 y las 19 hora local.

La frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el 82% de las estaciones ocurrió a las 16 hora local, el 10% a las 19 y el 8% restante a las 13.

Las observaciones diurnas no bastan para describir con exactitud el fenómeno tormenta, por lo que se recomienda que a la hora de calcular el número de días con tormenta, se tenga en cuenta, según los faltantes de información de la serie en cuestión, utilizar técnicas de rellenado.

Referencias

Alfonso A. P. (1980): Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud. *Informe Científico - Técnico*. Instituto de Meteorología, No. 134, 25 p.

Alfonso A. P., M. Elizalde, O. Solano (1985): El mesoclima de la Península de Zapata. *Reporte de Investigación del Instituto de Meteorología*, No. 12, 35 p.

Alfonso A. P. (1986): Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de la Habana. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 12: 85 – 100.

Alfonso A. P., A. Florido (1993): *El clima de Matanzas*. Editorial Academia, La Habana, 113 p.

Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle, B. Pérez, N. Fernández, M. Pérez, L. Muñiz, L. Rodríguez, M. Rodríguez, C. Iraola, O. Costales, H. Cayón, L. López (2005a): Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia. *Informe final de Resultado Científico*, UDICT, Instituto de Meteorología, 92 p.

Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez (2005b): Regionalización de las tormentas eléctricas en Cuba a partir del estudio de su marcha anual. En: *III Congreso Cubano de Meteorología* [Memorias], Ciudad Habana, Cuba, del 5 al 9 de diciembre del 2005, publicación electrónica, ISBN 959-7160-31-5.

Álvarez L. (2006): Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia. Instituto de Meteorología,. La Habana [Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas], 149 p.

Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez (2009): Análisis de la calidad de los registros de código de estado de tiempo presente y representatividad de los fenómenos neblinas y nieblas a partir del estudio de esta variable. En: *V Congreso Cubano de Meteorología* [Memorias], Ciudad Habana, del 30 de noviembre al 4 de diciembre del 2009. Publicación electrónica, F:\Data\Trabajos completos.pdf, pp. 1501 – 1512. ISBN 978-959-7167-20-4.

Álvarez L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle, M. Bárcenas (2011): Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba. En: *VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*

[Memorias], Palacio de las Convenciones de La Habana, del 4 al 8 de julio del 2011, Unidad:\PDF\CC.pdf, CC-005. ISBN 978-959-300-018-5.

Byers H. R., R. R. Braham (1949): The thunderstorm. U. S. Department of Commerce, Washington D. C., 287 p.

Changnon S. A. (1988): Climatography of Thunder Events in the Conterminous United States. Part I: Temporal Aspects. Journal of Climate, 1(4): 389–398.

Christian, H. J., R. J. Blakeslee, D. J. Boccippio, W. L. Boeck, D. E. Buechler, K. T. Driscoll, S. J. Goodman, J. M. Hall, W. J. Koshak, D. A. Mach, M. F. Stewart (2003): Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector. *J. Geophys. Res.*, 108(D1), 4005, doi:10.1029/2002JD002347.

Dai A. (2001): Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations. *Journal of Climate*, 14(6): 1112–1128.

Easterling D. R., P. J. Robinson (1985): The Diurnal Variation of Thunderstorm Activity in the United States. *Journal of Applied Meteorology*, 24(10): 1048–1058.

Guijarro J. A., M. A. Heredia (2004): Climatología de descargas eléctricas nube-tierra en las Islas Baleares. *Revista de Climatología*, 4: 9-19

Huffines G., R. Orville (1999): Lightning Ground Flash Density and Thunderstorm Duration in the Continental United States: 1989–96. *Journal of Applied Meteorology*, 38, 1013 – 1019.

Jackson, B., S. E. Nicholson, D. Klotter (2009): Mesoscale Convective Systems over Western Ecuatorial Africa and Their Relationship to Large-Scale Circulation. *Mon. Wea. Rev*., 137: 1272–1294.

Lecha L. B., L. R. Paz, B. Lapinel, [editores] (1994): *El Clima de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 186 p.

López R. E., R. L. Holle (1986): Diurnal and spatial variability of lightning activity in northeaster Colorado and central Florida during the summer. *Monthly Weather Review*, 114(7): 1288 – 1312.

Ntelekos, A. A., J. A. Smith, W. F. Krajewski (2007): Climatological analices of Thunderstorms and Flash Floodsin the Baltimore Metropolitan Region. *Journal of Hydrometeorogy*, 8, 88–101.

OMM (Organización Meteorológica Mundial) (1956): *World distribution thunderstorm days*. WMO No. 21, TP 21, 71 p.

Ostle B. (1981): *Estadística Aplicada.* Editorial Científico – Técnica, La Habana, 629 p.

Robinson P. .J., D. R. Easterling (1988): The Frequency Distribution of Thunderstorm Durations. *Journal of Applied Meteorology*, 27(1): 77–82.

WMO (1988): *Manual on codes*. WMO – No. 306, Volume 1, Seccion D, Table 4677.