

Significación del tiempo pasado en la determinación de la ocurrencia de las tormentas eléctricas

Significance of past weather code in order to determine the occurrence of thunderstorms

Yosvany Garcia-Santos[✉], Lourdes Álvarez-Escudero

Instituto de Meteorología, La Habana. Cuba

Resumen

Los estudios sobre el fenómeno tormenta eléctrica tienen una especial importancia en cuanto a la protección de vidas humanas y bienes materiales. Debido a la carencia de investigaciones sobre este fenómeno meteorológico a partir de los registros de código de estado de tiempo pasado, el actual trabajo se traza como objetivo determinar la influencia de este código en el cálculo de las variables “frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta” y “número promedio anual de días con tormenta”, para las provincias La Habana, Artemisa y Mayabeque, tomando como período de estudio el comprendido entre los años 2000 y 2016, según la calidad de los registros. Como segundo paso se pretende conseguir la distribución espacial de las variables en cuestión en el área seleccionada. Las series de frecuencia de ocurrencia y días con tormenta asociadas a los códigos de tiempo pasado y presente se contabilizaron según mes del año y hora del día para cada estación meteorológica. Para evaluar la influencia del tiempo pasado se utilizaron las pruebas F de Snedecor-Fisher, t de Student y la prueba de intervalos de confianza en aras de probar la desigualdad significativa de las varianzas y las medias de las muestras en estudio. Se obtuvo que el código en cuestión aporta un 3% a la frecuencia de ocurrencia y 25 días al número de días. La distribución espacial de las variables en estudio muestra un aumento de la ocurrencia del fenómeno desde las costas hacia el interior de la región.

Palabras clave: Tormentas eléctricas, código de estado de tiempo pasado, código de estado de tiempo presente, frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, número promedio anual de días con tormenta

Abstract

Studies about thunderstorms have a special importance in terms of the protection of human lives and material goods. Due to the lack of research on this meteorological phenomenon using past weather code records, the current work aims to determine the influence of this code in the calculation of the variables "frequency of occurrence of observations reporting thunderstorm" and "annual average days with thunderstorm reports", for the provinces of Havana, Artemisa and

[✉] Autor para correspondencia: *Yosvany Garcia-Santos*. E-mail: yosvany.garcia@insmet.cu

Recibido: 23/11/2017

Aceptado: 26/3/2018

Mayabeque, in the period 2000 - 2016, according to the quality of the records. The second step is to obtain the spatial distribution of the analyzed variables in the selected area. The series of frequency of occurrence and days with thunderstorm associated with past and present weather codes were counted according to month of the year and time of day for every station. In order to evaluate the influence of the past weather code, several statistical tests were used to demonstrate the significant inequality of the variances and means of the samples under study (Snedecor-Fisher F-test, Student t-test, and the test of confidence intervals). It was obtained that the code contributes 3% to the frequency of occurrence and 25 days to the number of days. The spatial distribution of the variables under study shows an increase in the occurrence of the phenomenon from the coasts to the interior of the region.

Keywords: thunderstorms, past weather code, present weather code, frequency of occurrence of observations reporting thunderstorms, annual average days with thunderstorm reports

INTRODUCCIÓN

Las tormentas eléctricas constituyen uno de los procesos meteorológicos más comunes en el área tropical, particularmente en Cuba, donde se ven propiciadas por la configuración física y ubicación geográfica de este territorio. Para el análisis de este fenómeno en nuestro país se dispone de tres fuentes de información fundamentales, como son los registros de código de estado de tiempo presente, los de código de estado de tiempo pasado y los del libro de fenómenos, cada uno con sus peculiaridades. El primero, mediante 8 valores, permite conocer de forma trihoraria desde que se escucha el trueno en la estación hasta que se observa la tormenta con diferentes grados de intensidad a la hora de la observación y una hora antes; el segundo, a través de un valor, describe la ocurrencia del fenómeno en el lapso entre la observación anterior y una hora antes de la presente (2 horas) pero con menos definición con respecto al fenómeno tormenta, y el tercero permite conocer con bastante aproximación la hora de comienzo y final del fenómeno, aunque constituye una fuente de información secundaria y no tributa al código sinóptico.

Los registros de código de tiempo presente han sido usados en disímiles trabajos sobre la climatología de las tormentas, entre los cuales se destacan el mapa de distribución mundial de días con tormenta confeccionado por la Organización Meteorológica Mundial en 1956

([OMM, 1956](#)), así como la distribución mundial de tormentas y lluvias desarrollada por Dai ([Dai, 2001a](#); [Dai, 2001b](#)). En la actualidad ha proliferado el uso de satélites y dispositivos detectores de descargas en la realización de estudios climáticos ([Orville et al., 2002](#); [Christian et al., 2003](#); [Pessi y Businger, 2009](#); [Virts et al., 2013](#); [Albrecht et al., 2016](#)).

En Cuba se han realizado varios trabajos sobre la climatología de las tormentas y otros aspectos relacionados, teniendo en cuenta los registros de código de tiempo presente o los registros del libro de fenómenos ([Álvarez, 1983](#); [Alfonso, 1986](#); [Lecha et al., 1994](#); [Álvarez, et al., 2005a, 2005b](#); [Álvarez et al., 2006a, 2006b, 2006c](#); [Álvarez et al., 2010](#); [Álvarez et al., 2016c](#)). Sobre el análisis de la representatividad del código de estado de tiempo pasado se ha indagado muy poco, dos de los escasos ejemplos donde se puso en práctica fue como parte de un estudio sobre nieblas ([Álvarez et al., 2009c](#)) y en la actualización de la distribución de las tormentas en Cuba hasta el año 2008 ([Álvarez et al., 2012b](#)), en este último solo fueron usadas 14 estaciones, aquellas que poseían series de registros completos o casi completos de datos en horarios de noche y madrugada.

La principal causa de que los estudios de tormenta a partir de los registros de tiempo pasado hayan sido parciales, se debe a la ausencia de datos fundamentalmente en horarios de noche y madrugada, lo que

implicaba que no se contara con 4 observaciones de este código en el día, de las cuales una refleja un horario de ocurrencia importante del fenómeno (22 hora local que hace referencia al lapso entre las 19:00 y 21:00). En la actualidad, las estaciones meteorológicas han ido completando su régimen de observaciones, por lo que podría escogerse un periodo lo suficientemente completo para caracterizar las tormentas eléctricas a partir del tiempo pasado en un área específica, y determinar qué importancia tiene esta información dentro de la ocurrencia del fenómeno de forma general en dicha área, y posteriormente extender el estudio para todas las estaciones del país.

El presente trabajo tiene como objetivo general determinar la influencia del código de estado de tiempo pasado en el cálculo de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y del número promedio anual de días con tormenta en las provincias La Habana, Artemisa y Mayabeque.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base fundamental de información utilizada en el presente estudio la constituyeron los registros de observaciones trihorarias de código de estado de tiempo pasado de 10 estaciones meteorológicas dispuestas en las provincias La Habana, Artemisa y Mayabeque, en el período 2000-2016. Se utilizaron además las observaciones de código de estado de tiempo presente con el fin de hacer comparación de aspectos climáticos. Los datos fueron tomados de la Base de Datos Nueva_THOR, y actualizada con datos de tiempo presente y pasado hasta el 2016 para el área de estudio ofrecidos por el Centro Meteorológico Provincial de La Habana, Artemisa y Mayabeque del INSMET.

La identificación de la estación según la OMM y algunas características de las series utilizadas se reflejan en la [tabla 1](#), donde se presenta el porcentaje de información útil (IU) en las observaciones dadas por el código de estado de tiempo presente (WW) desde la fecha

de creación de cada estación hasta el 2010, así como el porcentaje de información útil en las observaciones dadas por tiempo presente (WW) y el porcentaje de información útil en las observaciones dadas por tiempo pasado (W), estos dos últimos en el período 2000-2016 para todas las estaciones en estudio.

La información útil se refiere al porcentaje que representan los datos válidos sobre los posibles, donde los datos posibles son aquellos dados por la cantidad de observaciones que pudo realizarse para el número de años de la serie, mientras que los datos válidos están determinados por la cantidad de observaciones que se realizaron realmente, relativas a cualquier código en el periodo de análisis.

En la [tabla 1](#) se aprecia que el porcentaje de información útil en las observaciones del código de estado de tiempo presente ha aumentado notablemente para estas estaciones, debido a que a partir del 2000 comenzaron a ser registradas mediciones de noche y madrugada en muchas localidades del país, lo cual provoca además que el porcentaje de información útil en las observaciones del código de tiempo pasado haya aumentado en igual medida. Por esta razón el período elegido para el estudio es el comprendido entre los años 2000 y 2016. La falta de información es debida, sobre todo, a mediciones no realizadas, un porcentaje importante de las cuales se agrupa en los horarios de las 01:00, 04:00 y 22:00 del meridiano 75°W; en el caso de la estación 78373, la causa del bajo porcentaje de IU es la ausencia de mediciones durante todo el año 2007 y primeros 5 meses del 2008, y que entre los años 2000 y 2006 no se registraban mediciones de noche y madrugada.

Para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del tiempo presente según la Tabla 4677, sobre “Tiempo presente, comunicado desde una estación meteorológica dotada de personal”, del Manual de Claves (WMO, 1988) se seleccionaron los siguientes códigos: 17, 29, 91, 92, 95, 96, 97 y 99 y se refieren a la tormenta eléctrica con o sin lluvia, de cualquier intensidad a la hora de la

Tabla 1. Características de la información de las estaciones en estudio

No.	Nombre	Año de creada	% IU (WW) hasta 2010	% IU (WW) (2000-2016)	% IU (W) (2000-2016)
78318	Bahía Honda	1977	94,2	99,4	99,5
78320	Güira de Melena	1970	78,1	97,9	97,3
78322	Batabanó	1986	77,4	91,9	90,2
78323	Güines	1971	66,2	95,8	94,9
78325	Casablanca	1972	99,9	100	100
78340	Bainoa	1989	74,4	99	99
78373	Santiago de las Vegas	1970	71,5	80,7	72,8
78374	Tapaste	1976	68,2	96,2	95,3
78375	Melena del Sur	1974	72,1	93,8	92,6
78376	Bauta	1974	66,8	100	100

observación o con anterioridad, mientras que para la identificación del fenómeno tormenta eléctrica a partir del código de estado de tiempo pasado se tomó según la Tabla correspondiente del Manual de Claves ([WMO, 1988](#)), donde solo se tendrá en cuenta el código “9”, aunque este no brinda mayores especificidades.

Las variables para trabajar fueron:

- 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.
- Número de días con tormenta: Se contabiliza día con tormenta cuando al menos hubo una observación con tormenta en el día. La variable más común en estudios anteriores es el número promedio anual de días con tormenta o nivel ceráunico.

Para determinar la representatividad del código de estado de tiempo pasado para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, se construyeron dos series con fines comparativos, dichos registros presentaron la calidad suficiente para realizar los análisis ([García-Santos, 2017](#)). La primera de las series fue la frecuencia de ocurrencia por estación dada por el código de tiempo presente, mientras que la segunda fue la frecuencia de ocurrencia por estación teniendo en cuenta ambos registros. En cuanto a la determinación

de la representatividad del tiempo pasado para el número promedio anual de días con tormenta, se construyeron series similares a las mencionadas para la frecuencia. Estas series fueron sometidas a varias pruebas de validación, entre ellas la Prueba F de Snedecor-Fisher para comparar las varianzas de las dos muestras y la prueba t de Student para dos muestras suponiendo varianzas desiguales para comparar las medias ([Jurado, 2008](#)). Luego, con el objetivo de hallar la representatividad cuantitativa del código, se aplicó la prueba de intervalos de confianza para una regresión lineal simple ([Ostle, 1980](#)).

Con respecto a la distribución espacial de las variables analizadas teniendo en cuenta ambos códigos, se representaron con círculos cuyos radios estuvieron en proporción con los rangos de magnitud de la ocurrencia del fenómeno. Las categorías o rangos de ocurrencia son 5, identificados como: “Muy poco frecuente”, “Poco frecuente”, “Medianamente frecuente”, “Frecuente” y “Muy frecuente”; los rangos numéricos correspondientes se fijan a partir de calcular 5 intervalos aproximadamente equivalentes a la diferencia del valor máximo y mínimo de la ocurrencia del fenómeno y donde el valor promedio para todas las estaciones pertenezca

al rango “Medianamente frecuente” ([Álvarez y Borrajero, 2016c](#)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tormentas con y sin precipitación determinadas por el código de tiempo pasado “9”, constituyen para el conjunto de los registros de las 10 estaciones en estudio el 11,5% de las observaciones válidas.

Si se realiza una comparación para cada estación, entre los porcentos de ocurrencia de observaciones con tormenta dados por el código de tiempo presente (F_WW) y los reportados por tiempo presente y tiempo pasado (F_WW+W), teniendo en cuenta que los valores relativos al tiempo presente reflejan 1 hora y los relativos al tiempo pasado abarcan 2 horas, se observa que las distribuciones son proporcionales, aunque las relativas a la suma de reportes representa como promedio un 3,19% mayor con un mínimo de 2,3% para la estación de Batabanó (322) y un máximo de 3,8% para la estación de Tapasate (374), lo cual induciría a la conclusión de que el tiempo pasado aporta información no considerada por el tiempo presente, lo que implicaría que en algunas localidades en específico los valores de frecuencia de ocurrencia podrían ser mayores que los obtenidos de procesar solo el tiempo presente. Esta ocurrencia de tormenta dadas por tiempo pasado podría deberse a tormentas que se forman cercanas pero posteriores a la hora de la observación y que se disipan más de una hora antes de la observación siguiente.

Para probar si hay una diferencia significativa entre las dos variantes de calcular las frecuencias se realizó una prueba F de Snedecor-Fisher para comparar las varianzas de dos muestras, con un nivel de significación de 0,05, la que muestra que las varianzas de estas dos series son significativamente diferentes, ($F=0,55 > F_{\text{crítico}}=0,31$). Como segundo paso se probó que las medias de las dos series eran significativamente diferentes a partir de la prueba t de Student para dos muestras suponiendo varianzas desiguales ($t=4,98 > t_{\text{crítico}}$ para una cola=1,74). De esto se

puede inferir que el código de tiempo pasado definitivamente aporta información significativa en cuanto a la variable frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta.

Para tratar de evaluar la magnitud de la diferencia entre la información aportaba por ambos registros, se procedió a realizar la prueba de intervalos de confianza en una regresión lineal simple mencionada en el epígrafe 2.8, con el fin de verificar si una recta ajustada a los porcentos de ocurrencia de tormentas reportadas por tiempo presente (F_WW) y las reportadas tanto por tiempo presente como pasado (F_WW+W), puede considerarse con pendiente 1 e intercepto 0 ($Y = X$). De aquí se obtiene que los valores se relacionan de forma lineal con alta correlación, que a pesar de que el valor 0 del intercepto cae en el intervalo de confianza no ocurre así para el valor 1 de la pendiente ([Tabla 3](#)) y que la recta de mejor ajuste ([Figura 1](#)), muestra porcentos de ocurrencia un poco más elevados para los calculados a partir de la suma de los registros (F_WW+W), por lo que queda confirmado el criterio del aporte que realizan las observaciones de tiempo pasado para esta región, con respecto a esta variable, con una relación lineal de $F_WW+W = 1.3F_WW$.

En el caso de la significación del código de estado de tiempo pasado para la variable número promedio anual de días con tormenta se obtuvieron los resultados que se mencionan a continuación.

Se realizó la prueba F de Snedecor-Fisher tal y como se procedió en el caso anterior. Esta prueba arrojó que las varianzas de estas dos series son significativamente diferentes ($F=0,54 > F_{\text{crítico}}=0,29$). Luego se aplicó la prueba t de Student para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, la cual probó que las medias de las dos series eran significativamente diferentes ($t=3,76 > T_{\text{crítico}}$ para una cola=1,75). De aquí resulta que el código de tiempo pasado aporta información no considerada por tiempo presente en cuanto a la variable número de días con tormenta.

Tabla 3. Parámetros definidos por la prueba de intervalos de confianza para la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta

Pendiente	Intercepto	Coeficiente de correlación	Error estándar	Intervalo de confianza			
				Pendiente	Intercepto		
1,30738	1,28117	0,96725	0,43819	1,48628	1,12848	2,87870	0,31635

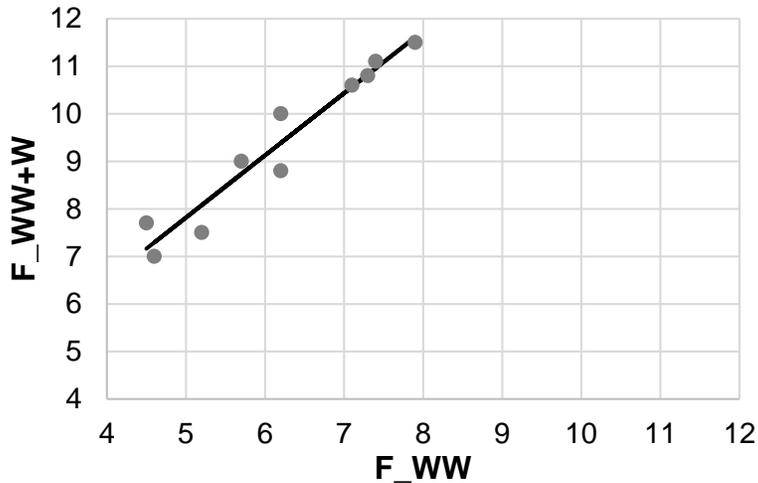


Figura 1. Representación gráfica de la prueba de intervalos de confianza, aplicada a la recta ajustada al porciento de ocurrencia de tormentas reportadas por tiempo presente (F_WW) y las reportadas tanto por tiempo presente como pasado (F_WW+W) para cada una de las estaciones en estudio

Como tercer paso, en aras de evaluar la magnitud de la diferencia entre la información aportaba por ambos registros, se realizó la prueba de intervalos de confianza ya mencionada, con el fin de verificar si una recta ajustada al número de días con tormentas reportado por tiempo presente (D_WW) y el reportado tanto por tiempo presente como pasado (D_WW+W), puede considerarse con pendiente 1 e intercepto 0 ($Y = X$). En este caso los valores se relacionan de forma lineal con alta correlación, pero tanto el valor 0 del intercepto como el valor 1 de la pendiente caen dentro de sus respectivos intervalos de confianza (Tabla 4), esto ocurre debido a que fueron usados pocos datos, los cuales a su vez presentan una variación muy grande con respecto a la media, pero no contrarresta lo que fue demostrado por las pruebas de validación. La recta de mejor ajuste (Figura 2) muestra un

número de días un poco más elevados para los calculados a partir de la suma de los registros (D_WW+W), exactamente 25 días como promedio. De esta forma queda confirmado el aporte que realizan las observaciones de tiempo pasado para esta región, con respecto a esta variable, con una relación lineal de $D_WW+W= 1.1D_WW +12,0$

La distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, dadas tanto por el código de estado de tiempo presente como de tiempo pasado (Figura 3), muestra un crecimiento desde las costas hacia el interior del área de estudio. La estación 318 constituye una excepción debido a que la misma está situada justo entre la costa y la Sierra del Rosario, lo cual implica que en esta estación se registren todas las tormentas que provienen del mar y cuyo paso se ve interrumpido por la presencia del grupo

Tabla 4. Parámetros definidos por la prueba de intervalos de confianza para el número promedio anual de días con tormenta

Pendiente	Intercepto	Coeficiente de correlación	Error estándar	Intervalo de confianza			
				Pendiente		Intercepto	
1,11874	12,03804	0,82473	10,01020	1,33571	0,90176	47,7183	23,6422

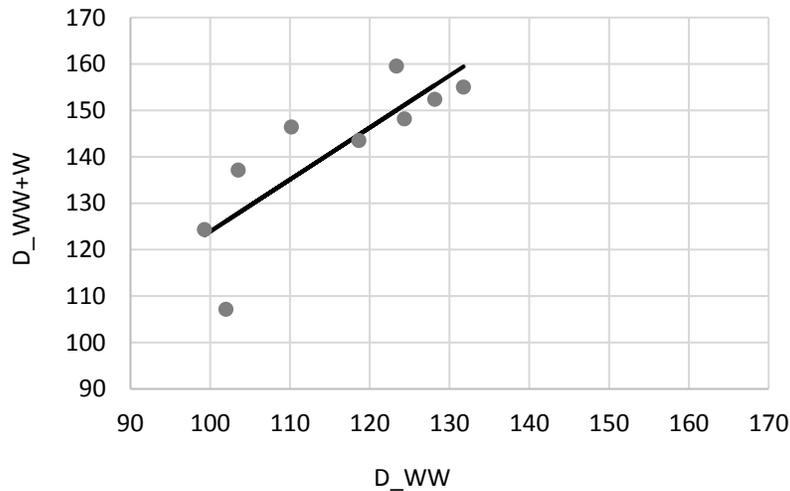


Figura 2. Representación gráfica de la prueba de intervalos de confianza, aplicada a la recta ajustada al número promedio anual de días con tormentas reportadas por tiempo presente (D_WW) y las reportadas tanto por tiempo presente como pasado (D_WW+W) para cada una de las estaciones en estudio

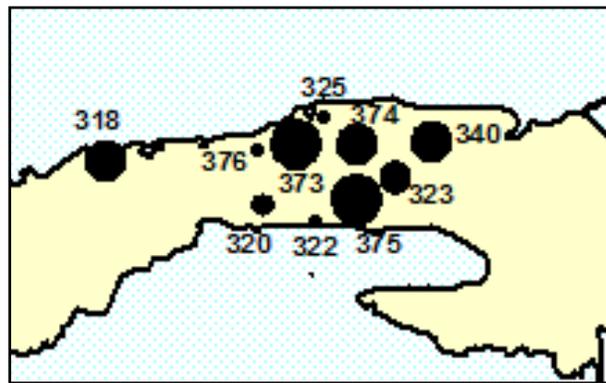


Figura 3. Representación de la distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el área y periodo de estudio

montañoso. La 340 se ve favorecida por su localización en un valle intramontano perteneciente a la Llanura Habana-Matanzas.

Los mayores porcentos de ocurrencia del fenómeno fueron registrados por la estación de Santiago de las Vegas con un 11,5% (valor

máximo) y Melena del Sur con 11,1%, ambas obtuvieron la calificación “muy frecuente”. Las estaciones de Bahía Honda (373), Bainoa (340) y Tapaste (374) presentan la calificación “frecuente”, con 10,8%, 10,6% y 10,0% respectivamente. El calificativo “medianamente frecuente” lo tuvo Güines

(323) con un 9,0%. La estación de Güira de Melena (320), con un 8,8% se calificó de “poco frecuente”, mientras que Bauta (376) y Casa Blanca (325) con sus respectivos valores de 7,7% y 7,0% (valor mínimo) quedaron definidas como “muy poco frecuente”.

En cuanto a la distribución espacial del nivel cerámico o número promedio anual de días con tormenta se puede definir al igual que para la otra variable un aumento desde las costas hacia el interior del territorio, teniendo en cuenta la excepción que constituye Bahía Honda.

En la [figura 4](#) se puede observar que las estaciones con mayor número promedio de días con tormenta fueron Melena del Sur (375) con 160 días (valor máximo), Bahía Honda (318) con 155 días y Bainoa (340) con 152 días, las cuales presentaron el calificativo “muy frecuente”. Las estaciones de Güira de Melena (320), Santiago de las Vegas (373) y Güines (323) presentaron la calificación “frecuente”, con 150, 148 y 146 días respectivamente. El calificativo “medianamente frecuente” lo tuvo Tapaste (374) con 143 días y Bauta (376) con 137 días. La estación de Casa Blanca (325) presentó un promedio de 124 días, lo cual le otorgó la calificación “poco frecuente” mientras que Batabanó (322) contó con 107 días (valor mínimo) y por tanto se definió como “muy poco frecuente”.

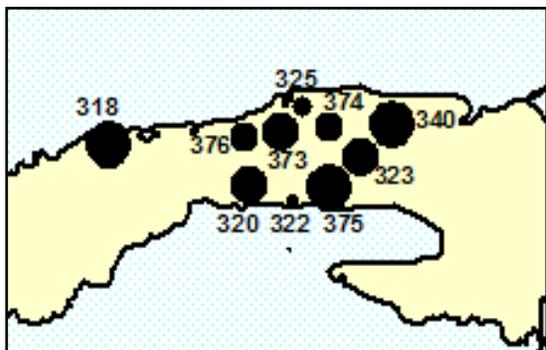


Figura 4. Representación de la distribución espacial del número promedio anual de días con tormenta para la región y período de estudio

Haciendo una comparación entre el mapa de distribución del número promedio anual de

días con tormenta, obtenido en el presente estudio, con el último desarrollado por Álvarez, L. en el año 2016 para todo el territorio nacional con cierre de la información en el 2010, se observa que coinciden las áreas de máximos y mínimos de ocurrencia del fenómeno para la zona de estudio, teniendo en cuenta que los valores actuales son más elevados debido a que se tuvo en cuenta además el código de tiempo pasado.

Al comparar los dos mapas de distribución espacial, obtenidos en la presente investigación, se observa que existen casos donde la misma estación presenta calificativos diferentes, incluso opuestos. Esto es climáticamente lógico, puesto que una estación puede presentar un gran número de días con tormentas, mientras que por día puede quedar registrada una sola observación del fenómeno; esto se evidencia en la estación 376, la cual presenta calificación de medianamente frecuente para la distribución del número de días, y muy poco frecuente para la distribución de la frecuencia de ocurrencia. Otro que puede ocurrir es que las tormentas tengan gran duración o que se presente más de una al día, entonces los valores de frecuencia de ocurrencia serían mayores; esto fue lo sucedido en los casos de las estaciones de Santiago de las Vegas y Tapaste.

Del presente estudio se observa que las tormentas calculadas a partir de los registros de código de estado de tiempo pasado, presenta un comportamiento climático similar a las calculadas teniendo en cuenta el código de estado de tiempo presente, pero la introducción de las tormentas dadas por tiempo pasado marca una diferencia significativa en el cálculo de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y el nivel cerámico.

CONCLUSIONES

Las series de código de estado de tiempo pasado para las estaciones en estudio presentaron la calidad suficiente para acometer estudios climáticos. Las series de código de

estado de tiempo presente también presentaron buenas calificaciones, por lo que se pudo realizar comparaciones entre ambos registros.

Las tormentas contabilizadas a partir del código de estado de tiempo pasado, aportan una información significativa tanto al cálculo de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, con un aumento del 3%, como al número promedio anual de días con tormentas, con un aumento de 25 días en el área de estudio.

La distribución espacial por rangos de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta y del número promedio anual de días con tormenta, es similar a la calculada anteriormente por tiempo presente para el área de estudio, con valores bajos cercanos a la costa y altos alejados de esta.

RECOMENDACIONES

Se recomienda extender el presente estudio a todas las estaciones del país.

Se recomienda hacer una nueva versión del mapa de niveles ceráunicos donde se tenga en cuenta el aporte del código de estado de tiempo pasado.

REFERENCIAS

- Albrecht, R.I., et al. (2016). *Where are the lightning hotspots on Earth?* Bulletin of the American Meteorological Society. 97(11): p. 2051-2068.
- 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.
- 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 pp.
- Álvarez, L.; R. Álvarez.; I. Borrajero; L. Aenlle (2005b). *Distribución espacial de*

las tormentas eléctricas y su tendencia en la región occidental de la Isla de Cuba. Revista Cubana de Meteorología, 12(2) 35-42.

Álvarez, L. (2006a). *Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia*. Tesis presentada en opción del grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas, UDICT, Instituto de Meteorología, 149 pp.

Álvarez, L.; I. Borrajero; R. Álvarez (2006b). *Análisis de la tendencia de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta, de tormentas con lluvia y de días con tormenta para el territorio cubano*. Revista Cubana de Meteorología, 13(1), 83 - 94.

Álvarez, L., I. Borrajero, R. Álvarez, L. Aenlle (2006c). *Relación entre probabilidad de ocurrencia de días con lluvia y tormentas eléctricas en Casablanca y Camagüey*. IAHS Red Books, Publ. 308, 300 - 305.

Álvarez, L.; I. Borrajero; R. Álvarez; L. Aenlle; N. Fernández; C. Iraola (2009c). *Análisis de la representatividad de los datos de código de tiempo pasado para el fenómeno niebla*. Memorias del V Congreso Cubano de Meteorología. Ciudad Habana, del 30 de noviembre al 4 de diciembre del 2009. Publicación electrónica, ISBN 978-959-7167-20-4, F:\Data\Trabajos completos.pdf, pp. 1486 – 1500.

Álvarez, L., et al. (2010). *Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba*. Instituto de Meteorología.

Álvarez, L. y I. Borrajero (2016c). *Distribución espacial de fenómenos meteorológicos en Cuba clasificados a partir del código de tiempo presente*. Instituto de Meteorología.

Álvarez, R. (1983). *Turbonadas en Cuba respecto a su localización geográfica por las precipitaciones*. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 7: 111 – 115.

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. (2001a). *Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part I: Seasonal and Interannual Variations*. Journal of Climate, 14(6): 1092–1111.
- Dai A. (2001b). *Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations*. Journal of Climate, 14(6): 1112–1128.
- García-Santos, Y. (2017). *Climatología de las tormentas eléctricas para La Habana, Artemisa y Mayabeque, a partir del código de estado de tiempo pasado*. Tesis presentada en opción al título académico de Licenciado en Meteorología, UDICT, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. 77 pp.
- Jurado, J.M. (2008). *Aplicación de Microsoft Excel a la Química Analítica: validación de métodos analíticos*. Sevilla: Universidad de Sevilla-Departamento de Química Analítica.
- Lecha, L. B.; L. R. Paz, B. Lapinel, [editores] (1994). *El Clima de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 186 pp.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial) (1956). *World distribution thunderstorm days*. WMO No. 21, TP 21, 71 pp.
- Orville, R. E., G. R. Huffines, W. R. Burrows, R. L. Holle, K. L. Cummins (2002). *The North American Lightning Detection Network (NALDN)—First Results: 1998–2000*. Monthly Weather Review, 130: 2098 – 2109.
- Ostle, B. (1980). *Estadística aplicada, editorial científico técnica*. Mexico DF.
- Pessi, A. T., S. Businger (2009). *Relationships among Lightning, Precipitation, and Hydrometeor Characteristics over the North Pacific Ocean*. J. Appl. Meteor. Climatol., 48, 833–848.
- Sneyers, R. (1990): *On the statistical analysis of series of observations*. Technical Note No. 143, WMO No. 415, 192 pp.
- Virts, K.S., et al. (2013). *Highlights of a new ground-based, hourly global lightning climatology*. Bulletin of the American Meteorological Society. 94(9): p. 1381-1391.
- WMO (1988). *Manual on codes*. WMO – No. 306, Volume 1, Sección D.