

Hora de inicio de las tormentas eléctricas en la provincia Guantánamo
Starting time of electrical storms for the Guantánamo province

Autores:

MSc. Yanneyis Rojas-Díaz¹, <https://orcid.org/0000-0002-8755-5441>

Dr.c Lourdes Álvarez-Escudero², <https://orcid.org/0000-0003-0663-914X>

MSc. Israel Borrajero-Montejo², <https://orcid.org/0000-0002-8372-6864>

MSc. Enrique Perigó-Roman¹, <https://orcid.org/00-0002-0916-0487>

Organismo: ¹Centro Meteorológico Provincial, Guantánamo, Cuba. ²Centro de Física de las Nubes, Insmet, Cuba.

E-mail: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu; lourdes.alvarez@insmet.cu

Fecha de recibido: 21 sept. 2022

Fecha de aprobado: 27 nov. 2022

Resumen

Las tormentas eléctricas causan grandes daños socioeconómicos en las zonas donde impactan, lo cual resulta primordial determinar la hora de inicio. Para la realización del estudio fueron consultados los registros del modelo de fenómeno de las 5 estaciones meteorológicas con que cuenta la provincia de Guantánamo, concernientes al periodo 1980 – 2022. Los datos obtenidos se organizaron y procesaron por medio de la herramienta informática Microsoft Excel. Se concluye que la hora de inicio de las tormentas se produce con mayor frecuencia entre las 12:00 - 13:00 horas del meridiano 75^o W, excepto en la estación 368 ocurre entre las 14:00 - 15:00 horas; mientras que los mayores números de casos ocurren durante el período activo, siendo también de importancia el horario de inicio entre las 00:00 - 01:00 horas de la madrugada. Esta investigación constituye una herramienta en la gestión preventiva para mitigar los daños que estas tormentas generan.

Palabras claves: Tormentas eléctricas; Hora de inicio; Periodo activo

Abstract

Electrical storms cause great socioeconomic damage in the areas where they impact, which is essential to determine their start time. To carry out the study, the records of the phenomenon model of the 5 meteorological stations that the province of Guantánamo has, concerning the period 1980 - 2022, were consulted. The data obtained was organized and processed by means of the Microsoft Excel computer tool. It is concluded that the start time of the storms occurs most frequently between 12:00 - 13:00 hours of the 75° W meridian, except at station 368 it occurs between 14:00 - 15:00 hours; while the largest numbers of cases occur during the active period, the start time between 00:00 - 01:00 in the morning is also important. This research constitutes a tool in preventive management to mitigate the damage they generate.

Keywords: Thunderstorms; Start time; Active period

Introducción

Las tormentas eléctricas (TE) generan adversidades de alto impacto socioeconómico sobre un determinado territorio; su estudio es de indiscutible interés para la comunidad científica dedicada a las ciencias meteorológicas debido a su compleja estructura interna, mecanismos de formación y rápida evolución; así como las particularidades de sus pronóstico, debido a su carácter local y a la severidad de las mismas, que en ocasiones, producen tornados, trombas marinas, vientos lineales fuertes o granizos; ellos constituyen elementos que caracterizan a éstos fenómenos.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992), en su vocabulario, define como tormenta eléctrica (TE), a una descarga brusca de electricidad atmosférica que se manifiesta por un resplandor breve (relámpago) y por un ruido seco o un estruendo sordo (trueno). Las tormentas eléctricas, se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y suelen acompañarse de precipitaciones en forma de chubascos, de lluvia, de hielo, nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo.

Las investigaciones relacionadas sobre la distribución espacio temporal de las TE gozan de amplitud y diversidad, abarcando trabajos tanto extranjeros como nacionales sobre todo a partir de los registros de estaciones en superficie. En China (WRC,1942) encontraron que “el 60% de las TE ocurren entre las 13:00 y las 21:00 hora local”. Byers y Braham (1948), observaron que las tormentas son más numerosas entre las 12:00 y las 18:00 hora local.

Fujibe (1988) al estudiar la variación diurna de la frecuencia de tormentas en el verano sobre Japón, encontró que en las estaciones tierra adentro, las horas de mayor ocurrencia están entre las 15 y las 18 hora local, a diferencia de las estaciones con influencia marítima y peninsulares donde los máximos se encuentran entre las 03 y 06 hora local, con excepción de las Islas Nansei donde ocurren entre las 12 y las 15 hora local.

Changnon, en 1988 y Dai, en 2001a; 2001b abordaron la marcha diaria de las tormentas y otros como los estudios de Orville et al., 2002; Virts et al., 2013; Cecil et al., 2014 y Albrecht et al., en el 2016 estuvieron realizados con información de dispositivos detectores de tormentas y con datos de satélites. Todos coinciden en que la mayor ocurrencia se concentra en horas de la tarde.

En el territorio cubano se destacan los trabajos de Fernández (1979), Alfonso (1994), y Gancedo (1981), donde analizan la hora de comienzo y final de las tormentas en estaciones específicas, relacionándolas con las precipitaciones y con un enfoque más regional. Álvarez (2006) en su estudio sobre la marcha diaria, encontró que en la mayoría de las estaciones la hora de mayor frecuencia de ocurrencia de las tormentas es las 16 hora local, aunque algunas estaciones presentaban máximos más tempranos o tardíos y que entre el 60 y el 95% del total de las observaciones del fenómeno ocurren en horarios diurnos (07 a 19 hora local).

Seguidamente Álvarez et al., 2013, en nuevos estudios, determinó que para todas las estaciones del país el 84% de las observaciones con tormenta ocurren entre las 13y las 19 hora local. Como una continuidad lógica, en el 2016 realizaron otros estudios de la marcha diaria de fenómenos para el periodo 2005 – 2010, que era el único periodo con información suficiente y sin sesgos para analizar el ciclo diurno y encontraron, al igual que en estudios anteriores, que las tormentas presentaban una ocurrencia marcadamente vespertina, con máximo a las 16 hora local en la mayoría de las estaciones en estudio.

García et al., 2018 realizó un estudio para las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque, encontrando la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con TE con la serie 2000 - 2016 y utilizando el tiempo pasado, arrojando que son más frecuentes en las tardes, a las 19 hora local. El más reciente trabajo es el de Álvarez et al., 2021, donde se caracterizó la marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta

para todas las estaciones meteorológicas de Cuba, a partir de los registros de código de estado de tiempo presente y pasado, determinando su ocurrencia máxima entre las 16 y las 19 hora local, donde la mayoría de las estaciones presentan un máximo absoluto.

El conocimiento sobre las TE que tengan los órganos de gobierno, de Defensa Civil y la población en general, es vital en la toma de decisiones en aras de reducir vulnerabilidades y sus efectos en lo económico - social, además de contribuir al fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana en el territorio y de su valoración económica en la prestación de Servicios Científicos – Técnicos. Aparejado al desarrollo tecnológico se hace imprescindible la protección contra los efectos adversos provocados por este fenómeno. Su divulgación reviste especial importancia y cobra un alto valor científico y práctico, resultando crucial en la salvaguarda de vidas humanas, si tenemos en cuenta que constituyen la principal causa de muerte por fenómenos naturales en Cuba, Valdera et al., 2018.

El conocimiento de la propia actividad eléctrica tiene un valor significativo sobre un numeroso grupo de actividades, entre las que se pueden mencionar los del sistema energético territorial, las telecomunicaciones, la agricultura u otras ramas de la economía, que sean susceptibles al efecto negativo de la misma, pero adquieren una mayor relevancia cuando afectan alguna zona de interés socioeconómico.

Se considera novedoso el tema investigado, toda vez que, en las literaturas consultadas para el estudio y análisis científico, no se han encontrado investigaciones similares con esta fuente de información para la provincia Guantánamo.

El objetivo es determinar la hora de inicio de las tormentas eléctricas para la provincia Guantánamo durante el periodo 1996 - 2022.

Materiales y métodos

En uno de los trabajos iniciales sobre días con TE en los Estados Unidos, Evans y McEachron (1938) criticaron el problema de la forma de definir el día con tormenta a partir de escuchar el trueno en la estación, porque planteaban “que todas las estaciones no tienen la misma capacidad para oír el trueno, lo que puede introducir cierto riesgo en la distribución de frecuencia”. En el caso de los datos tomados para este estudio no cabe la posibilidad de este error, pues éstas tienen posibilidad de observar la nubosidad y escuchar el trueno en todas las direcciones a su alrededor.

Para el estudio de la hora de inicio se trabajó con las observaciones de cantidad de TE; los datos fueron extraídos del “modelo de registro de fenómenos” del Libro de Asentamiento de las Observaciones en las cinco estaciones meteorológicas del INSMET perteneciente a la provincia Guantánamo, para un período de 27 años (1996 – 2022), lo que constituye un total de 19 361 observaciones con TE según datos.

Se mantuvo el criterio establecido por la OMM (1988) para el cifrado de los mensajes sinópticos, y en Cuba por el INSMET para su asentamiento en el modelo de fenómenos, o sea, se considera que en la estación se produce una tormenta a partir del momento en que se oye el primer trueno, se vean o no relámpagos o se produzcan o no precipitaciones en la estación. Se indicará tormenta en tiempo presente si se oye tronar durante el período normal de observación que precede a la hora del informe. Se considerará que una tormenta ha terminado con el último trueno que se oyó, y no se oyen truenos en el curso de los 10-15 minutos siguientes.

Para determinar la hora de inicio de las TE se procesaron y analizaron los datos recogidos en el área de estudio; debido a que los datos son de 27 años, se optó por trabajar con los datos mensuales de inicio de las TE. Con el uso del SPSS 23.1 y el Excel se obtuvo la serie de tablas de referencia para la presentación de los resultados en tablas y gráficos lineales.

Resultados y discusión

Hora de inicio de las Tormentas Eléctricas

La provincia Guantánamo posee 5 estaciones meteorológicas, localizadas en varias zonas como se muestran en la fig. 1, de las cuales se utilizaron los libros de registros para el presente estudio. Las estaciones de Guantánamo (78368) y del Valle de Caujerí (78319) se ubican en valles intramontanos correspondientes a los municipios de Guantánamo y San Antonio del Sur, en ese orden; mientras que las estaciones de Jamal (78356) y Palenque de Yateras (78334) se localizan en áreas montañosas y semi-montañosas de los municipios Yateras y Baracoa, respectivamente. Punta de Maisí (78369) es la única estación ubicada en una zona costera, en este caso perteneciente al municipio Maisí.

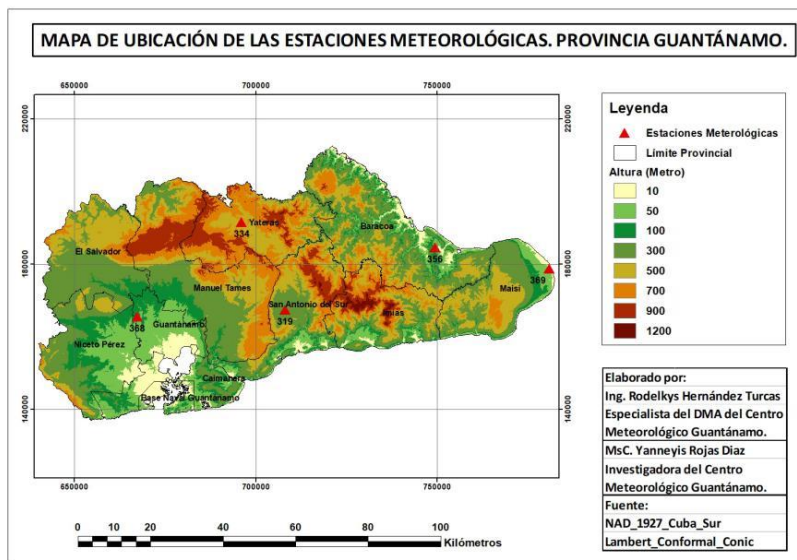


Figura.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo.

Para la determinación de la hora de comienzo de las TE se utilizó la división del día en 4 períodos, según la terminología empleada en el Manual de Procedimientos Operacionales Ordinarios del Sistema Nacional de Pronósticos, 2018.

Durante el horario de la mañana (06:01 am - 12:00 pm) la hora de inicio de las TE en sentido general para todas las estaciones se encuentran entre las 11:01 a 12:00 horas, siendo notable un incremento de los reportes en las estaciones 334, 319 y 356, mientras que en la 368 y la 369 evidencian los menores números de casos. Se destaca un pico secundario de inicialización, entre las 6:01 a 07:00 horas para las estaciones 356, 319 y 369, resaltándose en cantidad de reportes; mientras que las estaciones 334 y 368 lo presentaron entre las 10:01 a 11:00h. Aunque es bastante homogéneo se observa en los reportes algunas dispersiones, como ocurre en la estación 356, en la que es notable la ocurrencia de TE en cualquier hora diurna. En la estación 334 a medida que se acerca las 12:00h existe mayor probabilidad de inicio de las TE.

Durante la tarde (12:01 pm - 06:00 pm) se resalta que en cuatro estaciones las tormentas inician más tempranamente, presentándose el máximo absoluto de ocurrencia entre las 12:01 a 13:00 horas, aproximadamente; en este caso están las estaciones 334, 319, 356 y 369 con los reportes más relevantes, mientras que la 368 muestra su máximo inicial en el intervalo entre las 14:01 a 15:00 horas.

Debemos resaltar que durante la tarde se evidencia un segundo horario pico en el comienzo de las TE, que es el comprendido entre las 13:01 a 14:00 horas del meridiano 75⁰W para las estaciones 334, 368, 356 y 369, mientras que en la 319 lo refleja entre las 14:01 a 15:00 horas. En la noche (06:01pm -12:00pm) las estaciones 368, 334 y 319 presentan un máximo absoluto de comienzo de las TE entre las 18:01 - 19:00 horas, sin embargo, las estaciones 356 y 369 lo muestran más tardíamente, entre las 21:01 - 22:00 horas. En este periodo del día analizado se revela un segundo horario de importancia en las estaciones 368, 356 y 369, el comprendido entre las 19:01 - 20:00 horas. En la 356 se evidencia más temprano, entre las 18:01 - 19:00 horas, y en la 319 se produce entre las 21:01 - 22:00 horas.

Es notoria la baja frecuencia de ocurrencia de TE en el horario de la madrugada (12:01pm - 06:00am). No obstante, se evidencia un crecimiento de las mismas en todas las estaciones, al presentarse un máximo absoluto entre las 00:01 - 01:00 hora, aproximadamente, siendo las estaciones 356, 334 y 369 las que definen el mayor número de reportes, siguiéndole la 319 y 368 con los menores reportes. También se ilustra otro horario de interés, enmarcado entre las 03:01 - 04:00 horas, donde su comienzo vuelve a ser significativo en las estaciones 356 y 369 con la mayor cantidad de reportes. Los resultados arrojados para la estación 369 coinciden con los estudios de (Viota,1978), al plantear que es muy raro escuchar truenos durante la madrugada y la mañana, excepto en las costas, donde la actividad marítima es perceptible en ocasiones; mientras que la estación 356 al estar ubicada en una zona de clima tropical lluvioso bajo la presencia permanente de la influencia de los vientos alisios, trayendo como consecuencia un gran humedecimiento en la vertiente norte del macizo montañoso Sagua Baracoa, porque este se interpone al paso de dichos vientos, originando grandes lluvias orográficas, lo que justifica el comportamiento de la TE para esta estación durante ese horario. De todos los periodos analizados, las TE inician con mayor frecuencia durante la tarde, experimentando un aumento en horas del mediodía y una disminución gradual durante la tarde, como se muestra en la **tabla 1**.

Tabla 1. Principales horas de inicio de TE por estaciones en la provincia Guantánamo, periodo 1996 - 2022.

Estación	Madrugada		Mañana		Tarde		Noche	
	Hora	Reporte	Hora	Reporte	Hora	Reporte	Hora	Reporte
356	00:01-01:00	288	11:01-12:00	339	12:01-13:00	566	21:00-22:00	159
334	00:01-01:00	212	11:01-12:00	385	12:01-13:00	952	16:01-17:00	165
319	00:01-01:00	126	11:01-12:00	349	12:01-13:00	741	16:01-17:00	108
369	00:01-01:00	170	11:01-12:00	130	12:01-13:00	236	21:01-22:00	92
368	00:01-01:00	105	11:01-12:00	252	14:01-15:00	809	16:01-17:00	334

Hora de inicio de las Tormentas Eléctricas en la provincia Guantánamo.

De los 19 361 reportes sobre la hora de inicio de las TE en las cinco estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo, se identifica para el horario de la mañana un interés

meteorológico entre las 11:00 - 12:00 horas para todo el territorio provincial, y entre las 06:00 - 07:00 horas se destaca un segundo intervalo en el territorio.

Durante la tarde, los reportes indican la hora de inicio entre las 12:00 - 13:00 horas, pudiendo desplazarse hasta las 15:00 horas. En la noche es común el inicio de TE a partir de las 18:01 hasta las 20:00 horas, llegando algunos casos hasta las 22:00 horas, como se observa en la **figura 2**.

En la madrugada el horario comprendido desde las 00:0 - 01:00 hora es identificado como de inicio de las TE en la provincia Guantánamo.

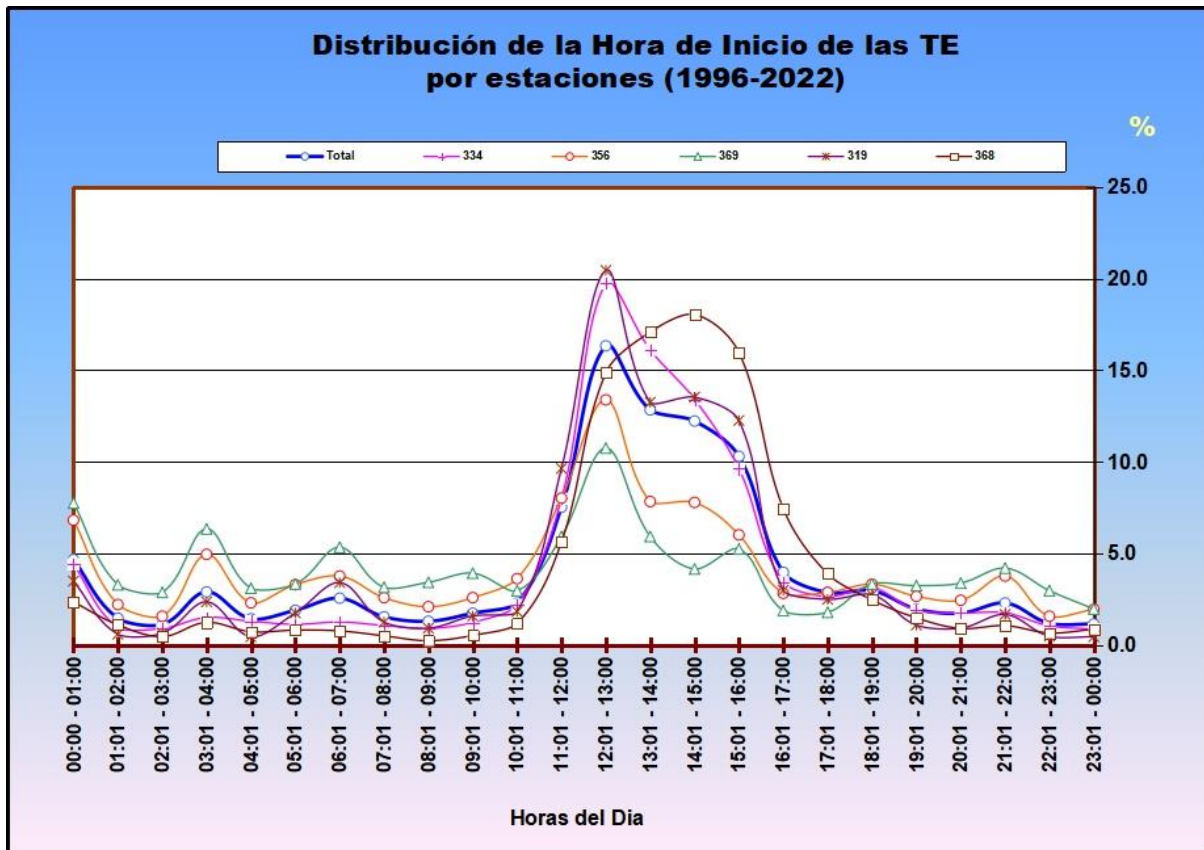


Figura.2. Distribución de la hora de inicio de las tormentas eléctricas por estaciones meteorológicas de la provincia Guantánamo, en el período 1996 -2022.

Teniendo en cuenta la división general del tiempo meteorológico en Cuba en dos periodos (activo y poco activo) para la provincia se ha identificado que el periodo activo esta en concordancia con los resultados de (Rego, 1984), que encontró que la época de gran actividad de tormentas inicia en mayo y termina en octubre, representando el 86.7% de ocurrencia de TE para la región más oriental del país. Los horarios de inicio más representativos corresponden a la tarde, desde las 13:00 - 14:00 horas, con 5101 reportes, y menos representativos en la madrugada, destacándose en ocurrencia el de las 00:00 - 01:00h. Estos resultados tienen similitud con los de Álvarez et al., 2021, que, aunque no llegan hasta las 20:00 horas, si están dentro del período de tiempo encontrando en sus investigaciones.

En el periodo poco activo ocurren el 13.3 % de la TE, según reportes, pero con mayor incidencia en el horario de la tarde entre las 15:00 - 16:00 horas y coincidente con el periodo activo, es en la madrugada donde menos inician las TE, destacándose el horario entre las 00:01 - 01:00 hora.

Tabla 2. Principales horas de inicio de TE por periodos en Guantánamo (1996-2022).

División del Día por Periodos	PeríodoLluvioso		PeríodoPocoLluvioso	
	Horario	Reportes	Horario	Reportes
Madrugada	00:00-01:00	781	00:00-01:00	120
Mañana	11:00-12:00	1349	11:00-12:00	106
Tarde	13:01a14:00	5101	14:00-15:00	396
Noche	16:00-17:00	576	16:00-17:00	191

En sentido general, estacionalmente y por periodos, la hora de inicio de las TE para la provincia Guantánamo es más común el horario entre las 11:00 a las 14:00 horas, correspondiente al tránsito de la mañana a la tarde. En el horario de la noche y la madrugada, aunque ocurren menos TE, se debe intensificar la vigilancia por ser el horario donde las personas duermen y los daños pueden aumentar por lo que pronosticar estas situaciones meteorológicas adversas puede convertirse en una herramienta muy útil para poder anticiparse a las posibles problemáticas que puedan afectar a la población y a la economía en general.

Conclusiones

Se identifica al periodo comprendido entre las 12:00 - 13:00 horas del meridiano 75° W como la hora de inicio de las tormentas eléctricas más representativo, y que puede extenderse hasta las 20:00 horas.

Durante la madrugada se evidencia un crecimiento de las tormentas en el horario entre las 00:00 - 01:00 hora de forma general para la provincia; aunque se le debe prestar atención a este intervalo sobre todo hacia zonas montañosas y de la costa norte por ser horario de sueño. Durante el periodo activo (mayo - octubre) el inicio de las tormentas se produce en el horario de la tarde: entre las 13:00 - 14:00 horas, seguido de la mañana, entre las 11:00 - 12:00 horas; mientras que en el periodo poco activo (noviembre – abril) el inicio de las tormentas tiene su mayor incidencia en la mañana, entre las 11:00 y las 12:00, seguido del horario entre las 14:01 - 15:00 y 15:00 -16:00 horas de la tarde donde alcanza su máxima frecuencia.

Bibliografía

- Alfonso, A., (1992). Descargas eléctricas en Cuba. Aspectos meteorológicos. En Revista Cubana de Meteorología, volumen 5 No. 2, 99 – 105 pp.
- Alfonso, A, (1994). Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Editorial Academia, La Habana.168 pp.
- Álvarez, L. (2006). 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, Instituto de Meteorología, 149 p. Available: UDICT Instituto de Meteorología <www.insmet.cu>.
- Álvarez, L, Borrajero, I, Álvarez, R, Rivero, I, Carnesoltas, M, Rojas Y. (2013). “Estudio de la marcha diaria de las series de frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta”. Ciencias de la Tierra y el Espacio, 14(1).
- Álvarez-Escudero, L., Borrajero, I., Rojas Y. 2021. “Caracterización de la marcha diaria de las tormentas con registros de tiempo presente y pasado”. Revista Cubana de Meteorología, 27(1), <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/525/924>

- Álvarez-Escudero, L.; Borrajero, I.; García-Santos, Y.; Roura, P.; Rodríguez, Y. 2019. "Aporte de la información de tiempo pasado a la contabilidad de tormentas en Cuba". Revista Cubana de Meteorología, 26(3), <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/525/924>
- Albrecht, R.; Goodman, S.; Buechler, D. Blakeslee, R. & Christian, H. 2016 "Where are the lightning hotspots on Earth?". BAMS, 97(11):2051-2068, DOI: 10.1175/BAMS-D-14-00193.1
- Byers H. R. y H. R. Rodebush, 1948: Causes of Thunderstorms of the Florida peninsula. J. Meteorol. 5 (6) , 275 – 280 pp.
- Changnon, S. A., 1988: Climatography of Thunder Events in the Conterminous United States. Part II: Spatial Aspects. Journal of Climate, 1(4): 399 – 405 pp.
- Cecil, D. J.; Buechler, D. E. & Blakeslee, R. J. 2014. "Gridded lightning climatology from TRMM - LIS and OTD: Dataset description". Atmospheric Research, 135 - 136: DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.06.028.
- 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.
- Evans E. A., K. B. McEachron, 1938: The Thunderstorm. Suplemento del reporte de la Institución Smithsonian de 1937. Smithsonian Institution, Washington D. C., Publicación 3455.
- Fernández, A. 1979: Los sistemas convectivos en la ciudad de Cienfuegos (inédito), IV Jornada Científica INSMET, La Habana, 14 pp.
- Fujibe F. (1988): Diurnal variation of precipitation and thunderstorm frequency in Japan in the warm season. Papers in meteorology and geophysics, 39(3).
- Gancedo, O., 1981: Horarios de formación de las tormentas en Santa Clara y su distribución. En Boletín trimestral sección de climatología, INSMET, Santa Clara.
- García-Santos, Y. & Álvarez-Escudero, L., 2018. "Climatología de las tormentas eléctricas determinadas a partir del código de estado de tiempo pasado". Revista Cubana de Meteorología, 24(2): 201-215, <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/426>
- OMM, 1956: World distribution thunderstorm days. WMO No. 21, TP 21, 71 pp.
- OMM, 1988: Manual de Claves. Vol. I, No. 306. Secretaría de la OMM, Ginebra, Suiza 352 pp.
- Orville, R. E.; Huffines, G. R.; Burrows, W. R.; Holle, R. L. & Cummins K. L. 2002. "The North American Lightning Detection Network (NALDN)-First Results: 1998-2000". Monthly Weather Review, 130.
- Virts, K. S.; Wallace, J. M.; Hutchins, M. L. & Holzworth, R. H. 2013. "Highlights of a New Ground-Based, Hourly Global Lightning Climatology". BAMS, 15: 1381 - 1391, DOI:10.1175/BAMS-D-12-00082.1.
- Viota, M., 1978: Las tormentas en Sagua la Grande. II Forum Terr. Est. Met. (inédito). INSMET, Santa Clara, 18 pp.
- Rego, J., M. Osorio, A. M. Carrión, 1984: Las tormentas en Cuba. Instituto de Meteorología. UDICT, ISMET. 5 pp.
- Valderá N. & García E. A. (2013). Comportamiento de las muertes por fulguración ocurridas en Cuba durante el periodo 1987 - 2012 [Artículo]. Memorias del VII Congreso Cubano de Meteorología, La Habana Cuba. <https://www.researchgate.net/328365232> Comportamiento de las muertes por fulguración ocurridas en Cuba durante el periodo 1987-2012.

Hombre, Ciencia y Tecnología ISSN: 1028-0871 Vol. 27, No. 1, ene-mar, p.66-74, 2023

WRC, 1942a: Climate and Weather of Southeast Asia. Part I. India, Burma and Southern China. Publications of the Weather Research Center, Vol.V, No.3,130 pp.