

Comportamiento espacial de las tormentas eléctricas en la provincia Guantánamo durante el periodo 1996-2022

Spatial behavior of electrical storms in Guantanamo province from 1996-2022

Autores:

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

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

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

Enrique Perigó-Roman¹, <https://orcid.org/0000-0002-0916-0487>

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;

israel.borrajero@insmet.cu; enrique.perigo@gtm.insmet

Fecha de recibido: 26 dic. 2022

Fecha de aprobado: 2 mar. 2023

Resumen

Se persigue determinar el comportamiento espacial de las tormentas eléctricas en la provincia Guantánamo, entre 1996 -2022 (27 años), a partir del modelo de fenómeno de las cinco estaciones meteorológicas del INSMET en la provincia, los cuales fueron analizados y procesados con el uso del Software SPSS 23 y la herramienta Microsoft Excel 2007. Se muestra el comportamiento mensual, por períodos y promedios de tormentas para cada una de las estaciones meteorológicas de la provincia en general. Los resultados arrojaron series homogéneas, evidenciándose un máximo de ocurrencia en el mes de septiembre y un mínimo en enero (tanto en la provincia, como en las estaciones). Se obtuvieron valores mensuales por encima de la media provincial en todas las estaciones. Esta investigación permite adentrarse y conocer las particularidades del comportamiento de las tormentas eléctricas en la provincia para elevar la efectividad de su pronóstico, así como la mitigación de sus impactos.

Palabras clave: Tormentas eléctricas; Estaciones meteorológicas

Abstract

The aim is to determine the spatial behavior of electrical storms in the Guantánamo province, between 1996-2022 (27 years), based on the phenomenon model of the five INSMET meteorological stations in the province, which were analyzed and processed with the use of the SPSS 23 Software and the Microsoft Excel 2007 tool. The monthly behavior is shown, by periods and average storms for each of the meteorological stations and for the province in general. The results showed homogeneous series, evidencing a maximum occurrence in the month of September and a minimum in January (both in the province and in the seasons). Monthly values above the provincial average were obtained in all stations. This investigation allows to enter and know the particularities of the behavior of electrical storms in the province, increase the effectiveness of its forecast, as well as the mitigation of its impacts.

Keywords: Thunderstorms; Weather stations

Introducción

Las tormentas eléctricas (TE) son las causantes de una parte considerable de los vientos y las lluvias fuertes que se registran en Cuba, especialmente en localidades del interior durante el período lluvioso (mayo a octubre) y hacia zonas de la costa norte, en el período poco lluvioso (noviembre- abril), jugando un rol importante en la energética de nuestro planeta, sobre todo en la zona tropical. La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992) la define como 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 o en ocasiones de nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo.

Diversas son las investigaciones realizadas a nivel internacional sobre las TE, destacándose los estudios del Weather Research Center, del Buró del Tiempo de los Estados Unidos en 1942, donde abordó un estudio del tiempo y el clima para varias regiones del planeta que contenía en su análisis el número de días con tormentas. Así se describen los resultados para la región sur de China (WRC, 1942a); para las costas africanas, específicamente la costa atlántica por encima del Ecuador (WRC;1942b); y para las Islas Británicas (WRC,1942c). Byers y Rodebush (1948) encontraron la relación estrecha entre las brisas costeras y las tormentas eléctricas en la Florida. Byers y Braham (1949) describieron el papel que desempeña el calentamiento diurno en la formación de las turbonadas. E. M. Rasmussen (1971), Kessler (1981) encontraron la frecuencia media horaria de ocurrencia de tormentas con un máximo en el Sudeste de los Estados Unidos y en las Montañas Rocosas, asociado con la fuerte tendencia que presentan las tormentas en esas zonas al ocurrir en horas de la tarde. Mientras que, en las planicies de la zona central del país, la tendencia es que la mayoría de las tormentas ocurran en horas de la noche. Manohar y Kesarkar (2004) realizaron un estudio de la distribución espacial del número de días con tormentas sobre la India para 4 estaciones durante las situaciones pre-monzónica, post-monzónica e invernal. Dai (Dai, 2001a; Dai, 2001b) trabajó la distribución mundial de tormentas y lluvias. Otros abordan el uso de satélites y dispositivos detectores de descargas en la realización de estudios climáticos (Orville et al., 2002; Virts et al., 2013; Cecil et al., 2014; Albrecht et al.,2016). Todos estos estudios coinciden que la mayor ocurrencia se corresponde con los veranos de cada hemisferio.

En Cuba se resaltan los trabajos de (Alfonso, 1980), (Alfonso y Florido, 1993) y (Lecha et al., 1994) que recoge un estudio detallado sobre las TE en Cuba. En la actualidad mención especial en las investigaciones de las TE referente a estudios climáticos basados mayormente en los registros de código de estado de tiempo presente son los de (Álvarez et al., 2006 a,b,c; Álvarez et al., 2013; Álvarez et al., 2016; Álvarez et al., 2019; Álvarez et al., 2020 y Álvarez et al., 2021), en éstas últimas incluye las observaciones de tiempo pasado.

El conocimiento que la Defensa Civil, los órganos de dirección y la población en general tengan sobre el comportamiento de la actividad eléctrica es de vital importancia en la toma de decisiones en aras de lograr la reducción de sus efectos, ya sea mediante medidas de protección, como el permanente perfeccionamiento de los sistemas de avisos anticipados debido a la incidencia negativa que estas tienen desde el punto de vista económico-social. Los resultados obtenidos resaltan su importancia en la labor básica de la Vigilancia Meteorológica Provincial, ya que todo conocimiento que se tenga acerca de su oportuna predicción constituye una herramienta de trabajo de gran valía para la Defensa Civil y los órganos decisores del partido y el gobierno en aras de la aplicación de medidas preventivas encaminadas a la reducción del riesgo y los daños ocasionados por estos desastres

naturales, pero además, este fenómeno tiene un efecto adverso en múltiples sectores de la economía; de ahí lo novedoso del tema investigado, toda vez que en las literaturas utilizadas para el estudio y análisis científico, solo se han encontrado investigaciones similares para el territorio por (Rojas et al., 2008).

El objetivo del presente trabajo es determinar el comportamiento espacial de las tormentas eléctricas en la provincia Guantánamo en el período 1980-2022, lo cual permitirá contribuir a mitigar su impacto social, pues las mismas son capaces de producir daños considerables a la población y a la economía en general.

Materiales y métodos

Los datos que se emplearon en el presente trabajo para el análisis de la cantidad de TE fueron extraídos del modelo de fenómeno, del Libro de Asentamiento de las Observaciones de las 5 estaciones meteorológicas del INSMET en la provincia Guantánamo, para un período de 27 años (1996 – 2022), abarcando una muestra de 19 361 tormentas eléctricas de 315 meses con datos.

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 sesgo en la distribución de frecuencia”. En el caso de los datos tomados para este estudio no cabe la posibilidad de este error, pues fueron tomados de las 5 estaciones de la provincia, las que tienen posibilidad de observar la nubosidad y escuchar el trueno en todas las direcciones a su alrededor.

Se optó por trabajar con los datos mensuales, a los cuales se le eliminó la estacionalidad y se le aplicaron los estadígrafos de tendencia. Partiendo de la serie de datos de “Cantidad de Tormentas Eléctricas”, se determinó la “Cantidad de días con Tormentas”. Con la finalidad de determinar las características de cada serie, se le eliminó primero a ambas la estacionalidad con ayuda del sistema SPSS, versión 23, y luego se le aplicaron los test de Wald-Wolfowitz, de Spearman, de Mann- Kendall- y Pettit a un nivel de significación de 0,05. Estos test se encuentran en el software WINSTAT (Borrajero, comunicación personal) en base al trabajo de Sneyers (1990).

Con el uso del SPSS 23 y el Excel 2007 se ordenó una base de datos del período estudiado, con los cuales se elaboraron los resultados de la investigación, lo que permitió mostrar mediante tablas y gráficos el comportamiento de su distribución anual, mensual y promedio de las TE en la provincia y por estaciones meteorológicas.

Resultados y discusión

Los resultados de la aplicación de las pruebas no paramétricas para la homogeneidad de la serie, arrojaron que no existen evidencias significativas de tendencias crecientes o decrecientes, ni puntos de cambio en las series, para ninguna de las estaciones durante los años tomados para el estudio; por lo que el comportamiento de las series puede considerarse homogénea. Los resultados muestran la anomalía para la cantidad de TE en el período 1996 – 2022 para el total de la provincia, permitiendo visualizar el carácter oscilatorio de la misma para el período de estudio, lo que tiene como base la falta de tendencia en la serie.

Distribución de las Tormentas Eléctricas en el período 1996-2022.

La media anual de TE en el período 1996 – 2022 para toda la provincia Guantánamo fue de 717. Si se compara la distribución anual de TE en la provincia con la del resto del país, no es de sorprender que sea menor, ya que en general se puede apreciar que aumentan a medida

que se avanza de oriente a occidente del territorio cubano, resultado que coincide con lo señalado por Lecha et al., (1994).

En el análisis de la distribución por años de estas tormentas se resalta que 27 años estuvieron por encima de la media para la provincia, sobresaliendo los años 2007 y 2005 como los de mayor actividad eléctrica, mientras que los de menor incidencia fueron 1996 y 2022.

Distribución de la cantidad de tormentas eléctricas por meses y por períodos.

La distribución de la cantidad de TE en la provincia Guantánamo durante los años del período 1996 - 2022, muestra que durante el período de gran actividad ocurren el 86.8%, mientras que el 13.2% se produce durante el período de poca actividad. Además, durante el período activo ocurren como promedio 20.8 TE mes-1, mientras que durante el período poco activo ocurren sólo 3.2 TE mes-1.

La distribución de TE por meses y por períodos no es similar para todas las estaciones, como puede apreciarse en la Fig. 1. Se pueden distinguir dos aspectos significativos: primero, que en la estación 334 y 368 y la 356, ocurrieron la mayor cantidad de TE. Segundo, que, si se compara el período activo con respecto al total de TE ocurridas en el período de estudio, en estas estaciones ocurrieron el 85.8, 86.1 y 86.5%, respectivamente; mientras que en la estación 319 y la 369 del extremo oriental, ocurrieron con mayores frecuencias (89.0 y 87.1%, respectivamente).

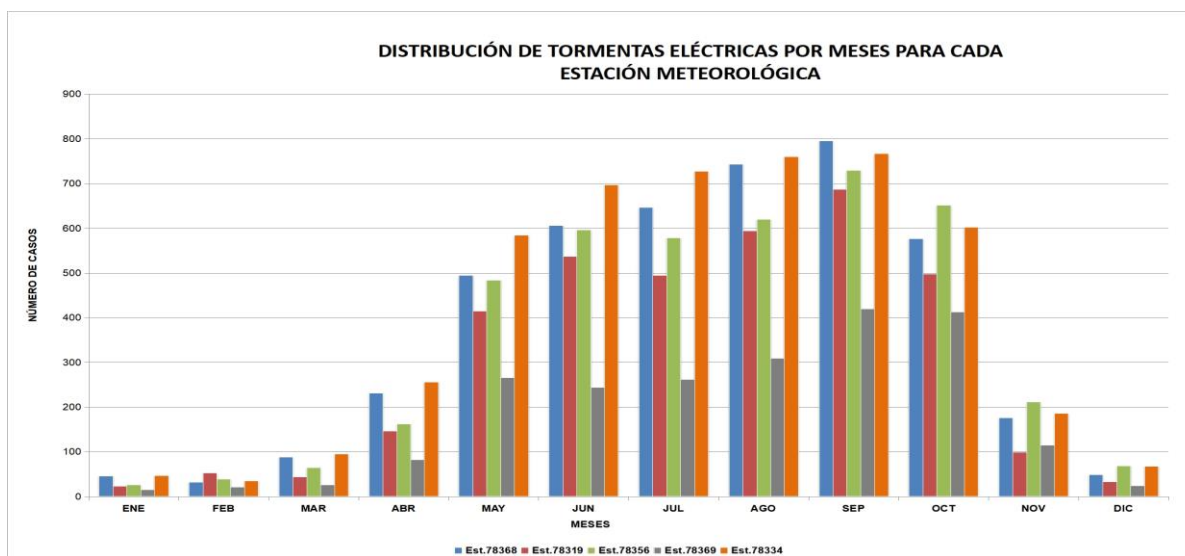


Fig.1 Distribución mensual de tormentas eléctricas para cada estación meteorológica de la provincia, en el período 1996 – 2022.

En el análisis mensual de la distribución de TE, se puede apreciar que para la estación 368, los meses de mayor ocurrencia de TE son los correspondiente al período activo, con un 24.4 de TE como media mensual (86.1%), destacándose los meses de septiembre, agosto y julio. Mientras que para el poco activo corresponde sólo 3.9 de TE como media mensual (13.9%), siendo febrero, enero y diciembre los meses de menor afectaciones.

Al compararse la estación 368 con la 319, se evidencia que esta última presenta una frecuencia de ocurrencia mayor (89.0%), pero con 19.9 tormentas como media, siendo septiembre, agosto y octubre los meses de mayor frecuencia. En el período poco activo sólo ocurre el 11.0 %, para una media de 2.5 tormentas.

Para la estación 356 los meses de mayor ocurrencia de tormentas son: septiembre, octubre y agosto (86.5% del período lluvioso), representando una media mensual de 22.6 de ocurrencia de TE, mientras que el 13.5% restante (3.5 de ocurrencia de TE como media mensual) corresponde al período poco activo. En la estación 334 también se aprecia que los meses de septiembre, agosto y julio son los de mayor ocurrencia de tormentas (85.8% de todo el período activo y con 25.5 tormentas por mes), mientras que en el período poco activo se produce el 14.2% restante, representando el 4.2 de ocurrencia de tormentas.

Los meses de máxima actividad de TE en la estación 369 se produce en septiembre, octubre y agosto (87.1% del período activo, lo que representa una media de 11.8 de ocurrencia de TE, mientras que en el período poco activo se produce el 12.9% restante, representando el 1.8 de ocurrencia de tormentas.

Al compararse los resultados anteriores se evidencia una desigual distribución mensual de las TE en la provincia, presentándose el mayor número de ocurrencia de TE como media en la estación 334, mientras que el valor más bajo de toda la provincia se produce en la estación 369.

Al calcular la relación entre el total de TE con respecto a la cantidad de días con TE, se aprecia que a pesar de que la estación 334 tiene la mayor cantidad de TE y número de días con tormentas, su relación es de 1.29, mientras que en la estación 356 dicha relación es de 1.61. Esto puede deberse a dos causas: 1) que ocurren mayor cantidad de TE al día; 2) que estas TE tienen mayor duración. Las relaciones del período activo, se mantienen similares al valor anual, sin embargo, durante el período poco activo disminuyen significativamente, lo que pudiera implicar que para dicho período las TE tuvieran un tiempo de duración menor sobre la estación.

Si se analiza el peso (en %) que cada estación posee con respecto al total de TE en la provincia de Guantánamo (19361 casos) en el período de 27 años, se puede observar que el 24.9% ocurrieron en estación 334, el 23.2% en la 368, el 21.9% en la 356, el 18.0% en la 319, mientras que en la 369 sólo el 11.4% como se observa en la **tabla 1**. En la distribución por períodos del año ocurre algo similar con los valores extremos en las mismas estaciones, ya que, durante el período activo, la mayor cantidad de TE ocurren en la estación 334 con el 21.4% y en la 369 sólo el 9.9%, mientras que durante el período poco activo en la estación 334 ocurren 3.5% y en la 369 es de 1.5%.

Tabla 1. Distribución (%) de Tormentas Eléctricas por Estaciones en cada Período contra el total de la provincia.

Estación	Período Activo	Período Poco Activo	Total
356	18.9	3.0	21.9
334	21.4	3.5	24.9
319	16.7	1.3	18.0
369	9.9	1.5	11.4
368	20.0	3.2	23.2

Distribución de días con tormentas eléctricas por estaciones meteorológicas durante el periodo 1996-2022.

De los 14078 días con TE ocurridos en toda la provincia en 27 años, el 85.8% se presentaron en el período activo y 14.2 % en el poco activo. En la distribución de los días con TE por meses, septiembre presenta el mayor número de días con 17.9, y enero el mínimo de días con tormentas con 0.9.

En la distribución promedio de días con TE al año la estación 334 (Palenque de Yateras) es la que mayor número presenta (138.6); siguiéndole en orden decreciente la estación 368 (Guantánamo) con 128.0, la estación 319 (Valle de Caujerí) tiene 102.9 y 97.0 la 356 (Jamal), y por último la 369 (Punta de Maisí) refleja el valor mínimo con 54.8.

En el número medio de días con TE separado por período de gran y de poca actividad, para cada estación, se resaltan las estaciones 334 como la de mayor número de días con TE en el período activo y la 369 como la de menor número de días con TE en el período poco activo.

Distribución mensual de días con tormentas eléctricas por estaciones.

El comportamiento de días con TE para la estación 368 muestra que durante el período activo ocurren el 84.6%, mientras que solamente el 15.4% corresponde al período poco activo. El mes con mayor número de días con TE es septiembre (575), siguiéndole agosto con (540) y julio con (498) siendo el mes de febrero el de menor cantidad con 27 días (período poco activo).

El comportamiento de días con TE para la estación 319 refleja que durante el período activo ocurren el 87.9%, mientras que solamente el 12.1% corresponde al período poco activo. El mes con mayor número de días con TE es septiembre con (511), siguiéndole agosto con (450) y junio con (407), siendo el mes de enero el de menor cantidad con 20 días (período poco activo).

El comportamiento de días con TE para la estación 356 arroja que durante el período activo ocurrieron el 85.6%, mientras que sólo el 14.4% corresponde al período poco activo. El mes con mayor de días con TE es septiembre con 445, siguiéndole octubre con 382 y agosto con 375 días, siendo el mes de enero el de menor cantidad con 18 días (período poco activo).

El comportamiento de días con TE para la estación 369 evidencia que durante el período activo ocurren el 86.5%, mientras que el 13.5% corresponde al período poco activo. El mes de mayores días con TE es septiembre, con 274 días, seguido de octubre con 258 y agosto con 210 días, siendo el mes de enero el de menor cantidad con 13 días (período poco activo).

El comportamiento de días con TE para la estación 334 se puede apreciar que durante el período activo ocurren el 85.4%, mientras que el 14.6% corresponde al período poco activo. El mes con mayor de días con TE es septiembre con 600, siguiéndole agosto con 562 y julio con 535 días, siendo el mes de enero el de menor cantidad con 32 días (período poco activo). En esta estación, al igual que en las demás, la cantidad de días con tormentas para cada mes siempre sobrepasa la media de la provincia.

En resumen, en el comportamiento descrito anteriormente de días con TE para las cinco estaciones meteorológicas de la provincia, puede apreciarse que durante el período activo todas las estaciones presentan su máximo en el mes de septiembre; mientras que en el período poco activo todas presentan su mínimo en el mes de enero. En cuanto al análisis de los meses que están por encima o por debajo de la media de la provincia, en todas las estaciones sus valores mensuales son superiores a la media provincial.

Conclusiones

Los resultados de la aplicación de los test no paramétricos para la homogeneidad de las series desde 1996-2022, arrojaron que no existen evidencias significativas de tendencias creciente o decreciente, ni puntos de cambio en las series para ninguna de las estaciones

durante los años que abarca el estudio, por lo que el comportamiento de las series puede considerarse homogéneo.

La cantidad media anual de TE en el período 1996 – 2022 para la provincia Guantánamo fue de 717; siendo septiembre el mes donde ocurre mayor cantidad de TE y días con TE; mientras que en el mes de enero se produce el mínimo de ocurrencia tanto en la provincia, como para todas las estaciones excepto en la 368 que presenta su menor valor en febrero.

Bibliografía

Alexander, W. H. 1924: Distribution of thunderstorms in the United States. Monthly Weather Review, 52(7): 337 – 348 pp.

Alfonso A. P. 1980. “Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud”. Informe Científico - Técnico No. 134, Instituto de Meteorología, 25 p., Available: UDICT Instituto de Meteorología <www.insmet.cu>.

Alfonso, A. P. & Florido, A. 1993. El clima de Matanzas. Editorial Academia, La Habana, 113 p.

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.; Aenlle, L. & Bárcenas, M. 2012. “Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba”. Revista Cubana de Meteorología, 18(1): 83-99.

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): 5- 13.

Álvarez-Escudero, L., Borrajero, I. 2016. “Estudio de la marcha diaria de fenómenos meteorológicos clasificados según el código de tiempo presente”. Cienc. Tierra y Esp., 17(2): 145-159, Recuperado de <http://www.iga.cu/publicaciones/revista/ctye17no2-art3.html>

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), Recuperado de <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/525/924>, ISSN:2664-0880.

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), Recuperado de <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.

Cecil, D. J.; Buechler, D. E. & Blakeslee, R. J. 2014. “Gridded lightning climatology from TRMM - LIS and OTD: Dataset description”. Atmospheric Research, 135 - 136: 404-414, DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.06.028.

Donn, W., P. Milic, and R. Brilliant, 1956: Gravity waves and the tropical sea breeze. Journal of Meteorology, 13, 356 – 361 pp.

- 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 3455,177-203 pp.
- Millás, C. J., 1943: La lluvia en la Habana. Folleto publicado por el Observatorio Nacional. Leído en la Academia de Ciencias en abril de 1942. 34 pp.
- Manohar, G. K. and A. P. Kesarkar, 2004: Climatology of Thunderstorm activity over the Indian region: II Spatial Distribution. *Mausam*, 56(1): 31 – 40 pp.
- Lecha, L., L. Paz y B. Lapinel, 1994: El clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 168 pp.
- OMM, 1992: Vocabulario Meteorológico Internacional. No. 182. Segunda edición, secretaria de la OMM, Ginebra, Suiza 784 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: 2098- 2109.
- Kessler, E. [editor, 1981]: Thunderstorms: a social, scientific, & technological documentary. Vol. I The Thunderstorm in human affairs. NOAA, Department of Commerce, U. S., 206 pp.
- Rego, J., M. Osorio, A. M. Carrión, 1984: Las tormentas en Cuba. Instituto de Meteorología. UDICT, ISMET. 5 pp.
- 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.
- 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*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/328365232 Comportamiento de las muertes por fulguración ocurridas en Cuba durante el periodo 1987-2012](https://www.researchgate.net/328365232_Comportamiento_de_las_muertes_por_fulguracion_ocurridas_en_Cuba_durante_el_periodo_1987-2012).
- WRC, 1942a: Climate and Weather of Southeaster Asia. Part I. India, Burma and Southern China. Publications of the Weather Research Center, Vol.V, No.3,130 pp.
- WRC, 1942b: Climate and Weather of the West Coast of Africa and the Eastern Atlantic Islands. Publications of the Weather Research Center, Vol. II, No. 3, 40 pp.
- WRC, 1942c: Climate and Weather of the British Isles. Publications of the Weather Research Center, Vol. VI, No.2, 126 pp.