

Distribución espacial de las tormentas locales severas en la región oriental durante el periodo 1980-2022

Spatial distribution of severe local storms in the eastern region during the period 1980-2022

Autores:

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

MSc. Alis Varela - de la Rosa², <https://orcid.org/0000-0001-6587-1920>

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

Ing. Rodelkys Hernández-Turcáz¹, <https://orcid.org/0000-0001-7592-613X>

Andrés Argón-Matos¹, <https://orcid.org/0000-0003-3152-2971>

Filiación institucional: ¹Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba. ²Centro de Pronóstico del Tiempo, Insmet, Cuba

E-mail: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu, alis.varela@insmet.cu,
rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu, enrique.perigo@gtm.insmet.cu,
andresragon@gtm.insmet.cu

Fecha de recibido: 21 jun. 2024

Fecha de aprobado: 25 ago. 2024

Resumen

Por los notables daños socioeconómicos que causan las Tormentas Locales Severas (TLS), su estudio reviste vital importancia desde el punto de vista científico y social. Se persigue representar, mediante mapas la distribución espacial de las tormentas locales severas en la región oriental, en el periodo 1980 - 2022; a partir de la revisión de las Notas Meteorológicas de los Centros Meteorológicos Provinciales, se creó una tabla de reportes, con las coordenadas geográficas de cada localidad donde hubo reportes, organizado en formato Office Excel para ser procesado con Quantum Gis, cuyo resultado se muestra con la salida de los diferentes mapas que representan la distribución espacial general de las tormentas locales severas y manifestación de severidad. Con ello se proporciona una herramienta eficaz para el aumento de la efectividad de los Sistemas de Vigilancia Meteorológica que se brindan en la región más oriental del país

Palabras clave: Tormenta local severa; Distribución espacial; Reportes; Mapas

Abstract

Due to the notable socioeconomic damage caused by Severe Local Storms (TLS), their study is of vital importance from a scientific and social point of view. The objective of the research is to represent through maps the spatial distribution of severe local storms in the eastern region, in the period 1980 - 2022; From the review of the Meteorological Notes prepared by the Provincial Meteorological Centers, a table of reports was created, where they were organized and processed, which included the geographical coordinates of each locality where there were reports, organized in Office Excel to be processed with Quantum Gis, the result of which is shown with the output of the different maps representing the general spatial distribution of severe local storms and manifestation of severity. An effective tool is provided to increase the effectiveness of the Meteorological Surveillance Systems that are provided in the easternmost region of the country.

Keywords: Severe local storm spatial distribution; Reports; Maps

Introducción

El Servicio Meteorológico en Cuba tiene establecido oficialmente el término de Tormenta Local Severa (TLS), como “toda tormenta local (en la escala mesogamma de Orlanski (1975), en general eléctrica, que presenta uno o varios de los siguientes fenómenos, que se consideran severos: tornado; turbonada con racha de vientos lineales de 25 m/s o más, no asociada directamente al tornado; granizo, de cualquier tamaño; tromba en altura y tromba marina” Alfonso (1994).

Las TLS en el mundo presentan la problemática que no siempre se reportan todos los fenómenos que ocurren en realidad, Cuba no está exenta de ello y es la razón por la cual, a la hora de realizar los análisis, no siempre se puede obtener resultados categóricos, se partió de la idea de que si bien no se reportan todas las TLS que ocurren, las reportadas reflejan la mayoría y de esta forma representan una muestra real de la ocurrencia de estos fenómenos en el país.

Existe una amplia gama de estudios tanto a nivel mundial como en Cuba relacionados con las TLS desde diferentes enfoques destacándose los de Doswell III (1985), Doswell III & Schultz (2006), Alfonso (1994), Aguilar et al., (2005, 2009 y 2010), Carnesoltas et al., (2009 y 2010) abordó la Climatología de las TLS en Cuba a partir de una serie de reportes en el período 1980- 2002, contribuyendo al conocimiento climatológico y estadístico de estos eventos. Otras investigaciones Bermúdez et al., (2009) quien trabajó la distribución espacial de las tormentas locales en Cuba durante el periodo 1980 -2007 aportando mapas de distribución espacial para el país; otros relacionados con los aspectos teóricos lo constituyen los de Carnesoltas (1987, 2002a, 2002b, 2011), Rojas et al., (2006, 2021), Carnesoltas et al., (2010a, b,) y Varela et al., (2022).

Conocer su distribución espacial es conocimiento esencial para la gestión de los efectos adversos que estos pueden ocasionar; saber las áreas donde se producen con mayor frecuencia estos fenómenos permitirá trazar planes de contingencia debido a la incidencia que tienen estos desde el punto de vista socioeconómico, además de constituir un instrumento necesario, oportuno y práctico en la toma de decisiones y contribuir al fortalecimiento del sistema de alerta temprana ante la posible afectación de estos, ya que

permite obtener información sobre algunas características generales de su comportamiento y ser utilizada por los órganos de dirección y la Defensa Civil como una forma más efectiva de representar estos fenómenos que afectan a la región en cualquier época del año provocando daños sociales y materiales que en ocasiones son de gran magnitud.

El objetivo de la investigación es representar mediante mapas la distribución espacial de las tormentas locales severas en la región oriental durante el periodo 1980-2022.

Materiales y métodos:

Ubicación de las TLS en la región de estudio

Las características físico – geográficas de la región de estudio, con su compleja orografía y la fuerte influencia marítima, aparecen como las principales causas de las considerables modificaciones que se observaron tanto en el flujo que la atraviesa, como en el régimen térmico en todo su territorio.

En el análisis de la distribución espacial se tuvo en cuenta las áreas de mayor o menor concentración; el estudio partió de los reportes de tormentas locales severas en Cuba recopilados en anteriores investigaciones como Alfonso(1994) que abarcó desde 1980-1986 y fue actualizada hasta el 2007 por Bermúdez et al.,(2009); para el resto de los años, se revisaron las notas meteorológicas elaboradas por los Grupos de Pronóstico de los Centros Provinciales de Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo y actualizada por Varela et al.,(2022); en la figura 1 se muestra la distribución de las TLS correspondientes a la región oriental de Cuba y con nuevos elementos, fue posible determinar tres zonas dentro de la región oriental, atendiendo a los siguientes criterios:

1. Características físico - geográficas (altitud, posición geográfica y tipos de rocas);
2. Frecuencia de ocurrencia de TLS
 - Baja (Muy pocos reportes o nulos);
 - Media (Menor o igual a 10) Media;
 - Alta (más de 10).

Con dichos criterios se determinaron las características de cada una de las zonas que se muestran en la figura 1.

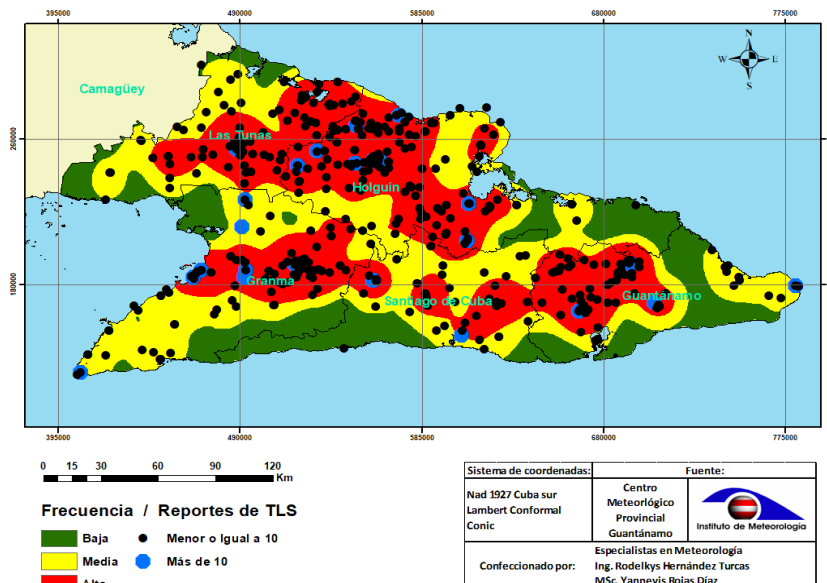


Fig. 1. Zonas de máxima convección profunda y el desarrollo de TLS en las cinco provincias orientales.

Las características de cada zona son las siguientes:

Zona I (es la verde): Frecuencia baja de convección profunda: Presenta baja frecuencia de convección profunda (Muy pocos reportes o nulos. Abarca fundamentalmente la región costera oriental y tiene dos áreas geográficas bien definidas: una es el área más alta del territorio, con altitud entre 400 y 1972 m snmm, coincidente con la Sierra Maestra que se extiende, desde la provincia Granma abarcando Santiago de Cuba y la porción más occidental de la provincia Guantánamo. En ella abundan las rocas magmáticas, tanto intrusiva como efusivas y se caracteriza por la baja ocurrencia de TLS, la otra área de la zona I ocupa casi todo el litoral oriental con aspecto aterrazado sobre rocas sedimentarias del grupo calizas contrastante con las características climatológicas que determinan pocas precipitaciones, en este, la ocurrencia de TLS es poco significativa con reportes casi nulos de TLS.

Zona II (amarilla): Frecuencia media de convección profunda. Esta zona se caracteriza por ser geomorfológicamente llana, donde predominan las rocas terrígenas arcillosas y terrígenas carbonatadas en importantes cuencas fluviales como la del río Cauto y el valle de Guantánamo (alturas inferiores o hasta 200 m snmm). Se extiende por las provincias Granma y Guantánamo respectivamente, ocupando las porciones centro occidental y parte sur

oriental. En ellas es moderadamente la frecuencia de ocurrencia de TLS en localidades del municipio Guantánamo, Bayamo, y Campechuela, entre otros.

Zona III '(rojo): Frecuencia alta de convección profunda. La zona se caracteriza geomorfológicamente por sus altas mesetas (altura entre 200 y 400 m snmm) se extiende por las provincias Las Tunas, Holguín, Granma y Guantánamo, ocupando las porciones noroccidental y central del oriente cubano. Las rocas son del tipo sedimentarias ricas en carbonato de calcio. En esta zona se reportaron la mayor cantidad de TLS, siendo significativo el municipio de Holguín, en estas dos zonas han ocurrido las mayores cantidades de eventos severos concentrándose el mayor número de ellos en el municipio de Yateras, en Guantánamo, donde se observa una franja de incidencia en dirección Nordeste-Suroeste y se destacan además otras localidades.

En formato Office Excel se ordenó una base de datos del período 1980-2022 con los cuales se elaboraron los resultados del estudio a los que se le incorporaron las coordenadas geográficas de cada localidad donde se reportó al menos una TLS en 42 años lográndose la ubicación geográficamente de todos los casos; la muestra utilizada permitió mostrar su comportamiento en el área de estudio; utilizándose el Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de trabajo para la distribución espacial de las TLS en la región oriental, ya que permiten ubicar y correlacionar todos los reportes que afectan en una zona determinada. La implementación de los SIG tiene una gran actualidad científica por ser una de las tecnologías de avanzada a nivel mundial, donde lo novedoso consiste en la recopilación, organización, análisis y salida de diferentes informaciones espaciales y alfanuméricas de fácil manipulación por los usuarios.

Resultados y discusión

Distribución espacial de las tormentas locales severas en la región oriental en el período 1980-2022.

La forma casi triangular y la compleja orografía que presenta el territorio de las cinco provincias orientales, como ya se expresó, le imprimen características particulares a sus campos de flujo y de temperatura a nivel de superficie. En esta región no se puede hablar de los casos de un flujo general paralelo a ambas costas con calentamiento en el interior que provoque frente de brisa de mar (F_{bm}) en las dos costas, como suele ocurrir en otras regiones

del país. El golfo de Guacanayabo con su costa cóncava, es uno de los tres lugares en Cuba donde se presenta un frente de brisa de mar (F_{bm}) del Oeste bien desarrollado (Carnesoltas, 1987), es el más amplio, con un extenso valle al Este (la cuenca del río Cauto) y un importante sistema montañoso al Sur (la Sierra Maestra).

Cuando la región oriental se encontraba bajo la influencia de un patrón a escala sinóptica que inducía un flujo general de región Sur, el F_{bm} aparece en la costa Norte de las provincias Las Tunas y Holguín, interactuando con los HCRs que se desarrollaron sobre la cuenca del Cauto. Esta situación es una de las causas de la alta frecuencia de convección profunda y con mayor probabilidad de Tormentas Locales Severas como lo atestiguan los reportes.

Cuando el patrón a escala sinóptica induce sobre la región un flujo de región Norte, uno de los F_{bm} que aparece es entonces el de la cuenca del río Guaso en Guantánamo (Rojas & Carnesoltas, 2006) y la convección profunda ocurre en una línea paralela a la meseta del Guaso, o sea, al “fondo” de la propia cuenca, reflejada de moderada a alta frecuencia. En este caso, el F_{bm} del golfo de Guacanayabo es muy débil o no se desarrolla; lo que se muestra en la figura 2 en la distribución espacial de TLS de la región oriental, observándose las mayores frecuencias de afectación en la provincia Holguín, Granma, Guantánamo, Las Tunas y Santiago de Cuba.

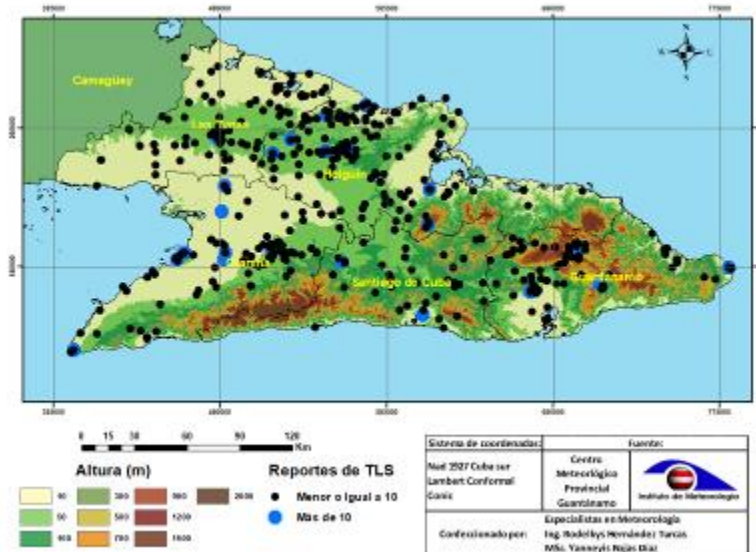


Figura 2. Distribución espacial de reportes de tormentas locales severas en Guantánamo en el período 1980 -2022

Distribución espacial de los granizos en la región oriental en el período 1980-2022.

Dentro de los reportes de TLS el granizo es el fenómeno que mayor incidencia presenta en el oriente cubano, concentrándose los mayores reportes en la provincia Holguín, Granma, y Guantánamo, siguiéndole en orden Las Tunas y Santiago de Cuba como se muestra en la figura 3 donde la inestabilidad vespertina y el calentamiento diurno es más intenso en los meses de verano, donde aparece la energía necesaria para el desarrollo de fuertes corrientes ascendentes; no obstante desde el punto de vista espacial puede decirse que ninguna de las áreas está exenta de ocurrencia de este evento como bien se muestra en el mapa con menor incidencia en lugares aislados.

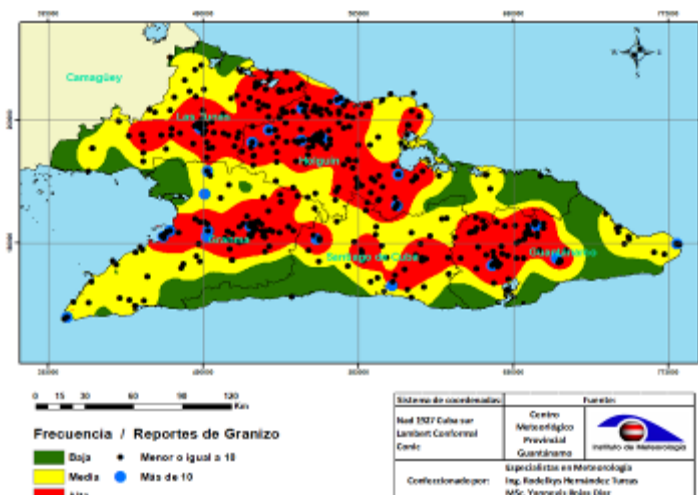


Figura 3. Distribución espacial de los reportes de granizos en la provincia Guantánamo en el período 1980 -2022

Distribución espacial de las aeroavalanchas en la región oriental en el período 1980-2022.

Las aeroavalanchas, se reconocen como el segundo fenómeno que más frecuentemente ocurren en esta zona del país; se resalta Holguín, Granma, y Guantánamo siguiéndole Las Tunas y Santiago de Cuba con menor incidencia, aunque no dejan de ser representativos la cantidad de reportes en concordancia con lo planteado por Alfonso (1994), al referirse a que “el número anual de TLS con rachas destructoras en Cuba es muy elevado”.

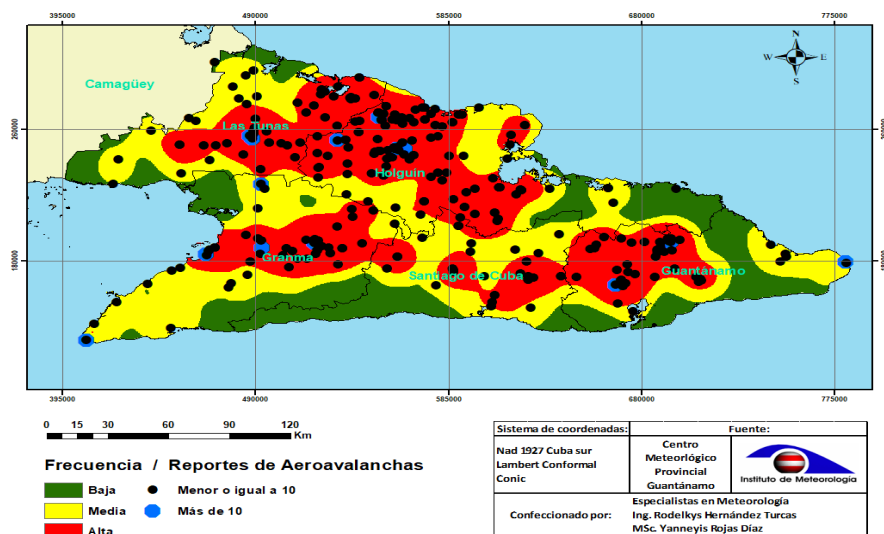


Figura 4. Distribución espacial de los reportes de las aeroavalanchas en la región oriental en el período 1980-2022.

Distribución espacial de los tornados en la región oriental en el período 1980-2022.

En cuanto a las manifestaciones de severidad, los tornados mostraron ser eventos severos de pocos reportes en esta parte del territorio cubano ocupando el tercer lugar en ocurrencia; se resalta la provincia Granma y Santiago de Cuba con los valores más elevados, siguiéndole Holguín, Guantánamo y Las Tunas. Estos presentan baja frecuencia de incidencia para la región oriental lo que está en correspondencia con lo planteado por Alfonso (1994) en que “los tornados son muchos más frecuentes en zonas alejadas de las costas y en lugares poco elevados (menos de 200 m de altura), vemos que, dada la compleja orografía, sólo se cumple la última característica; a pesar que estos constituyen uno de los eventos severos más dañinos que se encuentran en la naturaleza y de más difícil pronóstico, su formación es el “resultado de una compleja dinámica en la que intervienen múltiples procesos y estructuras a microescala que sólo se activan bajo ciertas condiciones ambientales”, por otra parte Varela (2017) plantea que los tornados que se forman en Cuba son, en su mayoría, de poca intensidad y duración, por tanto, los mecanismos y procesos que dan origen a estos no están relacionados con la vorticidad generada por la propia tormenta convectiva, sino que surge cerca de la base de la nube o por debajo de la misma, es decir en la interacción entre varios sistemas de la Capa Fronteriza Planetaria.

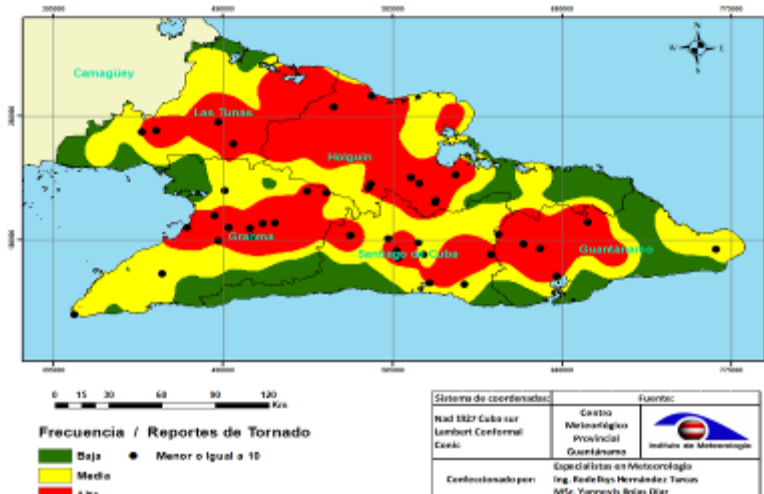


Figura 5. Distribución espacial de los reportes de tornados en la región oriental en el período 1980 - 2022.

Distribución espacial de las trombas marinas en la región oriental en el período 1980-2022

Para esta región se corrobora lo planteado por Golden (1973) y Gordon (1951), al señalar que en las regiones tropicales donde existan bahías grandes son muy frecuentes el desarrollo de trombas marinas y en Cuba además de la existencia de grandes bahías, las altas temperaturas del mar favorecen este tipo de severidad, lo que la ubica en una zona de alta frecuencia; a pesar que las trombas marinas son el fenómeno severo que menor incidencia representa sobre la región se destacan registros de interés en las provincias Granma, Holguín, Las Tunas, Guantánamo y Santiago de Cuba.

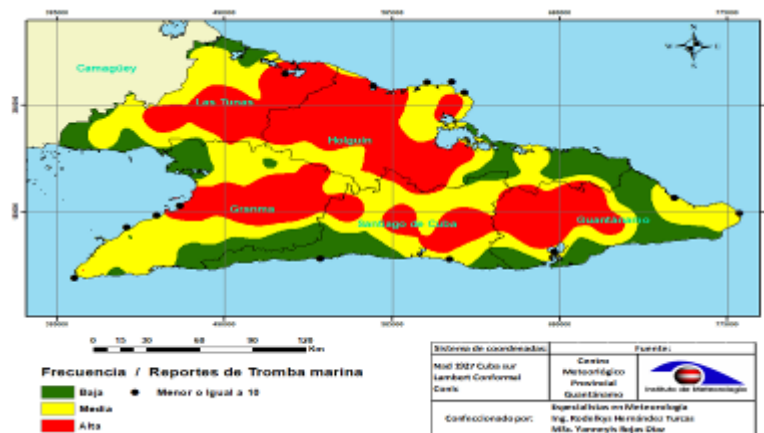


Figura 6. Distribución espacial de los reportes de trombas marinas en la región oriental en el período 1980-2022

En sentido general, la masificación de los reportes de TLS y sus manifestaciones de severidad para la región oriental posibilitan un mejor análisis de la ocurrencia de estas y en consecuencia la toma de decisiones pertinente para la prevención de los daños que estos fenómenos meteorológicos ocasionan, de ahí que conocer su distribución espacial complementa la estrategia de mitigación de los posibles daños económicos y sociales que estos provocan.

Las principales afectaciones están vinculadas al daño de la cubierta forestal identificando a los incendios forestales como uno de los factores que ejercen influencia negativa en la deforestación, la degradación de los suelos y la pérdida de la diversidad biológica, después de los disturbios naturales provocados por el impacto de las TLS, se afectan sensiblemente la composición y estructura de la vegetación que se manifiesta directamente proporcional a la intensidad de los vientos, y se produce una defoliación y partidura de las ramas en casi la totalidad de los árboles, los cuales en la mayoría de los casos son los de mayor aporte de las especies de valor forestal. La afectación también se ve reflejada en las relevantes riquezas de especies endémicas de la flora y la fauna encontrándose en los lugares que por sus valores naturales han sido escenarios de relevantes acontecimientos de la historia y cultura.

Conclusiones

Las provincias de mayor representatividad de afectaciones de TLS son Holguín, Granma y Guantánamo, seguida de Las Tunas y Santiago de Cuba donde se combinan las condiciones a escala sinóptica y local más favorables para la ocurrencia de estos fenómenos meteorológicos.

El granizo es el fenómeno con mayor frecuencia de ocurrencia para esta zona del país, resultan de mayor representatividad, las provincias de Holguín, Granma y Guantánamo

Las aeroavalanchas ocupan el segundo lugar y son frecuentes en estas provincias.

Los tornados presentan mayor ocurrencia en Granma y Santiago de Cuba con menor incidencia en el resto de los territorios.

Las trombas marinas son los eventos severos que con menor frecuencia se reportan en esta zona de la provincia; destacándose Granma y Holguín donde se igualan en cantidad de reportes, así como Las Tunas y Guantánamo.

Bibliografía

- Alfonso Fernández, Arnaldo, 1994: Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Instituto de Meteorología. Academia de Ciencias de Cuba. Editorial Academia. Ciudad de La Habana. Cuba. 168 p.
- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Naranjo, L., y Balseiro, C. (2005). "Climatología de las tormentas locales severas en Cuba en el período 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio". Revista Cubana de Meteorología, 2(1):3 – 10
- Aguilar, G., M. Carnesoltas y L. Naranjo, 2009: Condiciones a escala sinóptica favorables para la aparición de Tormentas Locales Severas en Cuba. Parte I, periodo poco lluvioso. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 15, 1, 85 – 108.
- Bermúdez, Y., G. Aguilar & A. Wallo (2009). Distribución de las Tormentas Locales Severas en Cuba. Informe de Resultado, La Habana, Cuba. Instituto de Meteorología, 78 pp.
- Carnesoltas, M. (1987). La circulación local de brisa en Cuba. Tesis en opción del grado científico de Dr. en Ciencias Físicas. 89 pp.
- Carnesoltas, M. (2002 a): La brisa de mar y tierra. Conceptos fundamentales. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 9, 1, 39 – 60.
- Carnesoltas, M, 2011: Transformaciones de la energía en la convección atmosférica. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 17, 1, 88 – 97.
- Carnesoltas, M, M. Sierra, D. Rabelo, & E. Fernández (2013). Factores físicos que influyen en la caída de Granizos y en las Aeroavalanchas sobre Cuba. Informe de Resultado, La Habana, Cuba. Instituto de Meteorología, 65 pp
- Donn, W., P. Milic, and R. Brilliant, 1956: Gravity waves and the tropical sea breeze. Journal of Meteorology, 13, 356 – 361 pp.
- Golden, J.H 1973: Some statistical aspects of waterspout formation, Weatherwise, 26(3:108-117).
- Orlanski, I., 1975: *A rational subdivision of scales for atmospheric processes*, Bull. Amer. Meteorol. Soc. 56 (5): 527 – 530 pp.
- Rojas, Y. 2006: *Las tormentas locales en la provincial de Guantánamo*. Tesis en opción al grado de Maestría en Ciencias Meteorológicas. 83 pp.
- Rojas, Y. & Carnesoltas, M. 2013. Configuraciones típicas que adoptan los campos de viento y temperatura a meso escala en la región oriental bajo la influencia de los patrones a

escala sinóptica favorables para las tormentas locales severas. Informe de Resultado. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. p 116.

Rojas, Y., A. Varela, E. Carbonell. Vulnerabilidad de la región oriental de Cuba desde los reportes de tormentas locales severas. *Hombre, Ciencia y Tecnología* ISSN: 1028-0871 Vol. 25, No. 4, oct-dic. pp. 54-63, 2021