

Distribución espacial de las tormentas locales severas en la provincia Guantánamo, periodo 1980-2021

Spatial distribution of severe local storms in Guantanamo province from 1980-2021

Autores:

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

MSc Alis Varela-de la Rosa², <https://orcid.org/0000-0001-6587-1928>

Dr.C Ediviges Minguí-Carbonell³, <https://orcid.org/0000-0003-3979-3688>

Ing. Rodelkys Hernández-Turcás¹, <https://orcid.org/0000-0001-7592-613X>

Dr. Yoberkys León-Blanco⁴, <https://orcid.org/0000-0001-5112-6373>

Organismo: ¹Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba. ²Centro de Pronóstico del Tiempo, Insmet, Cuba. ³Facultad de Ciencias Médicas, Guantánamo, Cuba. ⁴Policlínico Mártires del 4 de agosto, Guantánamo, Cuba.

E-mail: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu, alis.varela@insmet.cu, eminguí@infomed.sld.cu, rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu, yobelkislb@infomed.sld.cu

Fecha de recibido: 12 abr. 2022

Fecha de aprobado: 8 jun. 2022

Resumen

La investigación tiene como objetivo representar mediante mapas la distribución espacial de las tormentas locales severas en la provincia de Guantánamo, en el periodo 1980-2020 para la cual se recopilaron, organizaron y procesaron los reportes presentes en esta base de datos del Grupo de Pronóstico del Centro Provincial de Meteorología; a la que se le incluyeron las coordenadas geográficas de cada localidad donde hubo reportes de tormentas locales severas, 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 por evento de severidad en la provincia, siendo de gran importancia práctica ya que el conocimiento de las áreas donde son más frecuentes estos eventos severos constituye una herramienta de evaluación territorial para la defensa civil para así poder mitigar los desastres que suelen ocurrir.

Palabras clave: Tormentas locales severas; Distribución espacial

Abstract

The objective of the research is to represent through maps the spatial distribution of severe local storms in the province of Guantánamo, in the period 1980-2020, for which the reports in this database of the Prognosis Group of the Provincial Center of Meteorology were compiled, organized and processed; The geographic coordinates of each locality where there were reports of severe local storms were included, organized in Office Excel format to be processed with Quantum Gis, whose result is shown with the output of the different maps that represent the general spatial distribution of severe local storms and by severity event in the province, being of great practical importance since the knowledge of the areas where these severe events are more frequent constitutes a territorial evaluation tool for civil defense in order to mitigate the disasters that usually occur.

Keywords: Severe local storms; Space distribution

Introducción

El Servicio Meteorológico en Cuba tiene establecido oficialmente el término de Tormenta Local Severa (TLS), por la clasificación propuesta por Alfonso (1994), 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 la altura y tromba marina”.

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.

En Cuba existe una amplia gama de estudios relacionados con las tormentas locales severas desde diferentes enfoques; sin embargo, mención especial en las investigaciones sobre tormentas locales severas en Cuba lo tiene indiscutiblemente el destacado físico y meteorólogo, Alfonso (1994), quien durante muchos años aportó valiosos resultados a las Ciencias Meteorológicas. Es muy amplia su bibliografía, pero sus trabajos sobre las TLS constituyen uno de sus más notables aportes, logrando sintetizar todos los conocimientos que hasta ese momento se tenía sobre esta temática. Posteriormente Aguilar *et al.*, (2005, 2009 y 2010), Carnesoltas *et al.*, (2009 y 2010) trabajaron 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. Se resaltan otras investigaciones como las de Bermúdez *et al.*, (2009) quien trabajo la distribución espacial de las tormentas locales en Cuba durante el periodo 1980 -2007 aportando los mapas de distribución espacial para el país para estos años; otros relacionados con los aspectos teóricos lo constituyen los de Carnesoltas (1987, 2002a, 2002b, 2011), Rojas *et al.*, (2006, 2021), Carnesoltas *et al.* (2010a, 2010b, 2013).

En ninguna de las investigaciones anteriores consultadas se ofrece la distribución espacial de los reportes de TLS en Guantánamo y conocerla es conocimiento esencial para la gestión de los efectos adversos que estos pueden ocasionar. Por lo que saber las áreas donde se producen más o menos estos fenómenos severos 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 provincial 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 provincia de Guantánamo durante el periodo 1980-2021.

Materiales y métodos

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, es decir desde 2008 hasta el 2021, se revisaron los reportes y las notas meteorológicas

elaboradas por el Grupo de Pronóstico del Centro Provincial de Guantánamo y actualizada por Rojas *et al.*, (2021).

En formato Office Excel se ordenó una base de datos del período 1980-2021 con los cuales se elaboraron los resultados del estudio y a los que se le sumaron las coordenadas geográficas de cada localidad donde se reportó al menos una TLS en 41 años.

Para el análisis se tomó un total de 338 casos de reportes de eventos severos lográndose su ubicación geográficamente de todos. No obstante, la muestra utilizada permitió mostrar el comportamiento de las TLS en el área de estudio en cuanto a su distribución espacial.

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de trabajo para la distribución espacial de las TLS en Guantánamo, ya que permiten ubicar y correlacionar todas las TLS 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.

Uno de los aspectos más importantes en los Sistemas de Información Geográfica es la representación espacial de los datos, donde cada elemento debe estar correctamente georeferenciado. Para el estudio en cuestión se utilizó el sistema de coordenada plana NAD_1927_Cuba_Sur en la región oriental, con proyección Cónica Conforme de Lambert.

La confección de los mapas se realizó con Quantum Gis (QGIS) que es un sistema de información geográfica de software libre y código abierto, compatible con un importante número de sistemas operativos. Con el software QGIS y utilizando el sistema de coordenadas mencionado anteriormente se crearon los mapas de distribución espacial de los reportes de TLS por tipo de severidad para Guantánamo. La totalidad de los reportes se trabajó a una escala para la provincia Guantánamo fue de 1: 50 000.

Resultados y discusión

Distribución espacial de las tormentas locales severas en Guantánamo en el período 1980-2021

La **figura 1** muestra la distribución espacial de TLS en Guantánamo observándose que los municipios con mayores frecuencias de afectación por estos fenómenos meteorológicos durante el período de estudio, se concentran en zonas montañosas donde se encuentra el municipio de Yateras con la mayor cantidad de reportes; siguiéndole en orden Guantánamo y El Salvador disminuyendo su incidencia hacia los municipios de Maisí, San Antonio del Sur, Baracoa y Manuel Tames; siendo menos frecuentes en Caimanera y Niceto Pérez lo que no significa que no puedan desarrollarse las TLS, dado por su carácter local, implica que en muchas ocasiones ocurren y no son reportadas por ocurrir en muchos casos en lugares de difícil acceso y despoblados, es por ello que siempre las bases de datos de las TLS en el mundo se hacen a partir de los “reportes”, que lleva implícito estas limitantes.

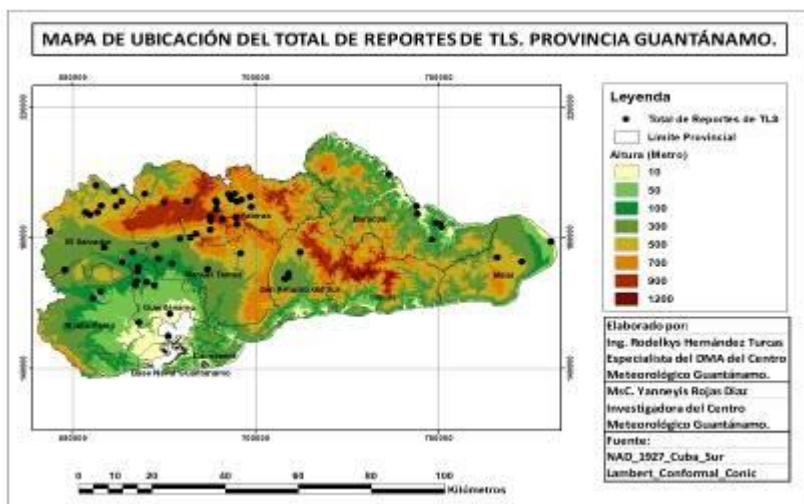


Figura 1. Distribución espacial de los reportes de tormentas locales severas en Guantánamo en el período 1980 -2021.

Rojas (2006), destaca que existe en la provincia Guantánamo una franja con gran actividad de tormentas eléctricas y en ocasiones TLS orientada de Este a Oeste como se refleja en la **figura 2**, en la ladera Sur de la Meseta del Guaso (que abarca parte del municipio El Salvador, la parte central del municipio Guantánamo y el extremo Noroeste del municipio Manuel Tames) lo que justifica la alta frecuencia de reportes para esos municipios.



Figura 2. Mapa de la franja con gran actividad de tormentas eléctricas y tormentas locales severas en Guantánamo.

El estudio de las TLS y la severidad que en ocasiones se manifiestan en las mismas (granizos, aeroavalanchas, tornados y trombas marinas), constituyen elementos dentro de las características de los fenómenos convectivos muy comunes en la provincia de Guantánamo. Todo ello puede tener consecuencias trágicas para la vida humana, y en algunos casos se convierten en verdaderas catástrofes para toda la sociedad de ahí la importancia de conocer su distribución para poder mitigar los daños que suelen acontecer.

Distribución espacial de los granizos en la provincia de Guantánamo en el período 1980 -2021

Dentro de las TLS, el granizo es el fenómeno que con mayor frecuencia afecta al territorio guantanamero, presentando cierta preferencia en el municipio Yateras donde se concentran

los mayores reportes como se refleja en la **figura 3** siguiéndole en orden el municipio Guantánamo y El Salvador donde la inestabilidad vespertina y el calentamiento diurno es más intenso en los meses de verano, energía necesaria para el desarrollo de fuertes corrientes ascendentes; no obstante desde el punto de vista espacial puede decirse que ninguna área está exenta de ocurrencia de este evento como bien se muestra en el mapa con menor incidencia en lugares aislados.

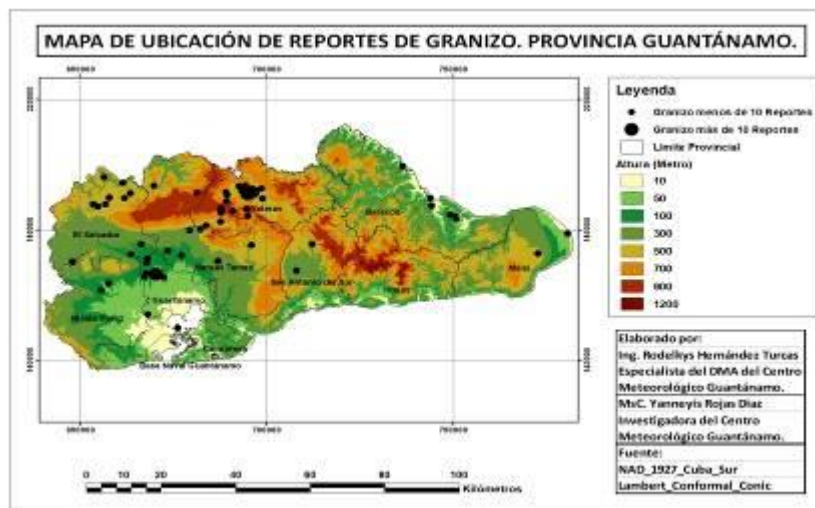


Figura 3. Distribución espacial de los reportes de granizos en la provincia Guantánamo en el período 1980 - 2021

Distribución espacial de las aeroavalanchas en la provincia Guantánamo en el período 1980 -2021

Las aeroavalanchas, como manifestación de severidad de las TLS en la provincia de Guantánamo, ocupa el segundo fenómeno que más frecuentemente ocurre, se resalta nuevamente el municipio de Yateras con los mayores reportes como se muestra en la **figura 4**; sin embargo, el resto se distribuyen hacia el Sur y Este de la provincia en los municipios de Guantánamo, Maisí y San Antonio del Sur; teniendo una menor frecuencia en el resto de los municipios como El Salvador, Baracoa, Manuel Tames, Caimanera y Niceto Pérez sin reportes. Lo que parecen estar relacionados con la interacción entre la circulación local del frente de la brisa de mar que penetra a través del valle de Guantánamo y la brusca pendiente sur que posee la Meseta del Guaso, coincidiendo con Alfonso (1994): “la formación de asíntotas de convergencia entre los sistemas de vientos locales, parece ser la fuente principal de vorticidad para estos casos, característicos de los meses del período lluvioso, sin embargo, en el municipio Maisí parecen estar más relacionados a condiciones meteorológicas a escala sinóptica”. Refiriéndose a este aspecto Alfonso (1994), señaló además que “había que tener en cuenta que estos fenómenos afectan zonas muy reducidas, de dimensiones mucho menores que la distancia entre las estaciones meteorológicas, por lo que se comprende que el número anual de TLS con rachas destructoras en Cuba es muy elevado”. Cuando una tormenta ocurre, una de las características fundamentales de la circulación lo constituyen los movimientos ascendentes, descendentes y en algunas ocasiones estos últimos se hacen muy intensos en una pequeña localidad por un corto intervalo de tiempo, alcanzando velocidades lineales iguales o superiores a los 25 m/s, los cuales fueron denominados aeroavalanchas en 1985 por el Instituto de Meteorología, después de las investigaciones del destacado Doctor Arnaldo Alfonso.

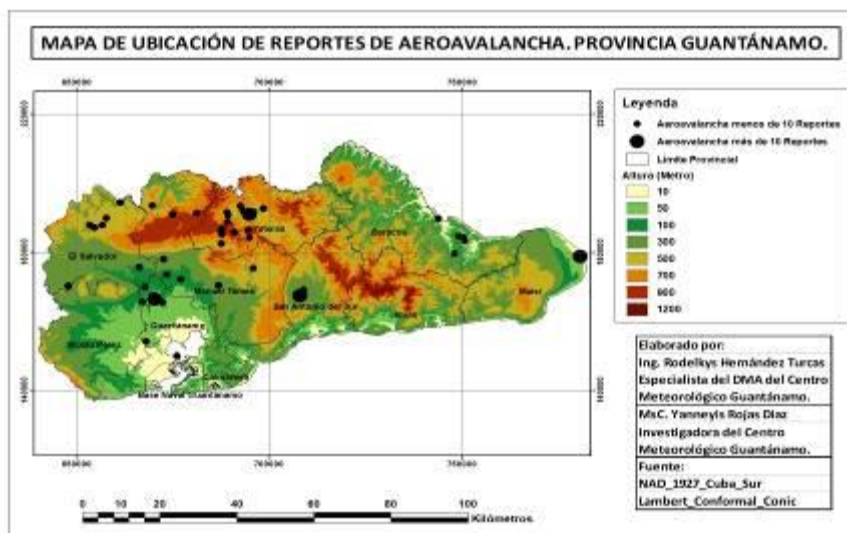


Figura 4. Distribución espacial de los reportes de las aeroavalanchas en la provincia Guantánamo en el período 1980 -2021.

Distribución espacial de los tornados en la provincia de Guantánamo en el período 1980-2021

En cuanto a las manifestaciones de severidad, los tornados sugieren ser un evento severo de muy baja frecuencia en esta parte del territorio cubano ocupando el tercer lugar en ocurrencia; los únicos casos reportados se ubicaron hacia el Sur y Este de la provincia perteneciente al municipio El Salvador con la más alta frecuencia, mientras que para el municipio Guantánamo y Maisí presentaron la baja frecuencia 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 de esta provincia, sólo se cumple la última característica; sin embargo, es notorio resaltar que en el municipio Yateras (zona montañosa) hubo un reporte de este evento severo lo que no se ajusta en este caso a lo planteado por Alfonso (1994); a pesar que los tornados constituyen uno de los eventos severos más dañinos que se encuentran en la naturaleza y de más difícil pronóstico, pues 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”, Acosta (2008b) esta si podría ser la causa de su formación y Varela (2017) que 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 a la vortividad 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.

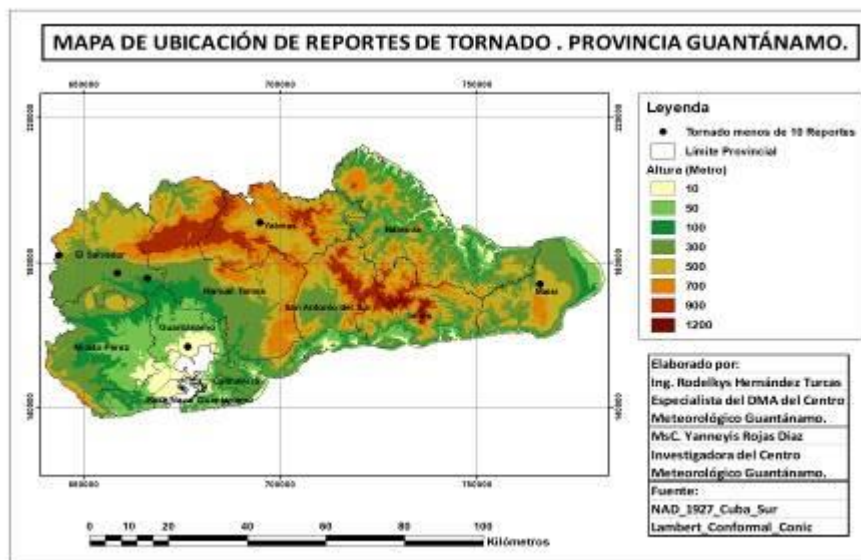


Figura 5. Distribución espacial de los reportes de tornados en la provincia de Guantánamo en el período 1980-2021.

Distribución espacial de las trombas marinas en la provincia de Guantánamo en el período 1980-2021

Las trombas marinas es el fenómeno severo que menor incidencia representa sobre la provincia, destacándose los mayores registros en el municipio de Maisí, Baracoa y Caimanera resultado que corrobora lo planteado Golden (1973) y Gordon (1951), que demostraron que 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 cual la ubica en una zona de alta frecuencia.

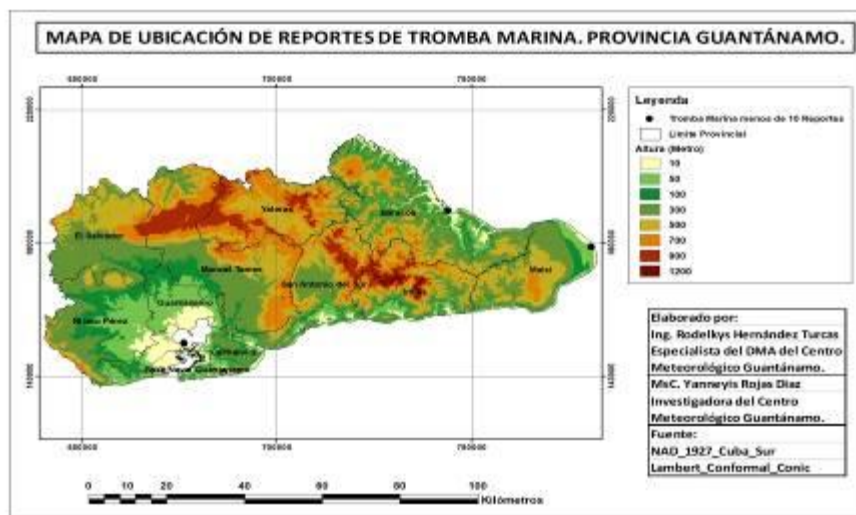


Figura 6. Distribución espacial de los reportes de trombas marinas en la provincia de Guantánamo en el período 1980-2021

Por la posición geográfica en la que se encuentra el territorio más oriental de Cuba posibilita que, meteorológicamente, se caracterice por una significativa cantidad de reportes de TLS; en este sentido son los fenómenos de mayor incidencia en nuestras vidas cotidianas en cuanto a pérdidas humanas y daños materiales se refiere, los que nos afectan de forma

directa y condicionan el tiempo adverso en muchas localidades de la provincia, de ahí que conocer su distribución espacial complementa la estrategia de mitigación de los posibles daños económicos y sociales que estos provocan.

En sentido general la mapificación de los reportes de TLS para la provincia de Guantánamo 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, en especial en el de Yateras y la franja de orientación oeste - este desde Yateras a Manuel Tames con mayor número de reportes y los efectos negativos de los granizos como manifestaciones de severidad más representativas.

Conclusiones

La metodología empleada permitió representar cartográficamente la distribución espacial de las tormentas locales severas y por eventos de severidad en la provincia de Guantánamo.

Los municipios más expuestos a la afectación de TLS en Guantánamo corresponden a zonas montañosas, localidades del interior de la provincia, donde se combinan las condiciones a escala sinóptica y local más favorables para la ocurrencia de estos fenómenos meteorológicos.

Dentro de las manifestaciones de severidad el granizo es el fenómeno que con mayor frecuencia ocurre en la provincia de forma general; destacándose el municipio de Yateras y Guantánamo con los mayores reportes.

Las aeroavalanchas son frecuentes en el municipio de Yateras y Guantánamo.

Los tornados a pesar de ser poco frecuentes presentan mayor representatividad en zonas llanas y de poca elevación estando los mayores reportes en el municipio de El Salvador.

Referencias bibliográficas

- Alfonso, A. (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.
- 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, Carnesoltas, M. y Naranjo, L. (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.
- Aguilar, G, Carnesoltas M. y Naranjo L. (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.
- Aguilar, G, Naranjo L. y Carnesoltas M. (2010). Sistema Experto para la Predicción de Tormentas Severas en Cuba (ROSET v. 2.0). Rev. Cubana de Meteorología, vol. 16, num. 1, 3 - 12.
- Aguilar, G, M. Sierra, N. Quintana, (2010). Características de los principales parámetros que intervienen en el proceso convectivo relacionado a la severidad sobre la región centro oriental de Cuba. Informe de Resultado. IN SMET, 46 pp.
- Aguilar, G. y L. Naranjo, (2010). Condiciones a escala sinóptica favorables para la aparición de Tormentas Locales Severas en Cuba. Parte II, periodo lluvioso. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 16, 1, 13 - 31.
- 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., (2002a). La brisa de mar y tierra. Conceptos fundamentales. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 9, 1, 39 – 60.
- Carnesoltas, M., (2002b). El frente de la brisa de tierra. Rev. Cubana de Meteorología, vol. 9, 2, 13 – 31.
- Carnesoltas, M. (2011). Transformaciones de la energía en la convección atmosférica local. *Revista Cubana de Meteorología*, 17, 88-97. Recuperado de <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/103>
- Carnesoltas, 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.
- Rojas, Y. 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., Varela, A. y Carbonell, E. (2021). Vulnerabilidad de la región oriental de Cuba desde los reportes de tormentas locales severas. *Hombre, Ciencia y Tecnología* Vol. 25, No. 4, oct-dic. pp. 54-63. Recuperado de <http://hct.cigetgtmo.co.cu/revistahct/index.php/hct/article/view/1185>