

La vigilancia meteorológica ante el peligro de tormentas locales severas en la región oriental

Meteorological surveillance in face of the danger of severe local storms in the eastern region

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

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

Filiación institucional: ¹Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba. ²Centro de Pronóstico del Tiempo, Insmet, Cuba².

Email: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu, alis.varela@insmet.cu,
rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu, enrique.perigo@gtm.insmet.cu

Fecha de recibido: 9 abr. 2024

Fecha de aprobado: 23 jun. 2024

Resumen

El objetivo de la investigación es determinar el comportamiento de las Tormentas Locales Severas de la región oriental en el período 1980-2022. Se revisaron las notas meteorológicas elaboradas por los Centros Meteorológicos Provinciales, pertenecientes al Insmet, y se creó una tabla de reportes, para procesar y construir gráficos de distribución por años, meses y eventos de severidad. En este sentido se destaca la provincia Holguín como la de mayor cantidad de reportes, en los meses de julio y mayo; los granizos y las aeroavalanchas son las manifestaciones de mayor incidencia. Los resultados contribuyen a la eficiencia de su pronóstico y en consecuencia a mitigar los posibles daños que provocan. Estos resultados constituyen 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: Tormentas Locales Severas; Comportamiento; Aeroavalanchas

Abstract

The objective of the research is to determine the behavior of Severe Local Storms in the eastern region from 1980 to 2022. From the review of the meteorological notes prepared by the Provincial Meteorological Centers, a table of reports was created, where graphs of the distribution by years, months and severity events were processed and constructed. Holguín province stands out as the one with the highest number of reports, highlighting the months of July and May; hail and aeroavalanches are the manifestations with the highest incidence. The results contribute to the efficiency of their forecast and consequently to mitigating the possible damage they cause, being of great value for the application of preventive measures aimed at reducing the risk and damage caused by these natural disasters, providing an effective tool for the increase in the effectiveness of the Meteorological Surveillance Systems provided in the easternmost region of the country.

Keywords: Severe Local Storms; Behavior; Aeroavalanches

Introducción

La comunidad científica dedicada a las investigaciones en las Ciencias Meteorológicas, tanto a nivel mundial como en Cuba, ha decidido profundizar en las causas y condiciones que generan las Tormentas Locales Severas (TLS), con el propósito de ser mucho más eficientes en su pronóstico, y en consecuencia, mitigar los posibles daños económicos y sociales que provocan.

Por la posición geográfica en la que se encuentra la región oriental de Cuba posibilita que, meteorológicamente, se caracterice por una significativa cantidad de casos de vientos lineales fuertes, caída de granizos, y en menos ocasiones tornados, originados todos por eventos muy intensos de la convección profunda, con una interacción fuerte con la dinámica atmosférica global Alfonso, (1994); Aguilar et al., (2005); Aguilar, (2006); Rojas, (2006); Bermúdez et al., (2009).

Por sus impactos negativos, al tema de las TLS y los procesos asociados, se les ha dedicado especial interés por parte de los investigadores en la mayoría de los territorios afectados; por mencionar sólo algunos ejemplos, aparecen los aportes de los conceptos de celda conectiva de (Byers & Braham 1948); de la etapa de madurez severa de (Browning & Atlas,1965); y la amplia documentación de Doswell III (1985), y (Doswell III & Schultz 2006); en Cuba durante las últimas décadas también se han venido realizando diversas investigaciones sobre las circulaciones locales, la convección profunda y las TLS, entre los que pueden mencionarse la cronología de Alfonso(1994), y Benedico et al.,(2005); los numerosos trabajos dirigidos por Aguilar et al.,(2005, 2009, 2010), Aguilar (2006), Bermúdez (2009); los aspectos teóricos de Carnesoltas (1987, 2002a,b,), Rojas (2006), Martínez (2008),Carnesoltas et al.,(2010a,b), Damara et al., (2010) y Rabelo (2012); Rojas et al., (2017) y Valera et al.,(2022).

Las TLS se desarrollan en la denominada "mesoescala", que es la parte de meteorología encargada de estudiar los sistemas meteorológicos que son más pequeños que la llamada "escala sinóptica", pero que son más grandes que los sistemas de la "microescala" (Orlanski, 1975). De acuerdo con la OMM (1992), la mesoescala se define como "dimensiones de una capa atmosférica que se extiende horizontalmente desde unos pocos kilómetros hasta varias decenas de kilómetros y, verticalmente, desde el suelo hasta la cima de la capa de fricción".

Los procesos de la mesoescala son los que poseen mayor impacto social en cuanto a pérdidas humanas y daños materiales; en particular, aquellos que generan lluvias intensas, inundaciones repentinas, granizadas severas, tornados y descargas eléctricas. En este

sentido los fenómenos convectivos son los de mayor incidencia en nuestras vidas cotidianas en estas latitudes. Son ellos los que nos afectan de forma directa y condicionan el tiempo adverso en muchas zonas de la región oriental.

El conocimiento que se tenga sobre las características de estos fenómenos en un determinado territorio constituye una herramienta eficaz en la evaluación del tiempo, ya que permite la información efectiva y oportuna en la implantación de medidas para evitar o reducir el riesgo y prepararse ante el peligro, así como puntualizar los planes de reducción de desastres que existan elaborados al efecto y que posean las etapas precisas de implementación.

Por esta razón es que, en este campo, resulta imprescindible y necesario como en ningún otro, la estimación de condiciones favorables con mayor tiempo de antelación a fin de que los órganos de dirección a los diferentes niveles, tengan criterios adecuados en la toma de decisiones. El objetivo de la investigación es determinar el comportamiento de las Tormentas Locales Severas de la región oriental en el período 1980 al 2022.

Materiales y métodos

La región de estudio presenta una compleja orografía, que le imprime al territorio características propias; se ubica en el extremo oriental del archipiélago cubano, limita al Norte con el océano Atlántico, al Este con el Paso de los Vientos, al Sur con el Mar Caribe y al Oeste con la provincia de Camagüey.

Desde el punto de vista físico - geográfico la región oriental es rica en la diversidad de paisajes entre los más notables se encuentran:

El montañoso: representa la zona más montañosa del territorio nacional y geomorfológicamente se divide en montañas del Sur representada por la Sierra Maestra con una extensión de aproximadamente 250 km², cuya máxima altura lo representa el Pico Real del Turquino y montañas del Noreste del macizo Sagua – Baracoa, Montañas Nipe - Cristal y el grupo Maniabón.

Las llanuras: por lo general son de origen fluvial y se presentan en casi toda la región, entre ellas se destaca la llanura del Cauto – Guacanayabo y la de Guantánamo, las llanuras costeras y las llanuras amesetadas (hasta 200 m SNMM) del Valle Central que divide ambos sistemas montañosos.

Los elementos geológicos y físicos - geográficos permitieron conformar cuatro macros - morfo - estructuras:

- 1) Montañas del Sur representadas por la Sierra Maestra;
- 2) Montañas del Noreste (representadas por el macizo Sagua – Baracoa, Montañas Nipe - Cristal y el grupo Maniabón);
- 3) Las llanuras fluviales y costeras (Cauto - Guacanayabo y Guantánamo);
- 4) Meseta intramontana representada por el Valle Central.

Por su parte, el régimen de precipitaciones presenta dos períodos bien definidos, al igual que el resto del país: el período lluvioso (2000 mm/año) en las zonas más húmedas como la zona Norte del macizo Nipe – Sagua – Baracoa; y el período poco lluvioso en el cual las precipitaciones oscilan entre 1000 y 1400 mm/año en las zonas de depresiones y de valles intra - montanos. En las llanuras costeras no superan los 600 mm/año. Debe destacarse que en esta área geográfica se encuentra la zona más lluviosa del país (el Aguacate), ubicado en la costa Norte en la cuenca del río Toa con 3600 mm/año, y a su vez la zona menos lluviosa del país, entre los poblados de Baitiquirí y San Antonio del Sur, con solo 400 mm/año.

La posición geográfica de la región posibilita que la superficie del suelo reciba altos valores de radiación solar durante todo el año, lo que determina junto a otros factores el carácter cálido de su clima. La temperatura media anual es elevada, oscilando entre 18.0 °C y más de 30.0 °C en el período lluvioso. En gran parte del año se encuentra bajo la influencia de los vientos alisios del anticiclón de las Azores - Bermudas, perturbados en ocasiones por el paso de bajas frías en la altura y de disturbios tropicales como ondas del Este, hondonadas y ciclones tropicales. Sin embargo, los sistemas sinópticos extra tropicales, como frentes fríos, líneas pre - frontales, bajas extra tropicales y “sures”, así como ondas y corrientes en chorro de los niveles medios y altos de la tropósfera, prácticamente no tienen incidencia directa sobre el territorio, excepto cuando ocurre el estacionamiento de frentes fríos sobre las Bahamas, que generan una zona baroclínica hacia el Mar Caribe, atravesando la región de Norte a Sur, produciendo grandes precipitaciones.

La investigación partió de los reportes recopilados en anteriores estudios como Alfonso (1994) y Aguilar et al. (2005), que abarca el período 1980 hasta el 2002. Para el resto de los reportes, se trabajó los de Valera et al, (2022), se revisaron las notas mmeteorológicas elaboradas por los Centros Meteorológicos Provinciales y los estados generales del tiempo elaborados diariamente por el Centro de Pronóstico del Instituto de Meteorología, junto a la

base de datos que contaba cada provincia. Además, se tuvo en cuenta la información de aficionados, periódicos, y redes sociales. Toda la información obtenida fue ordenada y sometida a un control de calidad, eliminando los reportes repetidos o aquellos incongruentes, dejando solo los que presentaban un alto grado de confiabilidad. A partir de este proceso se conformó una base de datos con 1501 reportes de TLS en el período 1980 hasta el 2022.

Se tuvo en consideración incorporar las trombas en altura en el análisis de los tornados, tomando como tornado "...cuando la circulación del remolino toque tierra independientemente de que la condensación (nube de embudo) alcance o no la superficie" (Alfonso, 1994) y como tromba en la altura cuando esto no ocurra, y no exista afectación en superficie. Según Alfonso (1994) estos últimos fenómenos no deberían incluirse como eventos severos; sin embargo, a nuestra consideración y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en investigaciones recientes sobre los tornados en Cuba, la formación de estos eventos severos en el archipiélago cubano y bajo condiciones insulares, parte de la interacción de factores que inducen la vorticidad necesaria dentro de la Capa Fronteriza Atmosférica, por debajo de la nube convectiva, condiciones que pueden provocar tanto tornados como las propias trombas en la altura. Además, hay que considerar que los reportes de estos fenómenos generalmente ocurren a partir de su visualización desde la lejanía, sin que se compruebe en la mayoría de los casos su afectación en el terreno, por lo que existe la interrogante que el embudo nuboso pudo haber tocado tierra y no se sepa.

Mediante el formato Excel se pudo obtener las tablas de frecuencia absoluta de cantidad de reportes de TLS por años, por meses, por provincias y evento de severidad asociado (vientos lineales fuertes, granizo, tornados, trombas marinas) y el comportamiento anual de cada una de las manifestaciones asociadas.

Resultados y discusión

Durante el período analizado en la región oriental del país, se reportó un total de 1501 TLS, evidenciándose gran variabilidad en ocurrencia durante el período analizado, resultando interesante destacar la gran diferencia en el número de casos reportados desde valores inferiores durante los años (1980,1989,1990 y 1993), hasta un incremento del número de reportes a partir del 2000; pues esto no debe interpretarse de forma absoluta como que las TLS tienen preferencias entre años, sino que estas diferencias ilustran la problemática en la detección y reporte de estos eventos debido a su carácter local, ya que son fenómenos de

mesoescala que ocurren en pequeña extensión territorial lo cual pueden ocurrir y no ser reportados al Servicio Meteorológico, pudiendo estar influenciado al propio desarrollo tecnológico y social del hombre, así como a su expansión hacia zonas habitadas, lo que trae consigo que estos fenómenos se reporten con mayor regularidad, aumentando la posibilidad de determinar vulnerabilidad en un lugar determinado.

Distribución mensual de los reportes de Tormentas Locales Severas en la región oriental durante el periodo 1980 y 2022

Las TLS pueden ocurrir en cualquier época del año, aunque los datos analizados reflejan que el periodo de mayor incidencia en el país corresponde al periodo lluvioso (mayo-octubre), Para el oriente el mes de mayor cantidad de reportes corresponde a julio (309), mayo (285) siguiéndole junio (272) como se refleja en la figura 1, siendo los meses más vulnerables para esta región resultado que coincide con los estudios para el país de Valera et al.,2022 estando el máximo de reportes para Cuba en julio. La menor cantidad de reportes se encuentra en el período poco lluvioso (noviembre – abril) donde las TLS están vinculadas, principalmente a sistemas de escala sinóptica como pueden ser frentes fríos y hondonadas prefrontales, siendo los meses de diciembre y enero los de menor incidencia. En este periodo es de señalar el mes de abril como el de mayor afectación con 101 reportes, esto está relacionado con que este es un mes de transición entre el periodo lluvioso y el no lluvioso, por lo que las condiciones en la mesoescala comienzan a mostrarse importantes en la formación de actividad convectiva en las tardes.

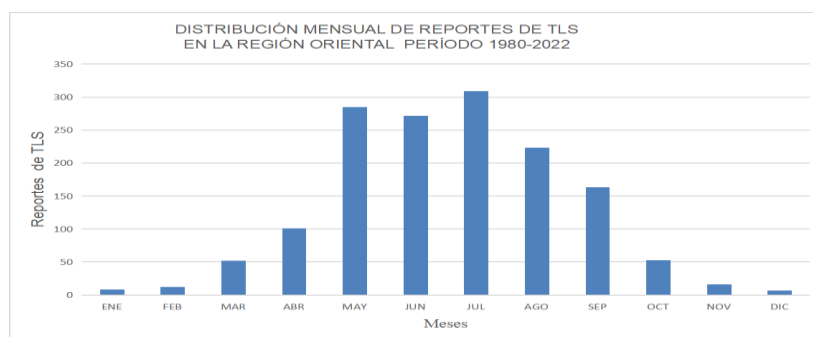


Fig. 1. Distribución mensual de reportes de Tormentas Locales Severas en la región oriental durante el periodo 1980 y 2022.

Del total de reportes de Tormentas Locales Severas, se observa que existe gran variación en su ocurrencia, la figura 2 refleja la provincia Santiago de Cuba como del menor número de

reportes con 129, mientras Holguín cuenta con el mayor número 523, seguido Granma (356), siguiéndole Guantánamo (283) y las Tunas (210) respectivamente.

En esta diferencia se destacan dos aspectos fundamentales uno relacionado con las características físicas geográficas de cada localidad; pues al conjugarse con las condiciones en la mesoescala y bajo determinadas condiciones a escala sinóptica crean ambientes favorables para la formación de fuerte actividad convectiva capaz de generar severidad y por otra parte, está muy vinculado con la eficiencia en la detección y reportes de estos eventos severos en cada provincia limitación también presente en la recopilación de reportes de TLS a nivel mundial. Por todo esto se infiere que los reportes de cada provincia es sólo una pequeña porción de las TLS que realmente ocurren, y, por tanto, su impacto sobre la sociedad es mucho mayor que el que se refleja en las actuales estadísticas, coincidiendo con lo planteado por Aguilar et al. (2005).

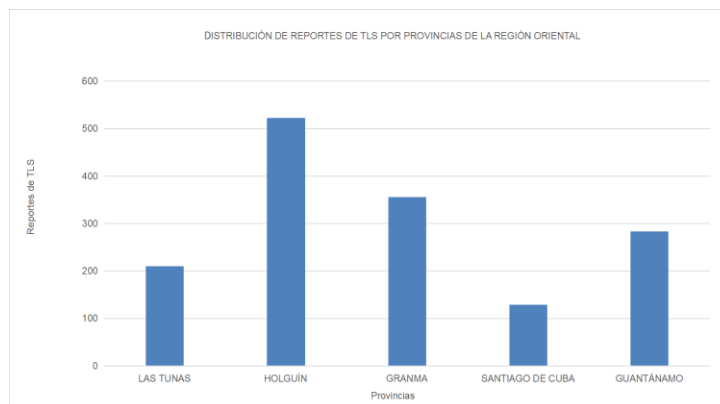


Fig. 2. Distribución de reportes de las Tormentas Locales Severas por provincias en la región oriental durante el periodo entre 1980 y 2022.

Distribución mensual de los reportes para cada fenómeno severo en región oriental durante el periodo 1980 y 2022

En el análisis individual por manifestación de severidad dentro de las tormentas locales severas, el granizo es el evento que con mayor frecuencia afecta, como se muestra en la figura 4, siendo reportado en 923 veces; los mayores reportes se concentran en el periodo activo, resaltándose los meses de julio, mayo y junio como los de mayor afectación; aparejado a la inestabilidad vespertina y el calentamiento diurno que son más intensos en los meses de verano, debido a la energía necesaria para el desarrollo de las fuertes corrientes ascendentes conjugadas con otras condiciones favorables a escala sinóptica, en el periodo poco activo se destaca un máximo en el mes de abril (70) y el valor mínimo en enero y

febrero con solo 2 reportes (figura 5). Las provincias con los mayores reportes son Holguín, Granma y Guantánamo siguiéndole Las Tunas y Santiago de Cuba.

Cuando se produce una tormenta, los movimientos ascendentes, descendentes son características fundamentales de su circulación; estos últimos en ocasiones se tornan muy intensos en una determinada localidad durante un período de tiempo corto, los que pueden alcanzar velocidades lineales iguales o superiores a 25 m/s, este fenómeno fue propuesto en 1985, como aeroavalanchas, después de las investigaciones de Arnaldo Alfonso. Estas ocupan el segundo lugar en ocurrencia en el periodo analizado, con un número anual de 810 reportes. En la distribución mensual se refleja que julio, mayo y junio presentan la máxima incidencia; durante el periodo poco activo, el mínimo de reportes se encuentra en el mes de enero y con el máximo, en el mes de abril (57).

Del total de reportes para la región, 56 correspondían a tornados; este fenómeno severo está presente en todos los meses del año, excepto en diciembre y enero; su ocurrencia es fundamentalmente durante el período activo (mayo-octubre) con un máximo acentuado en el mes de junio, mayo y julio, mientras que para el periodo poco activo (noviembre-abril) presenta su máximo en el mes de marzo y un mínimo en febrero destacándose diciembre y enero sin reportes. Lo que sugiere ser un evento severo de baja frecuencia en esta parte del territorio cubano 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).

A pesar que las trombas marinas es el fenómeno severo menos reportado para la región oriental; Peterson, 1978 y Golden, 1973 señalaron que en las regiones tropicales donde existen bahías grandes son frecuentes el desarrollo de trombas marinas donde la existencia de grandes bahías y las temperaturas altas del mar en Cuba favorecen este tipo de severidad, ubicándola en una zona de alta incidencia; aunque es el fenómeno severo menos reportado para el área de estudio, su distribución mensual coincide con los meses de mayor actividad en el periodo activo, destacándose marzo, junio y agosto con máximos de ocurrencia; y mínimos en febrero y octubre, enero y diciembre no se reportan casos. Holguín y Granma presentan máximos de ocurrencia.

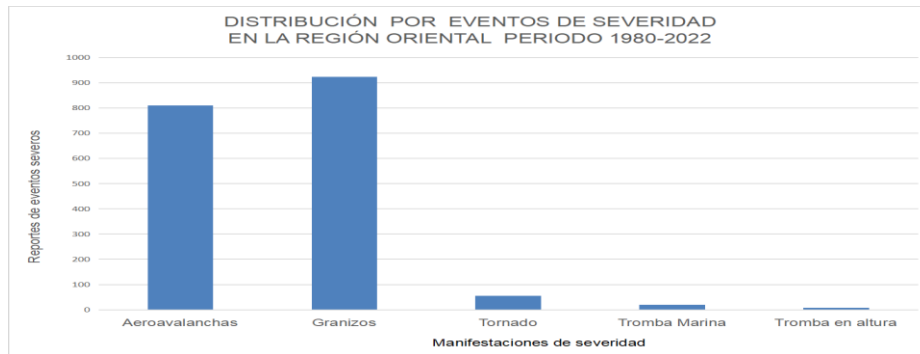


Fig. 3. Distribución de reportes para cada fenómeno severo en región oriental durante el periodo 1980 y 2022

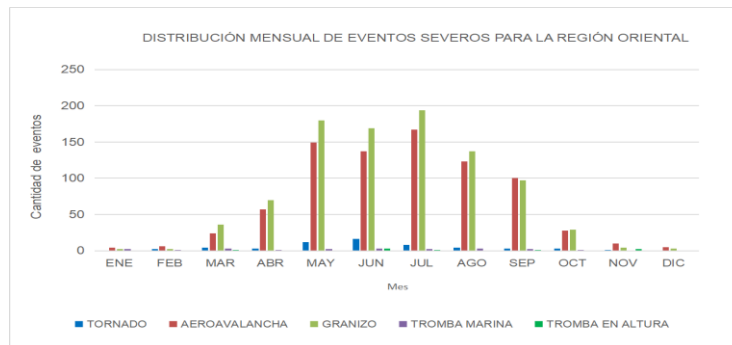


Fig. 4. Distribución de reportes para cada fenómeno severo en región oriental durante el periodo 1980 y 2022

En el análisis de la distribución de eventos severos, se evidencia que estas manifestaciones constituyen uno de los elementos dentro de las características de los fenómenos convectivos muy comunes para este territorio; visualizándose la vulnerabilidad existente ante la presencia de estos fenómenos severos como se observa en la figura 6, la provincia Holguín con los mayores reportes, seguida de Granma, Guantánamo, Las Tunas y Santiago de Cuba, siendo el granizo y las aeroavalanchas las que presentan mayor frecuencia de ocurrencia en todas las provincias.

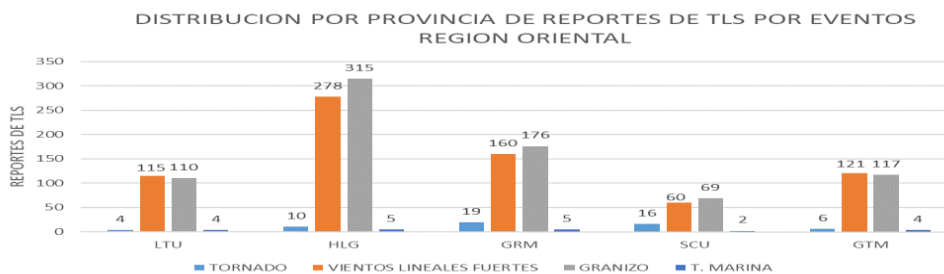


Fig. 5. Distribución de reportes para cada fenómeno severo en región oriental durante el periodo 1980 y 2022.

En la figura 6 se observa la diversidad espacial en la distribución de las TLS en el oriente cubano resultado que contribuye al fortalecimiento del pronóstico y el Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante la posible ocurrencia de TLS, enmarcada en la labor básica de la Vigilancia Meteorológica, al ofrecer mejor visualización de las áreas vulnerables al ser extremadamente difícil la predicción de la ocurrencia de este fenómeno, tributando a la celeridad en la toma de medidas de protección desde la salida de mapas de la distribución espacial del fenómeno y numerosos gráficos según los reportes de las manifestaciones de severidad, todos ellos constituyen herramientas de trabajo para la Defensa Civil Provincial como sistema en materia de protección y autoprotección civil, claves para el manejo oportuno, eficiente y eficaz de situaciones propiciadas por desastres naturales, dirigidos a la mitigación de las pérdidas humanas. Ambientalmente los resultados de la investigación posibilitan la toma de medidas para disminuir el estrés ambiental al que están sometidas las plantas en el periodo de mayor manifestación, la pérdida de las cosechas, los incendios forestales, afectación de la biota y su impacto negativo en los ecosistemas frágiles, representando un importante eslabón para disminuir la amenaza al desarrollo sostenible. Desde el punto de vista social las TLS y los eventos de severidad asociadas a ella pueden proporcionar derrumbes parciales y totales de viviendas y otras construcciones e incluso la muerte por derrumbes generadas por vientos lineales fuertes y tornados, derrumbe de árboles además de pérdida de vida por fulguración.

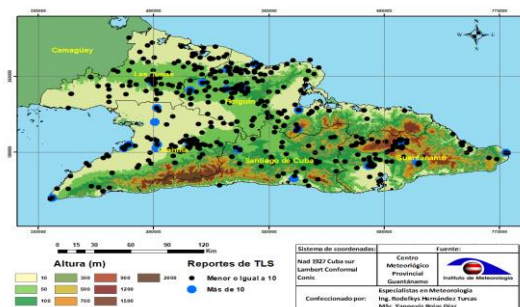


Figura 6. Distribución espacial de reportes de tormentas locales severas en Guantánamo durante el período 1980 -2022.

Conclusiones

Las provincias de Holguín y Granma son las de mayores reportes de TLS.

Los eventos severos de mayor ocurrencia en la región oriental son el granizo y las aeroavalanchas, seguidos de los tornados y las trombas marinas.

El mes de mayor reporte es julio, coincidiendo con el máximo nacional; y los de menor incidencia son los meses enero y febrero.

Bibliografía

- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Naranjo, L., & 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*, 12(1):3 - 10.
- Aguilar, G., 2006: Condiciones a escala sinóptica para la ocurrencia de aeroavalanchas asociadas a las Tormentas Locales Severas en Cuba. Un esquema para su predicción. Tesis en opción del grado científico de Dr. en Ciencias Meteorológicas. 109 pp.
- 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.
- Aguilar, G., L. Naranjo y M. Carnesoltas, 2010: Sistema Experto para la Predicción de Tormentas Severas en Cuba (ROSET v. 2.0). *Rev. Cubana de Meteorología*, vol. 16, núm. 1, 3 - 12.
- Alfonso, A. P. (1986). Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de la Habana. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 12: 85 – 100.
- Alfonso, A. P. (1994). *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología*. La Habana, Cuba: Editorial Academia, 168 p., ISBN: 978-95-902-0060-1.
- Bermúdez, Y., G. Aguilar & A. Wallo (2009). Distribución de las Tormentas Locales Severas en Cuba. Informe de Resultado, La Habana, Cuba. Instituto de Meteorología, pp
- Carnesoltas, M. Sierra, N. Quintana, 2009: Identificación de parámetros para detectar los Sistemas Locales de Convección Organizada en la Capa Fronteriza Atmosférica sobre Camagüey. *Rev. Ciencia de la Tierra y del Espacio*, vol. 10. http://iga.cu/revista/cte_10.
- Carnesoltas, M. Sierra, N. Quintana, 2010a: 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. INSMET, 46 pp.
- Fujita, T. T., (1978): Manual of downburst identification for project Nimrod. Satellite and Mesometeorology Research Paper 156, Dept. of Geophysical Sciences, University of Chicago, 104 pp. [NTIS PB-286048.]
- 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. Met. Soc.* 65 (1): 527 – 530 p.