



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Varela de la Rosa, Alis; Rojas-Díaz, Yanneyis; Carnesoltas Calvo, Mario
Caracterización de los reportes de tormentas locales severas en Cuba entre 1980-2020
Revista Cubana de Meteorología, vol. 28, núm. 2, e05, 2022, -Junio
Instituto de Meteorología

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977558004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

LUZEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Caracterización de los reportes de tormentas locales severas en Cuba entre 1980-2020

Characterization of the reports of severe local storms in Cuba between 1980-2020



CU-ID: 2377/v28n2e05

✉ Alis Varela de la Rosa^{1*}, ✉ Yanneyis Rojas-Díaz², ✉ Mario Carnesoltas Calvo¹

¹ Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

² Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo, Guantánamo, Cuba.

RESUMEN: Las Tormentas Locales Severas son eventos meteorológicos que presentan uno o varios fenómenos severos como son: tornado, granizos, vientos lineales fuertes y trombas marinas. Estos fenómenos meteorológicos son cada año una realidad en Cuba, ocasionando daños a la economía y la sociedad, por ello resulta necesario caracterizar las Tormentas Locales Severas en el territorio nacional a partir de los registros de reportes en el período 1980-2020. En la investigación se revisaron los Estados Generales del Tiempo, elaborados diariamente por el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología, así como las Notas Meteorológicas elaboradas por los Centros Meteorológicos Provinciales, a partir de los cuales se creó una tabla de reportes, con un alto grado de confiabilidad. Para el estudio se analizó la distribución de los reportes por años y meses, eventos de severidad, provincia, así como la ocurrencia combinada de eventos. Los resultados evidencian que las Tormentas Locales Severas ocurren todos los años en Cuba, con una mayor incidencia entre los meses de mayo y julio, lo que coincide con el periodo lluvioso del año. Por otra parte, se encontró que los eventos que más predominan son los granizos y las aeroavalanchas.

Palabras Claves: Tormentas Locales Severas, granizos, aeroavalanchas, tornados.

ABSTRACT: Severe local storms are meteorological events that present one or several severe phenomena such as: tornadoes, hail, strong linear winds and waterspouts. These meteorological phenomena are a reality in Cuba every year, causing damage to the economy and society, therefore it is necessary to characterize the Severe Local Storms in the national territory from the records of reports in the period 1980-2020. In the research, the General Weather Statements, prepared daily by the Forecast Center of the Institute of Meteorology, were reviewed, as well as the Meteorological Notes prepared by the Provincial Meteorological Centers, from which a table of reports was created, with a high degree of reliability. For the study, the distribution of reports by years and months, severity events, province, as well as the combined occurrence of events was analyzed. The results show that Severe Local Storms occur every year in Cuba, with a higher incidence between May and July, which coincides with the rainy period of the year. On the other hand, it was found that the most predominant events are hail and windstorms.

Keywords: Severe Local Storms, hailstorm, downburst, tornadoes.

INTRODUCCIÓN

La posición geográfica de Cuba contribuye a que sea afectada por una gran variedad de sistemas sinópticos, tanto de latitudes medias como tropicales, entre los que se destacan los frentes fríos y los ciclones tropicales, los que son considerados como eventos peligrosos. Sin embargo, el archipiélago cubano es afectado todos los años por Tormentas Locales Severas (TLS), fenómenos meteorológicos peligrosos que pese a tener una escala espacio-temporal menor que los sistemas antes mencionados, no deben ser menospreciados. Aunque los efectos de estos eventos severos se reducen a solo una decena de kilómetros e incluso en

algunos casos a distancias menores, puede dejar cuantiosos daños materiales y a infraestructuras, incluso la pérdida de vidas humanas, por eso la necesidad de prestarle gran atención.

La definición de Tormenta Local Severa, por la que se rige el Instituto de Meteorología de Cuba, fue aportada por el Doctor Arnaldo Alfonso en 1994 (Alfonso, 1994). Esta supone a toda tormenta local (en la escala meso-gama de Orlanski (1975)), en general eléctrica, que presenta uno o varios de los siguientes fenómenos severo: tornado, granizos de cualquier tamaño, vientos lineales fuertes de 25 m/s o más no asociado directamente a tornados y trombas marinas.

* Autor para correspondencia: Alis Varela de la Rosa. E-mail: alis.varela@insmet.cu

Recibido: 11/04/2022

Aceptado: 02/05/2022

Varios autores han realizado trabajos sobre las TLS en Cuba, destacándose investigaciones como las de (Rivero et al., 1981), así como Alfonso (Alfonso, 1986, 1994) como los primeros en efectuar esta labor. En los últimos años se ha incrementado las investigaciones sobre los fenómenos severos en Cuba con la utilización de modelos numéricos del tiempo. Sin embargo, para ello se debe tener una base confiable y actualizada de estos eventos en el país, jugando un importante papel los reportes que de ellos se logran obtener por diferentes vías. Se considera como reporte a la información obtenida de una manifestación de severidad observable y dado a conocer a los centros meteorológicos, tanto nacional como provincial, por diferentes medios. A partir de esta información, la base de datos a nivel nacional necesita de una permanente actualización de los reportes que cada vez son más numerosos y frecuentes.

Específicamente sobre la climatología de los fenómenos severos en el territorio nacional se destaca Alfonso (1994) con su obra "Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba". Más tarde, Aguilar et al., (2005) realizó una actualización de la cronología de fenómenos severos para el período 1987 - 2002, contribuyendo al conocimiento climatológico y estadístico de estos eventos. Desde este trabajo, que fue parte de un proyecto de investigación, no se ha realizado un nuevo análisis sobre el tema, por lo que como parte de una continuación lógica se realiza esta investigación, donde se plantea caracterizar los reportes de Tormentas Locales Severas en Cuba para el periodo de 1980 hasta el 2020. Lo que constituye una necesidad del Instituto de Meteorología, específicamente del Centro de Pronósticos del Tiempo, pues con esta información se posibilita la determinación de zonas y períodos de mayor vulnerabilidad, logrando así la gestión preventiva de acciones encaminadas a mitigar los daños que generan las TLS.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la compilación de la información necesaria para esta investigación se partió de los reportes recopilados en anteriores investigaciones Alfonso (1994) y Aguilar et al., (2005), lo que abarcaba el periodo desde 1980 hasta el 2002. Para el resto de los reportes, es decir desde 2003 hasta el 2020, se revisaron los estados generales del tiempo elaborados diariamente por el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología, así como las notas meteorológicas elaboradas por los Centros Meteorológicos Provinciales, junto a las bases de datos con que contaba cada provincia. Además, se tuvo en cuenta la información de aficionados, periódicos, así como redes sociales. Toda la información recopilada 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 con 5 798 reportes de eventos severos con un alto grado de fiabilidad en el período entre 1980 hasta el 2020.

De estos reportes de eventos severos, mediante el Office Excel, se realizó una tabla de reportes donde se incluye la información de la fecha de ocurrencia del evento severo, hora, lugar o zona afectada, municipio, provincia y fenómenos severos asociados a cada reporte, así como la fuente de donde se obtuvo la información. También aparece en algunos casos notas relacionadas a las afectaciones que provocaron los eventos severos. Con toda esta información se logró elaborar la distribución y caracterización de la cantidad de reportes de TLS por años, meses, eventos de severidad (aeroavalanchas, granizo, tornados, trombas marinas y trombas en altura) y provincias con reportes, así como presentar los resultados en gráficos.

Para el caso del fenómeno aeroavalancha se consideró en la confección de la base de reportes no solamente aquellos eventos donde los vientos lineales cumplían el requisito de tener 25 m/s o más, sino que también se consideraron aeroavalanchas aquellos reportes donde la velocidad del viento fuera superior a los 18 m/s y la descripción de los daños en el terreno mostraban evidencias de ser mucho mayores que el valor medido. Esto se realizó teniendo como antecedentes a (Fujita, 1978) y Alfonso (1994), quienes, refiriéndose a este aspecto, plantearon que los vientos superiores a los 18 m/s ya pueden ser perjudiciales a la agricultura, así como peligrosos para la aviación, por la magnitud de las corrientes descendentes que los generan. Alfonso (1994) señaló 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 puede ocurrir que el frente de racha de la tormenta no pase sobre la estación, sino que, en sus proximidades, lo que hace que no se registre el verdadero valor de la racha de viento máxima. Este valor inferior se tuvo en cuenta, pero sin dejar de considerar el valor de 25 m/s como umbral de severidad.

Otra consideración realizada en esta investigación fue la de incorporar a las trombas en la 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 de nuboso pudo haber tocado tierra y no se sepa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución anual, mensual y territorial de los reportes de TLS en Cuba en el período 1980-2020.

La distribución anual de los reportes de TLS en Cuba durante el periodo 1980 -2020 refleja gran variabilidad en la ocurrencia de estos fenómenos severos en el país, teniendo un promedio anual de 141 reportes. En la figura 1 se logra determinar dos periodos de máxima frecuencia, siendo los años de mayor incidencia de eventos severos 1986, con 269 reportes, seguido del 2011 con 240 reportes. A partir de este año se evidencia un incremento de eventos severos en el territorio nacional, lo que puede estar influenciado directamente al aumento de las tormentas eléctricas en el país en los últimos años (Alvarez et al., 2012). Sin embargo, no se puede descartar que este aumento se relacione al propio desarrollo tecnológico y social del hombre, así como a su expansión hacia zonas deshabitadas, lo que conlleva a que ahora estos fenómenos se aprecien con mayor regularidad, aumentando la vulnerabilidad y la probabilidad de ser afectado por una TLS un lugar determinado. Dentro de este aumento de reportes en los últimos años, el 2017 presentó una disminución muy marcada, con un total de 96 reportes, lo que podría estar relacionado con algún cambio significativo en los factores atmosféricos.

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), específicamente entre los meses de mayo y julio, donde se reportan el 57.1 % de casos, resultado que coincide con investigaciones

anteriores como las de Alfonso (1994) y Aguilar et al., (2005). Esto tiene mucho que ver con la inestabilidad vespertina típica de esta época del año, donde la interacción de factores en la mesoescala, destacándose la interacción de los frentes de brisas de mar con los Rollos Convectivos Horizontales (HCR por sus siglas en inglés), desempeña un papel fundamental como agente desencadenante en la formación de la nubosidad convectiva (Carnesoltas, Mario, 2002; Varela, 2017).

El mes de mayor cantidad de reportes corresponde a julio, con un total de 1 157 reportes, como se refleja en la figura 2. Este resultado difiere de lo encontrado por Aguilar et, al. (2005) quienes en el periodo 1987 - 2002 encontraron como mes de mayor número de reportes mayo, mientras Alfonso (1994) expone que el mes de mayor incidencia fue junio, en el periodo comprendido entre 1981 y 1986. Esta diferencia puede estar relacionada a los cortos periodos utilizados en estas investigaciones. La menor cantidad de reportes se encuentra en el periodo poco lluvioso (noviembre - abril), cuando las TLS están vinculadas, principalmente, a sistemas de escala sinóptica como pueden ser frentes fríos y hondonadas prefrontales, siendo los meses de enero y diciembre los de menor incidencia con 48 y 37 casos, respectivamente. En este periodo es de señalar el mes de abril como el de mayor incidencia de reportes con 552 casos, esto tiene mucho que ver con que este es un mes de transición entre el periodo lluvioso y el poco lluvioso, por lo que las condiciones en la mesoescala comienzan a resultar importantes en la formación de actividad convectiva en las tardes.

Los 5 798 reportes de Tormentas Locales Severas se distribuyeron en todas las provincias del país, con gran dispersión en su ocurrencia, como se observa en la figura 3. El municipio especial Isla de Juventud es el que menor número de reportes presenta (89 reportes), mientras que Matanzas cuenta con el mayor número (1007 reportes), seguido de Camagüey (783 reportes). Este desigual comportamiento de las TLS en cierta medida está relacionado con las características geográficas y orográficas de cada localidad; pues existen

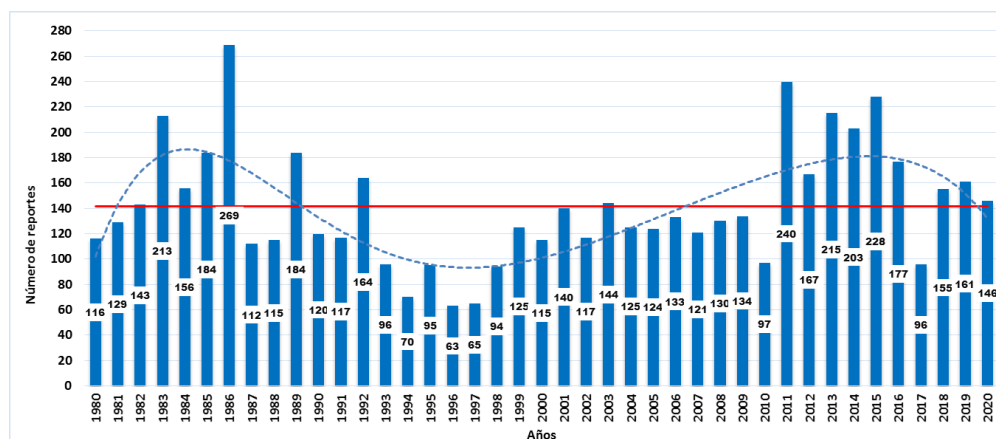


Figura 1. Distribución anual de reportes de Tormentas Locales Severas en Cuba entre los años 1980 y 2020.

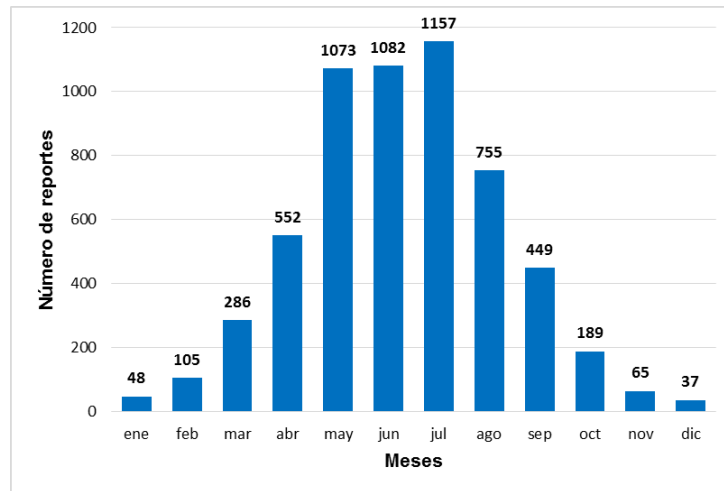


Figura 2. Distribución mensual de reportes de Tormentas Locales Severas en Cuba entre los años 1980 hasta el 2020.

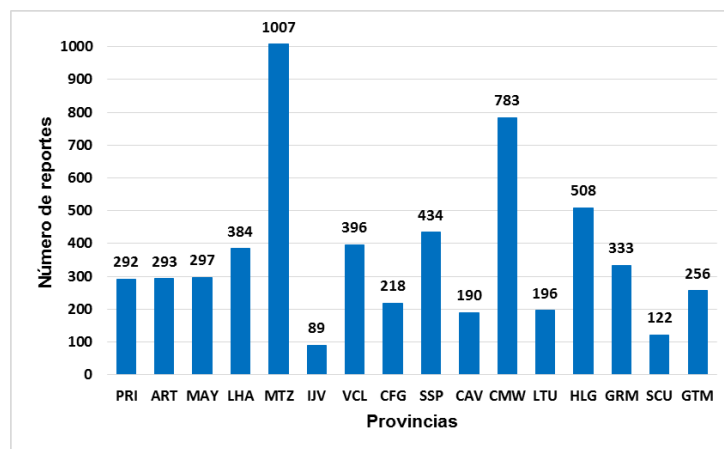


Figura 3. Distribución de reportes de las Tormentas Locales Severas por provincias en Cuba en el periodo entre 1980 y 2020.

regiones del archipiélago cubano donde al conjugarse las características físico- geográfica 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. Aunque también está muy vinculado con la eficiencia en la detección y reportes de estos eventos severos en cada provincia. Ejemplo de esto es la provincia de Matanzas, donde el 76.5 % de los reportes de severidad de esta provincia se concentran entre los años 1980 y 1996, periodo donde se realizó un importante trabajo de monitoreo y recopilación de información de las TLS por parte del investigador Arnaldo Alfonso. Después de 1996 disminuye considerablemente los reportes de severidad en esta provincia, después de la muerte del respetado meteorólogo.

La problemática en la detección y reporte de los fenómenos severos en el país es una realidad indudable, lo que tiene mucho que ver con que estos eventos tienen una pequeña extensión territorial, por lo que parte de los eventos ocurren sin afectar áreas habitadas o de interés socioeconómico; limitación que también

está 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, 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)

Al analizar los reportes de TLS para las tres regiones del país (Occidente, Centro y Oriente) se observa que en el occidente existe la mayor cantidad de los mismos (figura 4), siempre sobresaliendo la provincia de Matanzas. Esto está muy relacionado a que en esta parte de Cuba es donde existen las áreas de máxima ocurrencia de tormentas eléctricas en el país, concentradas principalmente, hacia el norte de la provincia Pinar del Río y el interior de La Habana, Artemisa, Mayabeque y el oeste de Matanzas según lo planteado por (Álvarez & Borrajero, 2018). De forma general, se aprecia un aumento de los reportes de TLS a medida que se avanza de oriente hacia el occidente del territorio cubano, resultado que coincide con lo señalado por Lecha et al., (1994).

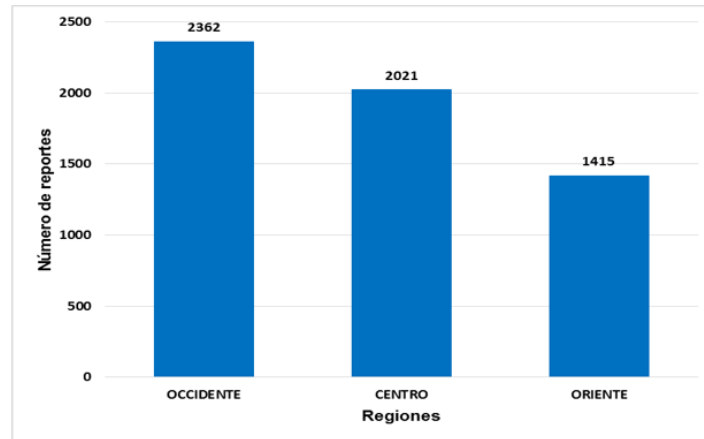


Figura 4. Distribución de reportes de Tormentas Locales Severas por regiones en Cuba entre el periodo 1980 y 2020.

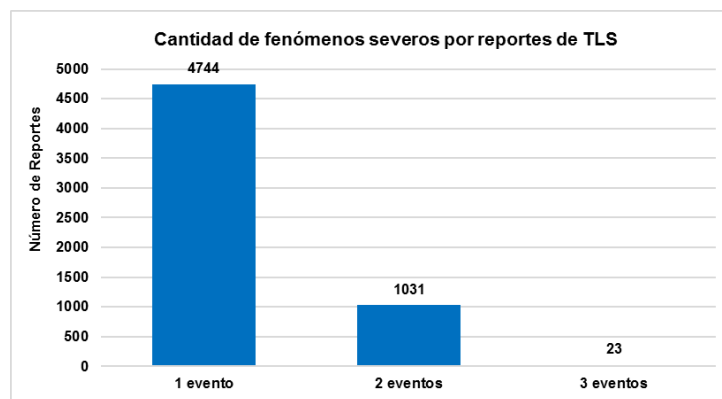


Figura 5. Cantidad de eventos severos por reporte de Tormentas Locales Severas en Cuba entre los años 1980 y 2020.

Análisis de las combinaciones de eventos severos en Cuba

De los 5 798 reportes de TLS recopilados, en ellos estuvieron presentes 6875 fenómenos severos. Esto se debe a que en 4 744 reportes se presentó solo un evento severo, pero en 1 031 reportes estuvieron presentes dos fenómenos severos en la misma localidad, mientras que en 23 de los reportes se encontraron tres eventos severos (figura 5). El anterior resultado evidencia que, pese a que cada uno de estos fenómenos requieren de determinadas y específicas condiciones para su formación y desarrollo, es posible que se combinen los elementos necesarios para la formación en la misma tormenta de más de un evento severo, lo que demuestra la complejidad de todo el proceso de formación de las TLS.

Los fenómenos que con mayor frecuencia aparecen juntos son los granizos y las aeroavalanchas, encontrándose presentes en 911 casos. Esto puede estar relacionado a que en estos dos eventos las condiciones presentes en los niveles medios de la atmósfera influyen sustancialmente en su origen, sobre todo la presencia de una capa seca, así como que dependen de la intensidad y dimensiones de las corrientes verticales dentro de la nube de tormenta.

Por otro lado, en 107 reportes el fenómeno granizo aparece junto al evento tornado (9 de ellos como trombas en la altura), mientras en dos reportes junto a trombas marinas. En el primer caso mencionado puede existir duda de si ambos fenómenos severos ocurrieran en la misma localidad (lo que sí es obvio con los granizos y las trombas marinas) pues podría suceder que el evento tornado o tromba en la altura fuera observado a cierta distancia de donde ocurrió el granizo, como fue aclarado en uno de los reportes. La incertidumbre existe pues es claro que el origen de los granizos y de los tornados o trombas en la altura es muy diferentes; el tornado en Cuba se forma por debajo o muy próximo a la base de la nube, como resultado de la interacción de los HCR o frentes de rachas con el frente de brisa de mar en tormentas que pueden tener poco desarrollo vertical (Varela, 2017). Por su parte, los granizos se forman dentro de la tormenta, donde juega un papel predominante la microestructura de la tormenta, así como condiciones favorables en niveles medios de la troposfera, como la posición de la isoterma de 0°C. En el caso de las aeroavalanchas, estas aparecen en 10 casos junto al evento tornado (uno como tromba en la altura), mientras que a tromba marina fue reportado en un caso.

Otro de los resultados encontrados en este apartado fue que en 23 casos se reportaron tres eventos severos en conjunto, específicamente en 16 reportes se reportaron la presencia de granizos y aeroavalanchas junto a tornados, mientras que en 7 casos granizos, aeroavalanchas y trombas en la altura. Aquí vuelve a estar presente la interrogante de si el evento tornado o tromba en la altura, según el caso, ocurrió en el mismo sitio de los granizos. No obstante, no pasa irrelevante la presencia de tres eventos severos a pocos kilómetros entre sí, sobre todo por el monto de energía que debe estar presente en esa área geográfica para que se pueda originar esa cantidad de fenómenos severos.

Individualmente, el granizo es el evento severo con mayor presencia en Cuba como se muestra en la figura 6, siendo reportado en 3 375 veces, seguido de las aeroavalanchas con 2 382 reportes y los tornados con 777 casos, encontrándose 206 reportes donde aparecen trombas en la altura. El fenómeno con menos reportes en el país son las trombas marinas, solo reportado en 135 casos, un número bastante bajo para un evento bastante común en los mares tropicales, además que Cuba se encuentra en una zona de alta frecuencia de trombas marinas, pues presenta en sus costas y mares adyacentes condiciones favorables para su formación, como la presencia de grandes bahías y temperaturas altas tanto del aire como del mar (Golden, J.H., 1973; Peterson, 1978). Este bajo número de reportes al parecer está relacionado a las pocas áreas costeras habitadas en el país, por lo que el evento puede ocurrir y no ser reportado.

Distribución anual y mensual de los granizos en Cuba

De todas las manifestaciones de TLS reportadas en Cuba los granizos son los que tienen mayor representatividad en el territorio nacional, con un promedio de 82 reportes por año. En el periodo analizado, los años

2015 (186 reportes) y 1986 (182 reportes) son los que presentaron mayor incidencia de estos eventos, como se representa en la figura 7.

En el análisis de su distribución mensual los mayores reportes se concentran en el periodo activo, encontrándose un máximo en el mes de mayo (716 reportes), seguido de julio (710 reportes) como se muestra en la figura 8. En el periodo poco activo sobresale un máximo en el mes de abril (378) y el valor mínimo en diciembre con solo 10 reportes.

Distribución anual y mensual de las Aeroavalanchas en Cuba

En los años analizados se reportaron en 2 382 casos el evento severo aeroavalancha, ocupando el segundo lugar en ocurrencia en el territorio nacional, con un promedio anual de 58 reportes. La mayor concentración de este fenómeno severo se presentó en el año 1992, con 100 reportes, seguido de 1986 y 2011, con 90 reportes cada uno (figura 9). La distribución mensual refleja que el mes de máxima incidencia de este evento severo corresponde a julio con 457 reportes (figura 10). En el periodo poco lluvioso el mínimo de reportes de aeroavalanchas se encuentra en el mes de enero (13 reportes) y el máximo en el mes de abril (201 reportes).

Distribución anual y mensual de los tornados en Cuba

Del total de reportes recopilados, 777 correspondían a tornados, resaltando en su distribución anual los años 1982, 1983 y 1985, como los de mayor incidencia, estando por encima de los 50 reportes como muestra la figura 11. Es relevante señalar que la mayor concentración de reportes de tornados se encuentra entre los años 1980 -1989, representando el 51,4 % de toda la muestra. Este resultado al parecer está muy

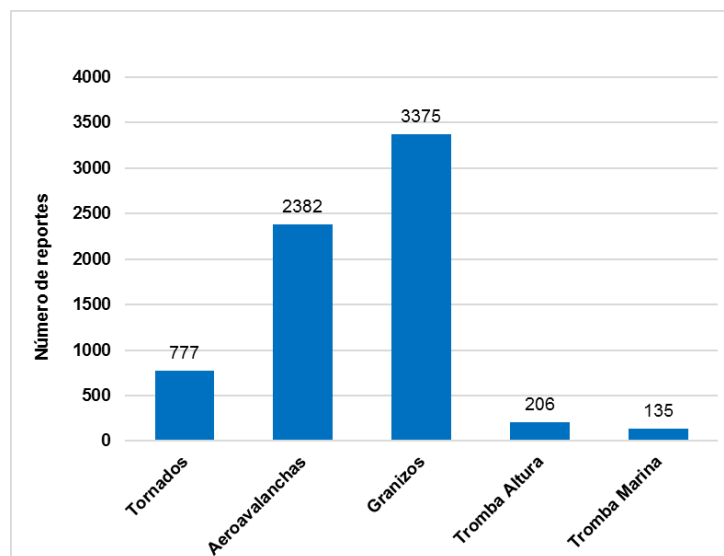


Figura 6. Cantidad de reportes para cada fenómeno severo en Cuba entre los años 1980 y 2020.

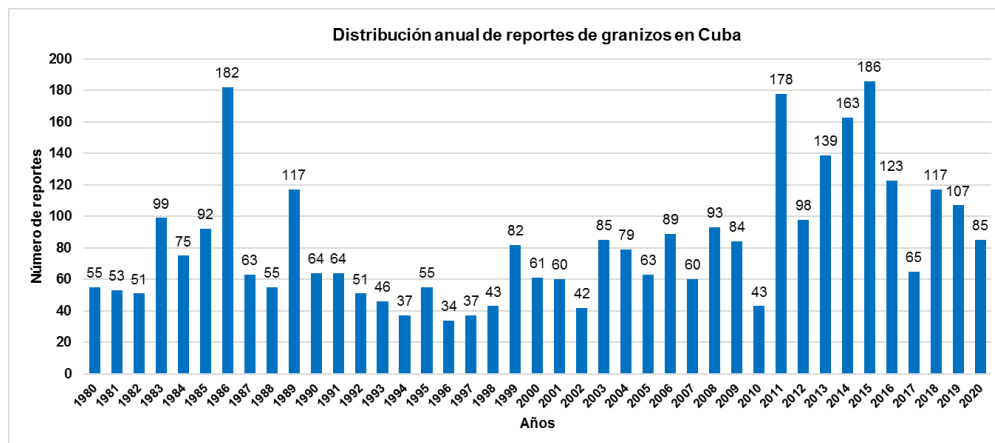


Figura 7. Distribución anual de los reportes de granizos en Cuba para el periodo 1980 -2020.

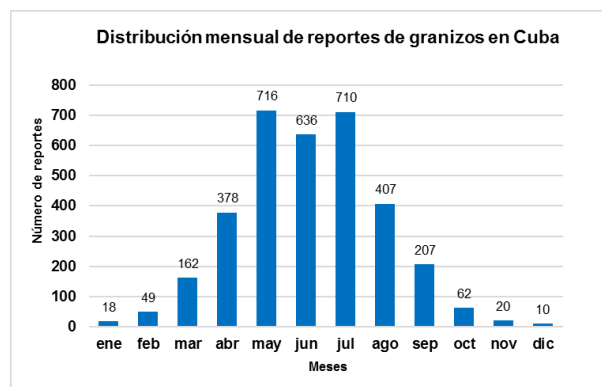


Figura 8. Distribución mensual de los reportes de granizos en Cuba para el periodo 1980 -2020.

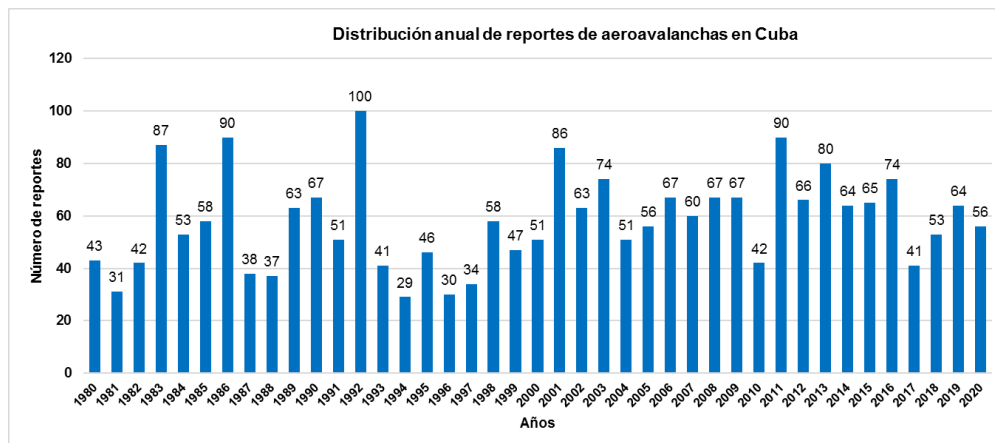


Figura 9. Distribución anual de los reportes de aeroavalanchas en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

relacionado a la falta de conocimiento que existía en esta época de las aeroavalanchas y lo fácil de confundir con los tornados, pues muchas veces dejan estelas de daños muy similares, por lo que es muy difícil diferenciarlos (Fujita, 1978).

Este fenómeno severo está presente en todos los meses del año, con un promedio anual de 19 tornados. Su ocurrencia es fundamentalmente durante el período activo (mayo-octubre) con un máximo definido en el mes de junio (163 reportes) como se observa en la figura 12. Este resultado coincide con lo encontrado por Alfonso (1994) para su periodo de estudio; mien-

tras que para el periodo poco activo (noviembre-abril) presenta su máximo en el mes de abril (75) y un mínimo en el mes de diciembre (1).

Por su parte, las trombas en alturas tuvieron un total de 206 reportes en el periodo analizado, con un promedio anual de 5 casos. En estos 41 años analizados, el fenómeno no fue reportado en todos ellos, aunque se destacan dos periodos de máxima frecuencia, uno entre 1980 y 1986 y el otro entre el 2011 hasta el 2020 (figura 13). En cuanto a su distribución mensual los mayores reportes coinciden con el periodo activo (mayo a octubre) destacándose el mes

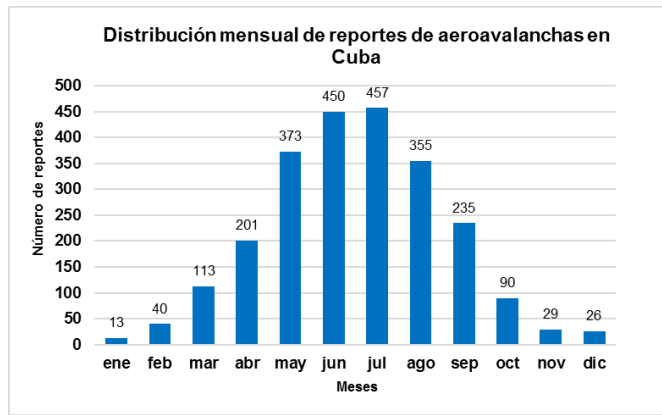


Figura 10. Distribución mensual de los reportes de aeroavalanchas en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

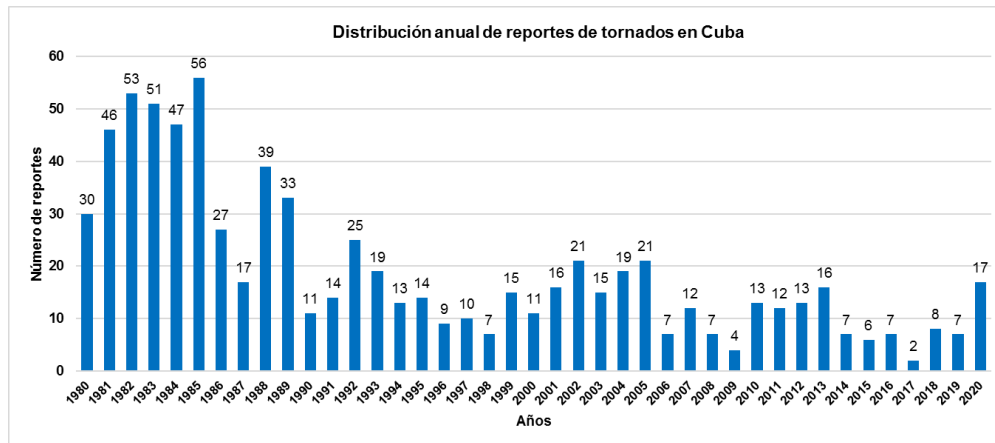


Figura 11. Distribución anual de los reportes de tornado en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

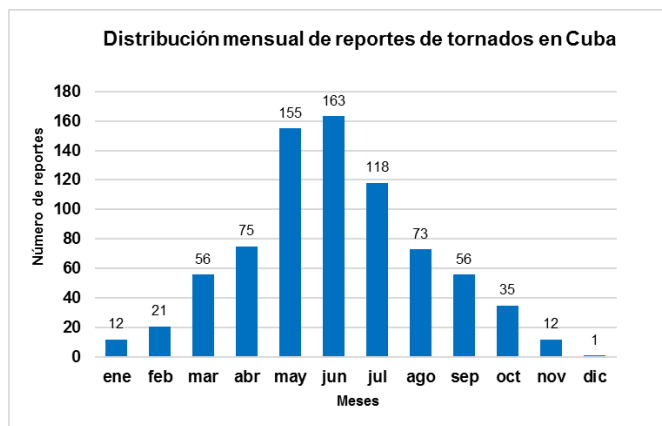


Figura 12. Distribución mensual de los reportes de tornado en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

de julio como el de mayor cantidad de reportes con 44 casos (figura 14). En el periodo poco activo el mes de diciembre (1 reporte) es el de menor incidencia, mientras que el mes de abril resalta mayores reportes presenta en este periodo.

Distribución anual y mensual de las trombas marinas en Cuba

Aunque las trombas marinas es el fenómeno severo menos reportado en Cuba, se destaca su presencia du-

rante casi todos los años analizados, para un total de 135 reportes (figura 15), con un promedio anual de 3. En cuanto a su distribución mensual coinciden los meses de mayor actividad en el periodo activo, destacándose el mes de julio y junio con 29 y 24 casos, respectivamente, mientras que para el periodo poco activo se resalta un máximo en el mes de marzo con mínimos en los meses de diciembre y enero, como se observa en la figura 16.

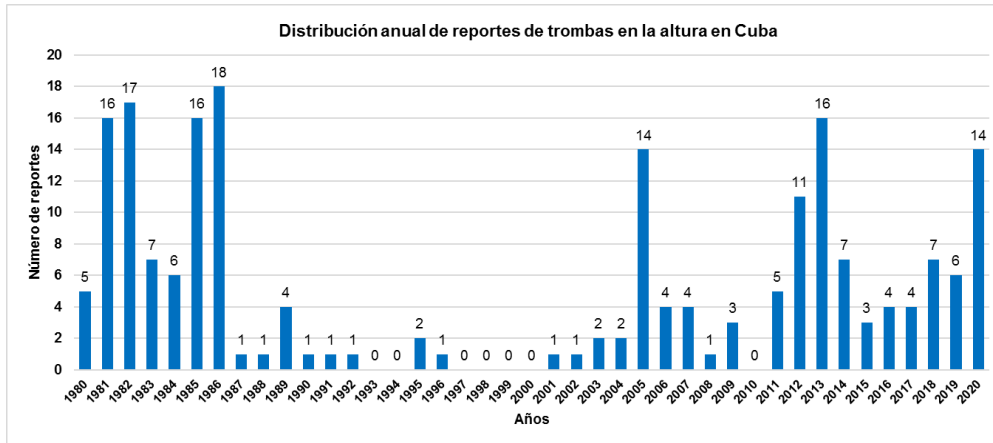


Figura 13. Distribución anual de los reportes de tromba en altura en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

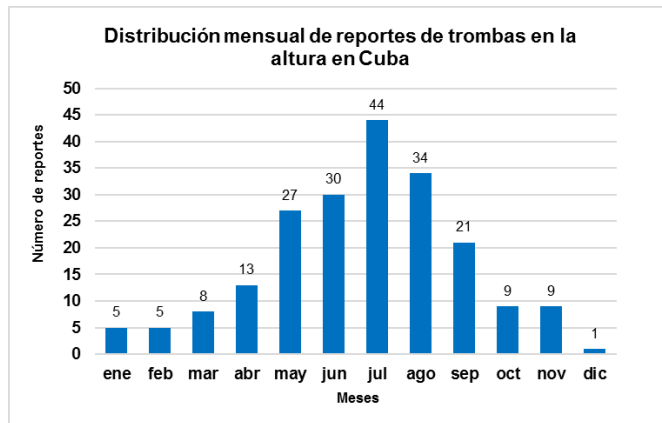


Figura 14. Distribución mensual de los reportes de tromba en altura en Cuba en el periodo 1980 -2020.

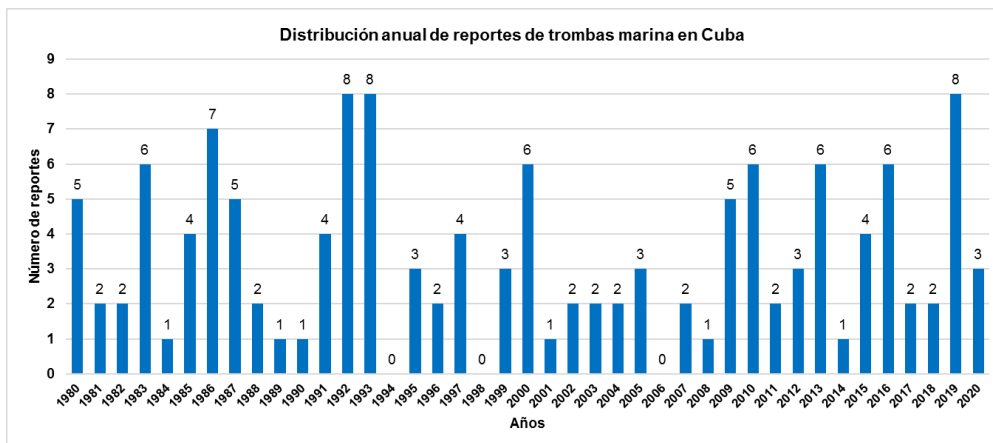


Figura 15. Distribución anual de los reportes de tromba marina en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

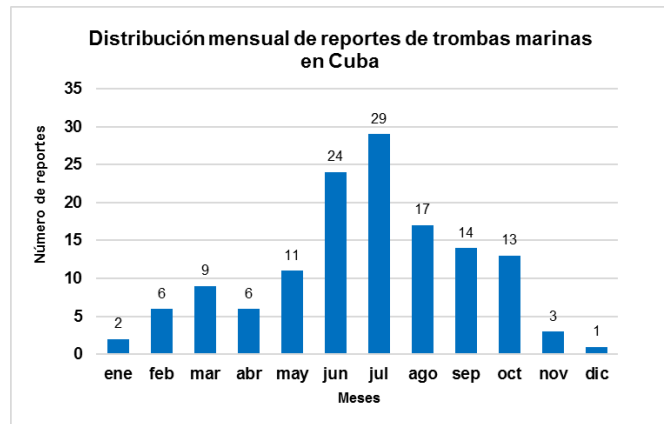


Figura 16. Distribución mensual de los reportes de tromba marina en Cuba en el periodo 1980 - 2020.

CONCLUSIONES

- En Cuba se reportaron entre los años 1980 y 2020 un total de 5 798 Tormentas Locales Severas, siendo el promedio anual de 141 reportes.
- Las Tormentas Locales Severas pueden ocurrir en cualquier mes del año, aunque la mayor concentración ocurre entre los meses de mayo y julio, con un máximo en el mes de julio.
- Los fenómenos que con mayor frecuencia se reportan en el territorio cubano son los granizos y las aeroavalanchas, con un promedio anual de 82 reportes y 58 reportes, respectivamente.
- Se encontró la presencia de más de un fenómeno severo en un mismo reporte, lo que demuestra la complejidad de la formación de estos eventos severos, siendo los granizos y las aeroavalanchas los fenómenos que con más frecuencia aparecen unidos.

REFERENCIAS

Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C., & Naranjo, L. (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el periodo 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio. *Revista Cubana de Meteorología*, 12(1), 3-3.

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*. Editorial Academia.

Álvarez, L., & Borrajero, I. (2018). Distribución espacial de fenómenos meteorológicos en Cuba clasificados a partir del tiempo presente I. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(1), 95-110. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/262/302>.

Alvarez, L., Borrajero, I., Alvarez, R., Aenlle, L., Rivero, I. R., Iraola, C., Rojas, Y., & Hernández, H. (2012). Estudio de la marcha interanual de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormenta para el territorio cubano. *Revista de Climatología*, 12. <http://webs.ono.com/reclim/reclim12a.pdf>

Carnesoltas, Mario. (2002). La circulación local de brisa de mar y tierra. Conceptos fundamentales. *Revista Cubana de Meteorología*, 9(1).

Fujita, T. T. (1978). *Manual of downburst identification for project NIMROD* (Satellite and Mesometeorology Research Paper NTIS PB-286048; p. 104). Dept. of Geophysical Sciences, University of Chicago.

Golden, J.H. (1973). Some statistical aspects of waterspout formation. *Weatherwise*, 26(3), 108-117.

Lecha, L. B., Lapinel, B., & Paz, L. R. (1994). *El Clima de Cuba*. Academia.

Orlanski, I. (1975). A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 65(1), 527-530.

Peterson, R. E. (1978). Waterspout statistics for Nassau, Bahamas. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 17(4), 444-448.

Rivero, R., Pérez, C., & Antuña, J. C. (1981). Climatología sinóptica de las tormentas severas locales de Cuba. *Boletín Científico Técnico*, 6(1), 1-9.

Varela, A. (2017). *Formación de tornados no asociados a superceldas en la región occidental de Cuba* [Tesis de Maestría]. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana.

Alis Varela de la Rosa. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

Yanneyis Rojas-Díaz. Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo, Guantánamo, Cuba. E-mail: yanneyis.rojas@insmet.cu

Mario Carnesoltas Calvo. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: mario.carnesoltas@insmet.cu

Conflicto de intereses: declaramos, no tener ningún conflicto de interés

Contribución de los autores: **Concepción de la idea:** Alis Varela de la Rosa. **Manejo de los datos:** Alis Varela de la Rosa, Yanneyis Rojas-Díaz. **Análisis de los datos:** Alis Varela de la Rosa, Yanneyis Rojas-Díaz.

Investigación: Alis Varela de la Rosa, Yanneyis Rojas-Díaz, Mario Carnesoltas Calvo. **Metodología:** Alis Varela de la Rosa. **Supervisión:** Alis Varela de la Rosa, Yanneyis Rojas-Díaz. **Validación de los resultados:** Alis Varela de la Rosa, Yanneyis Rojas-Díaz

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)