

Distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba

The Spatial Distribution of the Local Severe Storms in Cuba

Lic. Yinelys Bermúdez Souza | yinelysb.souza@insmet.cu | Centro Nacional de Pronósticos

Dra. Gisell G. Aguilar Oro | gisell.aguilar@insmet.cu | Centro Nacional de Pronósticos

Dr. Antonio Wallo Vázquez | wallo@patrimonio.uh.cu | Planetario. Oficina del Historiador

Recibido: febrero 10, 2014; aceptado: abril 30, 2014.

Resumen

En este trabajo se presenta un conjunto de mapas que forman la distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba, en el período 1980-2007. Para su desarrollo, fue necesario la recopilación y la validación de cada dato reportado, teniendo en cuenta la base de datos diseñada por Alfonso de 1980 a 1986 y actualizada para 2007, como parte de proyectos de investigación sobre las tormentas locales severas en el Instituto de Meteorología. Cada informe se asoció con las coordenadas geográficas de la localidad en la que se observó la severidad, y se presentó en formato de Office Excel 2003 para su procesamiento en MapInfo (versión 8.0); como salida se tiene diferentes mapas que se presentan en los resultados y que muestran la distribución espacial general de las tormentas locales severas, así como el tipo de severidad en Cuba. Cada mapa, incluyendo los bimensuales, fue examinado para lograr el análisis consistente presentado.

PALABRAS CLAVE: Distribución espacial, tormentas locales severas (TLS), tornados, granizos, aeroavalanchas, trombas marinas, Cuba.

Abstract

In this paper a set of maps that constitute the spatial distribution of Severe Local Storms in Cuba, for a

28-year period between 1980-2007 is presented. For its development, it was necessary the collection and validation of each data from reports, considering the data base designed by Alfonso of 1980-1986 and updated to 2007 as part of research projects on Severe Local Storms in the Institute of Meteorology. Each report were associated to the geographical coordinates of the locality in which severity were observed and organized in Office Excel 2003 format for processing in MapInfo version 8.0 whose output were different maps presented in the results, showing the general spatial distribution of severe local storms and type of severity in Cuba. Each map, including bimonthly, were examined to reach the consistent analysis that is presented.

Keywords: Spatial distribution, severe local storms (TLS), tornadoes, hail, aeroavalanches, waterspouts, Cuba.

Introducción

Las *tormentas locales severas* (TLS) en Cuba ocasionan cuantiosos daños socioeconómicos a las propiedades y la agricultura; en ocasiones, incluso hay que lamentar la pérdida de vidas humanas.

El conocimiento de las áreas donde son más frecuentes estos eventos severos constituye una herra-

mienta útil en la evaluación global del tiempo, así como para la preparación y la planificación, por las autoridades competentes, en la elaboración de los planes de desarrollo económicos sobre bases más acertadas. Por ello, este trabajo parte de la situación problemática de que, hasta el momento, no existen mapas que representen las TLS en Cuba y es el objetivo fundamental de esta investigación.

Para explorar las TLS en Cuba, necesariamente, hay que partir de las investigaciones del doctor Arnaldo Alfonso, quien, en su momento, logró la estadística más completa de estos fenómenos en el país, sobre la base de los criterios para clasificar cada tormenta local como severa hasta la primera cronología de TLS, que data de 1535 a 1986. Después de analizar la cronología hubo consenso en escoger solo los datos de 1980 a 1986, puesto que es su período más completo y de donde parten casi todos los análisis de este investigador en cuanto a las características generales, el comportamiento y una síntesis de distribución espacial de las TLS; se elaboró un mapa sobre la ubicación geográfica de los tornados intensos reportados en la provincia de Las Villas que, actualmente, abarca la Ciénaga de Zapata, Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus. Posteriormente, estos reportes fueron actualizados hasta 2007, como parte de los proyectos de TLS que se desarrollaron en el Instituto de Meteorología a partir de 2001.

En Cuba, como cualquier país del mundo, los análisis sobre las TLS presentan el problema principal de que no siempre se reportan todos los fenómenos que ocurren en realidad; por tanto, en los análisis, no siempre pueden obtenerse resultados categóricos. No obstante, la presente investigación se basó en la hipótesis de que, si bien no se reportan todas las TLS, las reportadas reflejan la mayoría y, de esta forma, representan una muestra real de estos fenómenos en el país; además, como parte de un esquema lógico en el desarrollo de las investigaciones sobre las TLS en Cuba, se hace necesario contar con una distribución

espacial actualizada, que permita no solo conocer algunas características generales de su comportamiento, sino que también pueda utilizarse por parte de los distintos organismos de protección civil, para lo cual se consideran los mapas de distribución espacial una forma más operativa que brinda mayor información sobre el comportamiento temporal y por tipos de los fenómenos severos. Para ello, se planteó como

OBJETIVO GENERAL: Representar mediante mapas la distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba, por tipos de severidad y por bimestres que permitan análisis consistentes.

Después de un estudio bibliográfico se consideró que para la distribución espacial de las TLS en Cuba se utilizarían los beneficios que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta de trabajo, los cuales permiten ubicar y correlacionar las TLS que afectan una región determinada. La implementación de los SIG posee gran actualidad científica por ser una tecnología de avanzada a nivel mundial, donde lo novedoso consiste en la recopilación, la organización, el análisis y la salida de diferentes informaciones espaciales y alfanuméricas de manipulación fácil por los usuarios.

Materiales y métodos

La parte fundamental del estudio residió en el análisis de los reportes de las TLS entre 1980 y 2007, a partir de la cronología elaborada por Alfonso (1994), la cual, desde 2001, se ha actualizado como parte de los múltiples esfuerzos realizados por el INSMET para retomar esta línea de investigación importante. Estos reportes fueron revisados y confirmados por todos los Centros Meteorológicos Provinciales (CMP), cada uno de los cuales se responsabiliza de los datos expuestos en sus reportes, además de enviarlo de manera operativa a la Sede Nacional, recogida en los *estados generales del tiempo* y resúmenes mensuales de cada CMP.

Después de validar la muestra de reportes, se trabajó con 3 218 casos de TLS, y de estos se logró ubicar geográficamente 3 078; los restantes casos fueron eliminados por no estar claro el dato del lugar exacto donde ocurrió el fenómeno. No obstante, la muestra utilizada permitió exponer el comportamiento de las TLS en Cuba en lo relativo a su distribución espacial.

Cada reporte de TLS se ordenó en formato Office Excel 2003; se elaboraron los resultados de este trabajo y se obtuvo la cantidad de reportes por provincia y por bimestres. Para la elaboración de cada mapa fue necesario georreferenciar los lugares de ocurrencia de cada TLS tomando las coordenadas geográficas del *Diccionario geográfico de Cuba*; en los casos en que no coincidió la ubicación geográfica con el sitio o poblado requerido se buscó directamente en el MapInfo.

En los SIG, la representación espacial de los datos es un aspecto muy importante. Para ello, es necesario que los objetos o elementos geográficos presenten una posición (x, y) que coincida con el sistema de coordenadas planas rectangulares; mediante la proyección cónica conforme de Lambert, que la utilizada en Cuba, se crearon los diferentes mapas de distribución espacial de las TLS en el territorio nacional por tipos de fenómeno y por bimestres.

Se estudió la capacidad de gestión de los diferentes SIG. Por los beneficios que ofrece a la distribución espacial se seleccionó el MapInfo (version 8.0) y se confeccionaron los mapas mediante el método de los símbolos graduados. Los lugares con observación de tormentas locales severas se localizaron de acuerdo con su ubicación en el mapa de Cuba (escala 1: 250 000); para su representación en La Habana se utilizó una escala más amplia (1: 50 000) dado el interés de las empresas locales que necesitan una mejor representación de estos fenómenos con miras a su toma de decisiones, además de constituir la capital del país, en la cual se concentra una gran cantidad de centros de negocios, empresas, etcétera.

Resultados: Distribución espacial de las TLS en Cuba

A continuación, se presenta la distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba, para diferentes bimestres y períodos.

Distribución espacial de las TLS en Cuba (1980–2007)

En la distribución temporal anual de las tormentas locales severas (TLS) (Fig. 1) dentro del período analizado se aprecia que en la década de los ochenta del siglo XX hubo un máximo de reportes, con un promedio de 143 casos por año, mientras que las dos décadas posteriores presentaron promedios de 97 casos, para la década de los noventa, y 1 993 casos en los años analizados de la década de los dos mil. Evidentemente, no puede hacerse una conclusión totalmente afirmativa de un motivo específico, puesto que, por una parte, en los últimos años puede alegarse una mejoría notable del sistema de captación y detección de los reportes de las TLS por provincias y, aun así, existieron menos reportes que en la referida década de los ochenta; por otra parte, en principio, puede atribuirse a la relación que pudiera presentarse con respecto a algunos elementos que condicionan la variabilidad climática y responde a la verdadera interrelación entre las escalas. En otras palabras, aunque las TLS son fenómenos que se desarrollan a escala local, su génesis también puede o no ser favorecida por otros sistemas que se definen a escalas sinóptica y planetaria.

El año 1986 es el de mayor número de casos de TLS. Se reportaron 226 fenómenos; de estos, 112 fueron granizadas y 84 casos ocurrieron en la mitad occidental del territorio nacional. El segundo año con un incremento considerable de las TLS fue 1983, con 198 reportes, de los cuales 64 correspondieron a granizos. En ambos años se presentó un evento ENOS (El Niño-Oscilación del Sur); se produjeron inviernos lluviosos

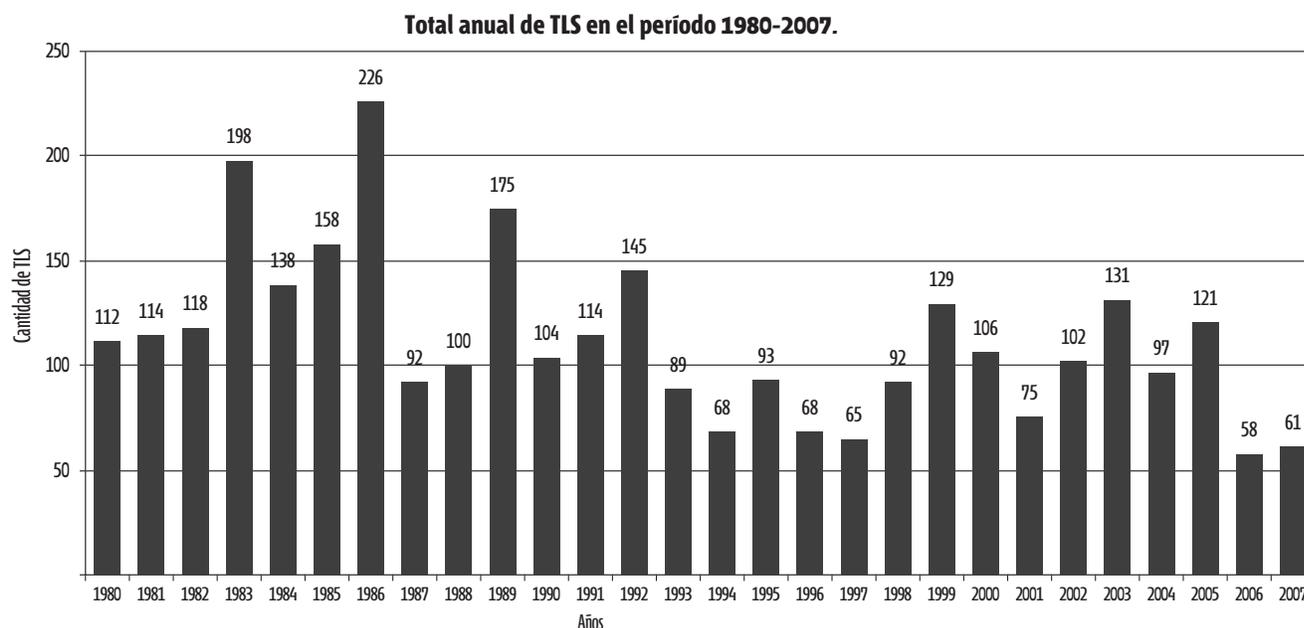


Fig. 1 Total anual de TLS en el período 1980-2007.

en Cuba (Cárdenas, 1991); afectaron frentes fríos activos con hondonadas prefrontales activas, así como bajas extratropicales intensas en el Golfo de México; en ocasiones, se presentaron las condiciones propicias y ocurrieron fenómenos meteorológicos severos. Asimismo, en el período lluvioso y en años ENOS se ha observado que las bajas frías generadas en el seno de la Vaguada Tropical Troposférica Superior (TUTT) se desplazan por latitudes más próximas o sobre Cuba, con lo cual se incentiva la severidad, en especial hacia el oeste del país.

La figura 2 representa la distribución espacial de las TLS en Cuba; se observa que las regiones occidental y central son las más afectadas por estos eventos meteorológicos, en menor medida, la provincia de Pinar del Río y el municipio especial de Isla de la Juventud. La Ciénaga de Zapata es una zona con pocos registros, lo cual no significa que no se desarrollen las TLS, puesto que es el lugar de nuestro país donde se forma, durante el período lluvioso, el mayor cumulonimbo (conocido por los meteorólogos cubanos como Don Pepe), pero por ser una zona con pocos asentamientos poblacionales dadas

sus características físico-geográficas, los reportes son más escasos.

Entre 1980 y 2007, la provincia de Matanzas reportó 779 casos de TLS. Sus características físico-geográficas asociadas al relieve favorecen una actividad convectiva fuerte durante el período lluvioso, época del año en que se registraron 611 casos. Otras provincias con una ocurrencia alta de estos fenómenos meteorológicos son Camagüey (366 eventos) y Villa Clara (331 eventos).

Con respecto a la distribución espacial de la capital se observa perfectamente que, en general, ocurren en la parte oeste de la ciudad, donde, al parecer, se combinan mejor todos los elementos que favorecen el desarrollo de las TLS, desde los sistemas sinópticos que en Cuba actúan como fondo, hasta las condiciones físicos-geográficas del territorio.

Distribución espacial de los granizos en Cuba (1980-2007)

Dentro de las TLS, el *granizo* es el fenómeno que más a menudo afecta el territorio cubano. Desde el punto de vista espacial puede decirse que ninguna re-

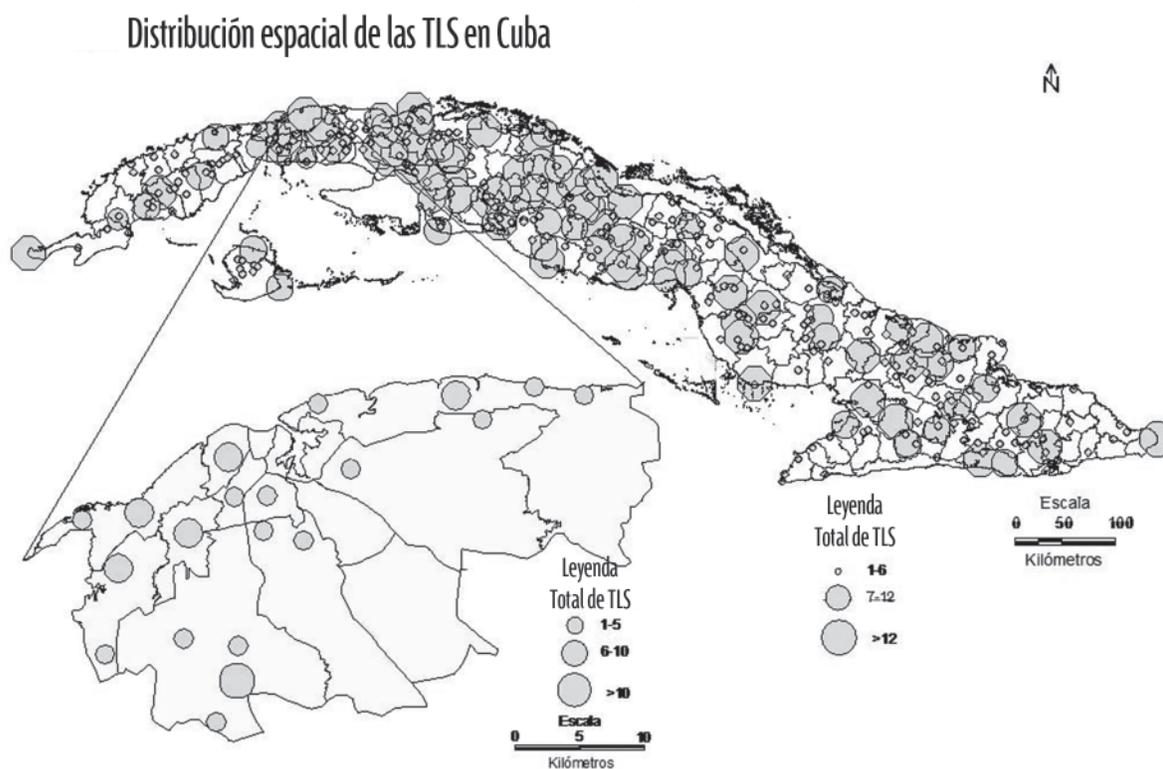


Fig. 2 Distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba.

gión está exenta de ocurrencia de este evento, como muestra la figura 3, aunque se presenta cierta preferencia en zonas del interior y el sur de La Habana hasta Camagüey; donde la inestabilidad vespertina y el calentamiento diurno son más intensos en los meses de verano, la energía necesaria para el desarrollo de fuertes corrientes ascendentes. Las regiones más afectadas por este evento son, por orden de relevancia: la occidental (534 reportes), la central (388 casos) y el oriente del país (203 casos).

En los meses de verano, el flujo del este al sureste procedente del Mar Caribe aporta suficiente humedad en la superficie y las capas bajas de la atmósfera. La vaguada de niveles medios, típica de mayo a junio, genera corrientes dominantes frías del noroeste y se produce un contraste de temperatura significativo en la vertical (Fernández y Díaz, 2005) que incentiva la ocurrencia de las TLS, asociados fundamentalmente a granizos.

Distribución espacial de los tornados en Cuba (1980–2007)

Aunque los tornados que más a menudo ocurren en Cuba, según Alfonso (1994) y corroborado por Aguilar *et al.* (2005), son clasificados como poco intensos (F0, F1 y F2), también se han reportado seis F3 y tres F4. No por ser menos intensos que en otras regiones del mundo, como el centro-oeste de los Estados Unidos, resultan menos importantes, puesto que cualquiera que sea su magnitud son el fenómeno más temido por el hombre y a pesar de que sus efectos son muy locales, en muchas ocasiones, no dejan de ser considerables y sus daños van desde moderados hasta graves (en Cuba, tres veces han llegado a ser devastadores).

La figura 4 muestra que en el interior de las regiones occidental y central es donde existe una representatividad mayor de reportes de tornados, en particular, en el interior de Matanzas (144 casos),

Distribución espacial de los granizos

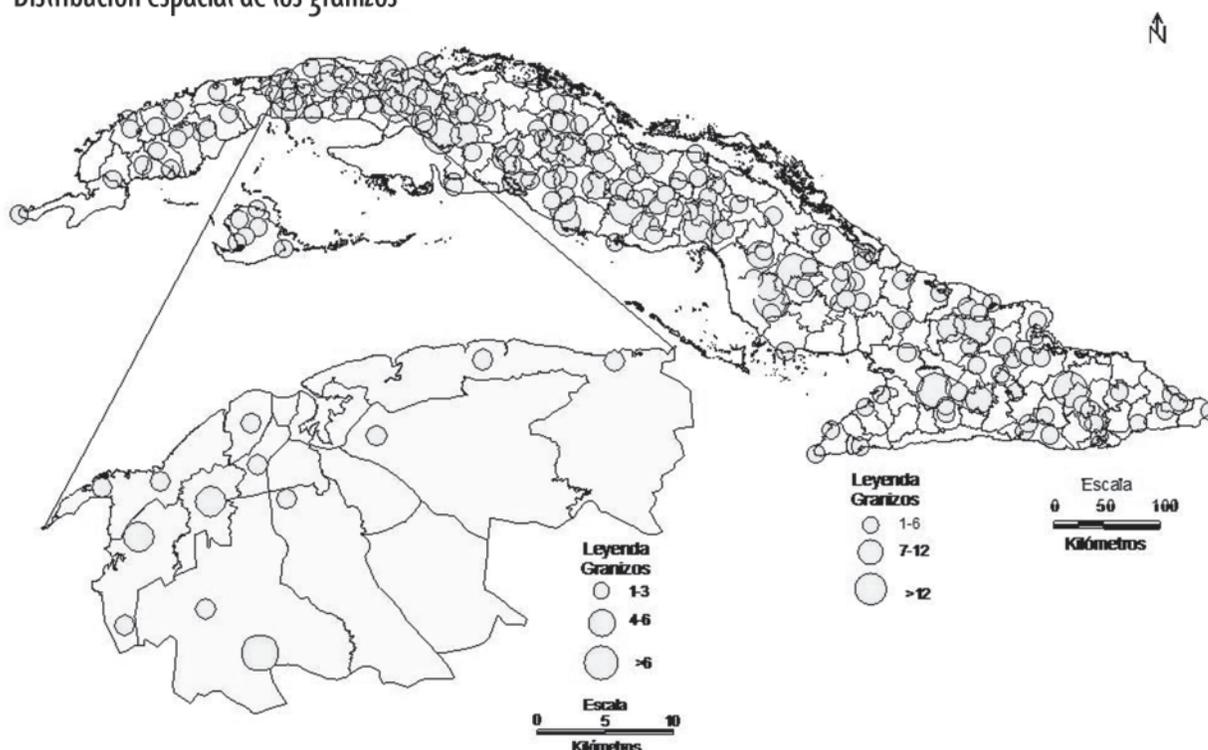


Fig. 3 Distribución espacial de los granizos en Cuba.

seguido de Camagüey y el oeste de La Habana (83 y 81 reportes, respectivamente), así como el norte de Cienfuegos (42 casos), coincidiendo esta última zona con el centro geográfico donde, además, es más frecuente cualquier tipo de TLS. La preferencia de tornados en esas zonas responden, en lo fundamental, a que se combinan condiciones sinópticas y locales, tales como el sistema de brisas, como un mecanismo disparador para la convección profunda, lo cual permite el acoplamiento perfecto de la atmósfera para formar y desarrollar este evento severo y, de esta manera, se corrobora lo planteado por Alfonso (1994) acerca de que también los tornados son más frecuentes en zonas alejadas de las costas, llanas o de poca elevación. En Pinar del Río, la Isla de la Juventud y el oriente del país, la ocurrencia de tornados es muy escasa.

Según Fujita (1973) y Elson y Meaden (1982), la zona central de las ciudades populosas presenta una

frecuencia de tornados baja, mientras que en las afueras de las ciudades se constata una frecuencia alta para estos eventos. En la Ciudad de La Habana se presentan características similares (Alfonso, 1994) y se observa una frecuencia mayor de estos fenómenos meteorológicos hacia las zonas menos pobladas de la ciudad. El centro-sur del municipio de Santiago de las Vegas es el de más números de reportes, extensa zona de cultivos y vegetación de sabanas y pastos, aunque hay casos aislados en los extremos este y oeste de la ciudad.

Distribución espacial de la aeroavalanchas en Cuba (1980–2007)

Las aeroavalanchas o vientos lineales fuertes, en su totalidad, es el fenómeno severo que, después de los granizos, afectan más a menudo el país. Al ocurrir la tormenta, una de las características fundamentales de su circulación son los movimientos ascendentes,

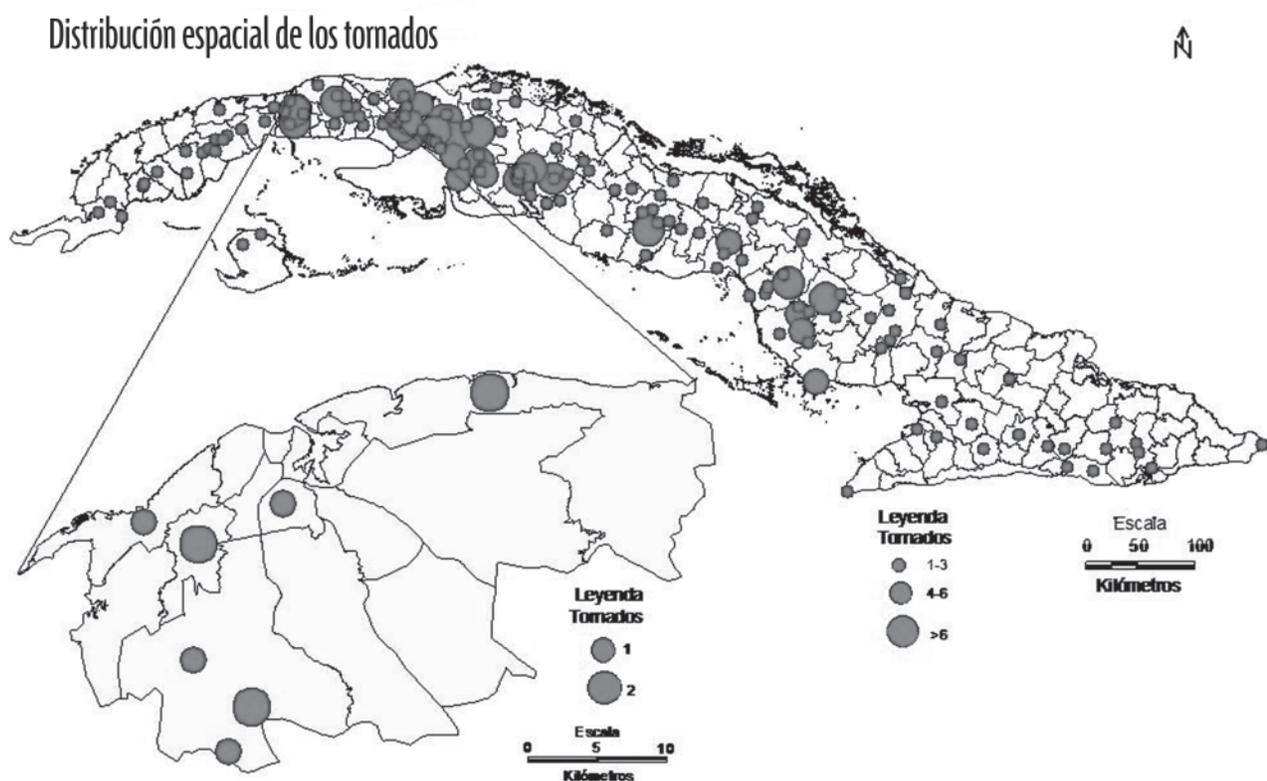


Fig. 4 Distribución espacial de los tornados en Cuba.

descendientes; en ocasiones, estos últimos se hacen muy intensos en una localidad pequeña durante un tiempo corto, y se alcanzan velocidades lineales iguales o superiores a 25 m/s. A este fenómeno, en 1985, se le denominó *aeroavalancha* (INSMET), después de las investigaciones y el análisis del doctor Arnaldo Alfonso.

La figura 5 muestra que desde las provincias habaneras hasta Villa Clara es donde son más frecuentes las *aeroavalanchas*, preferentemente, en el interior de la provincia de La Habana, el interior y el norte de Matanzas, y Villa Clara, además de Las Tunas y Holguín, con un máximo absoluto en Villa Clara (217 casos), territorio que, a diferencia del resto de las provincias, es más afectado por *aeroavalanchas* que por granizo, lo cual podría estar relacionado con las circulaciones locales, donde la presencia de las Alturas de Santa Clara y Alturas del Noreste desempeñan un papel fundamental.

Distribución espacial de las trombas marinas en Cuba (1980–2007)

Algunos estudios anteriores (Golden, 1973 y Gordon, 1951) demostraron que las regiones tropicales donde existen bahías grandes son muy frecuentes el desarrollo de trombas marinas; en Cuba, además de la existencia de grandes bahías, las temperaturas altas del mar favorecen este tipo de severidad, lo cual la ubica en una zona de alta frecuencia.

Aunque es el fenómeno severo menos reportado, se destacan algunas zonas con los registros mayores. La Estación Meteorológica del Cabo de San Antonio, en Pinar del Río, es la localidad de más reportes de trombas, resultado que confirma los estudios de Alfonso (1994). La zona con más casos en el país corresponde a la porción noroeste de la provincia de Matanzas, con 18 trombas reportadas entre la Bahía de Matanzas, la Bahía de Cárdenas y el balneario de Varadero, lo cual co-

Distribución espacial de las aeroavalanchas

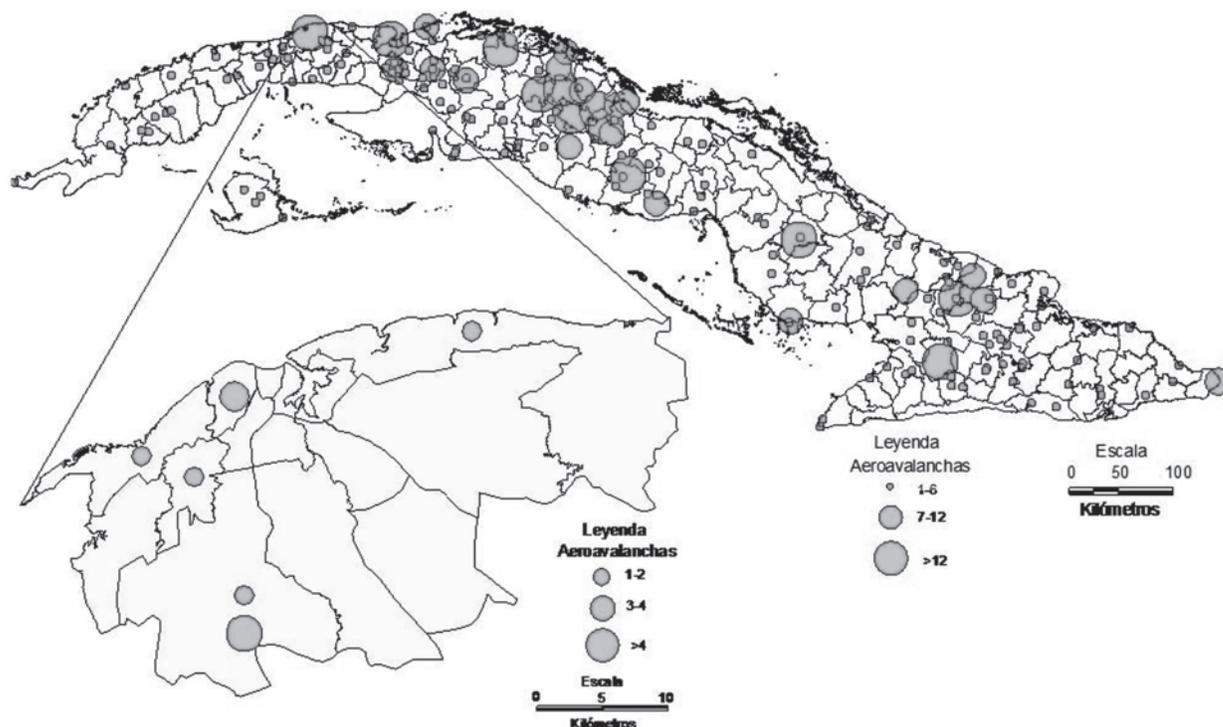


Fig. 5 Distribución espacial de las aeroavalanchas en Cuba.

robora lo planteado por Golden (1973) y Gordon (1951), puesto que el norte de Matanzas presenta como característica físico-geográfica grandes bahías abiertas.

Teniendo en cuenta que Aguilar *et al.* (2005) demostraron que la ocurrencia de TLS responde a que, necesariamente, debe existir un fondo sinóptico favorable y que, en Cuba, existen determinados patrones de circulación propios en uno u otro período, se decidió realizar una distribución espacial de TLS por bimestre. De forma general, se observa, de acuerdo con los diferentes patrones de circulación, regiones donde ocurren más TLS, lo cual, en el futuro, permitirá tomarlo como un criterio para realizar un pronóstico de eventos severos en Cuba, con énfasis en una u otra región.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre noviembre–diciembre (1980–2007)

Los reportes de las TLS en noviembre–diciembre son los más escasos en el país y, casi siempre, se generan

en la primera quincena de noviembre, cuando todavía pueden influir algunos sistemas propios del período lluvioso del año.

En este bimestre disminuyen considerablemente las precipitaciones, las condiciones del tiempo son estables dada la marcada influencia del sistema anticiclónico migratorio de origen continental, sobre todo en diciembre, cuando los sistemas meteorológicos son homogéneos y los fenómenos severos ocurridos están relacionados, principalmente, con frentes fríos activos.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre enero–febrero (1980–2007)

Los patrones de circulación del bimestre enero–febrero presentan semejanzas con los de noviembre–diciembre. Estos están caracterizados por la marcada influencia de una dorsal profunda en los niveles medios de la troposfera. La ciclogénesis en

Distribución espacial de las trombas marinas

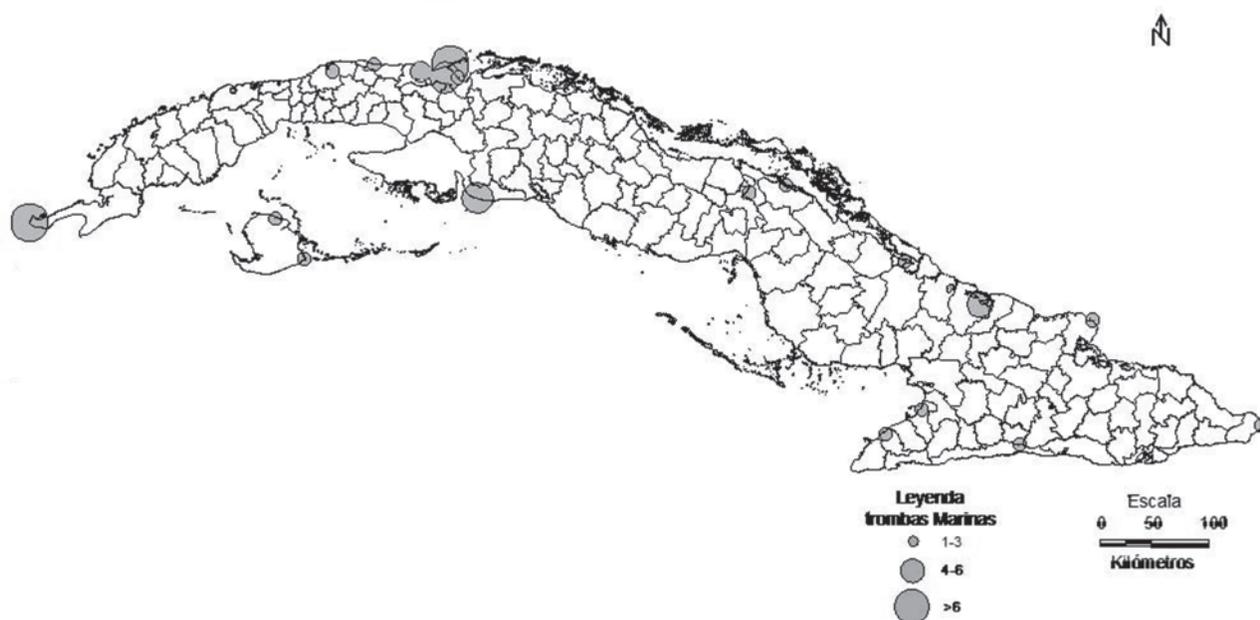


Fig. 6 Distribución espacial de las trombas marinas en Cuba.

el Golfo de México y la llegada de frentes fríos activos a la mitad occidental del país, con una onda polar profunda penetrando hasta latitudes bajas, han sido la causa fundamental para la ocurrencia de las TLS en este período, las cuales se ubican, fundamentalmente, en la mitad occidental, aunque los reportes en 28 años superaron muy poco los dos casos. En la región oriental se reportan casos muy aislados.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre marzo-abril (1980-2007)

Los sistemas anticiclónicos continentales comienzan a mostrar signos de debilitamiento en este bimestre y se aprecia una estructura mejor del Anticiclón del Atlántico Norte, que ejerce un dominio en el área y produce un debilitamiento de la fuerza del viento hacia zonas del interior del país. En estos meses disminuye significativamente el conteni-

do de humedad y la nubosidad, puesto que en esta época es muy frecuente la presencia de una dorsal anticiclónica en los niveles medios sobre las inmediaciones de Cuba, por lo cual el calentamiento superficial es más fuerte en las primeras horas de la tarde (Fernández y Díaz, 2005). La figura 9 muestra el incremento de reportes de las TLS en este bimestre para gran parte del archipiélago cubano; este aumento resulta considerable si se compara con los datos obtenidos en los restantes bimestres del período poco lluvioso.

Este bimestre se caracteriza por el desplazamiento de frentes fríos débiles sobre la región occidental, los cuales se disipan rápidamente en su porción sur a causa del amortiguamiento de la onda polar y el restablecimiento del Anticiclón Oceánico. Estos procesos sinópticos, en ocasiones, producen tormentas severas en el occidente y, asimismo, favorecen de forma aislada la región oriental.

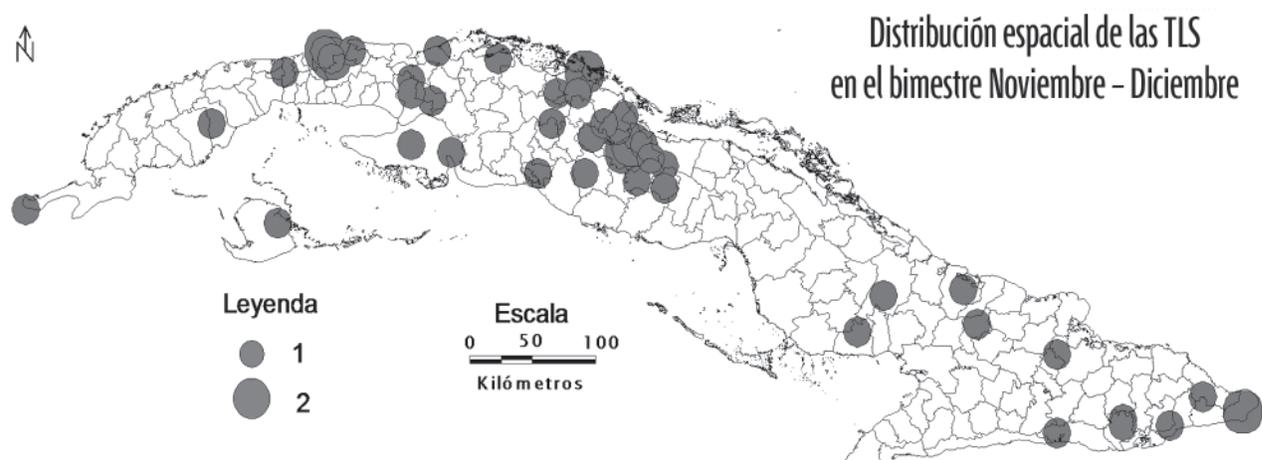


Fig. 7 Distribución espacial de las TLS en el bimestre noviembre-diciembre.

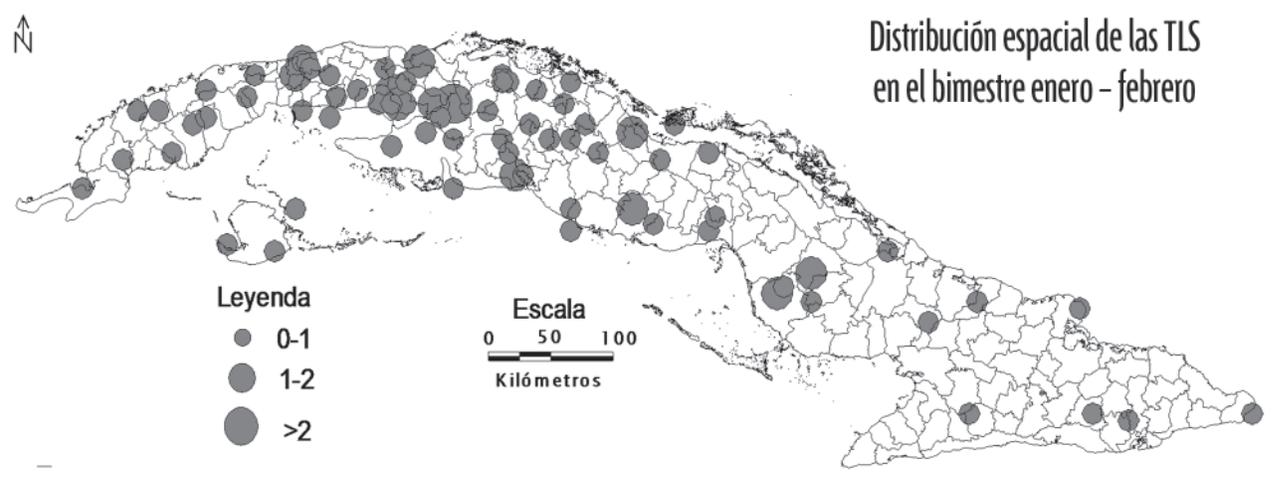


Fig. 8 Distribución espacial de las TLS en el bimestre enero-febrero.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre mayo-junio (1980-2007)

De los fenómenos severos reportados en el período de estudio, 36.9 % se desarrolló en esta época del año. En mayo comienza el período lluvioso en Cuba y, en este bimestre, se combinan los procesos sinópticos típicos del verano, relacionados con el fuerte calentamiento del día, y la ocurrencia de chubascos y tormentas eléctricas en horas de la tarde, asociados al desarrollo de la línea de confluencia del flujo a mesoescala en todo el país. El aporte de humedad es mayor dada, por una parte, la influencia de un flujo cálido y húmedo del sureste en los niveles

medios y bajos; por otra parte, dado que la vaguada de los oestes genera corrientes dominantes frías del primer cuadrante, condiciones típicas del bimestre generadoras de tormentas severas.

La figura 10 muestra que el interior y el sur de La Habana-Matanzas, y la región central hasta Camagüey, representan un máximo de actividad severa, le sigue, en orden de importancia, un segundo grupo que incluye el interior de la región oriental, mientras que los mínimos de reportes se corresponden con la provincia de Pinar del Río, el extremo oeste de provincia de La Habana, la Ciénaga de Zapata (en la provincia de Matanzas) y la

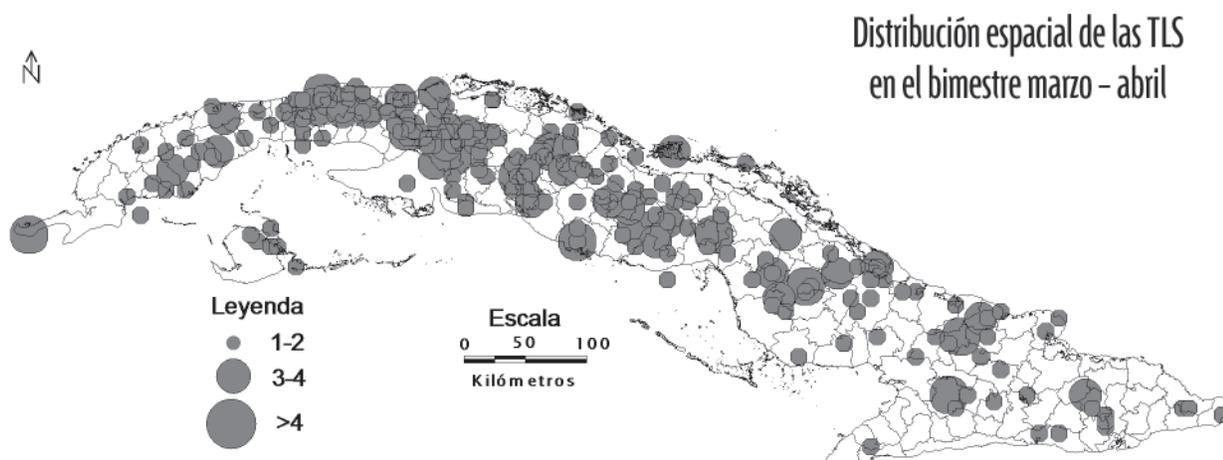


Fig. 9 Distribución espacial de las TLS en el bimestre marzo-abril.

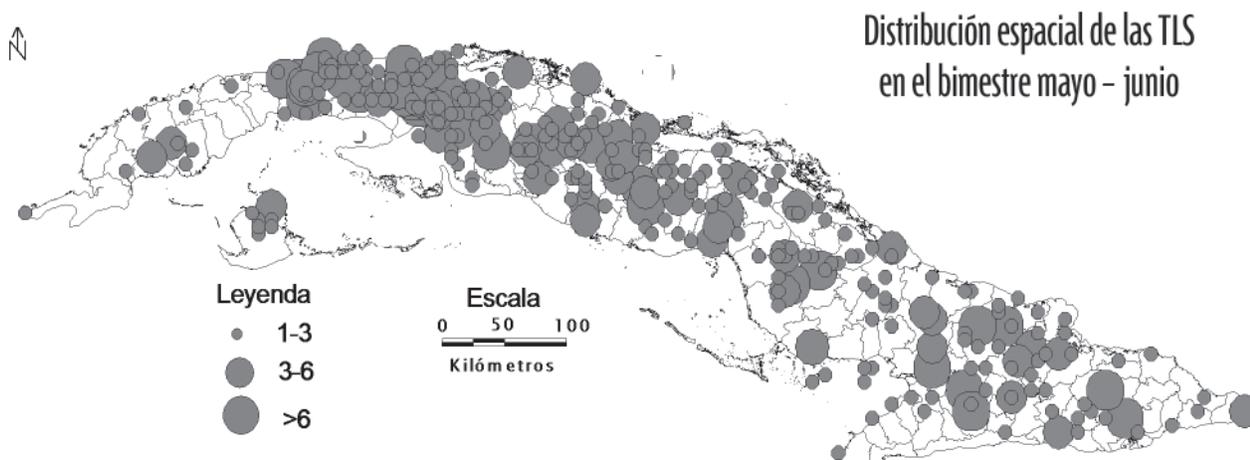


Fig. 10 Distribución espacial de las TLS en el bimestre mayo-junio.

faja costera sur desde Camagüey hasta Guantánamo. Algunas localidades del norte-noreste de la Isla de la Juventud reportaron entre una y tres TLS durante el período de análisis, las cuales se generaron en horas de la noche, lo cual, de alguna manera, corrobora los criterios de algunos especialistas del INSMET (comunicación personal) acerca de que los grandes cumulonimbos que se desarrollan en la Ciénaga de Zapata desde el final de la tarde, bajo un flujo general del noreste, tienden a desplazarse hacia el suroeste y llegan a la porción noreste de la Isla de la Juventud.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre julio-agosto (1980-2007)

Este bimestre se caracteriza por ser el más cálido del año. El Anticiclón del Atlántico Norte se desplaza hacia latitudes más altas y, por ende, se generan gradientes de presión ligeros sobre Cuba, con un flujo débil predominante del este-sureste.

La TUTT es uno de los sistemas meteorológicos típicos del bimestre; en su seno, se desarrollan bajas frías, las cuales son un factor determinante en los brotes de severidad en estos meses. Otro sistema típico del bimestre es el desplazamiento al oeste de las ondas tropicales procedentes del Mar Caribe

oriental, que cruzan muy próximo a Cuba (Fernández y Díaz, 2005).

Es el segundo bimestre, con un número de casos mayor (981 reportes, que representa 30.5 % de la muestra total), se aprecia un comportamiento similar al bimestre anterior, con excepción de la provincia de Pinar del Río, que presenta la mayor afectación de tormentas locales severas en este bimestre, principalmente, hacia el interior y el sur del centro de la provincia. En esta época, el viento en superficie toma una componente débil del suroeste sobre el extremo occidental; el contenido de humedad en la capa 850 hPa-500 hPa es significativo y, al combinarse con las temperaturas altas durante el día, se desencadenan tormentas eléctricas fuertes, en algunos casos, con características severas.

tables, sistemas frontales estacionarios en el Estrecho de la Florida, próximo a la costa norte del occidente de Cuba, y una hondonada profunda en superficie que se desplaza al este manteniendo alta la probabilidad de chubascos y tormentas eléctricas en las regiones occidental y central (Fernández y Díaz, 2005). Desde las provincias habaneras hasta Sancti Spíritus se concentra la cantidad mayor de reportes de TLS, y se registran entre uno y ocho eventos en las diferentes localidades; sin embargo, otras zonas del país poseen un riesgo de ocurrencia alto, por ejemplo, la ciudad de Camagüey (10 casos) y la ciudad de Holguín (12 casos).

Conclusiones

1. Según el período analizado, las regiones más afectadas por tormentas locales severas en Cuba son

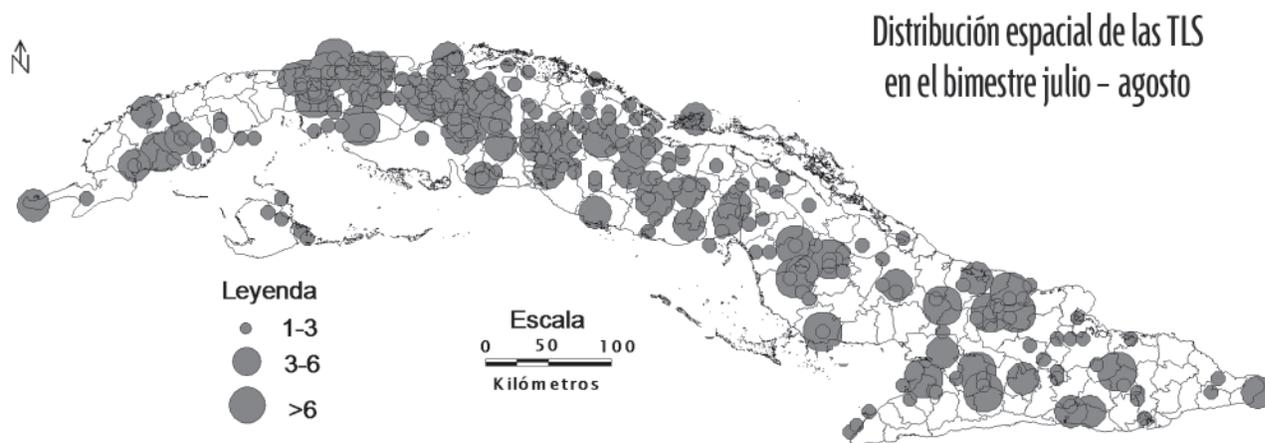


Fig. 11 Distribución espacial de las TLS en el bimestre julio-agosto.

Distribución espacial de las TLS en el bimestre septiembre-octubre (1980-2007)

Septiembre y octubre representan el tercer y último bimestre del período lluvioso en Cuba; en este período, se aprecia una disminución en los reportes de las TLS en todo el país, con 374 casos. Los procesos atmosféricos son muy heterogéneos en este bimestre y están asociados al desarrollo de ondas tropicales muy ines-

las zonas del interior y el sur, desde Artemisa hasta Camagüey, con mínimos en Pinar del Río y la Isla de la Juventud.

2. El granizo es el fenómeno severo que más a menudo afecta al territorio cubano; ocurre mayormente en zonas del interior y el sur de Artemisa y Mayabeque, hasta Camagüey.

3. Las zonas del interior de las regiones occidental y central son donde existe una representatividad mayor de reportes de tornados, en especial, el interior de Matanzas, lo cual ha sido corroborado con criterios de Alfonso (1994).
4. Las aeroavalanchas son frecuentes en la provincia de Villa Clara, a diferencia del resto del país, donde son más numerosos los reportes de granizos.
5. Las trombas marinas son el evento severo que con menor frecuencia se reporta en Cuba; en este sentido, se destacan algunas zonas donde existe cierta preferencia (por ejemplo, la porción noroeste de la provincia de Matanzas).

sultados de la modelación de un caso de estudio. AGUILAR, G 2004: 'Reportes de tormentas locales severas de las provincias La Habana y Ciudad de La Habana en el período 1987-2003'. Centro Nacional de Pronósticos, Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ciudad de La Habana, Cuba, inédito.

AGUILAR, G M. CARNESOLTAS, C. BALSEIRO y L. NARANJO, 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*, Instituto de Meteorología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ciudad de La Habana, Cuba, vol. 12, no. 1. 2005, pp. 3-10.

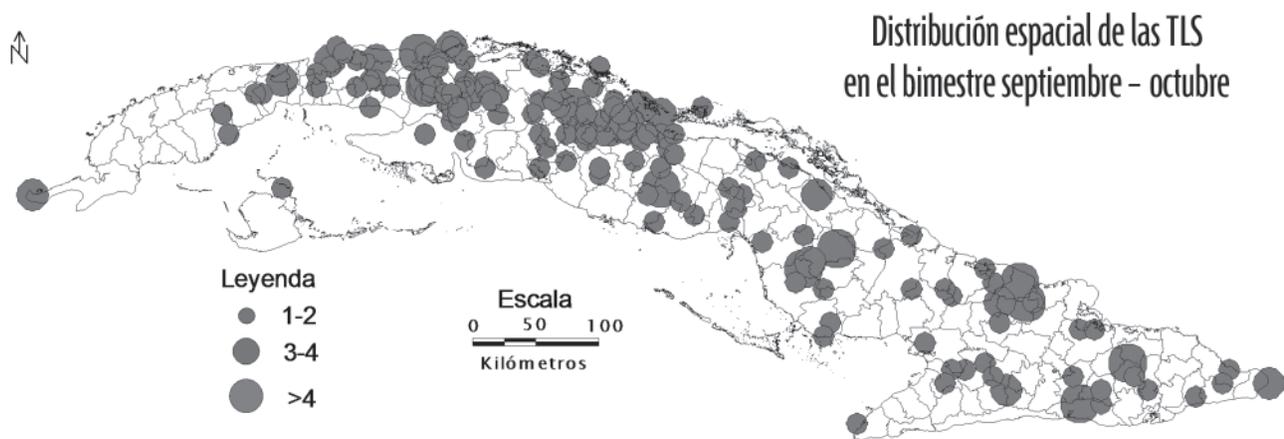


Fig. 12 Distribución espacial de las TLS en el bimestre septiembre-octubre.

6. Los análisis bimestrales determinaron particularidades en la distribución espacial y el comportamiento de las tormentas locales severas en Cuba, lo que permitirá su utilización futura en los pronósticos de tiempo severo.

Referencias bibliográficas

AGUILAR, G M. CARNESOLTAS, C. BALSEIRO y L. NARANJO, 2004: 'Climatología de las tormentas locales severas en Cuba, en el período 1987-2002'. Re-

rología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Ciudad de La Habana, Cuba, vol. 12, no. 1. 2005, pp. 3-10.

AGUILAR, G L. NARANJO y M. CARNESOLTAS, 2005: 'Establecimiento de condiciones de la circulación atmosférica a escala sinóptica en los alrededores de Cuba, favorables para la aparición de tormentas locales severas del proyecto 'Condiciones sinópticas favorables para la ocurrencia de tormentas locales severas en Cuba'. Un esquema para su predicción'. Informe de resultado científico, Instituto de Meteorología, 35 pp.

ALFONSO, A 1986: 'El brote de tiempo severo en Cuba del 8 de febrero de 1978. Descripción del brote y situación sinóptica', *Ciencia de la Tierra y el Espacio*, 10, 101-114.

_____ 1994: 'Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Instituto de Meteorología', Academia de Ciencias de Cuba, Ed. Academia, Ciudad de La Habana, Cuba. 168 p.

CÁRDENAS, P. A 1991: *Pronóstico a largo plazo de totales anuales de precipitación y modelación de algunas variables asociadas a esta*. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencias Físico-Matemáticas, Ciudad de La Habana, 96 pp.

COLECTIVO DE AUTORES, 1998: *Prometeo: Sistema de pronóstico objetivo de variables meteorológicas*, Instituto de Meteorología, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Ed. Academia, Ciudad de La Habana, Cuba. 34 p.

COLECTIVO DE AUTORES, 2000: *Diccionario geográfico de Cuba*, Oficina Nacional de Hidrología y Geodesia, Ediciones GEO, Ciudad de La Habana. 368 pp.

FERNÁNDEZ, J. y Y. DÍAZ, 2005: 'Catálogo de procesos sinópticos del archipiélago cubano en el período 1979-1993', Instituto de Meteorología, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cuba. 167 pp.

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

GORDON, A. H 1951: 'Waterpouts, part I', *Mar. Observ* 21 47-60.

FUJITA, T. T, 1973: 'Tornadoes around the word', *Weatherwise*, 26(2): 56-62, 79-83.

ELSOM, D. W y G. T. MEADEN, 1982: 'Suppression and dissipation of weak tornados in metropolitan areas: Acase study of GreaterLondon', *Monogr. Weather Rev* 110(7): 745-756.