

Afectaciones a los ecosistemas por tormentas locales severas en la región oriental.

Affectations to the ecosystems for severe local storms in the eastern region.

Autores: M Sc. Yanneyis Rojas-Díaz¹, Dr. C. Mario Carnesoltas-Calvo², M Sc. Enrique Perigó-Román¹, Andrés Aragón-Matos¹

Organismo: Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba¹. Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba².

E-mail: yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu, mario.carnesoltas@insmet.cu,
enrique.perigo@gtm.insmet.cu, aragon.matos@gtm.insmet.cu

Resumen.

La investigación se realizó para profundizar en las causas y condiciones que generan las Tormentas Locales Severas y contribuir a la eficiencia en su pronóstico, así como mitigar los daños económicos y sociales que provocan las agravantes del cambio climático en los diferentes ecosistemas en el periodo 1980-2011; cuya expresión se manifiesta por su riqueza y endemismo, donde se encontraron configuraciones típicas que adoptan los campos de viento y temperatura a mesoescala, constituyendo un esfuerzo sin precedentes en Cuba. El resultado mostró los dos factores determinantes donde se inicia y se desarrolla la convección profunda: el flujo ageostrófico y la diferencia de temperatura. Las características físico – geográfica provocan que estos campos adopten diferentes configuraciones bajo la influencia de cada uno de los patrones a escala sinóptica favorables para la ocurrencia de severidad local, encontrándose dos zonas fundamentales como fuentes de calor para el desarrollo de la convección profunda.

Palabras clave: ecosistemas; tormentas locales severas; configuraciones sinópticas.

Abstract.

The research was conducted to understand the causes and conditions that generate the Severe Local Storms and contribute to efficiency in its forecast and mitigate the economic and social damage caused aggravating climate change in different ecosystems in the period 1980-2011; whose expression is manifested by its richness and endemism, where they were found typical configurations that adopt the wind and temperature fields to mesoscale, constituting an unprecedented effort in Cuba. The result showed the two determinants where it starts and develops the deep convection: ageostrophic flow and temperature difference. The physical characteristics - Geographical cause these fields adopt different configurations under the influence of each of the synoptic patterns favorable for the occurrence of local severity, found two fundamental areas as heat sources for the development of deep convection.

Keywords: ecosystems; severe local storms; synoptic configurations.

Introducción.

Cuba se caracteriza por la heterogeneidad de sus ecosistemas presentes en una región o zona dada, que no existen como unidades diferenciadas, sino que presentan partes diferentes de un continuo natural, su diversidad se puede expresar por su riqueza, y esta a su vez asume como la variabilidad en una región o territorio determinado, al realizar un estimado inicial a través de la aplicación de los índices para cada región físico-geográfica, distinguiéndose cinco grandes grupos que abarcan de forma general los grados de riqueza de los ecosistemas, resultando evidente que la mayor riqueza se presenta en las montañas del oriente.

En los últimos años el estudio de las Tormentas Locales Severas ha adquirido una connotación especial por lo que resulta necesario conocer los posibles riesgos que estas pueden ocasionar, para de esta forma determinar las zonas más vulnerables a la ocurrencia del mismo y así poder mitigar los desastres que suelen ocurrir en los diversos ecosistemas, la posibilidad de que ocurran se incrementa como consecuencias del cambio climático, que constituye uno de los principales mecanismos de deterioro; provocando alteraciones, fragmentación o pérdida de hábitat/paisaje/ecosistema. La meteorología tiene entre sus misiones estudiar la influencia del tiempo y el clima sobre los ecosistemas y establecer Sistemas de Vigilancia y Alerta temprana como eslabón clave en la reducción de desastres naturales.

Las Tormentas Locales Severas se desarrollan en la denominada "mesoescala", que es la parte de la 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). Este resultado precisamente se centra, en una de las condiciones necesarias a mesoescala que determinan la ubicación de las Tormentas Locales Severas sobre la región oriental, bajo las condiciones a escala sinóptica que imponen los patrones tridimensionales favorables en Cuba para su ocurrencia. Esto es de gran interés para el área de responsabilidad de los pronósticos, ya que el resultado alcanzado en esta investigación se enmarca en la labor básica de la Vigilancia Meteorológica.

Si se tienen en cuenta las especificidades de la región oriental de Cuba, en la amplia búsqueda de referencias no se han encontrado hasta el momento investigaciones similares, por lo que el resultado que se presenta puede considerarse de total novedad científica, donde se incluye un análisis de un periodo mayor de años y se profundiza más en las relaciones con la mesoescala y en las condiciones necesarias y suficientes para la ocurrencia de severidad local y su impacto en los ecosistemas del área, Tomando en cuenta todo lo anterior, el objetivo principal de la investigación consistió en "identificar las configuraciones típicas que adoptaron los campos de viento y temperatura a mesoescala cuando la región oriental se encontraba bajo la influencia de los patrones a escala sinóptica favorables para las Tormentas Locales Severas y su impacto en los ecosistemas" .

Desarrollo.

Método

Se tomaron en cuenta las 26 configuraciones a escala sinóptica favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba (Aguilar et al., 2005) y los reportes de Tormentas Locales Severas en las cinco provincias orientales (Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo). Además, los datos de dirección, velocidad del viento y temperatura a las 1800

UTC de las estaciones meteorológicas del INSMET en el periodo desde 1980 – 2011, las variables viento, temperatura y humedad relativa de los mapas de los niveles superficie, 850, 700 y 500 hPa, en el horario de las 1800 UTC de los días con reportes de Tormentas Locales Severas, y el geopotencial del nivel de 700 hPa a las 0000 UTC para identificar los patrones (todos del sitio National Center of Environmental Prediction, NCEP). La muestra total fue de 850 reportes.

Con las configuraciones de las Isohipsas de los 700 hPa a las 0000 UTC se identificó el patrón que correspondiera con uno de los 26 patrones favorables de Tormentas Locales Severas y con los mapas de temperatura y flujo en superficie del día del reporte se determinaron el campo de temperatura y flujo que existía sobre la región de estudio.

Procesamiento de los datos

El vector del viento resultante (V_{RESUL}), o sea, el medido instrumentalmente en la estación meteorológica, es la suma vectorial de las componentes de todas las fuerzas a las distintas escalas que están actuando sobre el punto a cada instante. De esta forma en la α -meso escala estarán comprendidos los procesos de la escala sinóptica inferior (vector del viento geostrófico \vec{V}_g y el vector ageostrófico a esta escala \vec{V}_{ag}), en las componentes β -meso escala estará la circulación de la brisa de mar y tierra (\vec{V}_b), y en la γ -meso escala los efectos orográficos (\vec{V}_{or}), la fricción con la superficie terrestre (\vec{V}_{fr}), los disturbios producidos por las estructuras coherentes de la convección, las fluctuaciones turbulentas $\left(\sum_i \vec{V}_i\right)_{\gamma\text{-meso}}$ mientras que el resto

serán los efectos de la micro escala $\left(\sum_j \vec{V}_j\right)_{\text{micro}}$.

$$\vec{V}_{RESUL} = (\vec{V}_g + \vec{V}_{ag})_{\alpha\text{-meso}} + [(\vec{V}_b) - \vec{V}_{or} - \vec{V}_{fr}]_{\beta\text{-meso}} + \left(\sum_i \vec{V}_i\right)_{\gamma\text{-meso}} + \left(\sum_j \vec{V}_j\right)_{\text{micro}} \quad (2.1)$$

Luego, es posible determinar las componentes de la β -meso escala, con una aceptable aproximación, mediante la resta de las componentes de la α -meso escala al vector resultante.

$$\left(\sum_k \vec{V}_k\right)_{\beta\text{-meso}} = \vec{V}_{RESUL} - \left(\sum_n \vec{V}_n\right)_{\alpha\text{-meso}} - \left[\left(\sum_i \vec{V}_i\right)_{\gamma\text{-meso}} + \left(\sum_j \vec{V}_j\right)_{\text{micro}} \right] \quad (2.2)$$

La suma de las componentes de los vectores a α -meso escala $(\vec{V}_g + \vec{V}_{ag})_{\alpha\text{-meso}}$, resultan fácil de obtener de los reanálisis disponibles, mientras que la suma de las componentes a γ -meso escala

y de la micro escala $\left[\left(\sum_i \vec{V}_i\right)_{\gamma\text{-meso}} + \left(\sum_j \vec{V}_j\right)_{\text{micro}} \right]$ constituirán una aproximación aceptable para

el objetivo propuesto. Así, a las componentes del vector del viento resultante en cada estación meteorológica $(u, v)_{RESUL}$ se les restaron las componentes del flujo general a escala sinóptica

$(u_g + u_{ag}, v_g + v_{ag})_{\alpha\text{-meso}}$, según la expresión (2.2)

$$(u_g + u_{ag})_{\alpha\text{-meso}} = -ff_g \text{sen}(dd_g) \quad (v_g + v_{ag})_{\alpha\text{-meso}} = -ff_g \text{cos}(dd_g) \quad (2.3)$$

$$u_{RESUL} = -ff_e \text{sen}(dd_e) \quad v_{RESUL} = -ff_e \text{cos}(dd_e) \quad (2.4)$$

$$(u_{ag})_{meso} = u_{RESUL} - (u_g + u_{ag})_{\alpha-meso} \quad (v_{ag})_{meso} = v_{RESUL} - (v_g + v_{ag})_{\alpha-meso} \quad (2.5)$$

$$(dd_{ag})_{meso} = \text{arctg}\left(\frac{u_{ag}}{v_{ag}}\right) \quad (ff_{ag})_{meso} = \sqrt{(u_{ag})^2 + (v_{ag})^2} \quad (2.6)$$

De manera similar con la temperatura reportada por cada estación (tt_e) con respecto a los valores del campo general de temperatura a escala sinóptica (tt_g)

$$\Delta t = tt_e - tt_g \quad (2.7)$$

Esto permitió obtener las componentes ageostróficas (u_{ag} , v_{ag}) y las diferencias locales de temperatura (Δt), ambas a meso escala, en cada estación con respecto a las condiciones generales a mayor escala por cada patrón identificado.

El asentamiento de los datos (2.6) y (2.7) se llevó a cabo con el programa “digital atmosphere”. La velocidad (ff_{ag}) en el vástago de la dirección se asienta en m/s y la diferencia de temperatura en grados Celsius.

Como escalas de trabajo temporal y espacial se tomaron las comprendidas entre la β -meso y la γ -meso escala, de acuerdo a la clasificación de Orlanski (1975).

Resultados

Análisis general del total de reportes

De los 850 reportes de Tormentas Locales Severas entre 1980 y 2011 tomados como muestra, el 77,6 % corresponden al periodo lluvioso (mayo -octubre). De ellos, ocurrieron 542 días con tormentas severas. Los reportes de días con Tormentas Locales Severas tomados en la muestra se clasificaron de acuerdo al patrón sinóptico correspondiente. Los datos evidencian que la mayor frecuencia de Tormentas Locales Severas ocurre bajo las condiciones meteorológicas que se presentan durante los meses de abril y mayo (54.2%), seguida de las que se presentan durante el resto del periodo lluvioso en presencia de la TUTT (30.5%).

Los resultados reflejan con bastante claridad la realidad observada en la región oriental. Mucho se ha escrito sobre las “condiciones necesarias” y las “condiciones suficientes” que deben estar presentes para que una tormenta eléctrica pase de la fase de “madurez” a la fase de “madurez severa” (Browning, 1965). Sin embargo, todos los factores que intervienen en ello son posibles enmarcarlos en tres condiciones necesarias cualitativamente fundamentales (Carnesoltas, 2010, 2011):

Suficiente contenido de vapor de agua en los niveles bajos para lograr nubes convectivas de gran desarrollo vertical; Suministro estable y suficiente de energía en forma de calor a la Capa Fronteriza Atmosférica para generar estructuras coherentes y circulaciones locales que, con sus

interacciones, logren la convección profunda; Condiciones apropiadas en los niveles medios y/o altos para producir severidad local.

La condición suficiente resulta del acoplamiento simultáneo en la vertical de las tres condiciones necesarias.

La ubicación del área de estudio en la faja tropical, garantizan que la primera condición necesaria esté presente en la mayor parte del año, con la excepción de los días bajo la influencia de la circulación de región Norte de los anticiclones migratorios con masas de aire con escaso contenido de humedad.

Al igual que para el resto de las regiones del país, la tercera condición necesaria para la severidad, no depende de las características específicas de la región, sino que está determinada por la interacción de los campos de temperatura y de humedad con el flujo en los niveles medios de la tropósfera, en especial de la capa 600 – 300 hPa, de la Energía Potencial Convectiva Disponible en la vertical y además, la presencia de procesos dinámicos de sistemas como las bajas frías superiores.

Sin embargo, la ubicación de las celdas de convección profunda dentro de cada región, estará determinada por las configuraciones del flujo y del campo de temperatura dentro de la Capa Fronteriza Atmosférica. De esta manera, cada región “responderá” de una forma diferente bajo un mismo patrón de escala sinóptica. Por lo tanto, la determinación de las configuraciones del flujo y de la temperatura en superficie, vendrán a completar las tres condiciones necesarias, y por ello constituye el objetivo principal de la presente investigación.

Ubicación de las TLS en la región de estudio

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

Con el comportamiento de las Tormentas Locales Severas recopiladas en la base de datos desde el año 1980 hasta el 2011 y con nuevos elementos, fue posible determinar las zonas dentro la región oriental de mayor severidad, atendiendo a los siguientes criterios: Características físico - geográficas (altitud y posición geográfica), y Frecuencia de ocurrencia de Tormentas Locales Severas.

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

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

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

Cuando el patrón a escala sinóptica indujo sobre la región un flujo de región Norte, uno de los F_{bm} que aparece es entonces el de la cuenca del río Guaso en Guantánamo (Rojas y Carnesoltas, 2006) y la convección profunda ocurre en una línea paralela a la meseta del Guaso, o sea, al “fondo” de la propia cuenca, reflejada de moderada frecuencia. En este caso, el F_{bm} del golfo de Guacanayabo es muy débil o no se desarrolla.

Discusión

Situación general y específica a escala sinóptica del reporte de Tormenta Local Severa del 28 de Junio de 2007

Los mapas de geopotencial en los niveles de 1000 y 700 hPa y del viento en superficie, del día 28 de Junio de 2007 a las 1800 UTC, se pueden apreciar la presencia de una vaguada sobre el Este de los Estados Unidos a partir del nivel de 700 hPa. En superficie el flujo es del Este.

Primera condición: “suficiente contenido de vapor de agua en los niveles bajos para lograr nubes convectivas de gran desarrollo vertical”.

La humedad relativa el 28 de Junio de 2007 a las 1800 UTC sobre la región oriental, era en superficie de 70%, en 850 hPa de 75%, mientras que en 700 hPa era de 55%. Por lo tanto, a esa hora se cumplía la primera de las condiciones necesarias.

Segunda condición: “suministro estable y suficiente de energía en forma de calor a la Capa Fronteriza Atmosférica para generar estructuras convectivas y circulaciones locales que, con sus interacciones, logren la convección profunda”.

El campo de temperatura en superficie del 28 de Junio de 2007 a las 1800 UTC, se puede apreciar que en el centro de la cuenca del Cauto las temperaturas del aire oscilaban entre 33.0 y 35.0°C.

En correspondencia con ello, el campo de la diferencia de temperatura, presentó en dicha zona una diferencia máxima de 5.7°C, con una ligera línea curva de máximos valores en la cuenca del río Cauto orientada al Nordeste que se extiende hasta la bahía de Nipe, y otra línea desde el Valle Central orientada al Sudeste sobre la Meseta del Guaso, en Guantánamo. Con un flujo general medio del Este de 4.0 m/s impuesto por el patrón 19, la región oriental presentó un flujo resultante casi paralelo sobre la mitad Sur del territorio y divergente en su mitad Norte. Sin embargo, el campo de divergencia en el flujo ageostrófico muestra una línea de convergencia en superficie desde el Sur del valle del Cauto – Pinares de Mayarí – Norte del Valle Central – Meseta del Guaso - Sierra de Imías hasta la costa Sur. Otra línea desde el Norte de Las Tunas orientada al Sudeste que se extiende hasta el Sur de la provincia Holguín.

En la superposición de los campos del vector y de la velocidad ageostrófica del viento sobre la región, se encontraron dos líneas relacionadas estrechamente con los campos de divergencia

del flujo ageostrófico, y de diferencia de temperatura. En especial, la relacionada a la línea costera del golfo de Guacanayabo, que posteriormente se convertiría en el frente de la brisa de mar. No se observó relación con la línea de convergencia del Norte de Las Tunas.

La imagen de satélite en la banda visible del día 28 de Junio de 2007 a las 1745 UTC, donde se aprecia las líneas de nubes convectivas sobre la cuenca del Cauto y la convección profunda que comenzó a desarrollarse sobre el Valle Central al Este de la región como se muestra en la figura 1.1.

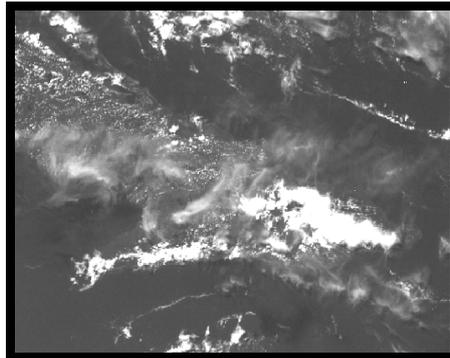


Fig. 1.1. Imagen de satélite de la región oriental en la banda visible del día 28 de Junio de 2007 a las 1745 UTC.

Con tales centros de máxima temperatura y los fuertes gradientes creados con respecto a sus alrededores, además de los sistemas convectivos que se generaron desde las horas del mediodía, resultaba muy alta la probabilidad que se cumpliera la segunda condición necesaria para la generación de la convección profunda.

Tercera condición: “Condiciones apropiadas en los niveles medios y altos para producir severidad local”.

El campo de humedad relativa en el nivel de 500 hPa el 28 de Junio de 2007 a las 1800 UTC sobre la región oriental la humedad relativa era de 55%, valor que, si bien con respecto a los niveles inferiores no tiene una diferencia significativa, se puede considerar apropiado para generar corrientes descendentes de ligeras a moderadas dentro de la nube de la tormenta.

El campo de la temperatura en el nivel de 500 hPa el 28 de junio de 2007 a las 1800 UTC. En ella también se aprecia que la temperatura sobre la región oriental era de -5.7°C , valor que no tiene mucha significación para la caída de granizos, pero que no impide la generación de una corriente descendente de ligera a moderada dentro de la nube de la tormenta.

En las imágenes de satélite de la figura 1.2 se observa el resultado de la ocurrencia simultánea en la “zona” de las tres condiciones necesarias para Tormentas Locales Severas. En la imagen de las 2015 UTC se puede apreciar la distribución de las nubes convectivas a lo largo de la línea del frente de brisa de mar desde el golfo de Guacanayabo (señalados por las saetas); mientras que en la imagen de las 2201 UTC ya se puede observar la tormenta (dentro del círculo), que causó los vientos lineales entre 16.6 – 18.1 m/s, con la racha máxima de 19.4 m/s. En concordancia con las condiciones analizadas se encontraron mayor cantidad de vientos lineales.

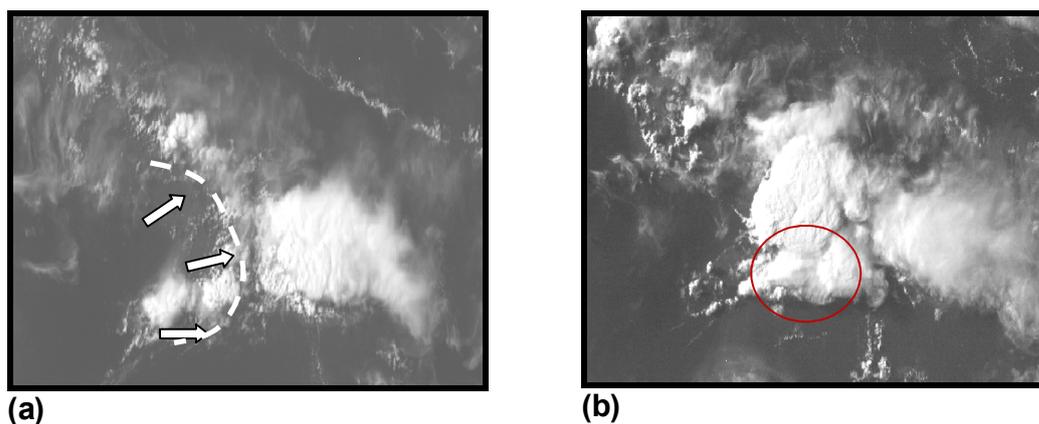


Fig. 1.2. Imágenes del satélite meteorológico en la banda visible del día 28 de Junio de 2007, (a) a las 2015 UTC; (b) a las 2201 UTC.

Reporte de lo ocurrido

El 28 de junio de 2007 a las 2200 UTC, se reportó una Tormenta Local Severa en la estación meteorológica de Veguitas, provincia Granma, con vientos sostenidos entre 60 y 65 km/h (16.6 – 18.1 m/s) con una racha máxima de 70 km/h (19.4 m/s). El observador de la estación y vecinos del lugar vieron una tormenta más fuerte al Norte de la estación. La observación del radar de Camagüey informó que la nube de tormenta tenía topes de 20 km de altura.

Este reporte se consideró Tormenta Local Severa por dos aspectos: el hecho de haberse medido con radar un tope de 20 km, y en segundo lugar, a que a pesar de que la racha máxima medida en la estación fue inferior a los 25.0 m/s establecidos para las Tormentas Locales Severas, el centro de la nube de tormenta no estaba sobre el punto de medición, y con un tope tal elevado es fácil inferir que la velocidad bajo la misma nube de tormenta superó el valor umbral de los 25.0 m/s.

Los elementos tomados en cuenta para el análisis del Caso de estudio, permiten concluir que bajo las condiciones sinópticas impuestas en la región oriental y la respuesta a meso escala, se cumplen las condiciones necesarias y suficientes para el evento local severo. Existe estrecha coincidencia espacio - temporal de los campos analizados a meso escala en superficie a las 1800 UTC. Las configuraciones del flujo y de la temperatura en superficie, son factores determinantes en la ubicación de la convección profunda y de las propias tormentas que se desarrollaron dentro de la región. La presencia de una hondonada de niveles medios y una entrada de aire relativamente más húmedo con la convergencia en los niveles bajos por la interacción del frente de la brisa con el resto del flujo; en su conjunto el entorno se transformó favorable para la ocurrencia de convección profunda y severidad.

Las principales afectaciones están vinculadas al daño de la cubierta forestal identificando a los incendios forestales (ver figura 1.3) como uno de los factores que ejercen una influencia negativa en la deforestación, la degradación de los suelos y la pérdida de la diversidad biológica, después de los disturbios naturales provocados por el impacto de las tormentas locales severas, se afectan sensiblemente la composición y estructura de la vegetación que se manifiesta

directamente proporcional a la intensidad de los vientos, y se produce una defoliación y partidura de las ramas en casi la totalidad de los árboles, los cuales en la mayoría de los casos son los de mayor aporte de las especies de valor forestal. La afectación también se ve reflejada en las relevantes riquezas de especies y número de ellas endémicas de la flora y la fauna encontrándose en los lugares que por sus valores naturales han sido escenarios de relevantes acontecimientos de la historia y cultura entre otras; un sistema automatizado para la Vigilancia y Alerta temprana a corto plazo de los índices de peligro de ocurrencia, mediante el procesamiento de la data procedente de la red de estaciones meteorológicas resulta eficiente desde el punto de vista operativo. La prevención, es un problema de un sistema del cual forman el MININT, la Defensa Civil, el CITMA y los órganos gubernamentales a los diferentes niveles, entre otros.



Fig. 1.3. Imágenes de afectaciones por tormenta local severa.

Conclusiones.

1. Los dos factores determinantes de las zonas donde se inicia y se desarrolla la convección profunda sobre el territorio de las cinco provincias orientales son: el flujo ageostrófico y el campo de la diferencia de temperatura a mesoescala.
2. Las características físico – geográficas específicas de la región oriental provocan que el flujo ageostrófico y el campo de diferencia de temperatura, adopten diferentes configuraciones bajo la influencia de cada uno de los patrones a escala sinóptica favorables para la ocurrencia de severidad local.
3. En el análisis realizado a la muestra tomada se encontraron dos zonas fundamentales como fuentes de calor para el desarrollo de la convección profunda: la extensa llanura de la cuenca del río Cauto y el valle de Guantánamo.
 - En la relación de cada patrón a escala sinóptica con las configuraciones a mesoescala sobre las cinco provincias orientales, se encontró que bajo las condiciones que se imponen en determinado patrón se requiere siempre de un análisis más profundo, pues las condiciones necesarias para la severidad no se presentan con la misma claridad de otros patrones como el caso del patrón 19.
4. Se determinó con mayor exactitud la distribución por zonas de las Tormentas Locales Severas en el territorio de las cinco provincias orientales atendiendo a sus características físico – geográficas y con ello la posible afectación a los ecosistemas encontrándose en los lugares que por sus valores naturales han sido escenario de relevantes acontecimientos de la historia y la cultura.

Bibliografía.

- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C., Naranjo, L. (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el periodo 1980 – 2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio. *Meteorología*, 12(1, 3), 10.
- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C., Naranjo, L. (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.
- Alfonso, A., (1994) Climatología de las tormentas locales severas. Editorial Academia. La Habana, 85.
- Bermúdez, Y. (2009) Distribución de las Tormentas Locales Severas en Cuba. Informe de resultado, 78.
- Browning, K. A., Atlas, D. (1965). Initiation of precipitation in vigorous convective clouds. *J. Atmos. Sci.*, 22, 678 – 683.
- Carnesoltas, M. Sierra, N. Quintana. (2010). Características de los principales parámetros que intervienen en el proceso convectivo relacionado a la severidad sobre la región centro oriental de Cuba. Informe de Resultado. INSMET, 46.
- Carnesoltas, M. Sierra, N. Quintana, G. Aguilar y L. Naranjo. (2010b). Condiciones a escala sinóptica favorables para la aparición de Tormentas Locales Severas en Cuba. Parte II, periodo lluvioso. *Meteorología*, 16(1, 13), 31.
- Orlanski, I., (1975). A rational subdivision of scales for atmospheric processes, *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 56(5), 527 – 530.
- Rojas, Y. (2006). Las tormentas locales en la provincia de Guantánamo. Tesis en opción al grado de Maestría en Ciencias Meteorológicas, 83.

Fecha de recibido: 19 ene. 2015
Fecha de aprobado: 14 mar. 2015