

Análisis de la tormenta local severa ocurrida el 5 de mayo del 2018 en la provincia de Camagüey

Analysis of the severe local storm that occurred on May 5, 2018 in the province of Camagüey



<http://opn.to/a/Sq10R>

Eduardo Estrada Canosa ^{1*}, Dainelaine Navarro Silva ¹, Luis Enrique Bisbé Sifontes ¹

¹Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, Camagüey, Cuba.

RESUMEN: La presente investigación se basa en el estudio de una Tormenta Local Severa, ocurrida en la ciudad de Camagüey el 5 de Mayo del 2018, la cual estuvo relacionada con la presencia de una vaguada en superficie, reflejo de una baja fría superior en niveles medios de la tropósfera con presencia de corrientes del noreste y este, siendo la segunda condición de más influencia en nuestra provincia, que junto a fuerte calentamiento y el incremento de la energía hacen la combinación necesaria de la actividad convectiva y sobre todo a la caída de granizos y vientos linealmente fuerte los cuales pueden causar daños a la economía, la población, e incluso la pérdida de vidas humanas. En la investigación se presenta un análisis a partir del sondeo del horario de la 1800 UTC donde se analizaron los valores obtenidos de los principales índices termodinámicos como la energía convectiva potencial disponible (CAPE), índice de levantamiento (LI), índice total totales (TT), total cruzado (TC), índice Kaidach (KI) y el índice de amenaza de tiempo severo (SWEAT). Se analiza el comportamiento medio de la humedad en la capa de superficie a 3 y 6 km respectivamente, así como la estructura vertical del viento, caracterizada por los niveles de 850, 700, 600 y 500 hPa. El resultado que se expone puede servir de guía durante el desarrollo del trabajo operativo de los meteorólogos en la vigilancia meteorológica.

Palabras clave: Tormenta local severa, Sondeo aerológico.

ABSTRACT: The present investigation is based on the study of a Severe Local Storm, which occurred in the city of Camagüey on May 5, 2018, which was related to the presence of a surface trough, reflecting a higher cold fall in average levels of the troposphere with the presence of currents from the northeast and east, being the second most influential condition in our province, which together with strong warming and increased energy make the necessary combination of convective activity and especially the fall of hail and linearly strong winds which can cause damage to the economy, the population, and even the loss of human lives. The investigation presents an analysis based on the survey of the 1800 UTC schedule where the values obtained from the main thermodynamic indices were analyzed, such as the potential convective energy available (CAPE), the survey index (LI), total total index (TT), crossed total (TC), Kaidach index (KI) and the severe weather threat index (SWEAT). The average behavior of the humidity in the surface layer at 3 and 6 km respectively is analyzed, as well as the vertical structure of the wind, characterized by the levels of 850, 700, 600 and 500 hPa. The result that is exposed can serve as a guide during the development of meteorologists' operational work in meteorological surveillance.

Key words: Local severe storm, Sound aerologic.

*Autor para correspondencia: *Eduardo Estrada Canosa*. E-mail: eduardo.estrada@cmw.insmet.cu

Recibido: 27/03/2019

Aceptado: 14/08/2019

INTRODUCCIÓN

Dentro de la meteorología las tormentas locales severas (TLS), tienen un importante significado, por lo que se hace necesaria la búsqueda de mayor acercamiento y conocimiento para su predicción, siendo importante la información aerológica para estos fines. El sondeo aerológico constituye una herramienta eficaz para predecir en primer término las condiciones presentes en la provincia de Camagüey. Su análisis y correcta interpretación puede conllevar a determinar algunos cambios de interés en diferentes variables en un momento dado.

[Alfonso \(1994\)](#), define las TLS, como aquellas tormentas que presentan al menos uno de los siguientes fenómenos meteorológicos: trombas marinas, tornados, granizos de cualquier tamaño y vientos lineales superiores a 96 km/h.

Johns & [Doswell \(1992\)](#), plantean que para la ocurrencia de las tormentas severas es necesario suficiente potencial de energía disponible CAPE y presencia de cizalladura vertical, esta última, es un factor a tener en cuenta, pues casi siempre al producirse su ruptura, desencadenan procesos fuertes que aumentan la probabilidad de fenómenos severos de interés.

En Cuba la actividad severa en verano, está determinada por la presencia de convección profunda, que desarrollan nubes del tipo cumulonimbos, estas entre 12 y 18 km de altura favorecidas por varios factores, como el alto contenido de humedad, fuerte calentamiento en superficie, suficiente energía convectiva disponible y los flujos del viento que son favorables, con presencia de un incremento de humedad entre superficie y los niveles de 850 y 700 hPa y temperatura frías a partir de 500 hPa.

En un acercamiento a los periodos de ocurrencia, [Aguilar & Carnesoltas \(2005\)](#) plantean que las TLS presentan una clara variación estacional con máximo entre los meses de mayo a julio, siendo el mes de mayo el que presenta un máximo absoluto. La ocurrencia de estos fenómenos por lo general ocurren en horas de la tarde, una o dos horas después de registrarse la máxima temperatura del

día ([Alfonso, 1994a, b](#)). Sin embargo, los autores definen que la mayor tendencia de su ocurrencia puede ser más representativa en los horarios entre 4:00 y 6:00 pm, donde el factor radiación se hace más representativo en nuestra provincia, sin dejar de tener en cuenta otros momentos del día.

Otros autores como [Rojas & Carnesoltas \(2013\)](#) estudian las condiciones necesarias que determinan la ubicación de las TLS sobre la zona oriental de Cuba. Tales condiciones muestran cumplir con tres factores que son imprescindible dentro de los procesos profundamente inestables como: suficiente contenido de humedad en niveles de superficie a 700 hPa, y de superficie a 6 km; suministro estable y eficiente de calor en la capa fronteriza atmosférica y por ultimo la combinación de factores en niveles medios y altos de la tropósfera que liberan la energía de las tormentas.

Sin embargo para estos factores es necesario estar en presencia de componentes de vientos muy favorables que avalen tales condiciones, la cizalladura es un factor bien típica en fenómenos severos y queda mostrado en el sondeo a partir de niveles medios, la presencia de bajas frías superior que se presentan a partir de niveles medios y altos de componente este noreste (ENE), son condiciones no empleada en el índice de tiempo severo (SWEAT), segunda versión, propuesta por [Miller \(1972\)](#), por lo que los valores obtenidos en el cálculo, muchas veces no responden a los umbrales que se definen por su autor. Esto conlleva a hacer énfasis en los análisis que puedan mejorar el diagnóstico de fenómenos severos, donde se incluyan las siguientes condiciones:

1. Presencia de flujos de componentes del este sureste (ESE) o sureste (SE) que pueden estar presentes desde superficie a 500 ó 600 hPa, con presencia de los suroeste (SW) a oeste (W) a partir de 400 ó 500 hPa y por encima de estos niveles.
2. Presencia de componentes del este sureste (ESE) o sureste (SE) que pueden ser desde superficie hasta 500 ó 600 hPa, con presencia de flujos de componentes norte noreste (NNE), condición

presentada en el sondeo de análisis del 5 de mayo del 2018.

Otro aspecto de interés en la que [Doswell & Schultz \(1992\)](#), refieren, es que para ocurrencias de TLS, la temperatura de 700 hPa es más característico cuando es menor a los 12°C, en este caso se puede observar que ese día, el valor presente era de 6,7°C, indicando marcado enfriamiento del nivel de 700 hPa.

La presencia de marcado calentamiento en superficie, alto contenido de humedad en la capa de superficie a 850 hPa y moderado en la capa de superficie a 6 km, en niveles medios y altos componentes del norte noreste (NNE), altura de la isoterma de 0 °C, localizada en la altura de 4 km, pueden ser condicionantes específicos para que ocurran TLS.

En Camagüey varios autores ([Aguilar, 2000](#); [Gamboa et al., 2001](#); [Rivero et al., 2002](#); [Martínez, 2011](#)) también han realizados estudios utilizando los sondeos relacionados en días de TLS, sin embargo hoy en día su empleo aún es de suma necesidad en los análisis diarios de los pronósticos, siendo en ocasiones relegada por el empleo abusivo de otros modelos no tan eficaces como la descripción que genera la información del momento por los datos obtenidos de sondeos aerológicos, sean sondeos reales o modelados, que conlleva a un uso más práctico de la información en la predicción de estos fenómenos. En tal sentido se promueve el análisis detallado de un día de ocurrencia de granizos en diversos lugares de la provincia de Camagüey, caracterizado por tamaños entre 1 y 5 cm, ocasionando interés por la caída abundante y fuertes vientos generados, que ocasionó el pánico en los lugares de la provincia que se presentaron.

El proceso intenso de caída de granizos estuvo alrededor de 5 minutos, muy en consonancia con lo referido por [Fujita \(1981\)](#) quien señala que la caída de pedruscos de granizos son de aproximadamente unos cinco minutos desde que se inicia hasta que se alcanza el suelo y la máxima intensidad puede ocurrir en los cinco minutos siguientes y a los 15 puede estar ya en fase de disipación.

La investigación propone como objetivo identificar las principales condiciones termodinámicas presentadas que dieron lugar a la TLS ocurrida el 5 de mayo del 2018 a partir de la información de aire superior obtenida en el horario de las 18 UTC.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se empleó el análisis de la TLS ocurrida el día 5 de mayo del 2018, con reporte de caída de granizos y vientos fuertes en los municipios de Camagüey y Guáimaro, ambos en la provincia de Camagüey.

Se obtuvo información del sitio Aire Resource Laboratory (ARL) para la realización del sondeo aerológico pronóstico interpolado de ese día como herramienta útil y eficaz.

Otra herramienta que no se debe obviar para el desempeño correcto en la vigilancia meteorológica, es el empleo de la carta pseudoadiabática que permite mostrar en muchas ocasiones factores determinantes para el diagnóstico de severidad y que debe tratarse como un conjunto de factores en cada análisis, o sea, es necesario la interpretación desde la estructura reflejada en el diagrama de temperatura, punto de rocío, dirección y velocidades predominantes en los niveles de 850, 700, 600 y 500 hPa, con los índices de estabilidad calculados, principalmente en los índices del CAPE(energía disponible), LI (índice de levantamiento), TT (total totales) que determina el gradiente térmico en la capa 850 a 500 hPa y la humedad del nivel de 850 hPa y la temperatura en 500 hPa (Tc), viento medio en la capa de 0-6 km y el índice SWEAT para evaluar tiempo severo.

Muchos criterios son empleados a la hora de definir un horario de sondeo para los pronósticos, en este sentido, [Johns & Doswell \(1992a, b\)](#), refieren que cuando los valores instantáneos de un sondeo no es conocido, debido a que solo son lanzados en los horarios 12:00 y 00:00 UTC, representan un gran problema, pues simplemente son analizados para 12 horas, lo que es recomendable el empleo de datos de sondeos para periodo de seis horas, que hacen más eficaz sus análisis. Esto crea mecanismos favorables debido a

que la atmósfera se somete a cambios en el tiempo, que en muchas ocasiones no definen un diagnóstico adecuado a los pronósticos, cuando son empelados para análisis muy prolongados.

Para el análisis se tomaron las imágenes de los radares de Camagüey y de Holguín. Se escogió el periodo de observaciones en que ocurrió la TLS, y se usaron varios productos que ofrece el radar tales como la reflectividad máxima, la mayor altura del eco y cortes verticales de estos ecos convectivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los análisis realizados, los autores consideran que uno de los factores que influye en la formación del granizo es la alta inestabilidad termodinámica de la atmósfera, mientras más inestable sea esta más capacidad tendrán las corrientes ascendentes presentes en la tormenta para soportar granizos mayores, así como la combinación marcada de diferentes masas de aire. Esto permite que los cristales de hielo en descendencia, sean impulsados por fuertes corrientes descendentes y lleguen en estado sólido a tierra.

En tal sentido es preciso considerar para el análisis de este caso, que el desarrollo y tamaño que alcanzan los granizos puede estar relacionados por la variación de la estructura del viento a escala de tormenta (Nelson, 1983). Estas variaciones estructurales afectan el tiempo de tránsito de los embriones de granizo a la zona de crecimiento del granizo que es producida por la coalescencia. Debido a estos cambios las tormentas que ocurren en ambientes termodinámicos similares, pueden diferir en cuanto al tamaño, cantidad y distribución de los granizos que producen (superceldas o multiceldas).

Estudio de la ocurrencia de caída de granizos del día 5 de mayo del 2018 en el municipio de Camagüey

El 5 de mayo del 2018 se desarrolló un brote de TLS sobre la provincia de Camagüey. Según información de varios vecinos en la ciudad de Camagüey alrededor de las 21:28 UTC y por espacio de 10 minutos aproximadamente, se reportó la caída de granizos en varias zonas de esta

ciudad. El tamaño de los mismos fue comparado como un chícharo o un garbanzo, aunque se reportaron también hasta del tamaño de un anoncillo de forma abundante y mezclados con lluvias. Además, entre las 22:45 UTC y las 22:51 UTC en la ciudad de Guáimaro se registró otra TLS, caracterizada por caídas de granizos con características similares a lo ocurrido en la ciudad de Camagüey (González & Bisbé, 2018).

Análisis sinóptico

Esta situación estuvo generada por la presencia de una hondonada en superficie sobre el centro del país. La misma se extiende desde los mares al norte de las Bahamas, cruza sobre la región central de Cuba y se interna en el mar Caribe, con su porción sur muy próxima a Jamaica (figura 1).

La hondonada en superficie es el reflejo de la baja fría superior (figuras 2 y 3). La baja fría tiene su centro ubicado sobre las provincias del oriente cubano, pero la circulación de la misma influye sobre el territorio nacional y mares adyacentes.

En 850 hPa se observa un flujo del SE sobre el territorio de Camagüey, aportando altos valores de humedad, lo que favorece aún más la inestabilidad (figura 4).

En el nivel de los 500 hPa se muestra sobre Camagüey un flujo de viento del SW (figura 5). Se puede observar la circulación de la dirección del viento en sentido contrario a las manecillas del reloj sobre todo el territorio nacional. En la figura 6 se muestra en el nivel de 200 hPa sobre Camagüey un flujo de viento de componente SW.

En la tabla 1 se muestra un resumen del sondeo aerológico donde se aprecia un flujo cálido y húmedo en niveles próximo a superficie hasta los 700 hPa, con vientos del sureste (SE) y sur (S). Sin embargo es de considerar cuán profundo se presenta la masa cálida y húmeda en estos casos, donde se muestra marcadamente hasta los 500 hPa y luego toma una inclinación hacia el ESE para luego representarse los ENE desde 400 hasta los 150 hPa, haciéndose profunda en la altura y teniendo una marcada correspondencia con las temperaturas de 500 y 300 hPa que permiten definir la influencia de la baja fría en la altura. En

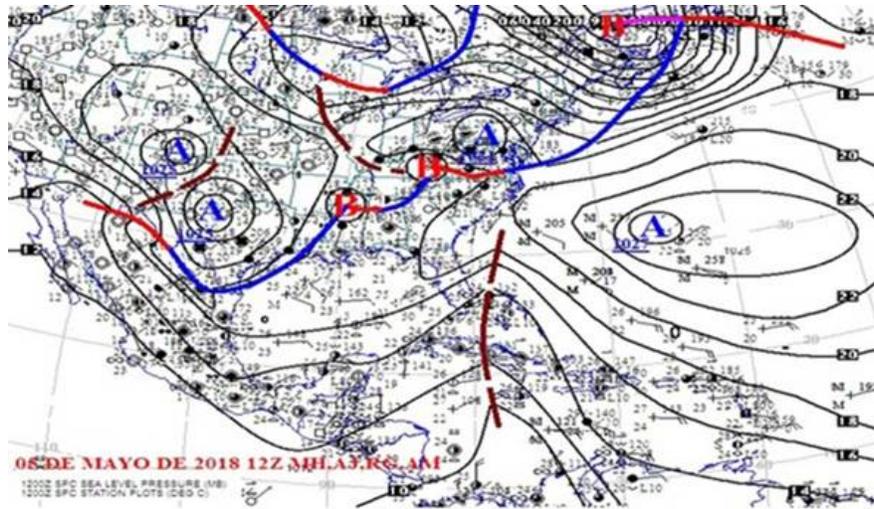


Figura 1. Mapa Sinóptico de superficie del día 5 de mayo 2018 en el horario de las 1200 UTC

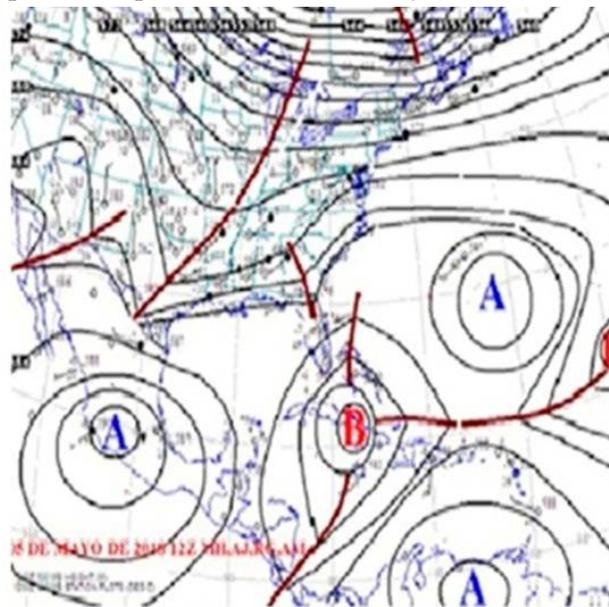


Figura 2. Altura geopotencial en los 500 hPa del día 5 de mayo del 2018 en el horario de las 1200 UTC los niveles hasta 450 hPa están secos y solo se observan que están húmedos entre 900 y 800 hPa

También se muestra que la temperatura en 500 hPa es de $-10.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y según estudio de [Aguilar 2005](#), determinó un umbral de la temperatura en 500 hPa de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la ocurrencia de severidad.

Otro factor estuvo determinado por una temperatura muy cálida en superficie como detonante inicial del proceso Físico, compensado por flujo de entrada desde superficie hasta 500 hPa de humedad, donde la humedad promedio en la capa de superficie a 3 km se obtuvo en 70 % y de superficie a 500 hPa de 58 %.

Otro de los aspectos de interés son las temperaturas entre los niveles de 600 y 700 hPa, donde se va a determinar la Isoterma $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, en este caso los niveles mencionados, muestran valores bajos para la época en que se presentan las TLS, esto permite interpretar que la altura de la isoterma de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se encontró aproximadamente en los 4 km.

De la [tabla 1](#) se puede concluir que es de interés analizar las siguientes variables:

1. Temperatura de superficie (suficiente calentamiento superficial).
2. Punto de rocío (T_d) en el nivel de 850 hPa (marcado contenido de humedad) y valores

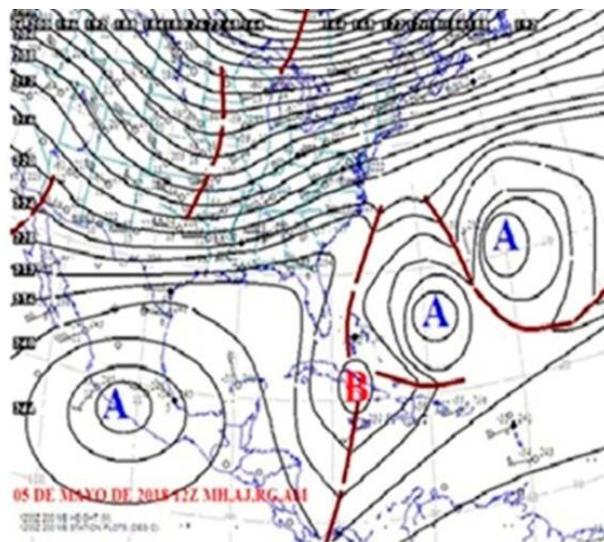


Figura 3. Altura geopotencial en el nivel de 200 hPa del día 5 de mayo del 2018 en el horario de las 1200 UTC

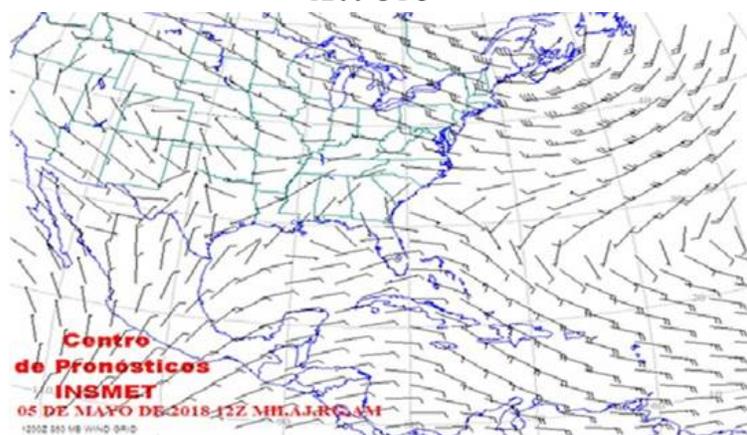


Figura 4. Flujo del viento en el nivel 850 hPa en el horario de las 1200 UTC

mayores a 13°C son de marcado interés para favorecer los procesos severos.

3. Temperatura de 700 hPa menor a 10 °C.
4. Temperatura de 600 hPa menores a 3°C, mientras más fría se presenta, más significativa es la interpretación de una Isotherma cero grado más baja, siendo en este caso de -1,5 °C.
5. Temperatura del nivel de 500 hPa muestra que se presentaba extremadamente fría con -10,4°C.
6. Flujos presente desde superficie a 500 hPa del sureste (SE) y sur (S), estos flujos de componentes sureste (SE) son muy característicos a días de ocurrencia de TLS.

7. Flujos presente en niveles medios y altos que pueden predominar del norte noreste (NNE) al este noreste (ENE), primer cuadrante, existen otras condiciones que se van a caracterizar de componentes sur suroeste (SSW), que se pueden presentar en 300, 400 ó 500 hPa.

8. Humedad promedio en la capa de superficie a 3 km de 68 %, y superficie a 6 km de 58 %. Elemento significativo ese día.

Análisis de la carta seudo adiabática del 5 de mayo del 2018, en el horario de las 18 UTC

En la [figura 7](#) se muestra la carta seudo adiabática del caso de estudio donde los perfiles de temperatura y la temperatura del punto de rocío

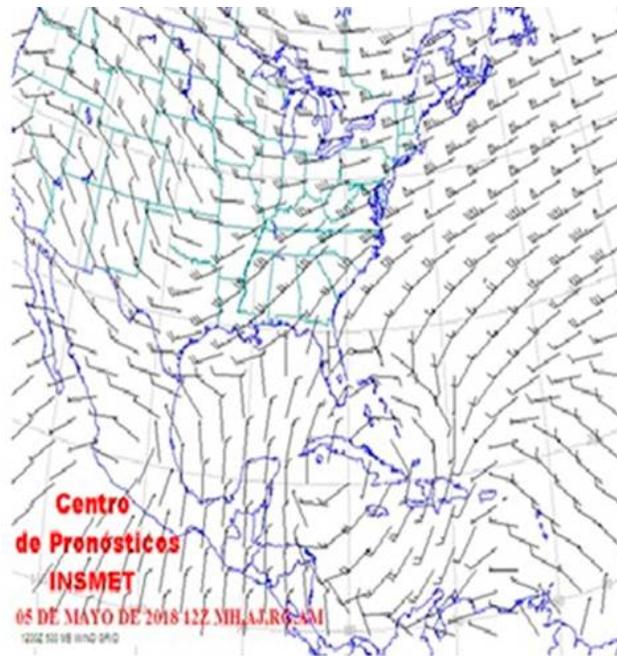


Figura 5. Flujo del viento en el nivel 500 hPa en el horario de las 1200 UTC



Figura 6. Flujo del viento en el nivel 200 hPa a las 1200 UTC

mostraron una capa húmeda de 3149 m de espesor entre superficie y 700 hPa

En la [tabla 2](#) se muestran los valores de los índices que sirven de base en el análisis. El valor del CAPE es considerado moderado. El LI refleja una marcada inestabilidad considerando que la temperatura en 500 hPa es extremadamente fría (-10,4 °C). El total cruzado (TC) es significativo para ocurrencia de tormentas a partir de valores de

19°C. Según [Miller \(1972\)](#), el TT con valores a partir de 49°C son favorables para ocurrencia de TLS, en tal sentido se hace evidente la combinación de un gradiente sumamente cálido y húmedo entre los niveles de 500 y 850 hPa. Los valores altos de este índice son muy característicos en los fenómenos severos, aunque se pueden encontrar casos en que se presentan inferiores al mismo.

Tabla 1. Resumen por niveles del sondeo interpolado del 5 de mayo del 2018 en el horario de las 1800 UTC

Presión	Alt	Temp	Td	Hr	DD	VV
1009	122	30.3	20.6	45.53	157.3	4.5
975	337	26.0	17.7	60.21	157.1	6.2
950	566	23.7	17.1	66.51	157.7	6.2
925	798	21.5	16.5	73.18	159.3	6.4
900	1036	19.3	15.8	80.17	161.8	6.4
850	1525	15.3	13.7	90.17	165.5	6.8
800	2038	13.0	8.8	75.64	173.0	8.3
750	2578	10.1	3.8	64.91	176.4	8.9
700	3149	6.7	-1.7	55.02	181.7	9.0
650	3753	2.9	-8.5	42.87	184.3	9.1
600	4396	-1.5	-13.3	40.20	180.5	9.1
550	5082	-6.0	-18.4	36.86	177.0	6.8
500	5822	-10.4	-26.3	25.89	165.9	4.3
450	6625	-15.4	-29.6		138.5	3.5
400	7504	-21.0	-32.0		104.7	4.7
350	8477	-27.9	-34.6		77.1	5.1
300	9565	-36.4	-39.1		51.9	5.8
250	10801	-46.5	-47.6		30.5	6.9
200	12252	-54.9	-64.5		9.9	11.6
150	14051	-63.7	-74.0		2.5	17.8
100	16487	-71.3	-81.1		323.6	10.0

Tabla 2. Valores de los índices de estabilidad LI, TC, TT, SWEAT y KI

Índices	Valores
CAPE	2234 j/kg
LI	-7 °C
TC	19 °C
TT	49 °C
SWEAT	234 j/kg
KI	31 °C

Otro índice de interés para la ocurrencia de fenómenos severos es el índice de tiempo severo (SWEAT), donde el valor obtenido indica ese día de 234 j/kg, encontrándose por debajo del umbral mínimo estimado por [Miller \(1972\)](#), de 250 j/kg, aunque es un valor a considerar. La razón de este valor está dado porque la ecuación planteada por el autor mencionado, no considera el cálculo de dirección cuando los rangos en niveles medio no se encuentran entre 210 y 330° y por tanto la función

$125*(Ws+0,20) + 2(v850+v500)$, en este caso asume valor cero, por lo que no considera este tipo de componente del norte noreste (NNE) a partir de 500 hPa. Esta situación en ocasiones crea incertidumbre para los diagnósticos de TLS, incluso pueden lograrse valores inferiores.

Por último el valor del Índice Ki, ([George, 1960](#), [DeRubertis, 2006](#)) es un índice que puede favorecer en identificar el probable potencial de tormentas de una masa de aire y la probabilidad de ocurrencias de precipitaciones extremas, describe la influencia de masas de aire y valores a partir de 30°C, se hacen muy representativos para su diagnóstico, en tal sentido el valor de este día fue de 31°C

Análisis de las imágenes del Radar

En la imagen del radar de Camagüey a las 16.30 hora local se observan núcleos fuertes al suroeste ([figura 8](#)), esta actividad convectiva con reflectividad máxima de 58 dBZ y tope máximo de

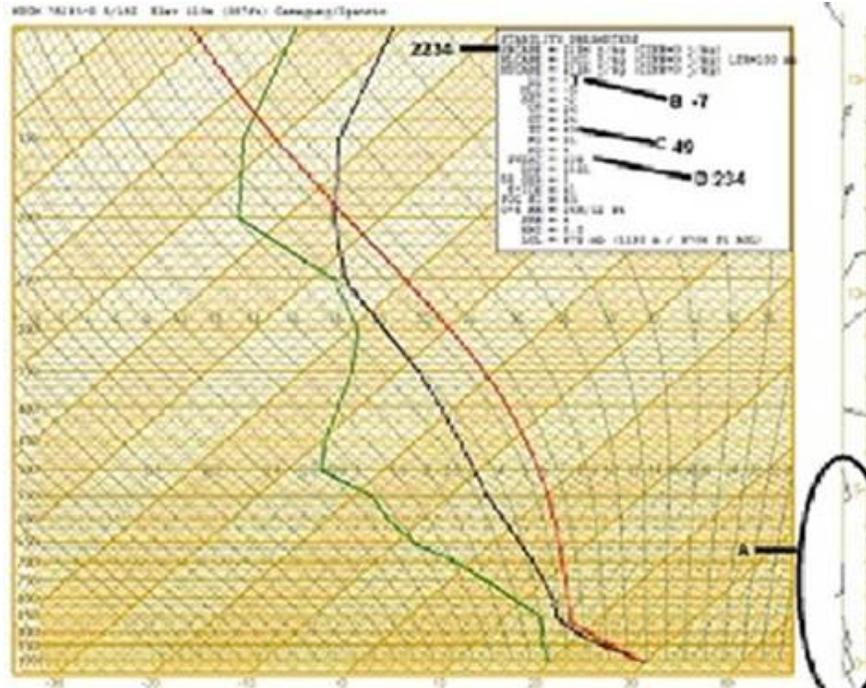


Figura 7. Carta pseudoadiabática del sondeo pronóstico interpolado correspondiente al 5 de mayo del 2018 a las 1800 UTC

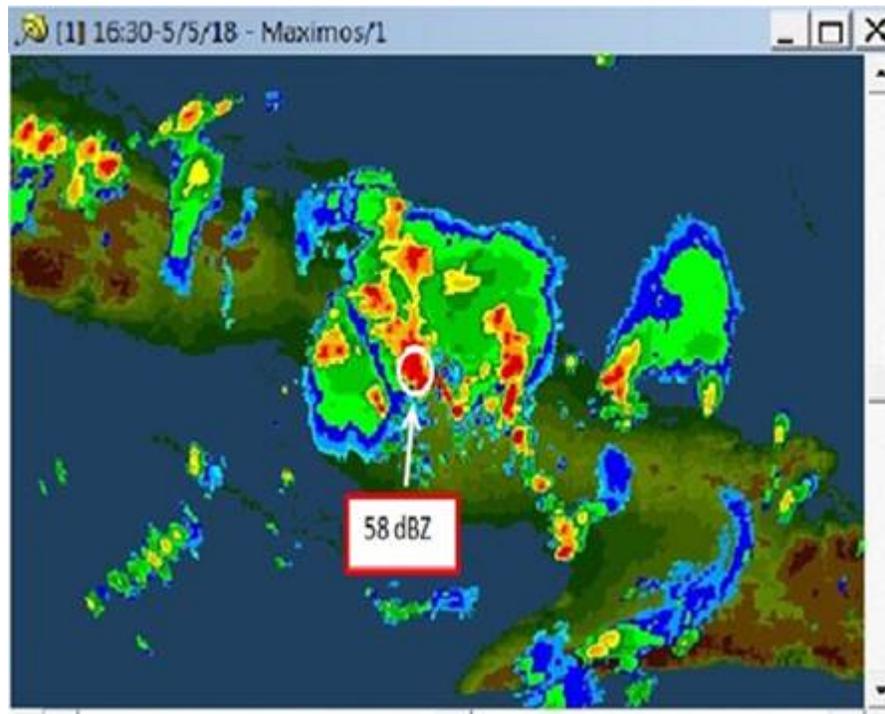


Figura 8. Imagen obtenida por el radar meteorológico de Camagüey del día 5 de mayo del 2018 a las 16:30 hora local.

12 km afectó a la ciudad con fuertes vientos y caída de granizos.

Debido a que la actividad de tormenta se produjo cerca del radar de Camagüey, no se puede realizar

un corte vertical con este radar, por lo que se tuvo que utilizar el radar de Holguín ([figura 9](#)).

La [figura 10](#) muestra la nubosidad sobre el municipio de Guáimaro a las 17:40 hora local con

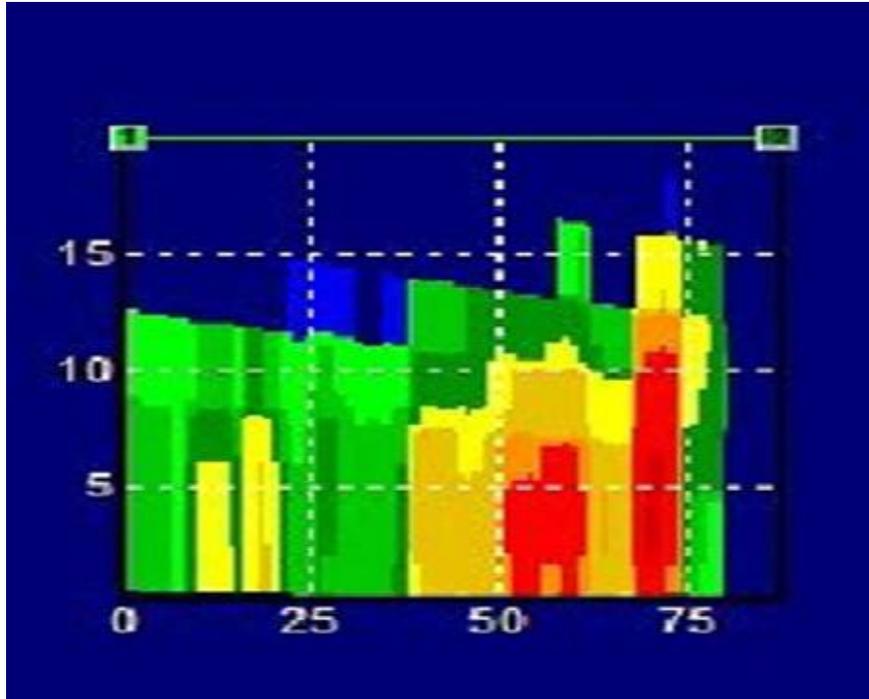


Figura 9. Corte Vertical realizado en el horario de las 16:30 hora local con el radar de Holguín.

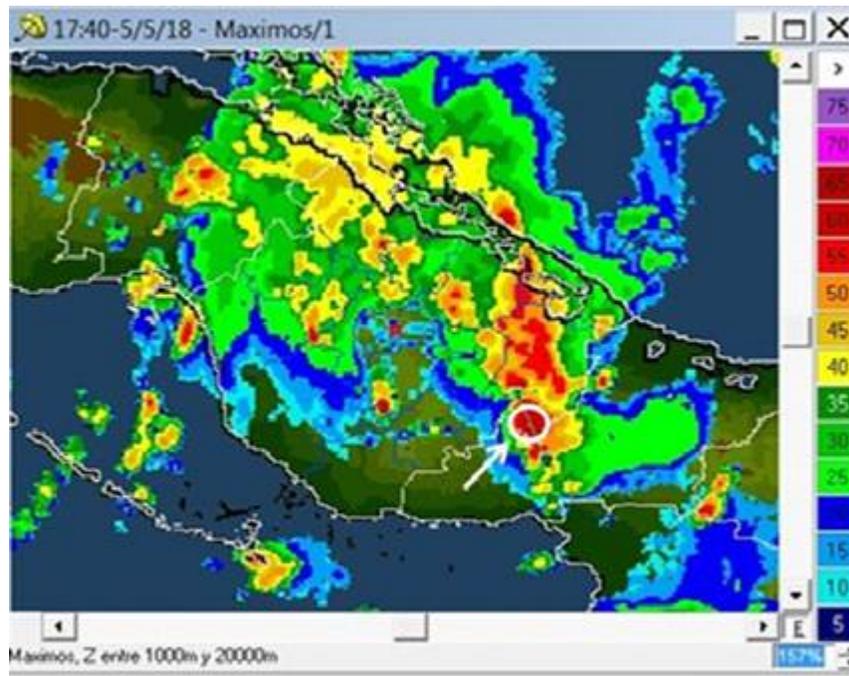


Figura 10. Máxima reflectividad en Guáimaro obtenida por el radar de Camagüey la máxima reflectividad de 66 dBz y un tope de 18 km de altura, que estuvo generada por mecanismos de formación continua de celdas de gran desarrollo. Estas imágenes se realizaron con el radar de Camaguey.

La figura siguiente muestra el corte vertical que se le realizó al eco convectivo muy fuerte ocurrido en Guáimaro a las 17:40 hora local. Se observa reflectividad de muy fuerte a severa en los primeros Km de altura.

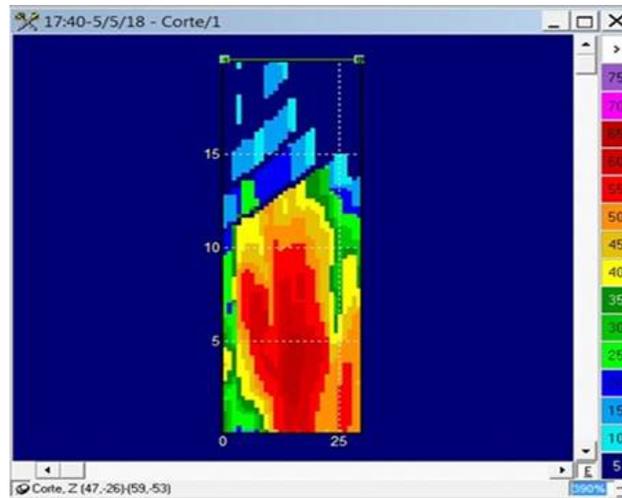


Figura 11. Corte Vertical realizado en el horario de las 17:40 hora local por el radar de Camagüey

CONCLUSIONES

La cizalladura en la vertical entre los 300 y 500 hPa sobre la provincia de Camagüey unido al fuerte calentamiento e influencia de una vaguada, puede dar lugar a la formación de convección profunda donde se pueden producir Tormentas locales severas.

Un flujo del viento del sureste o sur en niveles bajos principalmente entre 500 y 850 hPa, combinado con un flujo del norte noreste o del suroeste a oeste por encima y temperaturas frías con suficiente humedad en 850 hPa, son condiciones muy favorables para las ocurrencias de TLS, aun cuando existan días en que acurran y no se reporten por la población.

RECOMENDACIONES

El resultado que se expone puede servir de guía durante el desarrollo de trabajo operativo de los meteorólogos en la vigilancia meteorológica.

REFERENCIAS

- Aguilar, G. & Carnesoltas, M. 2005. *Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba, en el período 1987-2002*. Resultados de la modelación de un caso de estudio. La Habana, Cuba.
- Aguilar, G. 2000. *Los tornados intensos en Cuba. Análisis de dos casos estudios*. Facultad de Física de la Universidad de La Habana. Tesis presentada en opción al título académico de

Master en Ciencias Meteorológicas. La Habana, Cuba.

- Alfonso, A.P. 1994. *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología*. La Habana, Cuba: Editorial Academia, 168 p.
- DeRubertis, D. 2006. Recent Trends in Four Common Stability Indices Derived from U.S. Radiosonde Observations. *Journal of Climate*, 19: 309-323.
- Doswell, III. & Schultz, D. 1992. *On the use of indices and parameters in forecasting severe storms*. *Electronic J. Severe Storms Meteor.* 1, pp. 1-14.
- Fujita, T. 1981. Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales.
- Gamboa, F., Pomares, I., González, A., Martínez, M. & Figueroa, A. 2001. *Características de variables termodinámicas explicativas de la formación y desarrollo de las TLS*. Informe Científico - Técnico. Programa Territorial, CMP Camagüey, 43 pp.
- George, J. 1960. *Weather Forecasting for Aeronautics*. Academic Press, 673 pp.
- González, R. & Bisbé, L. 2018. Resúmen diario de imágenes de radar para la provincia de Camagüey. CMP Camagüey, Cuba.
- Johns, R. & Doswell III, C. 1992. Severe Local Storm Forecasting. *Wea and Forecasting*, 7, 588-612.

- Martínez, Y. 2011. Condiciones termodinámicas asociadas a la ocurrencia de granizos en Camagüey. Centro de Pronósticos. Instituto de Meteorología, Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, VOL. 17 NO. 2 2011.
- Miller, R.C. 1972. *Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central*. Tech. Report 200 (Revised), AWS, USAF. [Headquarters, AWS, Scott AFB, IL 62225]
- Nelson, S. P. 1983. The influence of storm flow structure on hail growth. *J. Atmos. Sci*, 40, 1965-1983.
- Rivero, I., Martínez, D., Báez, R. & Echevarría, E. 2002. Los perfiles meteorológicos a las 12 GMT y la lluvia en Camagüey. *Revista Cubana de Meteorología*, 9 (2), 24.
- Rojas, Y. & Carnesoltas, M. 2013. *Configuraciones típicas que adoptan los campos de viento y temperatura a meso escala en la región oriental bajo la influencia de los patrones a escala sinóptica favorables para las tormentas locales severas*. Informe de Resultado. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. p 116.

Eduardo Estrada Canosa. Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, Avenida Finlay km 7 ½, Camagüey Cuba.

E-mail: eduardo.estrada@cmw.insmet.cu

Dainelaine Navarro Silva. Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, Avenida Finlay km 7 ½, Camagüey Cuba.

E-mail: nanin@cmw.insmet.cu

Luis Enrique Bisbé Sifontes. Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, Avenida Finlay km 7 ½, Camagüey Cuba.

E-mail: bisbe@cmw.insmet.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Los autores de este trabajo declaran presentar una participación igualitaria en la concepción, ejecución y escritura de la investigación.

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/)