

## Estudio de la granizada en Las Tunas, Cuba, desde el punto de vista radar

Félix Gamboa Romero  
y Roberto Aroche Ramírez

Centro Meteorológico de Camagüey, Cuba

gamboa@met.cmw.inf.cu

### RESUMEN

*En el presente trabajo, se analizan secuencias de imágenes de diferentes productos del Radar Meteorológico Automatizado de Camagüey, así como, la información sinóptica y de mesoescala que caracterizaron una granizada ocurrida en la provincia de Las Tunas, Cuba, el 10 de mayo de 1999, la cual, afectó sensiblemente la región, tanto desde el punto de vista ambiental como socioeconómico, durante la hora en que transcurrió, además de observarse cambios bruscos en diferentes variables meteorológicas y hasta 72 horas después de ocurrido ese evento, perduraron vestigios de dicha precipitación. El radioeco que produjo la tormenta se observó 40 min antes de iniciarse la misma, sobre la zona de confluencia, generada por una configuración nubosa arqueada, convirtiéndose posteriormente en una supercelda, con máxima reflectividad ( $Z_{m\acute{a}x}$ ) de 61 dBZ, tope máximo de 15.2 km, contenido máximo de agua líquida integrada verticalmente ( $VIL_{m\acute{a}x}$ ) de 101.0 Kg/m<sup>2</sup>, altura de  $Z_{m\acute{a}x}$  de la columna (HZ) 11.0 Km e intensidad de la precipitación de 210 mm/h. Todas las variables tuvieron un relativo largo período de persistencia.*

### INTRODUCCIÓN

A pesar de que Frisby y Samsom, (1967) señalaron que la ocurrencia de granizos en Cuba era una rareza, la elevada frecuencia de las granizadas ha sido revelada por Rivero, (1985), Alfonso, (1994) y Aroche et al., (1998). En la base de datos del Departamento de Pronóstico del Tiempo del Centro Meteorológico de Camagüey, se muestra que en el período 1971-2000, el 43 % de las tormentas locales severas reportadas presentaron granizadas asociadas. Según Alfonso, (1994) el 48 % de los granizos reportados en nuestro país tuvo menos de 1 cm de diámetro y la esperanza matemática del tamaño de los mismos es de 1.6 cm; además se han registrado granizos de 3 cm o más, inclusive el 17 de Agosto de 1982, hubo una precipitación en la localidad "Las 21", Ciego de Avila, cuyos pedriscos mayores midieron 8.8 cm, hecho verdaderamente asombroso en Cuba. El 60 % de las granizadas, ha tenido una duración de 10 min. o menos, lo que le da mayor relevancia al caso que nos ocupa.

En el presente trabajo se discute sobre una precipitación de granizos, ocurrida el último de tres días consecutivos de brotes de tormentas que comenzaron en la región Occidental del país y alcanzaron su parte Oriental. En los mismos se destacaron los tornados y las granizadas, siendo este caso estudio las más significativa de las granizadas. El evento a discutir se produjo el 10 de Mayo de 1999, en el Sigual, localidad de Las Tunas, en Cuba (76°, 53' W y 20° 57' N). Según las comprobaciones realizadas por el meteorólogo Alfredo Finalé Gómez (comunicación personal); el diámetro más común de los granizos fue de 3 cm, la caída de granizos duró, aproximadamente una hora y el área de afectación de los mismos fue alrededor de 2 Km<sup>2</sup>. En el terreno liso la capa de granizos alcanzó los 15 cm, mientras que en sus hoquedades y arroyuelos, rebasó los 50 cm. Dicha granizada, sólo es comparable en esta provincia con un evento similar que ocurrió en el mes de Marzo de 1963 y en el resto del país no se conoce de la ocurrencia de este tipo de evento con duración semejante.

En cuanto al valor de los daños causados no disponemos de información económica cuantificada, pero los videos de la televisión de la región, mostraron que como consecuencia de las afectaciones de este fenómeno falleció una anciana y hubo pérdidas considerables en la ganadería mayor y menor; los frutales (mango, mandarina, ciruela, etc.) quedaron sin hojas y sin frutos, así como los platanales y yucales. Además, 72 horas después de terminada la caída de granizos aún quedaban residuos de las piedras formadas por los numerosos pedriscos fundidos sobre el terreno cubierta por hierbas y vegetación de poca altura. Esta duración, constituye un récord, en Cuba, pues según los estudios climatológicos realizados, la mayor persistencia de vestigios del hielo después de ocurrir la granizada, la señaló Alfonso, (1994) y fue de 48 horas.

## MATERIALES Y METODOS

La información sinóptica y de mesoescala fue recopilada y procesada, según los métodos tradicionales del Departamento de Pronóstico del Instituto de Meteorología de Cuba, (INSMET, 1993 ); la derivada de la radiolocalización fue adquirida con un radar convencional (Tabla 1) automatizado (Pérez et al. y Rodríguez et al., 1999), que usó un escalonamiento vertical de un grado hasta 2°, a partir del mismo comenzó ascender por paso de 1.5° hasta 9°, donde continuó el ascenso cada 2° hasta 25.8°. La visualización de la información en coordenadas rectangulares se presentó en cuadrículas de 1.2 X 1.2 Km<sup>2</sup> . Los cálculos del VIL<sub>máx</sub> se hicieron según las consideraciones teóricas descriptas por Greene and Clark, (1972).

<i>Parámetros</i>	<b>MAGNITUD</b>
Longitud de onda	10,14 (CM)
S. Mínima	-136 dB/W
Potencia de impulso	510 KW
Ancho del haz	1,5 grados
Duración del pulso	1 y 2 m

**Tabla 1: Algunas características técnicas del radar MRL-5**

El cálculo de la intensidad de las precipitaciones (R) se hizo mediante la aplicación de la relación Z-R, obtenida por Woodley, (1975) para la península de la Florida; la cual se denota por:

$$Z = 300R^{1.4}$$

El cálculo de la altura del tope máximo se hizo utilizando el procedimiento y la ecuación clásicos. Todos los datos de altura que se mencionan en el trabajo están referido al nivel medio del mar. Los datos de Z máx y área cubierta se determinaron por una vista superior de las imágenes del radar. La información radárica fue depurada manualmente de ecos fijos y propagación anómala. La altitud del máximo valor de Z en la columna (HZ), también llamada Z máxima Vertical, se define como la mayor altura sobre el nivel del mar, a la cual está la máxima magnitud de Z en cada columna de datos.

## ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### Condiciones sinópticas el día de la caída de granizos

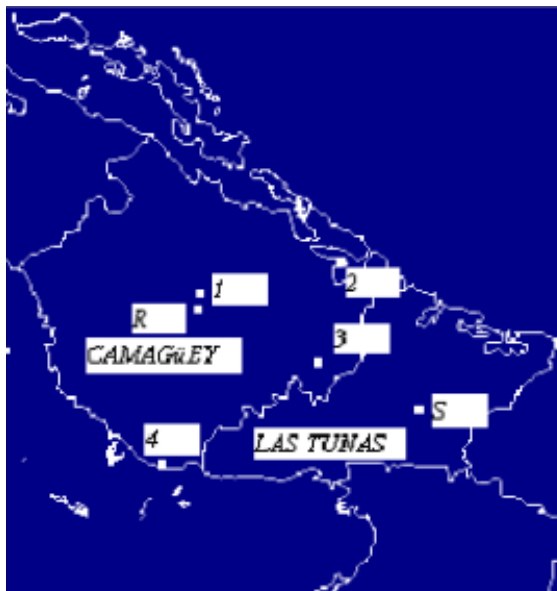
En los niveles altos de la tropósfera, sobre el país se observaba divergencia del flujo de aire. En 500 hPa , la presencia de una onda corta se extendía muy próxima a los 80° W, desde una baja de desprendimiento en las costas de Carolina, hasta la región Central de Cuba; se reflejaba en superficie como una vaguada, desde los 30° Norte (N) y los 75° Oeste (W), hasta la región antes mencionada.

Nuestro territorio continuaba ese día bajo la influencia de débiles altas presiones, con centro de 1018 hPa en los 27° N y los 70° W, el que alcanzó con sus isolineas a un centro de 1016 hPa ubicado en el Noroeste (NW) del Golfo de México. Estos sistemas se desplazaban hacia el Este (E) y el gradiente barométrico sobre Cuba, continuaba debilitándose, con lo que persistió el calor (temperaturas de 30 a 34° C) y la poca ventilación, en contraste con temperaturas relativamente bajas (-13.3° C registrada en Cayo Hueso) en los 500 hPa.



**Nota de la RAM. Hemos introducido estas figuras geográficas para referenciar la ubicación de Camaguey en la isla de Cuba.**

Las condiciones sinópticas reportadas habían persistido desde los días anteriores a la granizada, con un lento desplazamiento hacia el Este; Las cuales, estuvieron asociadas a la ocurrencia de tormentas locales severas en la regiones Occidental y Central del país, según consta en los informes operativos del Instituto de Meteorología. El mismo día de ocurrencia de la tormenta sometida al análisis, se reportaron granizadas en dos estaciones más, que se encuentran ubicadas a 100 y 140 Km al W del Sigual, respectivamente, pero su duración y el tamaño de los granizos, estuvieron dentro de lo reportado climatológicamente, inclusive, este día fue el de mayor cantidad de reportes (6) de tormentas locales severas en el país. (Ondarza N y Velázco E, 2000).



**Fig. 1: Mapa de distribución geográfica de las estaciones meteorológicas que sirvieron como vértices de los dos triángulos formados para el cálculo de la divergencia y la vorticidad del viento. A 40 Km al ESE de la estación 3, el punto blanco identificado con una S indica el lugar de la granizada.**

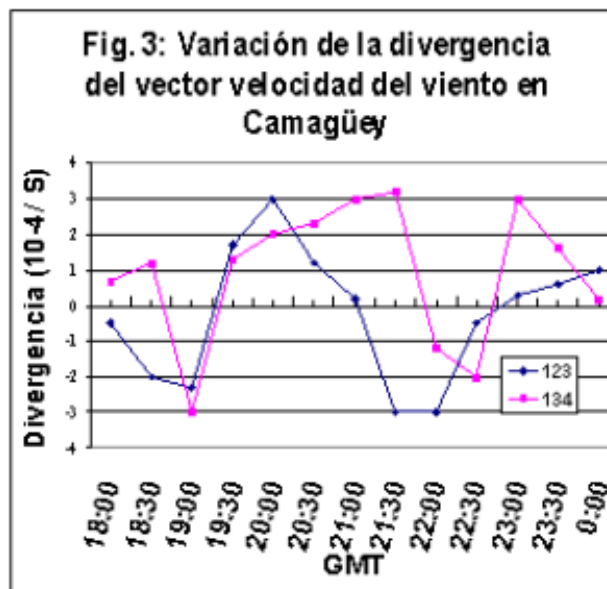
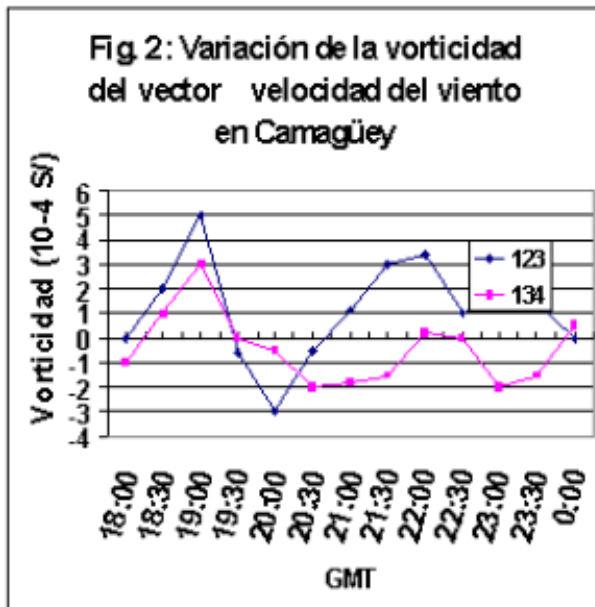
### **Descripción de las condiciones meteorológicas en la mesoescala**

#### Flujo Superficial. (FS)

Hasta las 15 GMT, las condiciones meteorológicas en la escala sinóptica se caracterizaron por el sistema isobárico influyente, que era una Alta Migratoria en proceso de transformación, localizada al Este de las Bahamas Orientales, la cual propiciaba que el flujo superficial mesoescalar sobre el territorio de Ciego de Avila – Camagüey – Tunas fuera predominantemente del cuarto cuadrante ( FS 1.0). Dicho sistema al retirarse ligeramente hacia el Este condicionó la formación de un Débil Gradiente Barométrico (DGB) que en el resto del día, permitió la entrada del mesosistema de circulación de las brisas (18:00 GMT), el cual, en los horarios 21:00 hasta 00:00 GMT se vio afectado por la propia actividad convectiva generalizada sobre el territorio; primeramente y luego por su propia evolución nocturna. Intervalos en los cuales dicha disminución es contraria al correspondiente intervalo de la marea barométrica en que se ubican (Tabla 2), poniéndose de manifiesto que dicho proceso se profundizó más en horas de la tarde y el anochecer; fenómeno que ha sido descrito por (Navarro et. al., 2000).

GMT	Tendencia Barométrica (-24 h)
06:00	-2.3 hPa
12:00	-2.1 hPa
18:00	-2.6 hPa
00:00	-2.2 hPa

**Tabla 2: Comportamiento trihorario de las condiciones meteorológicas, desde las 06:00 GMT del día 10 – 5 – 99, hasta las 03:00 GMT del siguiente día.**



### Divergencia y Vorticidad.

Como es conocido, para el desarrollo de eventos severos se necesita que la convergencia en la Capa Fronteriza Planetaria (C. F. P), sea elevada, pero que además exista un "Torque" en la atmósfera capaz de generar un vórtice circulatorio que incremente la eficiencia del sistema nuboso. Aquí es necesario pasar de la consideración cualitativa del papel del flujo superficial para propiciar la convergencia y vorticidad, a la cuantitativa. Al no contar con una red en la mesoescala, los cálculos se realizaron para una escala ligeramente superior y para estos usamos la información de cuatro estaciones meteorológicas que se señalan en la Fig. 1. El triángulo 123 es representativo de la dinámica del cuarto cuadrante y el 134 del tercer cuadrante, con respecto al lugar de la granizada. Los resultados se ilustran en las figuras: 2 y 3. En la Fig. 2, se observa que la convergencia se profundiza con la entrada de las brisas en los dos cuadrantes, aspecto que no tiene por que ser diferente en los restantes cuadrantes, sobre los que se ubica el Sigual, alcanzando su máximo valor alrededor de las 19 : 00 GMT, horario en que surge la multicelda dentro de la cual se desarrolló el eco que produjo la granizada. Ésta se mantiene igualmente profunda por un mayor intervalo de tiempo, sólo en el cuarto cuadrante, funcionando como zona de salida el tercer cuadrante.

Según la información de radiolocalización, antes de las 17:00 GMT la actividad convectiva más importante se localizaba al SSW del radar, sobre el mar, en las proximidades del S de la cayería de las 12 Leguas, a 75 km del litoral, lo que evidencia la existencia de bajos valores de la convergencia sobre tierra, hasta dicha hora. Con la entrada de las brisas en ambas costas, comenzó un incremento de la misma, que se reflejó desde antes de dicha hora en la formación de aislados radioecos que alcanzaba los 40 dBZ desde 20 hasta 40 km de las costas o en interacción con las Alturas de Cunagua y Sierra de Cubitas. La convergencia alcanzó su primer máximo del día a las 19:00 GMT, media hora alrededor de este máximo se formaron núcleos convectivos que comenzaron a unirse, y generaron líneas hijas en Ciego de Avila, y una expansión de la actividad convectiva hacia el NE sobre el mar y hacia el E, por lo que se organizó la actividad en el área en forma de cruz donde la banda N-S alcanzó un ancho de 125 km, lo que puede estar asociado a un ligero movimiento al E de los sistemas sinópticos operantes.

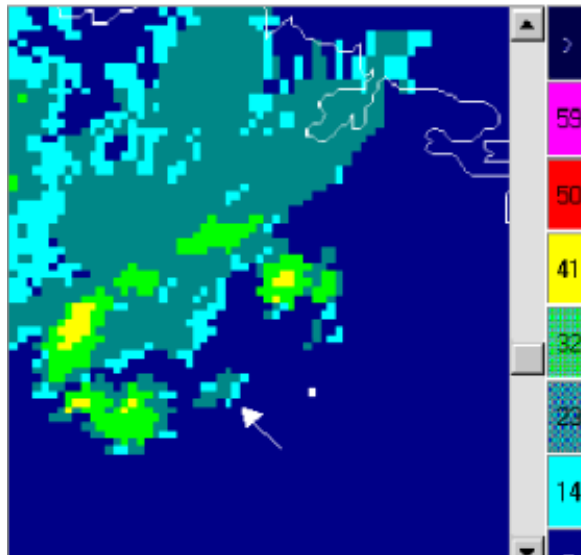
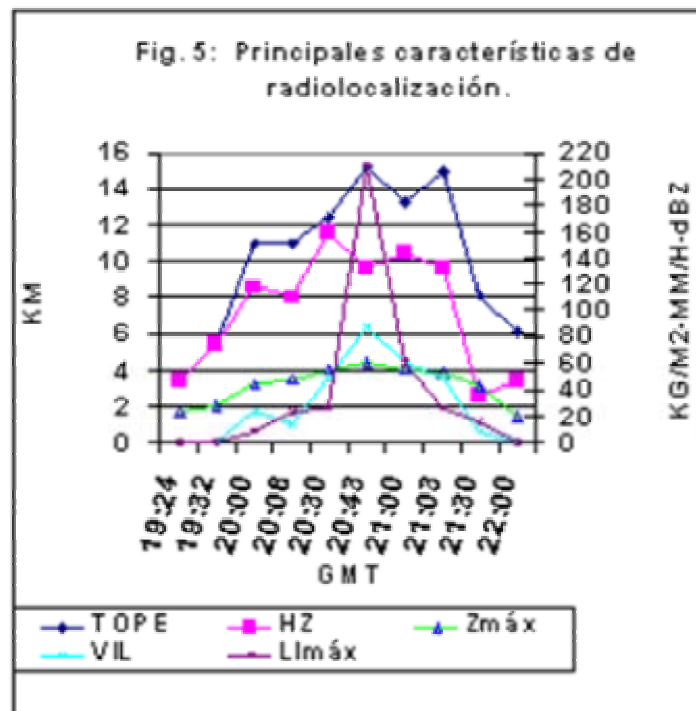


Fig. 4: Mapa de reflectividades, correspondiente a la observación de las 19:24 GMT. La zafeta indica el eco de la granizada y el cuadro blanco pequeño el lugar donde se produjo ésta. A la derecha del cuadro aparece la escala de intensidades de la señal dada en dBZ.

Dos horas antes del inicio de la granizada, en el lugar donde ésta ocurrió, se produjo un chubasco cuya intensidad máxima registrada, alcanzó 20 mm/h, lo que indudablemente hizo descender la temperatura del área por algún tiempo, pues después del paso de este evento el radar no registró otro eco en ese sitio, hasta la llegada del asociado con la caída de granizos.



### Sobre el Ciclo de vida de la tormenta

La primera observación del eco que produjo la granizada se efectuó a las 19:24 GMT (Fig. 4), en dicha figura se ve una configuración nubosa, cuyos radioecos más fuertes están orientados en forma de arco y en la región de confluencia de la circulación de salida del mismo, está señalado dicho eco. El mismo se movió a 30 Km/h en dirección Este, a favor de la dirección del viento en la tropósfera media, uniéndose a otro eco de convección profunda, que a las 19 : 24 GMT, tenía su núcleo al Sur del mismo a una distancia de 23 Km; desarrollándose una configuración que de acuerdo con las consideraciones de Houze, (1993) sobre las características de una multicelda se trató de este tipo de eco. lo que trajo como resultado que en los primeros 40 min de seguimiento, las regiones de HZ con mayores extensiones areales y altitudes, se ubicaran en la zona de interacción de ambas celdas.

La distancia entre sus correspondientes núcleos osciló entre 23 y 18.5 Km, a ésta última distancia la celda que se unió con la que produjo los granizos alcanzó su mayor tope y  $Z_{m\acute{a}x}$ , 15.5 y 61 dBZ respectivamente. A partir de ese período de tiempo se inicia el debilitamiento de la misma y continúa el fortalecimiento del eco de la granizada; además, las más vasta y profundas regiones de HZ comenzaron a verse en el frente de tormenta; posición donde se mantuvieron el resto de la vida del eco.

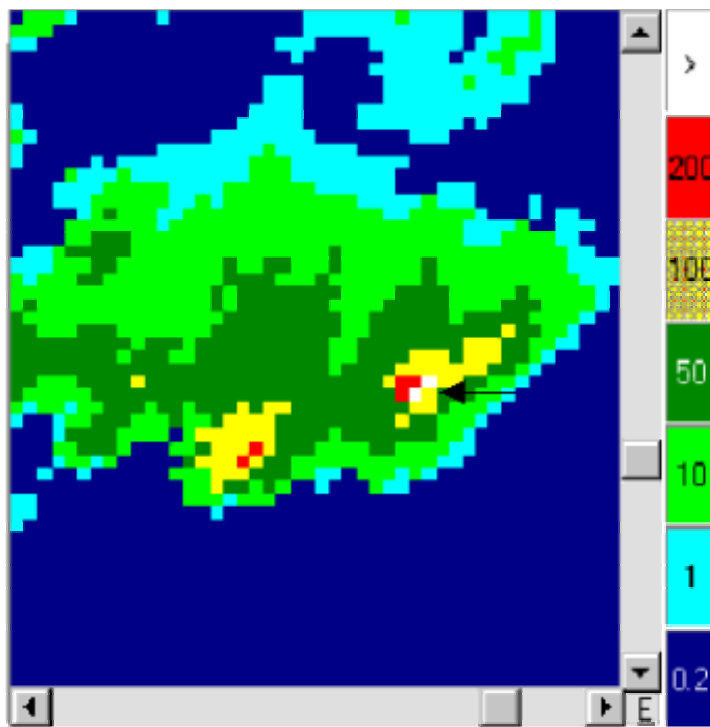
En la Fig. 5, se muestra que en la primera observación ( 19: 24 ) del eco señalado, el tope máximo y la HZ alcanzaba igual valor 3.4 Km, mientras que la reflectividad máxima de la columna donde se encontró la HZ, era 13 dBZ; además la  $Z_{m\acute{a}x}$  del eco era de 23 dBZ y su  $VIL_{m\acute{a}x}$  de 0.4 Kg/m<sup>2</sup>, En el sitio donde después se produjo la granizada no había eco en este horario. Transcurrido 8 minutos (Fig. 5), los cambios más significativos lo mostraban el tope y la HZ con una velocidad de crecimiento de 4.1 m/s, además el  $VIL_{m\acute{a}x}$  duplicó su valor. Igualmente, 40 min después de la primera observación (20 : 04) comenzó a precipitar en el lugar de la granizada y las magnitudes de tope y  $Z_{m\acute{a}x}$  eran ya un indicador potencial de tormenta, según lo estableció la metodología de trabajo del CRAILL, (Gamboa et al., 1993).

Durante su ciclo de vida esta tormenta se caracterizó por mantenerse con muy poco movimiento como un todo, a partir de conformarse la multicelda; además su tope tuvo muy próximo, durante más de ½ hora, a la altura climatológica de la tropopausa en la región de estudio (17 Km), para el mes de Mayo. La HZ tuvo por encima de la isoterma de 0° Centígrados más de 1½ hora, la  $Z_{m\acute{a}x}$  mantuvo durante 1½ hora valores iguales o mayores que 43 dBZ, el VIL tuvo un gradiente positivo que osciló entre 0.05 y 3.03 Kg/m<sup>2</sup>/min y los negativos tuvieron entre -0.28 y 3.6 Kg/m<sup>2</sup>/min; el más alto gradiente positivo se produjo en el intervalo de los últimos 13 min antes de producirse la máxima intensidad de precipitación (210 mm/h), esta última magnitud podría considerarse como una rareza en Cuba, si se tienen en cuenta los resultados de los estudios realizados por Núñez, (1988), el cual, analizando los trabajos al respecto elaborados por Millás (1943) y Alfonso A. et all. (1979), encontró como mayor valor de intensidad 198. 0 mm/h y en una sola ocasión. Resumiendo, hubo una alta persistencia de elevados valores de  $Z > 45$  dbz (70 min) y  $TM > 8$  Km (103 min), variables indentificadas por Gamboa et al., (1993) como indicadores de tormentas en Cuba. Otras variables menos estudiadas en Cuba también tuvieron valores significativo, como es el caso de HZ, que tuvo por encima de 7 Km 60 min y el  $VIL > 48$  Kg-m<sup>2</sup> perduró 30 min.

Dada la estabilidad que mantuvo el eco que precipitó en el lugar de la granizada, puede inferirse que se trató de una supercelda, dentro de una multicelda, lo que corroboraría lo planteado por Browning, (1986), cuando dijo que las configuraciones nubosas denominadas multiceldas, pueden estar conformadas por celdas ordinarias o por celdas ordinarias y superceldas.

Se conoce que la intensidad de las corrientes de aire ascendentes en las celdas convectivas determina la distribución vertical de la reflectividad (Zipser and Lutz, 1994) y que la reflectividad es proporcional a la sexta potencia del diámetro de las partículas que la producen; asumiendo estas . consideraciones, podemos estimar la altura a que se encontraban las mayores partículas en cada columna, derivando como tal, la magnitud de HZ. Sobre ésto Sauvageot (1992) dijo que cuando la altura del máximo valor de  $Z$  en la columna está por encima de 0° C, esto puede ser debido a la acumulación de agua sobreenfriada en esa región. Sobre la fundamentación física de tal afirmación: Sauvageot (1992) cita a: Marshall (1953), Sulakvelidze (1965) y Denis, (1980) los que explicaron que en la región media y superior de la nube se produce una divergencia horizontal del aire ascendente que en cierto caso es favorable para el desarrollo de elementos de precipitación grande, además menciona a Waldvogel et. al., (1987), quien en sus vuelos a regiones de corrientes ascendentes de una tormenta local severa confirmó que existe una zona de acumulación de grandes hidrometeoros, asociados a las corrientes ascendentes y que en la misma se observa una alta concentración de hielo, sin embargo, las gotas supercolectoras son prácticamente inexistentes. Teniendo en cuenta tales afirmaciones, podríamos identificar como elementos que favorecieron la duración de la granizada, el tamaño de los pedriscos y el tiempo de demora de fundición de las capas formada por los mismos, a:

- La persistencia del valor de HZ por encima de 0° C (aproximadamente dos horas)
- La isoterma de cero grados centígrados de ese día, relativamente baja.
- y la posibilidad de que el efecto del adentramiento no haya sido capaz de destruir los granizos, pues la potencia del eco era lo suficientemente elevada como para poder enfrentar el adentramiento superior y en cuanto al adentramiento lateral, los granizos se precipitaron en un área, cuya menor distancia hasta el borde exterior del eco, fue de 7 Km.



**Fig. 6:** Imagen de la intensidad de las precipitaciones a las 20:43 GMT. La zaeta indica el área donde se produjo la granizada, en la misma se registraron 210 mm/h como valor máximo, según la estimación del radar. En el extremo derecho del cuadro aparece la escala de intensidades de precipitación (mm/h).

## CONCLUSIONES

La granizada ocurrida en Las Tunas, tuvo un comportamiento poco común; respecto a:

- El tiempo de duración de la precipitación sólida
- Tamaño de los pedriscos y
- Tiempo de fundición de las capas formadas por los mismos.

Tales características, podrían relacionarse con la evolución física del eco que la produjo, el cual se movió con relativa rapidez (los primeros 40 min de vida) en la dirección del viento en la tropósfera media hasta asociarse por la parte derecha, a otro eco conformando una multicelda, a partir de ese momento dentro de ésta, aquél entró en un estado cuasi-estacionario, siendo catalogado como una supercelda, proceso durante el cual tuvo lugar la granizada. La altura de Z en la columna desde media hora antes de comenzar la granizada ya estaba por encima de la isoterma de cero grado, lo que podría relacionar con el grado de severidad que posteriormente tuvo la tormenta.

La tormenta se produce en condiciones favorables, para desarrollo de este tipo de fenómeno, entre las que estuvieron:

- Convección en superficie y divergencia en los niveles altos de la tropósfera.
- Debilitamiento del gradiente barométrico, con lo que persistió el calor (temperaturas de 30 a 34? C) y la poca ventilación,
- Fuerte gradiente vertical de temperatura.

Esta tormenta ocurre dentro del período y el horario señalado por Alfonso (1994), como de mayor probabilidad para la ocurrencia de fenómenos severos en Cuba; mientras que Gamboa (2001), indentifica este horario como el de mayor probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en el Area Meteorológica de Camagüey.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aroche R. R., Pomares I. y Castellanos M.,(1998): Las Tormentas Locales Severas en la región delimitada por Ciego de Avila, Camagüey y Las Tunas. Parte I. Climatología. 1 Encuentro, "Meteorología, Economía y Sociedad, celebrado en diciembre de 1998 en Villa Clara, (inédito).
- Alfonso, A., E. González, y R. Pérez, 1979: Una Aproximación al Estudio de la Intensidad de la Precipitación en la Isla de Pinos. Ciencias de Tierra y del Espacio 1/1979 pp 103-113.
- (1994). Climatología de las Tormentas Locales Severas de cuba. Cronología. Editorial Academia. La Habana, pp 167.



Browning , K. A. 1986: general Circulation of Midde-latitud Thunderstorm. Morphology and dynamics, E. Kessler (ed) Univ. Of Oklahoma press, Norman Ok, PP. 113-152.

Denis A.S., 1980: Weather Modification by cloud Seeding. International Geophysics Series, N? 24,Academic press, New York.

Frisby, E. M. And H. W. Samsom, 1967: Hail incidence in the tropics, J. App. Meteorology, 6(2) pp. 339-354.

Gamboa, F.; W. Vázquez, O. Rodríguez, C. Pérez, R. Aroche, ET AL.(1993): Complejo Radárico Automático para la información de Lluvia Localizada (CRAILL). [inédito] Informe Científico al INSMET.

----- y C. A. Pérez. 2001a: Caracterización espacio-temporal de la ocurrencia de LLuvia Estimada por el Radar en el AMC. Aprobado para publicar en la Revista Cubana de Meteorología. 2001.

-----, R. Aroche, M. Martín, B. Figueroa, I. Pomares y A. González (2001b) .

Greene,D. R. And Clark R. A. 1972:Vertically Integrated Liquid Water- A New Analysis Toll. Mon Wea. Rev., 100, 548 - 552.

Houze R. A., 1993: Cloud Dynamics. International Geophysics Series. Volumen 53.

Instituto de Meteorología de Cuba. (INSMET) 1993: Manual de la Vigilancia Meteorológica Nacional. Volumen 1. Ciudad de Habana. 1993.

Marshall J. S., and W. Hitschfeld, 1953: Interpretation of the Fluctuating Echo from Randomly Distributed Scatters-Pt. I. Canadian J. Physics, Vol. 31, PP. 962-994.

Millas, José Carlos , 1943: La Lluvia en La Habana. Folleto publicado por el observatorio Nacional. Leído en la Academia de Ciencias, el de Abril de 1942.

Navarro D. S. Y R. Aroche, 2000: Estudio de variables meteorológicas senciblesa la existencia de tormentas. XIII Forum de Ciencia y Técnica 2000 (inédito).

Núñez, O. (1988) Comportamiento de la intensidad de la lluvia, en provincia y Ciudad Hbana, en el período 1981-1985.

Ondarza L. y E. Velázco. 2000: Evento de Tiempo Severo en Mayo de 1999.XIII Forum de Ciencia y Técnica Municipal. Camagüey. Octubre 2000.pp 19.

Pérez, M.. et al., 1999:Reengeneering MRL-5 for the cuban weather radar network. 29th International Conference on Radar Meteorology. Am. Met. Soc. Montreal, Quebec, Canada. 12-16 July 1999. PP. 811-814.

Rivero R.E., Pérez, C. A. y Antuña, J. C. (1985). Extensión de las estadísticas de Tormentas Severas Locales en Cuba. Aportes Serie pronósticos del tiempo, Número 2, pp1-5.

Suavageot H. (1992): Radar Meteorology. Reedited por Artech House, Paris. France.

Sulakvelidze, G.K. et. al. 1965: Formation of Precipitation and Modification Hail processes, Hydromet. Publ. House, Leningrad (Trans in 1967, Available in english from Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information U.S. Dept. of Commerce, Washington, DC).

Waldvogel et. al., (1987: Characteristics of Radar Identified Big Drop zones in Swiss Hailstorm,. J. Climate and Applied Meteorology, Vol. 26, pp. 861-877.

woodley, w. l. et al. (1975): Comparison of gage and radar methods of convective rain Measurement. J. APPL. Meteor., 14, 909-928.

Zipser E. J. And Lutz K. R., 1994: The vertical profile of indicator of storm intensity and lightning probability. Mon. Wea. Rev., 122, 1751-1759.

## **AGRADECIMENTOS**

Deseamos dejar constancia de nuestro agradecimiento a los colegas: Luís Boza Batista, Mirta Martínez Mugarras, Belkys Figueroa Martín y Ángel González Corroa, por la ayuda que nos brindaron en el procesamiento de la información, así como al especialista en la operación del radar Pedro Fidel Pérez Picón, que mantuvo el seguimiento por radar de dicha tormenta.

Además quisiera patentizar nuestra gratitud especial al especialistas Francisco Martín León (INM de España) por su valiosa ayuda prestada.

**[ram@meteored.com](mailto:ram@meteored.com)**