

Ocurrencia de granizos en Camagüey, su relación con la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo

Yilian Martínez Rodríguez, Gisell Aguilar Oro, Mario Carnesoltas Calvo

yilian.martinez@insmet.cu

Centro de Pronósticos. Instituto de Meteorología

Resumen

El campo de las tormentas locales severas en Cuba ha obtenido avances, tanto en conocimientos como en herramientas diseñadas para su pronóstico; no obstante, todavía se considera un tema abierto principalmente a estudios que profundicen en las características intrínsecas de cada tipo de severidad. En este trabajo se actualizó la climatología de los granizos en la provincia de Camagüey durante el período 1980-2007, encontrándose una disminución relativa de reportes en la década del 90, además de un máximo de ocurrencia en los meses de mayo, junio y julio. Se caracterizó preliminarmente el comportamiento de la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo y su influencia en la ocurrencia de granizos en este territorio, obteniéndose que 92.8% de los días con reporte esta se ubica a una altura superior a 3500 m, mientras que en los meses de mayo y julio, los valores de dicha isoterma que fueron inferiores a los 3000 m y superiores 5000 m no se correspondieron con reportes de caída de granizos.

Palabras clave: granizos, isoterma de 0 °C del bulbo húmedo, tormentas locales severas

Introducción

Fenómenos meteorológicos como huracanes y frentes fríos están muy arraigados en el acervo popular, ya sea por su tamaño, tiempo de afectación, variedad de sucesos colaterales e incalculables daños que pueden ocasionar. En la naturaleza también se ponen de manifiesto otros fenómenos meteorológicos como las tormentas locales severas (TLS) que poseen una escala espacial y temporal mucho menor que los primeros, pero que a pesar de ello, no se deben menospreciar. Teniendo en cuenta lo planteado por (Browning, 1965), las TLS se pueden considerar como entidades en sí, incluidas entre las tormentas eléctricas pero con características físicas propias. De acuerdo con la clasificación de Alfonso (1994) las TLS generalmente se presentan individualmente o combinadas con los fenómenos severos de tornado, turbonada con rachas de vientos lineales

de 25 m/s o más, no asociados a tornados, y granizo de cualquier tamaño y tromba marina.

Aunque en la actualidad, debido al nivel cultural alcanzado por la sociedad cubana, términos como el de TLS no son del todo desconocidos; sin embargo, el conocimiento de estos eventos es insuficiente, pues históricamente se han considerados como rarezas.

Desde mediados del siglo pasado se tienen elementos que sustentan el hecho de que las TLS en Cuba se producen con cierta periodicidad a lo largo del año y con determinadas intensidades en todo el país, provocando algunas muertes, numerosos heridos y cuantiosas pérdidas materiales. Al valorar sus daños se les debe analizar en conjunto y no como sucesos individuales, teniendo en cuenta la frecuencia de afectación acumulada en una zona dada, debido a que se manifiestan en un área muy limitada. Unido a ello está la ínfima red de estaciones meteorológicas existentes antes de 1959

y las pocas que había, no estaban ubicadas hacia el interior del territorio, sino cercanas a las costas, precisamente donde las TLS son poco frecuentes. Algo que debemos destacar de aquella época es la labor de muchas personas que de forma voluntaria contribuían a que estos eventos no pasaran desapercibidos.

El propio desarrollo tecnológico y social del hombre y su expansión hacia zonas deshabitadas, conlleva a que ahora estos fenómenos se aprecien con mayor regularidad, aumentando la vulnerabilidad y la probabilidad de ser afectado por una TLS en un lugar determinado, lo cual no significa que su comportamiento sea diferente o se haya alterado, sino que simplemente no se reportaban todos los casos que realmente ocurrían. Este aspecto continúa siendo una limitante en la actualidad, pues a pesar que se cuenta con un mayor número de estaciones, radares meteorológicos automatizados y se han adquirido nuevas tecnologías, las manifestaciones de severidad escapan en muchas ocasiones, ya que el marcado carácter local continúa imponiéndose.

Dentro de todas las manifestaciones de severidad referidas, las granizadas son una de las más conocidas en el mundo; por ejemplo en Sudáfrica, Carte (1967) calculó una de las frecuencias más elevadas del planeta, también ocurren desastrosas granizadas en Rusia y al Nordeste de Argentina. Otros autores señalan que en zonas donde existe una alta probabilidad de ser afectados por fenómenos de esta clase se dañan el 30% de los cultivos.

Frisby, Samson (1967) se refirieron a la afectación en los trópicos por granizos, expresando que en las islas pequeñas es un hecho de escasa ocurrencia y señalaban una mayor ocurrencia en zonas elevadas. Sin embargo, Alfonso (1994) demostró que para Cuba estas afirmaciones no son tan ciertas, pues con una frecuencia de 70 granizadas anuales supera a los demás países del Caribe, aunque la intensidad de nuestras granizadas es menor que las que ocurren en latitudes medias.

En Cuba, el análisis climatológico y estadístico sobre los granizos dentro de las TLS, se estudió ampliamente en todas las obras de Rivero y Alfonso hasta principios

de la década del 90 del siglo xx y se recogió con detalle en la cronología de Alfonso publicada en 1994. Posteriormente a estos estudios, gran parte de las investigaciones realizadas sobre la severidad en Cuba se vinculó específicamente a algunos estudios de caso.

A través del proyecto "Condiciones sinópticas favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba. Un esquema para su predicción", desarrollado entre 2003 y 2007 por Aguilar y colaboradores, se reinician las investigaciones sobre el tema. Se retomó y actualizó la cronología confeccionada por Alfonso (1994) y además, se crea el Sistema Experto ROSET (Aguilar, Naranjo, Carnesoltas, 2005) para su uso operativo en los Centros Meteorológicos Provinciales, el cual consta de 26 patrones para todo el año que pueden determinar si las configuraciones sinópticas previstas favorecen o no la ocurrencia de TLS sobre el territorio nacional, con un plazo de pronóstico de 24-48 horas.

Con el propósito de dar respuesta a nuevas interrogantes surgidas a partir de este proyecto, considerando el carácter científico y novedoso que tienen las investigaciones en este tema, tanto en el mundo como en Cuba, además de las continuas mejoras y actualizaciones que un sistema experto como el ROSET requiere; se decide profundizar en el estudio de cada tipo de severidad individualmente. Teniendo en cuenta lo planteado; este trabajo tiene como objetivos actualizar la climatología de los granizos hasta el presente y caracterizar el comportamiento de la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo.

Condiciones sinópticas y a mesoescala favorables para la formación y caída de granizos

La formación de grandes granizos dentro de la nube de tormenta es el resultado de interacciones de un amplio intervalo de escalas de movimientos y procesos físicos, aunque a su vez depende fuertemente de la microestructura de la tormenta, por lo que la fuente, loca-

lización y el tamaño de las piedras de hielo (embriones de granizo) deben ser las adecuadas para que estos comiencen a crecer rápidamente (Cotton, Anthes, 1989). El tiempo necesario para el crecimiento de las piedras de granizo de mayor tamaño está en relación con el tiempo limitado que le permite el sistema de tormenta.

Las partículas de granizo crecen en forma natural bajo condiciones óptimas de temperatura, contenido de vapor de agua, velocidad de las corrientes ascendentes y procesos de fusión de las mismas. Danielsen (1977) expresó que la concentración de núcleos de condensación, partículas de hielo y posiblemente la distribución de tamaño de los aerosoles son importantes en la formación de embriones de granizo.

Existen algunos signos y preferencias en las condiciones locales que se vinculan más a la caída de granizos que a otro tipo de severidad. Uno de los factores que influye en el tamaño del granizo que llega a la superficie es el efecto de fusión que experimentan las piedras de granizo al pasar a través del nivel de congelación. La fusión está influenciada por varios subfactores como la distancia entre el nivel de congelación y la tierra, la temperatura media del aire de la corriente descendente entre el nivel de congelación de la piedra de granizo y la tierra, y el tamaño de la piedra de granizo que afecta el tiempo que demora esta en descender.

El nivel de 0 °C del bulbo húmedo del aire (WBZ) es aproximadamente el nivel de congelación del aire de la corriente descendente, dentro de la cual es más probable que se encuentre la piedra de granizo. Entre más alto se encuentre este nivel, será más largo el proceso de fusión. También, entre más alta sea la temperatura media del aire entre el nivel del WBZ y la tierra, más rápido será el proceso de fusión. Las piedras grandes de granizo caen con velocidades terminales mayores que las piedras pequeñas; es decir, para un nivel dado de WBZ, las piedras de granizo pequeñas demoran más en fundirse que las piedras más grandes.

La altura del nivel de fusión permite determinar la cantidad de granizos que llegarán a la tierra. Foote (1984)

demonstró la importancia de la fusión modificando los perfiles de temperatura y humedad para las tormentas en Colorado, Alberta y Arizona, encontrando que para el primer caso, 74% de los granizos que caen a través del nivel de fusión 0 °C se derriten antes de llegar a la superficie terrestre, en el segundo es de 42% y para el último de 90%. Estos resultados están en concordancia con el criterio de que las tormentas de granizos son más frecuentes en altas latitudes, pues es precisamente en la zona de menor latitud en la que se muestran los porcentajes más elevados. Esto puede explicar la utilidad de la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo (H_{wbz}) como predictor de la ocurrencia de granizo (Miller, 1972).

Región y período de estudio.

Origen primario de los datos

Los datos empleados en la investigación abarcaron el período entre 1980 y el 2007, y espacialmente se circunscribe a la provincia de Camagüey, debido a que presenta una amplia secuencia de años con información proveniente de los sondeos aerológicos y a que además, en este período, a partir de 1980 coincide con el inicio de la base de datos de TLS con reportes de mayor confiabilidad, elaborada por Alfonso y continuada por Aguilar *et al.* (2005). Por otro lado, Camagüey es la segunda provincia con el mayor número de reportes de granizadas en el país solo antecedida por Matanzas, y al extraer los casos en que se disponía de ambas informaciones la muestra obtenida era de un tamaño considerable en cuanto al número de días, incluso si se consideran los días con más de una observación.

La H_{wbz} se obtuvo a partir de los datos de los sondeos aerológicos, disponibles principalmente en 3 horarios las 1200, 1800 y 0000 UTC. Esta información describe en ese instante el estado de la atmósfera, considerando su variabilidad espacio-temporal, infiriéndose el estado futuro de esta, lo que constituye todo un reto para el pronóstico del tiempo. Los sondeos no presentan un sesgo pronunciado en su distribución diaria lo

que permite caracterizar diariamente y en ocasiones, en varios horarios, el comportamiento de las variables estudiadas, específicamente en los meses del período lluvioso del año y dentro de él en aquellos en que el número de reportes fue superior.

La información necesaria para cualquier estudio referente a los granizos precisa además, ciertos requerimientos que se encuentran también en la provincia escogida. Se encuentra ubicada la estación de sondeo y el propósito es tratar de minimizar los errores, garantizando en lo posible que la información se corresponda en una medida razonable con la escala espacial y temporal de la tormenta. Especificaciones como los llamados sondeos idóneos son prácticamente imposibles para los datos que se disponen; en primer lugar, porque los sondeos se hacen a horas establecidas que no podemos prefijar y en segundo, porque algunos de los reportes de granizadas tan siquiera poseen la hora o el lugar exacto de ocurrencia.

Materiales y métodos

Para el procesamiento de los datos y los métodos de cálculo utilizados se seleccionaron de la base de datos de TLS los días con reporte de granizo para todo el país durante 1980-2007, después se extrajo la información concerniente a la provincia de estudio (Camagüey) en igual período con el propósito de actualizar la climatología del fenómeno mensual y anualmente, y establecer comparaciones con lo obtenido por Alfonso (1994).

En una etapa siguiente se escogieron los reportes de granizos en Camagüey que coincidían en fecha con los sondeos disponibles en los años 1981-1996 y se agruparon ambas informaciones, constituyendo un total de 81 días para los diferentes horarios y luego se procedió a la extracción de la información de los sondeos. En la mayor parte del proceso se empleó el programa DRUIDA creado en el INSMET, aunque sus características no eran las más adecuadas para la investigación, pues no fue concebido con este propósito y sí con un objetivo interactivo-práctico de consulta casual.

Análisis y dilución de los Resultados

Actualización de la climatología de los granizos

Alfonso (1994) encontró que en Cuba se producen como promedio 70 granizadas anuales, lo que significa una frecuencia superior a la de los demás países del Caribe. Si se parte de esta conclusión y se compara con el presente, se pone de manifiesto una problemática que no se debe pasar por alto y es la perenne incertidumbre que se afronta al trabajar con la base de datos de reportes. Esta tiene implícita cierta subjetividad debido a la localidad del evento, pues no se reportan todos los casos que realmente ocurren y algunos no se recogen en los estados generales del tiempo de los centros de pronósticos por diferentes razones.

Para ilustrar esta conclusión se comparan los promedios anuales de reportes, ahora añadiéndole al quinquenio 1981-1985 utilizado por Alfonso, otro grupo de años hasta la actualidad. Se observa que en la década 1981-90 el promedio anual aumenta hasta 78, y en la década 1991-2000 es 50. En esta década la media anual disminuye lo que puede ser por causa de una variabilidad real del fenómeno o a que no se recopiló la suficiente información, siendo esta la causa más probable. En cuanto al período 2001-2007 se tiene una cifra de 47; si se calcula durante 1981-2007 se obtiene un total de 60 granizadas como promedio en el año para toda Cuba.

La provincia de Camagüey cuenta con un total de 231 reportes recogidos hasta esta fecha en la base de datos, de ellos si se considera un día con varios reportes de granizo como un día con granizo la cifra desciende a 191. Todo esto refleja un promedio de 8 granizadas anuales aproximadamente. En la figura 1 se aprecia el comportamiento de la ocurrencia de granizadas para Camagüey. Cabe destacar el descenso en la década del 90, lo que se puede asociar a lo referido anteriormente y resulta notorio el valor máximo observado en el año 2001. Debido a que los reportes correspondien-

tes a los años 2006 y 2007 no se habían completado, al instante de elaborar el presente estudio, los resultados que se muestran no se deben interpretar como una tendencia al descenso.

De manera similar a lo que ocurre con los promedios anuales, la distribución por meses entre 1981-2007 para toda Cuba experimenta variaciones; por ejemplo, a diferencia de lo encontrado por Alfonso (1994) se puede hablar de un máximo mensual de ocurrencia de mayo a julio con más de 300 reportes de granizadas, pero si consideramos como un solo día con granizada, días con más de un reporte, se obtuvo que junio y julio se mantienen parejos con valores que superan los 200 días, mayo descendiende a 145 días, cifra esta aún considerable. La comparación entre ambos estimados, sin contar el error de la base de datos, sugiere que en el mes de mayo al existir una diferencia apreciable entre el total de reportes y la frecuencia de estos para un día, se pudieran manifestar en mayor cuantía brotes de tormentas con granizo en el país, cuestión aún por demostrar.

Si se toma el comportamiento de la ocurrencia de granizos por meses en Camagüey (figura 2), se observa que por una diferencia mínima, junio es el mes de mayor total de días con granizos en el período con un total de 50 reportes, y es en el mes de mayo donde la diferencia entre el total de reportes y los días con granizos es mayor, lo que coincide con lo expresado para toda Cuba.

Comportamiento de la altura de la isoterma de 0° del bulbo húmedo

En la figura 3 se muestran los valores que toma la variable para los días con granizo en Camagüey durante 1981-1996, en el horario correspondiente a 1200 UTC. Esta hora posee el mayor número de días con reporte en el período de estudio, con un total de 71 casos. La H_{wbz} en los días que ocurrió granizo para este horario, tomó valores entre 2964 y 4709 m. Como se ve la oscilación en cuanto a los valores extremos es amplia. La altura media es 4096.5 m.

Para 57.7% de los días con granizo, la H_{wbz} se encontró entre los 4000-4500 m, valor por encima de los 3400 m que marca el límite de los granizos pequeños, según lo planteado por Miller (1972) para las condiciones de Norteamérica (en lo adelante se tomará como referencia); 14% alcanzó cifras por encima de los 4500 m. En resumen, 92.8% de los días se corresponde con alturas que confirman la formación y precipitación de granizos pequeños, solo un total de tres casos que representan 4% del total se encuentran por debajo de los 3400 m de altura en la frontera de los granizos grandes. Se analizó de manera individual cada uno de ellos para definir si existió alguna condición sinóptica especial que pudiera influir en estos valores tan significativos sin encontrarse ningún factor común entre ellos. Sin embargo, ocurrieron en los meses de transición entre el período poco lluvioso y lluvioso del año, en particular en los meses abril y mayo.

Distribución anual de granizos, Camagüey 1980-2007

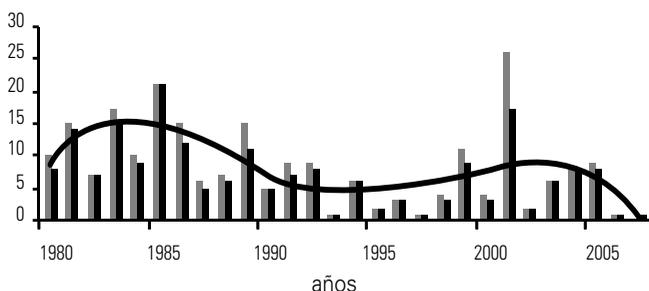


Fig. 1. Distribución anual de granizadas en la provincia de Camagüey entre 1980-2007.

Distribución mensual de granizos, Camagüey

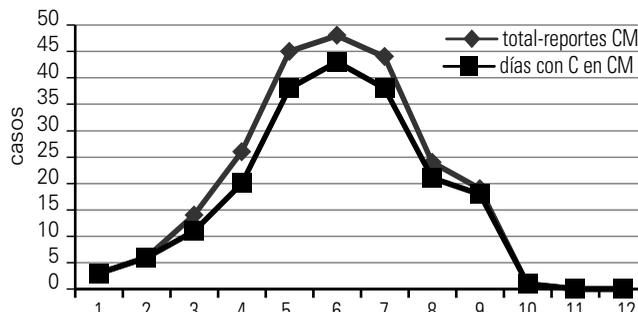


Fig. 2. Distribución de granizadas por meses en la provincia de Camagüey, período 1980-2007.

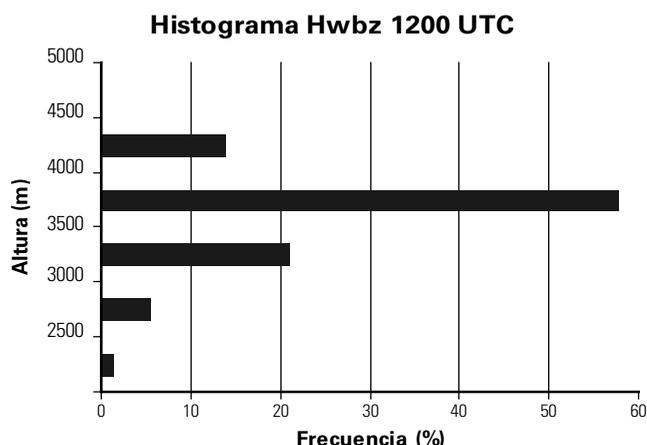


Fig. 3. Comportamiento de la altura de la isoterma de 0 0C del bulbo húmedo en Camagüey a las 1200 UTC para los días con reporte de granizo.

Para días con granizo que presentaban sondeos en la mañana (1200 UTC) y a su vez en la tarde (1800 o 0000 UTC) se encontraron un total de 22 casos con lo comentarios siguientes:

- En esos 22 días la variable se encontró entre los 3500 y los 4500 m, prácticamente en los dos horarios de sondeo, ya sea la combinación 1200-1800 y la 1200-0000 UTC;
- Aunque se debe tomar con un carácter muy preliminar por ser una muestra relativamente pequeña, en el sondeo vespertino (supuestamente más cercano a la máxima actividad convectiva) no se observó que la variable tomara posiciones sumamente distantes al valor registrado por el sondeo de la mañana;
- Se encontró una excepción el día 12 de abril de 1982 con un valor significativamente bajo a las 0000 UTC (2731 m de altura), el cual se produjo después de la hora del reporte de la caída de granizo que fue a las 1800 UTC en Nuevitas, o sea, un intervalo de tiempo superior a las cinco horas entre ambas informaciones. Este caso parece ser el único candidato de la muestra disponible que hasta el momento se pudiera incluir en la llamada franja de los granizos grandes en comparación con otras latitudes, pero por otro lado, y debido a la poca frecuencia de granizos que se reportan a estas alturas puede ser que

este valor no se corresponda realmente con la ocurrencia del fenómeno en sí.

Se puede inferir que para la mayoría de los días con reporte de granizo en Camagüey, la H_{wbz} se encuentra a alturas superiores con respecto a los umbrales críticos a partir de los cuales se observan granizos peligrosos en otras regiones (alrededor de 1396 m por encima). Lo anterior concuerda con que si este nivel es elevado y si además las temperaturas en las capas inferiores son altas, en consecuencia los procesos de fusión pudieran influir en el tamaño que alcancen los granizos y su posterior precipitación en las latitudes tropicales.

A continuación se describe el comportamiento de esta variable para los tres meses del período lluvioso en los que el número de reportes en la provincia es máximo: mayo, junio, y julio. Para estos meses a lo largo de aproximadamente 9 años en el período de estudio, se contó con suficientes sondeos que permitieron dicho análisis. Se encontró que para el mes de mayo la variable presentó los valores más dispersos que variaron entre los 3000 y 5000 m de altura como promedio, también este mes mostró el mayor número de casos ubicados por debajo de los 3000 m de altura, seis de ellos en el año 1982 y ninguno se corresponde con un reporte de granizo, y en el año 1990 se alcanzaron los valores más elevados por encima de los 5000 m con un total de tres casos.

Por otra parte, el mes de junio muestra el comportamiento más estable a lo largo de los años con valores entre 3000 y 4800 m de altura, no se observó ningún día con alturas inferiores a los 3000 m ni superiores a los 5000 m, pero esto se pudo deber a que fue el mes con menor cantidad de datos. En el caso del mes de julio los valores de la variable para los años seleccionados que contaban con más de 20 días con sondeo en dicho mes, con independencia del horario del que se tratase, se concentraron en la capa de 3500-4500 m. Se observaron dos puntos muy bajos 2396 m y 2735 m en los años 1982 y 1987 respectivamente, ninguno

de ellos se correspondió con la ocurrencia de reportes. Por otro lado, los dos valores superiores a los 5000 m de altura en 1989 y 1990 tampoco se relacionaron con reportes de granizos. Se alcanzaron alturas significativamente bajas en el año 1982 que coincidieron tanto para mayo como para julio, y alturas en extremo elevadas se observan en el año 1990 para iguales meses, ninguna de las posiciones inferiores a los 3000 m se asoció con un reporte para ninguno de los meses lo que se pudiera deber a que cayeron granizos y no se reportó, o porque simplemente a estos niveles de la variable no resulta favorable la ocurrencia del fenómeno.

A continuación se relaciona para cada año la H_{wbz} de los días en que hubo reporte con los valores máximos y mínimos de H_{wbz} en el mes para cada uno de los años analizados. En el mes de mayo, se muestra un aspecto que no se presentó en el análisis anual debido a que no se graficó el año 1987, pues no se contaba con el número de días suficientes en el mes para ese año, y es un espesor (de la capa entre el mínimo y el máximo del año) mínimo de 757 m a alturas inferiores a los 4000 m. En consecuencia, se tiene el día con reporte que coincide con la altura más baja de la H_{wbz} con 2964 m a las 1200 UTC, que aporta el 1% de frecuencia de granizos a alturas inferiores a los 3000 m, lo que ocurrió el 30 de mayo de 1987.

En junio se presenta el mayor número de años, cuatro en total: 1981-1983 y 1991 con un espesor mínimo siempre inferior a los 947 m, incluso el correspondiente al año 1991 es inferior que el observado en el mes de mayo, pero estos se produjeron a alturas mayores a los 4000 m e inferiores a los 5000 m.

El mes de julio fue el que permitió realizar un análisis más exhaustivo debido a la mayor continuidad de la información. En este caso la capa que tiene como límites al valor mínimo y máximo y que se encuentra a mayor altura a lo largo del período es la de las 1200 UTC (figura 4). La mayor diferencia entre los valores máximos y mínimos ocurrió en el año 1990 y fue de 1591 m. En ese año no existen reportes de granizos en la base de

datos lo que se podría explicar en parte debido a que la H_{wbz} y el espesor tomaron valores máximos y también al problema de los reportes referidos con anterioridad. Resulta igualmente interesante que en los años 1985 y 1991 se tiene el espesor menor, y el primero de ellos es el año que más reportes de granizadas presentó para un año en todo el período de estudio. Además, julio de 1985 constituyó el mes con mayor frecuencia del fenómeno para un año con un total de siete (todo esto para la provincia de Camagüey), que a diferencia de mayo, este espesor no se observó a alturas extremadamente bajas, sino entre los 3500-4500 m.

Luego se insertaron los días con reportes de granizadas para cada año. A las 1200 UTC se contó con un total de 14 días con sondeos, ocho días a las 1800 UTC y seis días a las 0000 UTC, de ellos hay diez casos que tienen más de un sondeo diario en los años 1982 (un día), 1984 (cuatro días), y 1985 (cinco días). Se observó que en siete de ellos el sondeo vespertino presentó una H_{wbz} superior al diurno. Resulta significativo a pesar de los pocos datos, que para los días con reportes y sondeos en horario de la tarde las H_{wbz} que se alcanzaron no fueron marcadamente diferentes ni se ubicaron fuera de los límites extremos de la variable en el horario de la mañana.

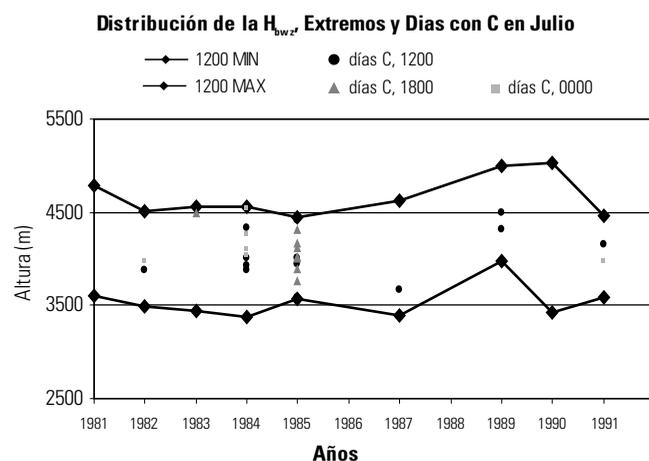


Fig. 4. Comportamiento de las H_{wbz} extremas en julio durante 1981-1991 y los días con reporte (señalados con la letra C) a diferentes horarios en igual período.

Ningún día con reporte coincidió con el valor máximo ni mínimo para el año específico en cualquiera de los horarios, lo que se infiere que los granizos se deben formar y llegar a tierra en latitudes tropicales con mayor probabilidad cuando la altura de la variable H_{wbz} se encuentre en los valores centrales de la franja y no en sus extremos, correspondiéndose con la existencia de determinados umbrales de alturas que permitan un balance entre las condiciones de formación del granizo y la velocidad de caída que puedan alcanzar en dependencia de sus dimensiones. Presumiblemente, a medida que disminuye la latitud hasta el trópico, las franjas de formación del granizo (Miller, 1972) adoptan una inclinación con la altura, provocando que la capa intermedia de los granizos de mayor tamaño (2100-2700 m) desaparezca y en consecuencia esté presente solo una franja de granizos pequeños a mayor altura (superior a los 4000 m).

En la figura 5 se presentan de manera conjunta los tres meses escogidos para describir mejor la tendencia o variación de las alturas extremas para estos años, siguiendo la secuencia temporal desde mayo a julio.

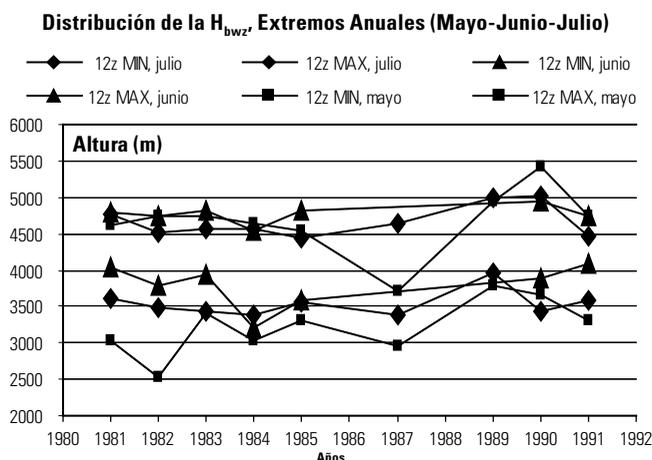


Fig. 5. Distribución de las H_{wbz} extremas para mayo, junio y julio durante 1981-1991.

Por ejemplo en los años 1984 y 1985, en los tres meses el espesor entre la H_{wbz} máxima y mínima es similar y se localizan a alturas aproximadamente constantes, lo mismo ocurre en el año 1989 pero en este caso solo para mayo y julio. En los años 1981, 1982, 1983 y 1991 el valor de la altura máxima alcanzada es aproximada-

mente la misma para los tres meses y la mínima descendió en mayo, luego ascendió en junio para volver a descender en julio, este último nunca inferior a la posición tomada en mayo. Para estos años el mes de junio fue en el que la altura mínima varió en menor grado con respecto a la posición máxima, por lo tanto presentó el espesor menor. Lo contrario ocurrió en mayo de 1987, el cual presentó el espesor menor pero su altura máxima era igualmente baja.

Conclusiones

La tendencia de la serie multianual y el promedio anual de reportes de granizo mostró una disminución en la década del 90 del siglo xx, posteriormente se observó un incremento relativo.

Existe un máximo en cuanto a la ocurrencia de granizadas por meses y esto ocurre en mayo, junio y julio para todas las provincias con más de 300 reportes, y en Camagüey varían entre 38 y 40 reportes.

El 92.8% de los días en que ocurrió granizo, la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo fue superior a los 3500 m, de ellos en 57% de los casos se concentró entre 4000 y 4500 m, lo que concuerda con la formación y precipitación de granizos pequeños.

En el análisis multianual en los meses de mayo y julio la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo alcanzó valores inferiores a los 3000 m y superiores a los 5000 m los cuales no se correspondieron con reportes de ocurrencia de granizo.

En ningún reporte de granizo la altura de la isoterma de 0 °C del bulbo húmedo se asoció con sus valores extremos en el mismo año, especialmente en el mes de julio.

Bibliografía

Aguilar, G.; Naranjo, L.; Carnesoltas, M. (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 de Cuba.
- Alfonso, A. P. (1994) Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Editorial Academia, La Habana. 168 pp.
- Browning, K.A.; Atlas, D. (1965). Initiation of precipitation in vigorous convective clouds. *J. Atmos. Sci*, 22, 678-683.
- Carte, A. E. (1967). Areal Hail Frequency. *J. Appl. Meteorology*, 6(2), 336-338.
- Cotton, W. R.; Anthes, R. A. (1989). *Storm and Cloud Dynamics. Cumulonimbus clouds and Severe Convective Storms.* pp 541-558.
- Danielsen, E. F. (1977). Inherent difficulties in hail probability prediction. *Meteor. Monogr*, 38, 135-143.
- Foote, G. B. (1984). Study of hail growth utilizing observed storm conditions. *J. Climate Appl. Meteor*, 23, 84-101.
- Frisby, E. M.; Samson, H. W. (1967). Hail incidence in the tropics. *J. Appl. Meteorol*, 6(2):339-354.
- Miller, R. C. (1972). Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. *Air weather Service Tech. Rep. 200 (Rev.), Air Service, Scott Air force Base*, 190 pp.

Abstract

Knowledge of severe local storms in Cuba has been increasing in recent years as a result of both observational studies and Expert System ROSET. However at present the investigations on these subjects are dedicate to determine environmental conditions associated with different kinds of severity events and to discriminate between them. This paper review hail storm climatology in Camagüey during the period 1980-2007. Significant decrease of hail reports are found on 90th decade, in addition to an occurrence increase on May, June and July. This work explores preliminary the relationship between hail occurrence and height of the wet bulb zero behaviours. The height of the wet bulb zero was over 3500 m on the 92.8 % of the days with hail reports analysed, whereas anyone hail report on May or July occur when the height of the wet bulb zero was below 3000 m or over 5000 m.

Key words: severe hail storms, height of the wet bulb zero, severe local storms