
Características de las bajas frías superiores que producen tormentas locales severas en Cuba

Characteristics of Upper cold Low that produce Severe Local Storms in Cuba

Lic. Ingrid de la Caridad Laguardia Piña | ingrid.laguardia@inmet.cu | Centro del Clima, Instituto de Meteorología

Lic. Elier Pila Fariñas | elier.pila@inmet.cu | Centro de Pronóstico

Recibido: 21 de mayo, 2013; aceptado: 27 de septiembre, 2013. pp. 13- 25.

Resumen

En no pocas ocasiones la presencia de las bajas frías superiores es un factor que estimula la convección profunda y, por consiguiente, provoca la ocurrencia de tormentas locales severas en Cuba. El estudio las características de las bajas frías superiores que propician la aparición de un tiempo severo, conllevó la descripción de los comportamientos temporal y estacional, la edad, la extensión vertical, y las trayectorias y características estructurales de las bajas frías superiores. Se constató que las bajas frías superiores que conducen a la ocurrencia de tiempo severo son algo más intensas y más frías que el resto, y, con mayor frecuencia, la severidad aparece en el cuadrante III de las bajas frías superiores, donde predominan las corrientes del suroeste. Como promedio, el núcleo frío de la baja fría superior estuvo mejor definido en los niveles de 300 hPa y 500 hPa, ligeramente desplazado al noreste en los niveles más altos. Además, se empleó el parámetro estadístico Z, el cual permitió encontrar diferencias entre las bajas frías superiores y aquellas que producen brotes de tormentas locales severas en los campos de temperatura (300 hPa y 500 hPa) y geopotencial (200 hPa y 300 hPa). El periodo de estudio fue de 1980-2010.

PALABRAS CLAVE: Tormentas locales severas, bajas frías superiores, brotes de tormentas locales severas, Cuba.

Abstract

On many occasions the presence of upper cold low is a factor that stimulate the deep convection and thus leads to the occurrence of Severe Local Storms in Cuba. In order to investigate the characteristics that have the upper cold low which give rise to severe weather led to the realization to the description of temporary and seasonal behavior, age, vertical extent, trajectories and structural characteristics of the upper cold low. Was found that the upper cold low that leads to the occurrence of severe weather are somewhat stronger and cooler than the rest and the severity is most frequently in the quadrant III of the upper cold low where dominated the southwest streams. On average, the cold core of upper cold low was better defined in the levels of 300 hPa and 500 hPa, slightly shifted to the northeast in the higher levels. Furthermore, use the statistical parameter Z, which allowed to find differences between the upper cold low those sprouts produce outbreaks of severe local storms in the fields (300 hPa and 500 hPa) and geopotencial (200 hPa and 300 hPa). The period of study was 1980-2010.

KEYWORDS: Severe local storms, upper cold lows, outbreaks of severe local storms, Cuba.

Introducción

Durante los meses del período lluvioso (mayo–octubre) el tránsito de bajas frías superiores (BFS) suele alterar la aparente quietud de los trópicos exacerbando los procesos de lluvia y, en ocasiones, favoreciendo la aparición de granizos, tornados o vientos lineales fuertes (aeroavalanchas), fenómenos que en Cuba se definen como tormentas locales severas (TLS).

Las bajas frías superiores se caracterizan por presentar una circulación ciclónica, mejor definida entre los niveles de 200 hPa y 300 hPa, y estar acompañadas de un núcleo frío en 300 hPa. El hundimiento del aire en el interior de la baja genera corrientes en ascenso a su alrededor, más marcadas en el cuadrante sureste de la baja, donde predominan corrientes difluentes del suroeste. Estas condiciones, unidas al incremento en el gradiente de temperatura y el aporte de vorticidad en una capa entre los niveles de 200 hPa y 500 hPa, son elementos que favorecen la aparición de tiempo localmente severo. Por ello, el objetivo general de la presente investigación es analizar la relación de las bajas frías superiores con la presencia de tormentas locales severas.

Roger Rivero (comunicación personal, 2011), fue el primero en señalar la posible relación de las BFS con la aparición de tormentas locales severas (TLS) en Cuba, secundado por Alfonso (1994) a comienzos de la década de los noventa del siglo XX. En la actualidad, el pronóstico de los eventos de tiempo localmente severo continúa siendo un gran desafío para el servicio meteorológico cubano, debido, entre otras causas, a la escala espacio–temporal reducida en que ocurren las TLS. En Cuba, los avances principales en esta temática han estado vinculados con el reconocimiento de patrones de severidad.

En 2005 concluyó el proyecto “Condiciones de escala sinóptica favorables para las TLS en Cuba. Un esquema para su predicción” (Aguilar *et al.*, 2005), en el cual se identificó, entre otros sistemas sinópticos

que incentivan la aparición de severidad, la Vaguada Tropical Troposférica Superior (TUTT, por sus siglas en inglés), en cuyo seno se gesta la mayoría de las BFS que llegan al Caribe. Particularizar en el papel que desempeñan las BFS en la aparición de severidad puede contribuir al entendimiento del papel de los elementos de la tropósfera superior en el desarrollo y la aparición de tiempo localmente severo.

Materiales y métodos

Relación de las bajas frías superiores con tormentas locales severas

Del período de 30 años (1980–2009) se extrajeron los reportes de TLS de la base estadística del Instituto de Meteorología (INSMET), confeccionada como parte del Proyecto de Investigación del Programa Ramal del Instituto de Meteorología “Condiciones a escala sinóptica favorables para las tormentas locales severas en Cuba. Un esquema para su predicción”. Posteriormente, esta base se hizo coincidir con la base de datos de BFS, elaborada por Laguardia (2011). La fuente de información de los reportes de TLS proviene de la red de estaciones meteorológicas y de aficionados, entre otras fuentes disponibles. A pesar del gran esfuerzo que realiza el INSMET para mantener actualizada esta base de datos, es necesario destacar que aún no refleja totalmente la realidad de las TLS que ocurren durante el año, en ocasiones, por producirse en lugares apartados y otras veces por la no existencia clara de un mecanismo de captación y reporte de TLS, lo cual condiciona que en el análisis posterior de las situaciones en que se producen está intrínseco este posible error. Es de destacar que, incluso a nivel mundial, todos los investigadores de la temática tienen que lidiar con este inconveniente.

Como toda base de datos, esta fue sometida a un proceso de control de calidad, donde se eliminaron todos los reportes repetidos e inseguros y se elaboró una nueva base de datos con días con reportes de

TLS; se considera *día de reporte* aquel en que, al menos, se registra uno de estos, y como *brote* al día en que ocurren, por lo menos, tres o más reportes con una distribución temporal-espacial que permita asegurar que estén vinculados con distintas tormentas o en distintos momentos del ciclo de vida de esa tormenta (Alfonso, 1994).

En el período comprendido de 1980 a 2009, se obtuvieron 3 777 registros de TLS, de los cuales 3 022 correspondieron al período lluvioso, que puede considerarse el más activo del año y en el que las BFS tienen una influencia mayor.

Posteriormente, se realizó el análisis de los días en que la presencia de la BFS constituyó el elemento sinóptico que estimuló la convección profunda y la aparición de tiempo localmente severo. Para ello, se tomaron los criterios de selección siguientes:

1. Circulación de las bajas frías superiores: Localización del reporte de TLS en la circulación de la BFS.
2. Circulación exterior de las bajas frías superiores: Localización del reporte de TLS en la periferia de la BFS.

Los brotes de TLS, por su naturaleza, están condicionados a ambientes sinópticos más marcados que una TLS individual; por ello, para profundizar en la relación de las BFS con las TLS se tomaron, solamente, los días con brotes. En total, se identificaron 68 días con brotes de TLS asociados a la presencia de BFS, a los que se les realizó un estudio pormenorizado de las características de las BFS que los ocasionaron (siguiendo procedimientos expuestos anteriormente) y de su influencia sobre la región del reporte, para lo cual se analizaron, individualmente, sobre la región del reporte cada uno de los campos siguientes:

1. Altura geopotencial (200 hPa, 500 hPa, 700 hPa, 850 hPa, 1000 hPa).
2. Velocidad vertical (ω).
3. Temperatura (200 hPa, 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa).

4. Vector del viento (200 hPa, 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa).
5. Vorticidad (200 hPa, 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa).
6. Líneas de corriente (200 hPa, 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa).

Comparación de las bajas frías superiores con aquellas que producen brotes de TLS

La diferenciación entre las BFS que condicionan el desarrollo de tiempo localmente severo y las que no lo producen, también puede hacerse empleando el parámetro estadístico Z, donde la hipótesis de que ambas poblaciones poseen medias iguales se rechazará si $Z > 1,96$, para el nivel de significación prefijado de 5 %, lo cual implica que las muestras pertenecen a dos poblaciones diferentes. Un criterio similar se aplicó a las variables seleccionadas de geopotencial (en los niveles de 200 hPa y 300 hPa) y temperatura (en 300 hPa y 500 hPa). El parámetro estadístico Z se calcula por la expresión siguiente:

$$Z = \frac{(X_A - X_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{N_A} + \frac{S_B^2}{N_B}}} \quad (2.1)$$

Donde X_A , X_B son las medias de las regiones A y B con las desviaciones típicas S_A^2 y S_B^2 respectivamente, y N_A y N_B son las cantidades de casos de cada tipo.

Análisis y discusión de los resultados

Tormentas locales severas

Se determinó que del total de días con influencia de BFS (1 462), extraídos de la base de datos de estos sistemas meteorológicos, solo 25 % favoreció el desarrollo de TLS; además, se encontraron 369 días de TLS (con máximos en los años 1986 y 2008) con 23 y 22 casos, que representan 6.2 % y 5 %, respectivamente. En particular, en 2008, a pesar de ser el

segundo año de menor cantidad de BFS (Laguardia, 2011), la mayoría de estas influyeron sobre el territorio cubano y fueron responsables de 22 % del total de TLS ocurridas. Cada año ocurren, en promedio, 12 días con TLS asociadas a estos sistemas, con una desviación estándar de 4; en 75 % de los años se hallaron diez bajas y solo en 25 % se detectaron, al menos, 14.

Los días de influencia de BFS que propician la ocurrencia de eventos severos aparecen, desde la tercera decena de mayo, hasta la segunda decena de octubre, y los meses más activos son julio y agosto, con un máximo absoluto que se constata, desde la segunda decena de julio, hasta la primera decena de agosto, con un total de 154 casos, que constituyen 42 % de los días con TLS, lo cual coincide con la distribución mensual de la cantidad y días con influencia de BFS sobre Cuba (Fig. 1).

La mayoría de las BFS con TLS describen trayectorias al WSW, con 47 % del total de casos, seguidas por las del oeste y anómalas, mientras que la menor cantidad de estos sistemas meteorológicos exhibe un comportamiento al sur. De acuerdo con la distribución mensual, de junio a septiembre, la trayectoria más frecuente fue al oeste-suroeste (resultó máxima en julio), lo que representa 38 % del total BFS con TLS que experimentan esta trayectoria. En el caso de junio, la trayectoria anómala estuvo muy por encima de la del oeste, con un total de 14 casos (Fig. 2).

En cuanto a la extensión vertical, en general, las BFS con TLS se encontraron entre 200 hPa y 300 hPa, con un total de 288 casos (78 % de la muestra); el resto se halló en 500 hPa (17 %) y una minoría, en 700 hPa (5%). Las BFS relacionadas con TLS que se mantuvieron entre 200 hPa y 300 hPa fueron las de mayo a octubre, con un máximo en julio, con 40 %. En 500 hPa, ocurrió una situación similar, pero el período fue de junio a septiembre. Por su parte, en 700 hPa, el período de actividad resultó de junio a septiembre y el máximo ocurrió en este último mes, con un total de siete BFS, que representa 41 % del total de casos que experimentó esta extensión (17).

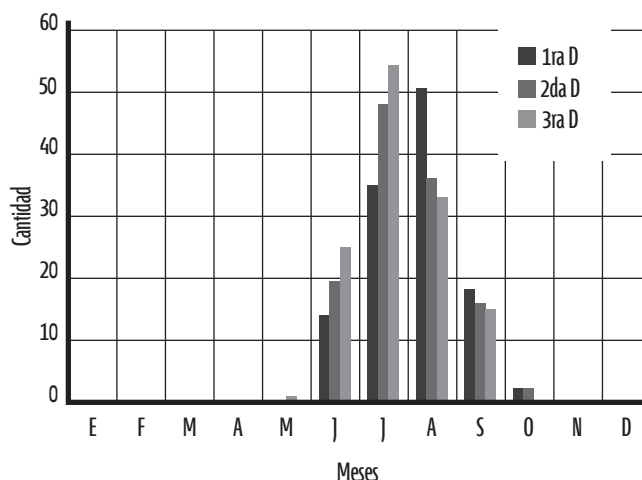


Fig. 1 Distribución por decenas de las BFS con TLS.

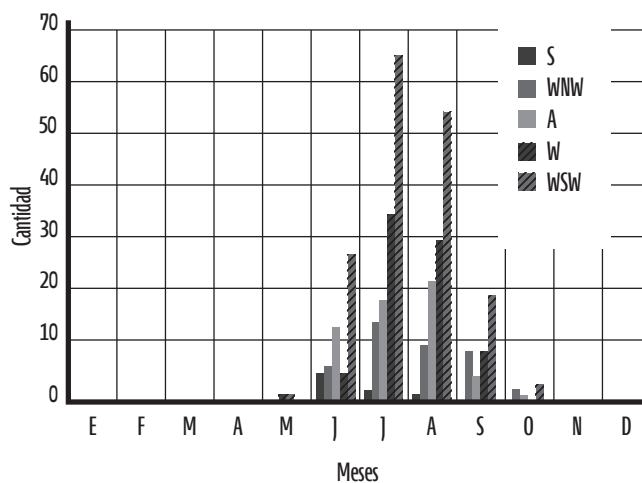


Fig. 2 Distribución mensual de las BFS con TLS por trayectorias.

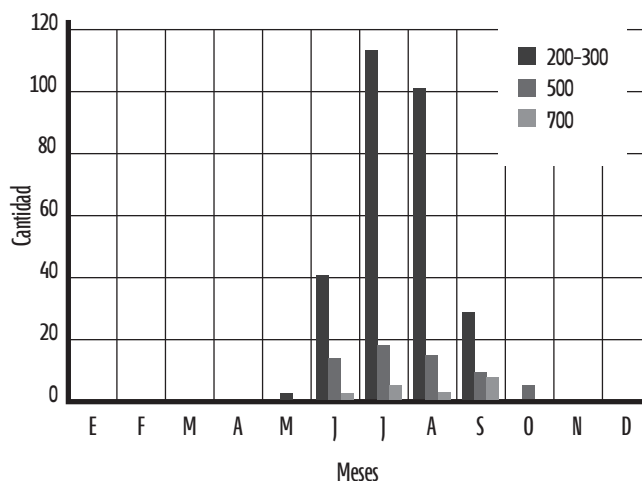


Fig. 3 Distribución mensual de las BFS con TLS por extensión vertical.

Brotos de tormentas locales severas

Los brotes de TLS están asociados a fondos sinópticos más marcados que una TLS individual, que puede estar causada por elementos mesoescalares, tales como el frente de brisas, las interacciones de tormentas, o estar asociadas a condiciones locales. Por tanto, para analizar la relación de estos sistemas con las TLS se decidió tomar solo los brotes de TLS, y se identificaron 69 brotes (17 % del total de TLS). La distribución por años de las bajas que ocasionaron brotes de TLS concuerda con la distribución de la cantidad de TLS, con un máximo en 1986, seguido por 2008, con un total de 19 eventos (28 % de la muestra). La media de BFS con brotes de TLS por año es de tres casos, con una desviación estándar de dos casos; en 75 %, solo se encontraron dos brotes, mientras que en 25 %, al menos, tres.

Las BFS asociadas al desarrollo de tiempo severo estuvieron, únicamente, en el cuatrimestre de junio a septiembre, con un período de máxima actividad en las segundas decenas de julio y agosto, donde ocurrió 32 % de los casos. Para mayo, el brote solo apareció en la tercera decena porque en este mes solo se contó con un caso de estudio. Del total de bajas por meses, el mes en que con mayor frecuencia las BFS favorecieron el desarrollo de tiempo localmente se-

vero resultó junio, donde 25 % de las BFS estuvieron relacionados con brotes (Fig. 4).

Según las zonas de influencia, se determinó que en el occidente del territorio nacional es donde más brotes ocurren, lo cual concuerda con la distribución de brotes de TLS obtenida por Aguilar (2005); sin embargo, la zona donde más influyen las BFS es en el oriente del país.

Las BFS que producen brotes de TLS describen, en mayoría, trayectorias al oeste-suroeste y coinciden, en general, con las trayectorias de las BFS. Aunque la mayor cantidad de brotes está relacionada con BFS que siguen trayectorias al oeste-suroeste y oeste, que son las más frecuentes, sin embargo, al analizar la frecuencia de brotes con respecto a cada trayectoria, se obtuvo que estos son más usuales en las trayectorias al sur, las cuales, a su vez, son menos comunes.

Para el cuatrimestre de junio a septiembre predominaron aquellas que experimentaron trayectorias al oeste-suroeste, lo que constituye 41 % del total de brotes de TLS. El máximo de esta trayectoria ocurrió en julio y no en agosto, como debería ocurrir, si se tiene en consideración que este es el mes donde más brotes se encontraron (24 casos). En agosto predominaron las bajas con trayectorias al oeste-suroeste y anómalas, ambas con un total de ocho casos. En ju-

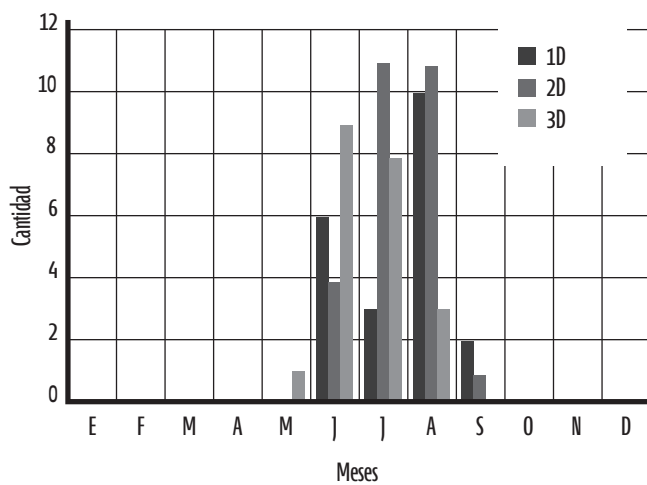


Fig. 4 Distribución por decenas de las BFS con brotes de TLS.

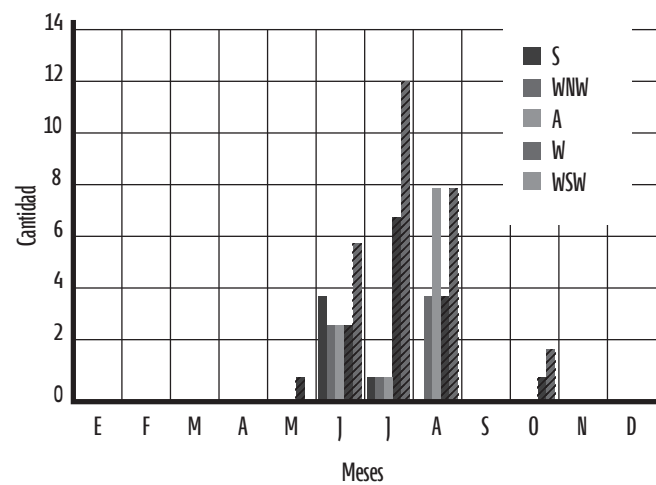


Fig. 5 Distribución mensual de las BFS con brotes de TLS por trayectorias.

nio, las bajas que experimentaron trayectorias hacia el sur constituyeron las segundas que más prevalecieron (Fig. 5).

La mayoría de las BFS que ocasionaron tiempo localmente severo poseen una extensión vertical entre los niveles de 200 hPa y 300 hPa, con un total de 61 casos, que representan 88 %. En el caso de 500 hPa, solo se hallaron ocho bajas (12 %) y en 700 hPa no se encontró ninguna, y es que, justamente, la BFS se va inclinando con la altura al suroeste hacia los niveles bajos. De mayo a septiembre, predominaron las BFS con extensión entre 200 hPa y 300 hPa, con un máximo absoluto en agosto, donde ocurrieron 35 % de los casos; este comportamiento es similar a la distribución mensual que, de manera general, presentan los 69 brotes que se encontraron. En junio y julio se tuvieron ambas extensiones, y junio resultó el mes en que más prevaleció el nivel de 500 hPa, con 8.6 % (Fig. 6).

Según la bibliografía consultada, el tiempo localmente severo en las BFS, está confinado sobre todo al cuadrante SE de la baja, mientras que en este estudio se encontró que, en la mayoría de los casos, está localizado en el cuadrante III, a causa del predominio en esta zona de corrientes del oeste-suroeste al este del eje de la baja, lo cual representa 62 % del total de los brotes, seguido por el cuadrante II (sureste), con 23 %; y la minoría se presentó en los cuadrantes IV y I (19 % y 12 %, respectivamente). En el período de mayo a agosto, el tiempo severo se localizó en el cuadrante III, con un máximo en julio (37 %), con excepción de septiembre, cuando este se comportó igual en los cuadrantes II, III y IV. Asimismo, agosto constituyó el máximo de los casos con tiempo severo confinado al cuadrante II (Fig. 7).

Estructura media de las BFS relacionadas con brotes de TLS

El análisis de la estructura media las BFS relacionada con el desarrollo de tiempo localmente severo en

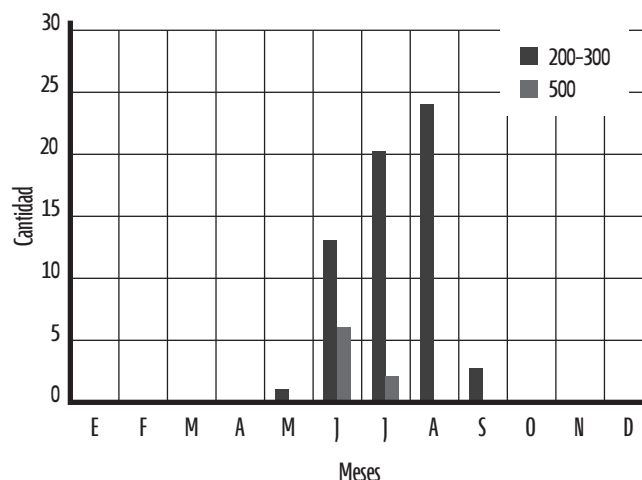


Fig. 6 Distribución mensual de las BFS con brotes de TLS por extensión vertical.

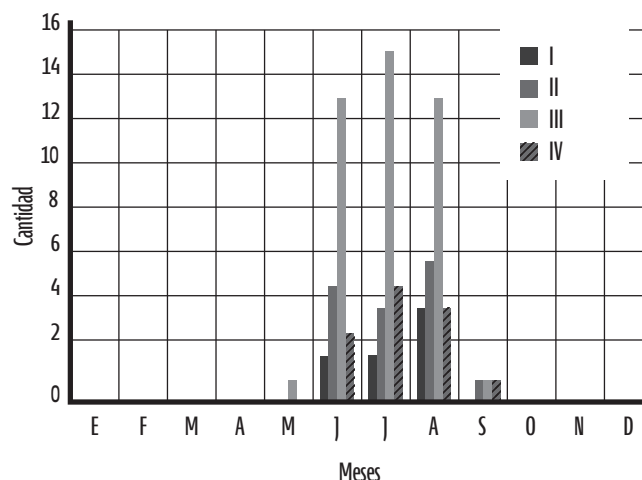


Fig. 7 Distribución mensual de las BFS con brotes de TLS por tiempo severo.

Cuba se realizó con un enfoque lagrangeano, donde la coordenada 0.0 indicaba el centro de la BFS.

Las BFS que se relacionan con brotes de TLS son más intensas que el resto de las BFS encontradas por Laguardia (2011), con un valor de altura de geopotencial mínima central media de 12 365 mpj para 200 hPa. El comportamiento de 300 hPa, 500 hPa, 700 hPa y 850 hPa, es similar al descrito, en general, por las BFS, con un predominio de la influencia anticiclónica en todos los niveles. En algunos casos, aunque son la minoría, la baja apareció en 500 hPa (25 %) (Fig. 8).

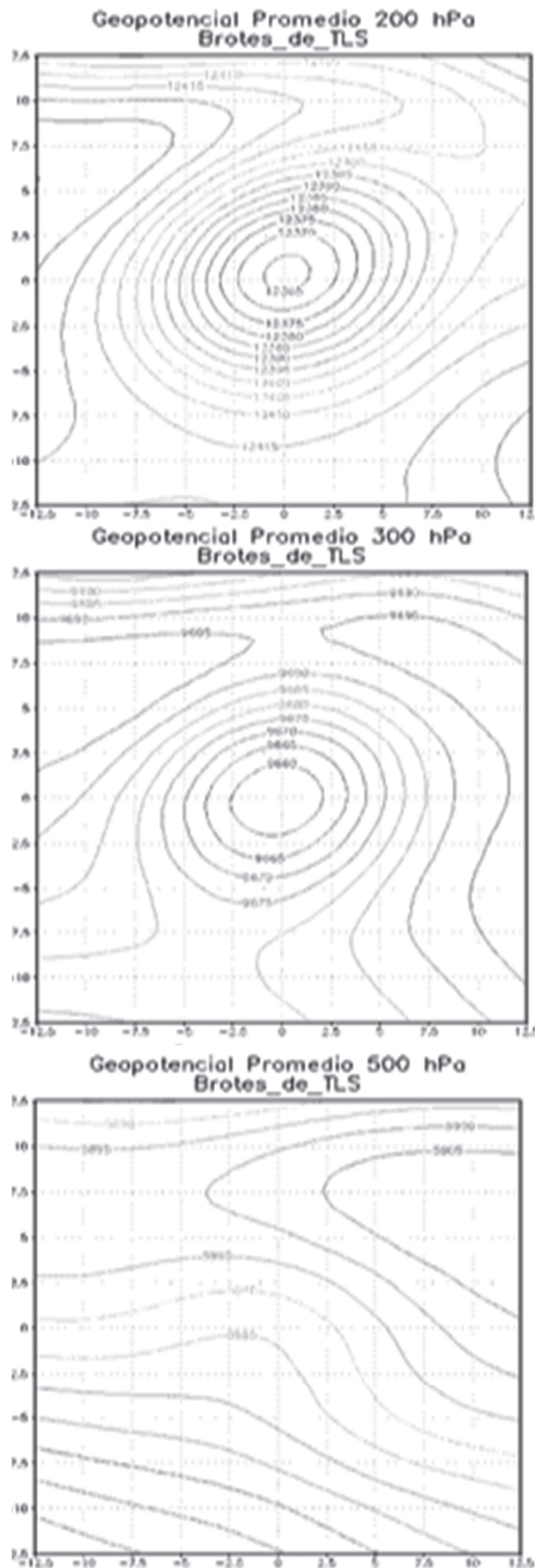


Fig. 8 Estructura media de las BFS con brotes en geopotencial (200 hPa, 300 hPa y 500 hPa).

En cuanto a la temperatura, en el nivel de 200 hPa los valores más bajos se presentaron al noreste del centro del sistema, con una media de $-54.75\text{ }^{\circ}\text{C}$. En 300 hPa, según la descripción de las BFS, en general, las temperaturas más bajas estaban más al noreste del centro, pero en el caso de las que producen tiempo localmente severo estuvieron sobre o muy próximas al centro, con valores ligeramente inferiores ($-34.75\text{ }^{\circ}\text{C}$); en este nivel se observó mejor definido el núcleo frío marcado por la presencia de, al menos, una isoterma cerrada. En 500 hPa, las temperaturas más frías coincidieron con el centro del sistema, lo cual indica un corrimiento (con la altura) del núcleo frío al suroeste, donde, además, la temperatura media mínima en el centro resultó de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 9).

En la mayoría de los niveles, al sureste y sur, se obtuvieron valores negativos para la velocidad vertical, o sea, predominó el ascenso de aire, lo cual estimuló la convección en la BFS, excepto en 850 hPa, donde ocurrió solamente al sur (Fig. 10).

Las corrientes más intensas correspondieron al cuadrante IV, donde se encontró que también aparecían los brotes de tiempo localmente severo, y en niveles bajos y medios predominaron las corrientes del sureste. En los niveles de 200 hPa y 300 hPa, la circulación estuvo bien marcada; a partir de 500 hPa, comenzó a desaparecer, coincidiendo con el hecho de que la mayoría de las BFS no se hallan por debajo de 500 hPa (Fig. 11).

Las BFS más intensas que produjeron brotes correspondieron a junio, con un valor mínimo de geopotencial entre 12 312 mpg y 12 328 mpg. En correspondencia, las temperaturas más frías en 200 hPa tenían valores entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en 500 hPa oscilaron entre $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las menos intensas resultaron las de agosto.

El patrón medio se caracterizó por la influencia débil del anticiclón del Atlántico Norte, que determina débiles gradientes de presión. En los niveles de 500 hPa y 700 hPa, se extendió una faja de alto valor

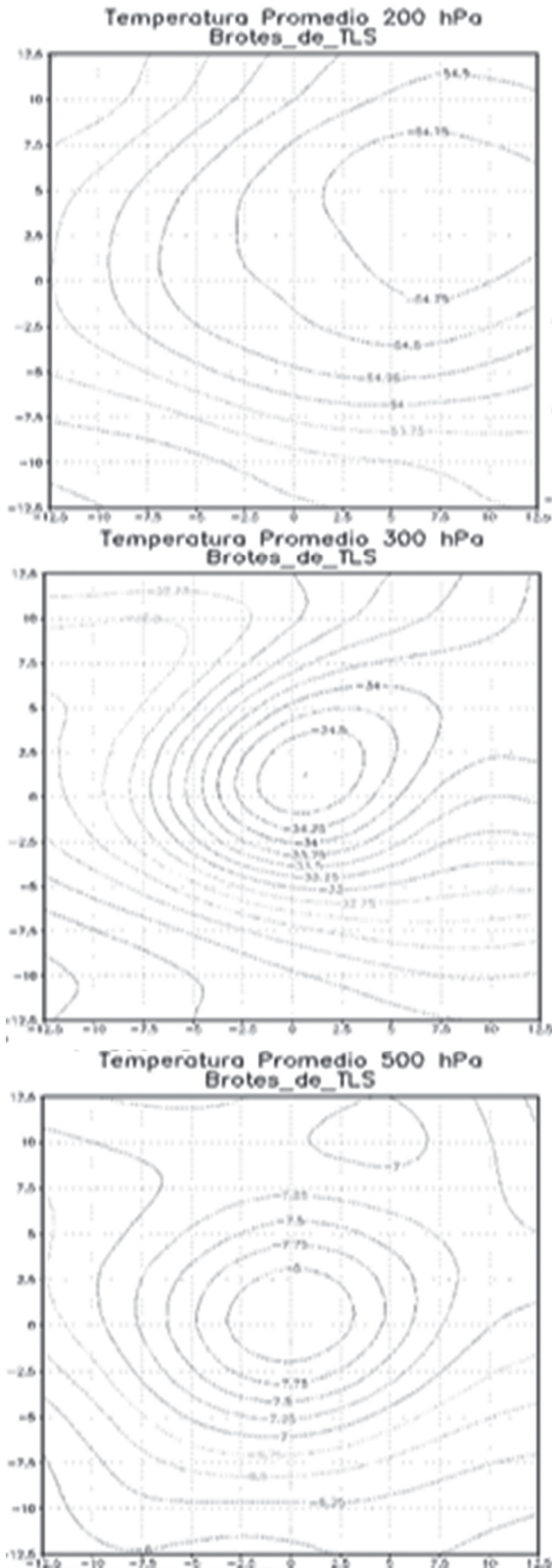


Fig. 9 Temperatura media (gC) de las BFS con brotes (200 hPa, 300 hPa y 500 hPa).

geopotencial sobre los 30°N, con centro en el Atlántico central, que abarcaba el Atlántico occidental, el sureste de los Estados Unidos, el Golfo de México y el Mar Caribe. En 500 hPa, se mantuvo extendida la faja de alto valor geopotencial, con centros en las inmediaciones de los 30°N y 50°W y sobre el norte de México. En 300 hPa, se observó una vaguada profunda extendida sobre el Atlántico occidental, Las Bahamas y la región oriental de Cuba, con la presencia de un vórtice ciclónico sobre la región occidental; en este nivel se presentó una celda amplia de alto valor de geopotencial sobre el oeste del Golfo de México. Y en el nivel de 200 hPa, el rasgo significativo fue la presencia de una circulación ciclónica bien definida sobre Las Bahamas y las regiones central y oriental de Cuba. La estructura de estos sistemas determinó la presencia de un flujo cálido del sureste en los niveles bajos, del este al sureste en niveles medios y en 200 hPa predominaron corrientes del noreste sobre la región occidental.

En las anomalías de temperatura se apreciaron condiciones normales desde la superficie hasta 700 hPa; solo se observaron anomalías positivas entre 84°W y 81°W, en una capa muy fina desde la superficie hasta 950 hPa; por encima de 700 hPa se presentaron anomalías negativas, con el núcleo más frío al este de los 80°W; entre 500 hPa y 350 hPa, se evidenciaron anomalías positivas por encima de 150 hPa, en la estratosfera baja sobre Cuba. En relación con la humedad se manifestaron anomalías negativas sobre toda el área, mientras que solo se observaron anomalías positivas al este de 78°W, por encima de 550 hPa (Fig. 12).

Para comparar ambas muestras se calculó el parámetro estadístico Z , que permite discernir si dos muestras pertenecen a la misma población; si se rechaza esta hipótesis con un nivel de significación de 95 % ($Z > 1.96$), se aceptaría que existen diferencias significativas entre ambas muestras. En el campo de geopotencial se evidenció que las mayores diferencias se tienen en el área que comprende a Cuba y los

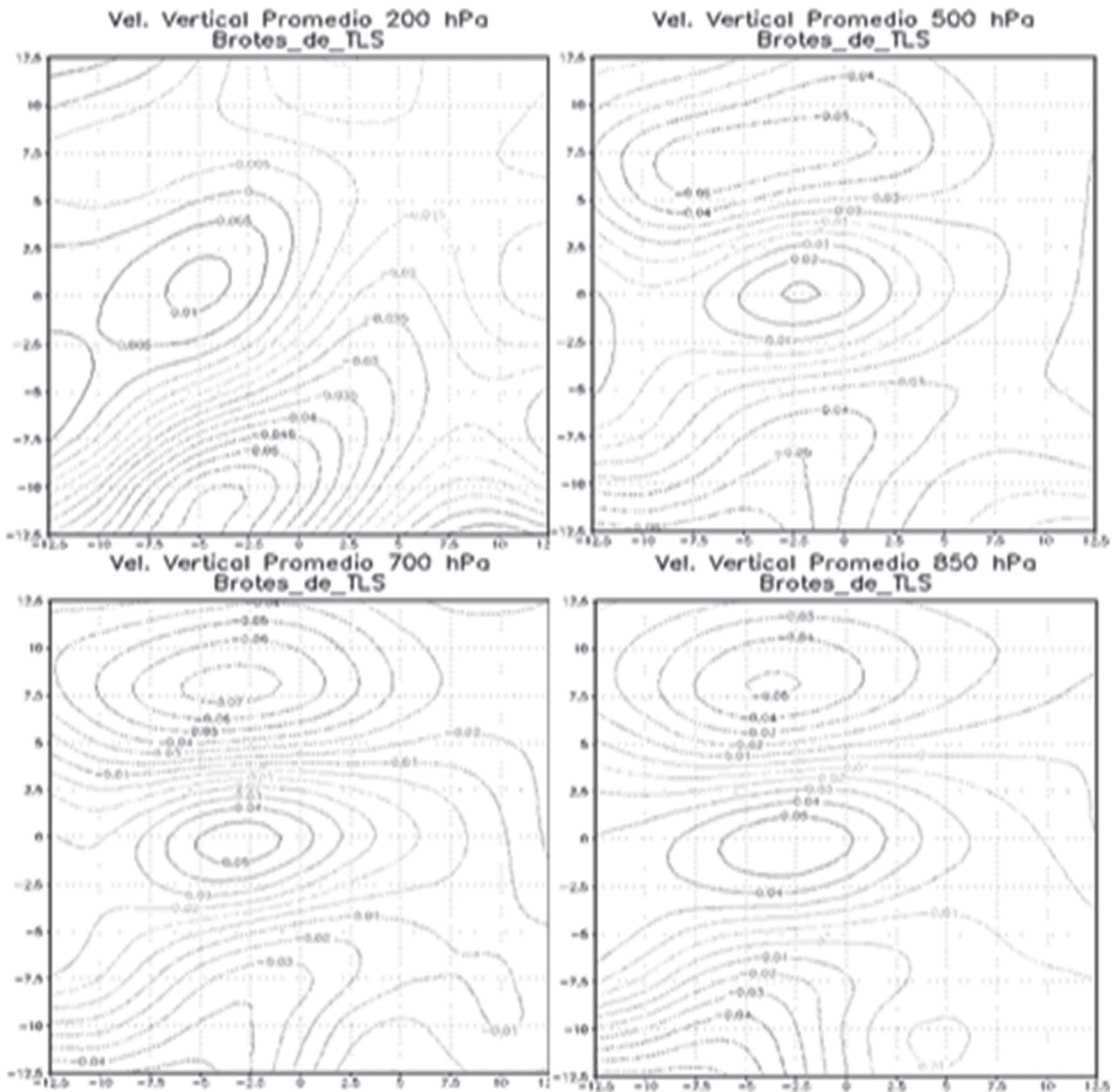


Fig. 10 Estructura media en velocidad vertical de las BFS con brotes (200 hPa, 500 hPa, 700 hPa y 850 hPa).

mares adyacentes, la cual se estrecha ligeramente en 300 hPa. En este campo, el parámetro Z fue positivo, lo cual significa que el valor de la muestra 1 (en general, BFS) es mayor que el de la muestra 2 (BFS que producen brotes); ello indica que esta posee valores de geopotencial más pequeños y, por consiguiente, se consideren las BFS más intensas. Un comportamiento similar se apreció en el campo de la tempe-

ratura, donde, en 500 hPa, el área es más extensa. En este caso, al ser Z negativo y tomar el valor modular, las temperaturas más frías pertenecen a la muestra 2 que, lógicamente, son las BFS que producen brotes de TLS y se consideran las más intensas (Fig. 13).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se hace necesario exponer algunas consideraciones generales en cuanto a la relación de las BFS con las TLS.

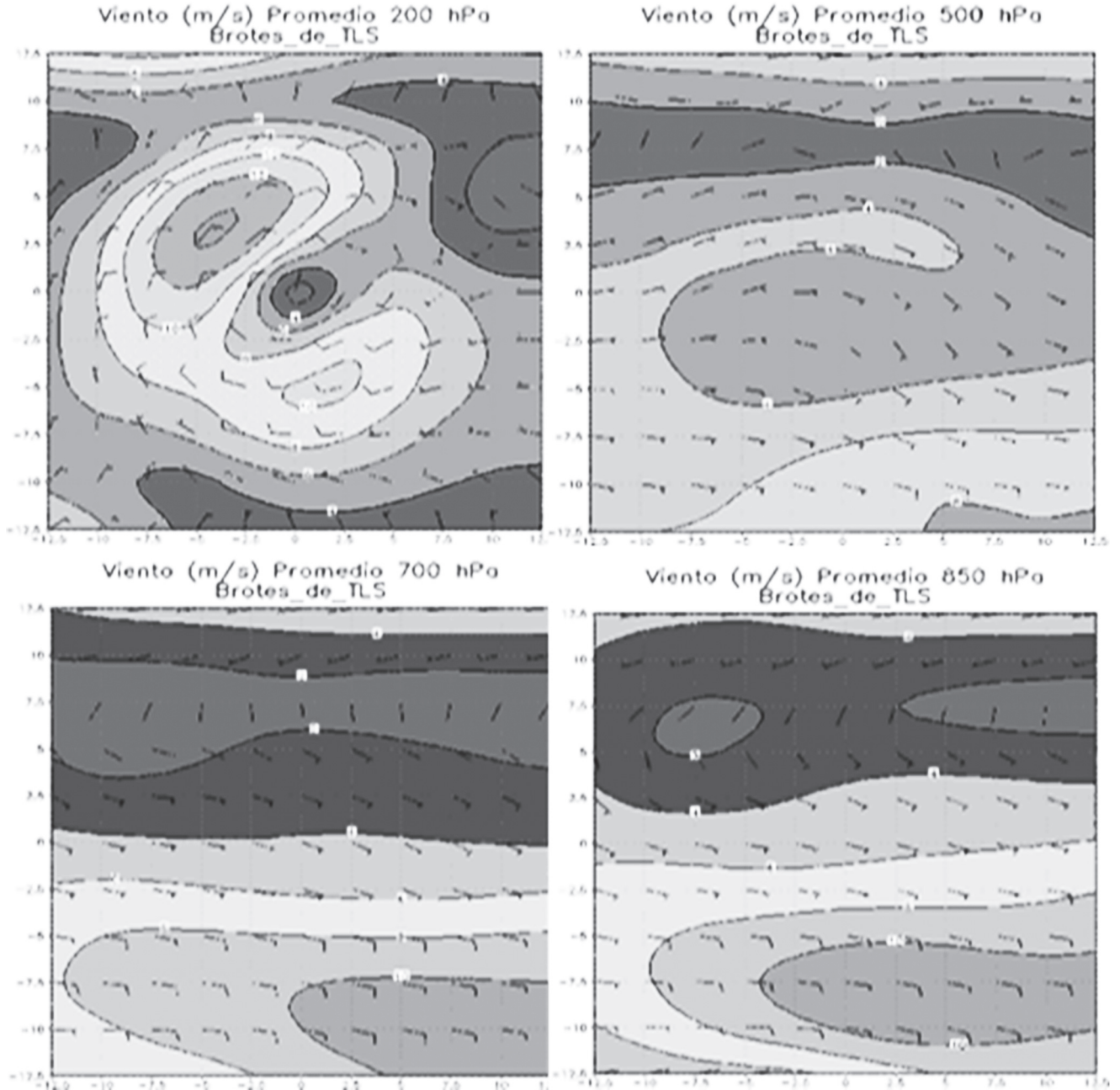


Fig. 11 Viento medio (m/seg) de las BFS con brotes (200 hPa, 500 hPa, 700 hPa y 850 hPa).

En primer lugar, se comprobó que existe un vínculo entre ambos fenómenos meteorológicos, lo que había sido señalado por Roger Rivero, aunque en esos momentos, por las limitaciones computacionales, le fue imposible demostrar. Además, se constató que la mayoría de la TLS vinculadas con las BFS se originaron al sur y el este del eje de las BFS, asociadas a la combinación de los factores siguientes:

1. La presencia de gradientes de temperatura significativos, lo cual se explica teniendo en cuenta que el calentamiento de la tarde, junto con valores de temperatura más fríos en niveles altos, dados por la presencia de la BFS, condicionan inestabilidad y, por consiguiente, corrientes ascendentes más fuertes que las que se tendrían si no estuvieran presentes las BFS.

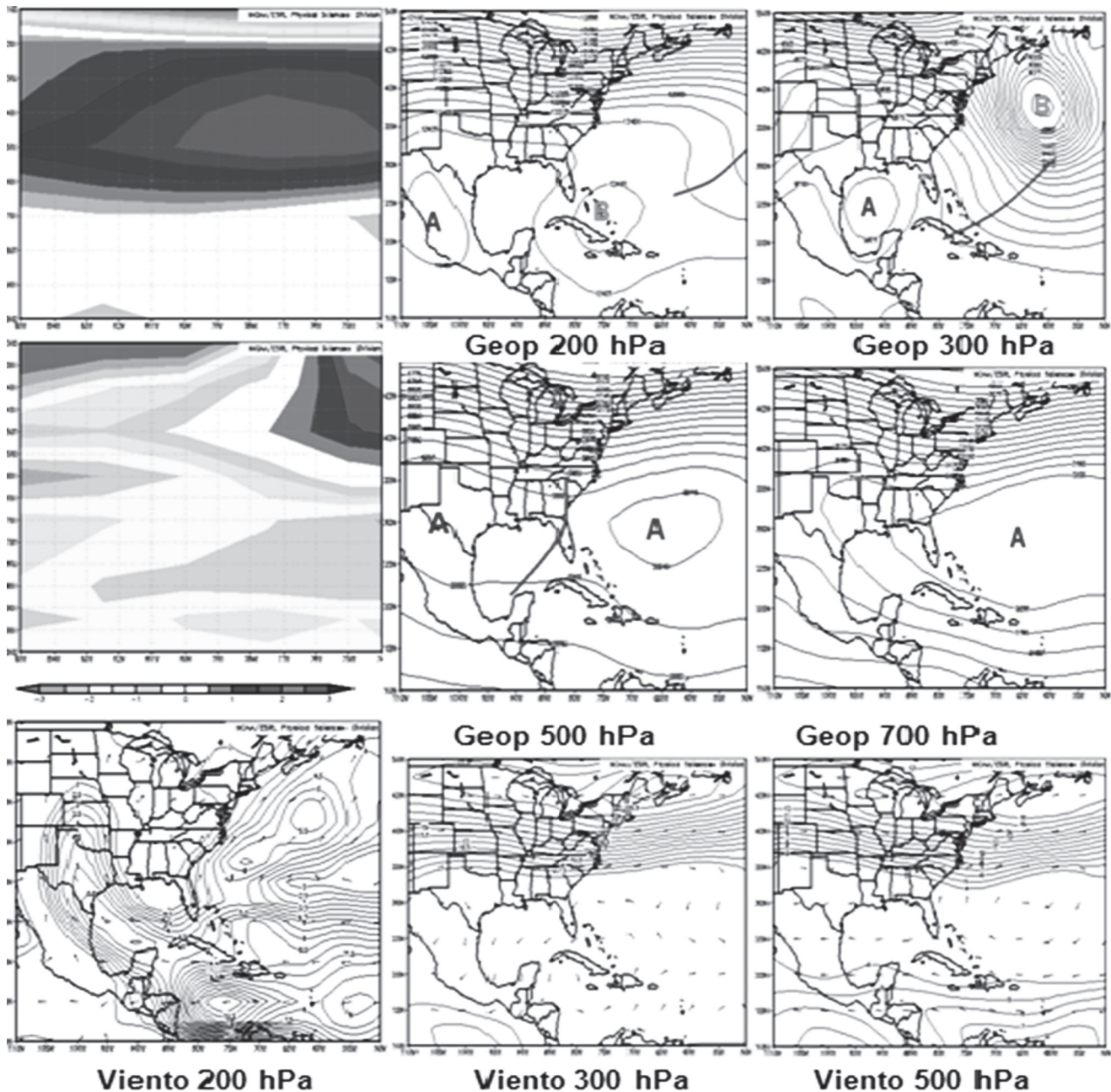


Fig. 12 Patrón medio de las BFS relacionadas con brotes de TLS.

2. Divergencia en niveles altos y convergencia en niveles bajos. La mayoría de las BFS que afectan el territorio estudiado se formaron en la TUTT y, por consiguiente, su parte divergente queda a la derecha de su eje. Otro elemento que estimula el tiempo severo es la presencia de divergencia superior, junto con la convergencia en niveles bajos.
3. Cizalladura favorable. El papel de la BFS está mayormente dirigido a organizar el perfil del viento y no a un incremento en su intensidad en esa región. La presencia de corrientes del suroeste en niveles altos, en contraposición con un flujo del sureste en niveles medios y altos, crea un giro anticiclónico del viento en la altura, lo que resulta una condición favorable para la convección.

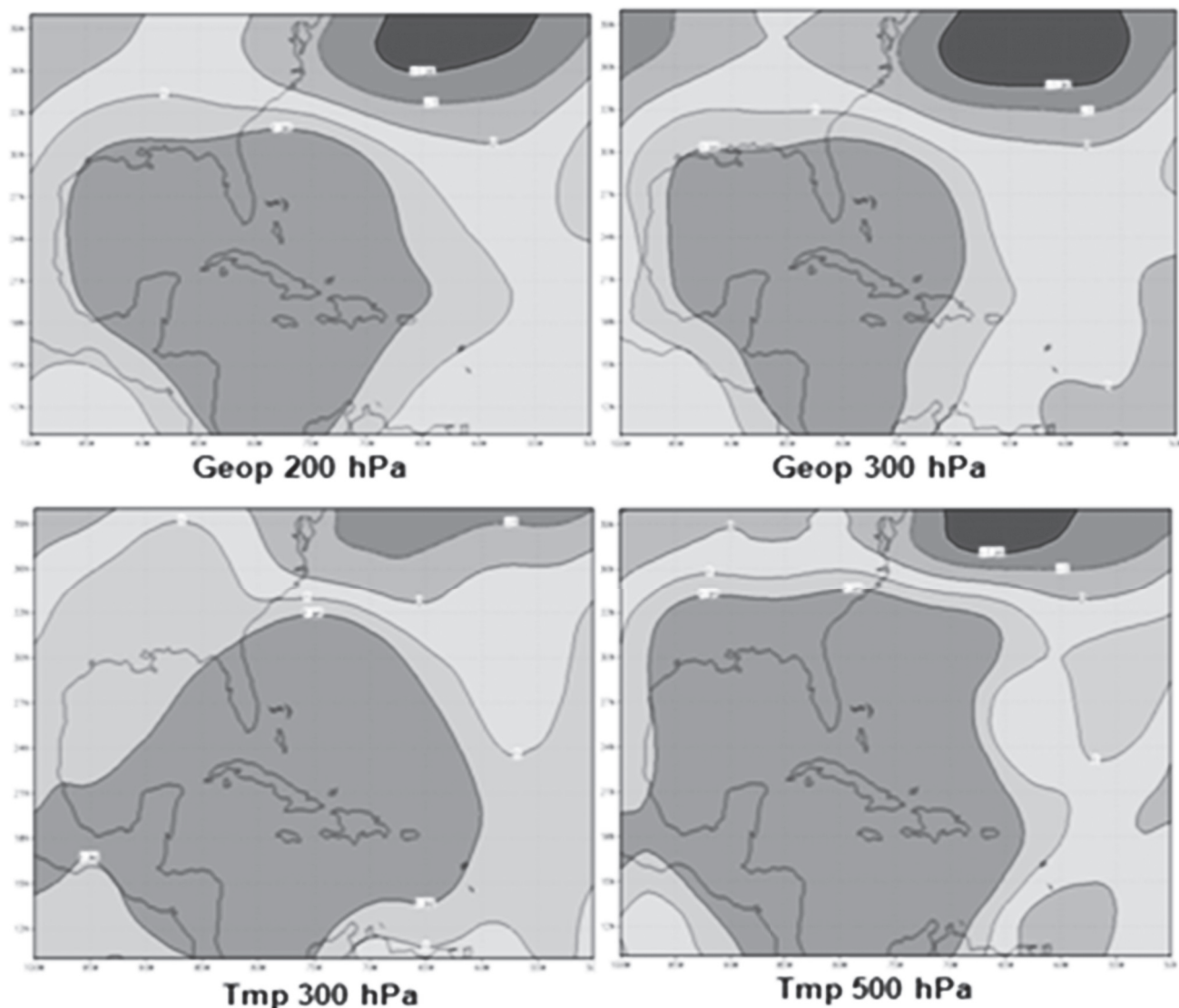


Fig. 13 Distribución espacial del estadiógrafo Z para el geopotencial y la temperatura.

También se encontró tiempo localmente severo asociado a la presencia de corrientes del noreste. Rivero (comunicación personal, 2011), expresó que en las corrientes del noreste, para el nivel de 200 hPa, asociadas a las BFS puede generarse una corriente en chorro de región norte que tiene asociada una divergencia superior, aunque los umbrales encontrados resultaron ser algo inferiores a los citados por este autor. Las corrientes del noreste, producen, además, el cizallamiento horizontal anticiclónico del viento y la reducción de la vorticidad a su derecha — esto fue encontrado por Riehl (1954)—, lo cual pro-

voca la caída de presión en niveles medios, así como la formación de corrientes ascendentes y, por consiguiente, de convección.

Conclusiones

1. Las tormentas locales severas sobre Cuba, en particular los brotes de severidad asociados a la presencia de bajas frías superiores, aparecen casi exclusivamente desde mayo a octubre, con un máximo en julio y agosto. El territorio más afectado fue la porción centro-oriental del país.

2. La mayoría de las bajas frías superiores asociadas a la aparición de brotes de severidad se caracterizaron por seguir trayectorias del oeste-suroeste y por encontrarse entre los niveles de 200 hPa y 300 hPa. Solo unos pocos casos se profundizaron hasta el nivel de 500 hPa, principalmente en junio, cuando el porcentaje de bajas asociadas a brotes de TLS resultó ser el mayor.
 3. Como promedio, el núcleo frío de la BFS estuvo mejor definido en los niveles de 300 hPa y 500 hPa, ligeramente desplazado al noreste en los niveles más altos. Las corrientes más fuertes (14 m/s) se observaron al noroeste de la baja, mientras que el ascenso de aire en toda la vertical se evidenció al sur y el sureste de la baja.
 4. Con la aplicación del parámetro estadístico Z pudieron identificarse las diferencias (sobre Cuba) entre las muestras de bajas frías superiores asociadas a brotes de TLS y las que no lo estaban en los campos de temperatura (300 hPa y 500 hPa) y geopotencial (200 hPa y 300 hPa).
- Cuba. Un esquema para su predicción. Instituto de Meteorología. 35 pp.
- Alfonso, A. P, (1994): “Climatología de las tormentas locales severas en Cuba”, Ed. Academia, 133 pp.
- Laguardia I., (2011). Las bajas frías superiores sobre o próximas a Cuba y su relación con las tormentas locales severas (tesis en opción al grado de Licenciatura en Meteorología, INSTEC).
- Riehl H., (1954): Tropical Meteorology, Depart. of Meteorology, University of Chicago, 392 pp.

Recomendaciones

1. Continuar profundizando en la relación de las BFS con las tormentas locales severas.
2. Incorporar la relación de las BFS con otros fenómenos, tales como las precipitaciones intensas.
3. Proponer la elaboración de un modelo conceptual de las BFS.

Referencias

Aguilar G., L. Naranjo, M. Carnesoltas, (2005): Informe de Resultado Científico. 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