

Comportamiento de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987 – 2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio.

M. Cs. Gisell Aguliar Oro
Dr. Mario Carnesoltas Calvo

Instituto de Meteorología, Cuba

RESUMEN. En el presente trabajo se expone una breve descripción del comportamiento de las Tormentas Locales Severas (TLS) en Cuba desde 1987 hasta el 2002.

Los datos que se muestran son parte del proyecto ramal "Condiciones favorables para la ocurrencia de tormentas locales severas en Cuba. Un esquema para su predicción". Los mismos no son más que resultados preliminares de la manifestación en Cuba de los Tornados, Trombas Marinas, Granizos y Vientos lineales fuertes (aeroavalanchas), cuya importancia es vital por su impacto socioeconómico, y a lo extremadamente difícil que resulta su predicción en la mayoría de los casos. Este hecho se debe en gran medida al escaso nivel de conocimientos que actualmente se posee, la escasa densidad de la red de estaciones meteorológicas, principalmente en el mar, y por la rapidez con que se desarrollan estos procesos.

Las TLS en Cuba no poseen el destacado lugar que ocupan los huracanes, ya que son netamente locales, no afectan grandes territorios, de esta forma el efecto de un suceso individual se reduce casi siempre a unas decenas de kilómetros cuadrados y pudieran parecer insignificantes si se les compara con los desastres ocasionados por los ciclones tropicales. Sin embargo, cuando se les analiza en conjunto, resultan ser un elemento notable por el impacto socioeconómico que suelen producir sobre todo en las pérdidas de vidas humanas, los daños a las propiedades y a la agricultura.

En el trabajo además se presenta los resultados del empleo del modelo ARPS en el pronóstico de Tormentas Locales Severas en un caso de estudio.

M.Sc. Gisell Aguliar Oro, Instituto de Meteorología, Cuba
E-mail: gisell@met.inf.cu

Dr. Mario Carnesoltas Calvo, Instituto de Meteorología, Cuba
E-mail: marioc@met.inf.cu

1. INTRODUCCIÓN.

Aunque la zona del Mar Caribe, donde se encuentra Cuba, es un lugar privilegiado por la naturaleza con un clima tropical suave que la hacen un polo turístico importante, en ella resulta muy común la aparición de vientos muy fuertes, tornados y otros eventos peligrosos que a una escala local se asocian a la actividad diaria de las tormentas eléctricas, por demás muy frecuentes en esta parte del planeta y que causan notables impactos dentro de las infraestructuras sociales y la seguridad humana. Estos fenómenos severos anteriormente mencionados entran dentro de la clasificación de Tormentas Severas que fue definida en 1985 por el Instituto de Meteorología como aquellas tormentas que presentan al menos uno de los siguientes fenómenos: Trombas Marinas, Tornados, Granizos y vientos lineales superiores a los 96 kilómetros por hora.

Las tormentas severas en Cuba ocurren en cualquier época del año, aunque puede identificarse los meses de marzo a septiembre como los de mas frecuencia, siendo mayo el mes de mayor probabilidad de ocurrencia. Casi todas estas tormentas se forman en horas de la tarde una o dos horas después de registrarse la máxima temperatura del día. El mayor número de estos reportes se corresponden a las zonas alejadas de las costas aunque éstas no quedan libres de las probabilidades de ocurrencia.

Dichas tormentas se producen casi exclusivamente por nubes cumulonimbus, caracterizadas por producir descargas eléctricas y precipitaciones en forma de chubascos que muy frecuentemente son de carácter intenso. La vida de una nube tormentosa es corta, más o menos una o dos horas.

El tipo y grado de severidad de las tormentas convectivas depende del ambiente en el cual ellas se desarrollan, particularmente la inestabilidad convectiva y la cizalladura vertical del viento. La inestabilidad convectiva ejerce una influencia fundamental sobre la fuerza de la tormenta debido a que ella controla la habilidad del aire húmedo de ascender verticalmente, mientras que la cizalladura vertical del viento influye fuertemente en la forma y la organización en que esta convección tiene lugar o sea, si conlleva a la formación de celdas simples, multicelda o supercelda. Un aspecto muy importante además de las condiciones de inestabilidad lo constituye la distribución de la humedad, ya que se necesitan grandes cantidades de humedad para soportar el crecimiento de las corrientes ascendentes y que estas produzcan nubes. La cizalladura del viento provoca que a medida que el viento se hace más intenso la interacción de las corrientes ascendentes con el flujo cizallado se convierte en un factor de organización y sostenimiento de la convección.

A excepción de los ciclones tropicales la actividad severa en Cuba, también está determinada por los sistemas de convección profunda a escala local que favorecen la inestabilidad, uno de los aspectos fundamentales es el comportamiento de la brisa de forma similar a una península. La forma largada de la Isla permite el desarrollo de dos sistemas de brisa bien definidos, uno de costa sur y otro de costa norte, lo que implica que en las regiones alejadas de las costas la convergencia del flujo provocado por ambos sistemas, actúen como elemento

disparador de la convección en un entorno condicionalmente inestable, prácticamente todos los días del año y que en presencia de cizalladura vertical, pueden dar origen a la actividad severa. De esta forma el uso del modelo de mesoescala de alta resolución que sean capaces de modelar el comportamiento del sistema de brisas y la convección asociada, sería un arma muy eficiente en manos de los pronosticadores para determinar probabilidades y riesgos de ocurrencia de eventos severos asociados a las tormentas locales con un intervalo de tiempo suficientemente largo que permita aplicar medidas más eficientes de protección

La atención prestada a estos comunes fenómenos ha continuado incrementándose en los últimos años y su vigilancia constituye labor cotidiana de los Centros Meteorológicos a lo largo de todo el país y la población ha ido ganando paulatinamente conocimiento respecto a los fenómenos severos y sus niveles de riesgo. Al contrario de los ciclones tropicales ocupan áreas mucho más extensas, puede asegurarse que la violencia de una tormenta severa puede superar a la producida por los primeros.

Durante casi todo el año Cuba esta expuesta a la afectación de fenómenos severos peligrosos, los cuales causan significantes pérdidas económicas e incluso cobran vidas humanas a la sociedad, su impacto socioeconómico no solamente se debe a su severidad sino a lo extremadamente difícil que resulta su predicción.

El objetivo del presente trabajo es mostrar el comportamiento de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987 – 2002 y presentar mediante un caso de estudio las posibilidades de predicción anticipada de TLS con un modelo de mesoescala no hidrostático.

2. MATERIALES Y METODOS

La información para el análisis que se presenta en este trabajo fue tomada de las tablas de reporte de TLS reportadas en el período comprendido desde el año 1987 hasta el año 2002, elaboradas por cada Centro Meteorológico Provincial (CMP) durante el 2003, como parte del Proyecto "Condiciones favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba. Un esquema para su predicción". La información se recopiló en cada provincia por un especialista del CMP mediante búsquedas en la información emitida por el propio CMP, en los archivos provinciales y municipales, emisoras de radio y periódicos, red de aficionados y otras fuentes disponibles. Las tablas se elaboraron en formato Excel de acuerdo a la metodología única establecida por el Proyecto para este fin. La información primaria recibida fue ordenada de manera adecuada y sometida a un control de calidad que eliminó datos repetidos, inseguros o incongruentes. Este proceso permitió finalmente contar con una muestra de 1603 casos reportados con elevada confiabilidad en el período de los 16 años que se analizan.

El formato Excel permitió además, obtener las tablas de cantidad de las TLS por año, por meses, por provincias, por categorías de evento asociado (tornado, vientos lineales, granizos y trombas) y el comportamiento anual de cada una de las categorías de evento asociado, aunque esto último no se presenta en el trabajo.

Se tomó el día 21 de agosto de 2003 como caso de estudio para simular el desarrollo de la actividad convectiva mediante un modelo de mesoescala, ya que durante la tarde de ese día fue detectado un tornado al sur de La Habana. Al modelo se le suministraron los datos de superficie de la red de estaciones meteorológicas cubanas y de un área aledaña a Cuba, las estaciones de superficie y de aire superior, desde las 1200 UTC del día 20, hasta las 2100 UTC del día 22.

3. RESULTADOS

3.1 Comportamiento de las TLS en el período 1987 – 2002.

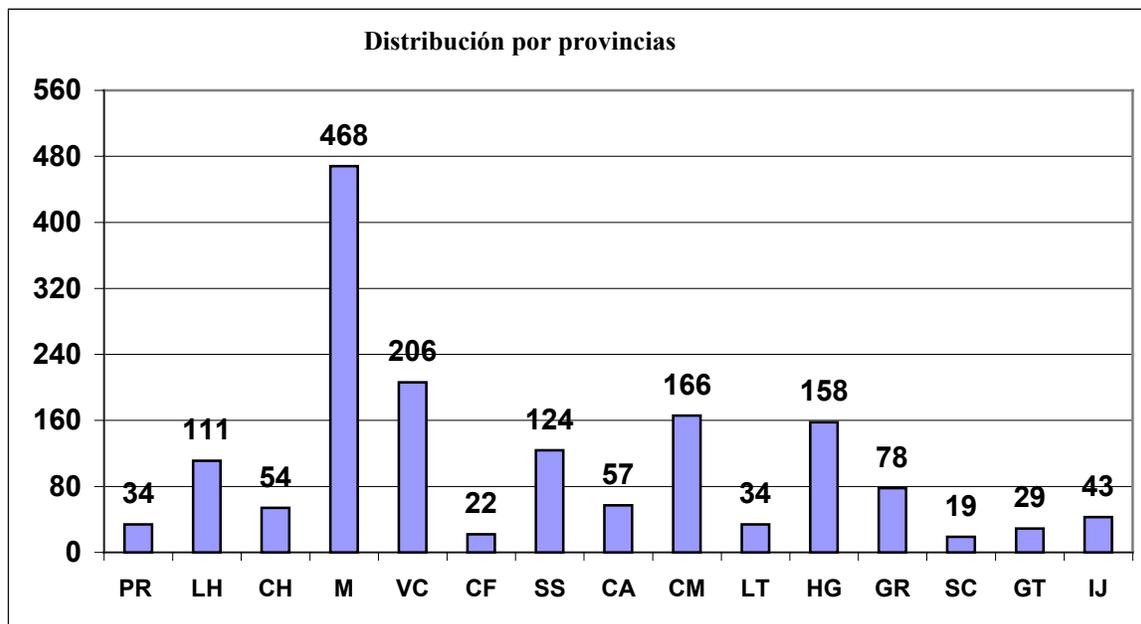


Fig. 1 Distribución por provincias de las TLS en el período 1987 – 2002.

En la Fig. 1 se muestra la afectación de las TLS por provincias para un plazo de 16 años. Como se puede apreciar, los fenómenos severos definidos como TLS ocurren en todas las provincias, lo que implica que este fenómeno no es un problema regional, sino nacional. Por lo tanto, ninguna región está exenta de ocurrencia de estos fenómenos. Sin embargo, resulta interesante destacar la gran diferencia de casos reportados en cada provincia, desde valores tan bajos como 19 casos en Santiago de Cuba, hasta 468 casos en la provincia de Matanzas. Esto no debe entenderse en una primera aproximación como que las TLS muestren preferencias en determinadas provincias, sino que estas diferencias ilustran la problemática existente en la detección y reporte de estos fenómenos. Las TLS resultan fenómenos de mesoescala de una pequeña extensión territorial, de ahí parte que su detección y reporte sólo podrá ocurrir por los métodos hasta ahora empleados, si la misma afecta áreas habitadas o áreas con interés económicos.

Durante varios años en la provincia de Matanzas se ha realizado un importante trabajo de monitoreo de ocurrencia de estos fenómenos, lo que llevó a incrementar los caso reportados. Esta experiencia sugiere que los casos reportados en otras provincias son un porción pequeña de las TLS que realmente ocurren, y por tanto, su impacto potencial sobre la sociedad es mucho mayor que el que se refleja en las actuales estadísticas.

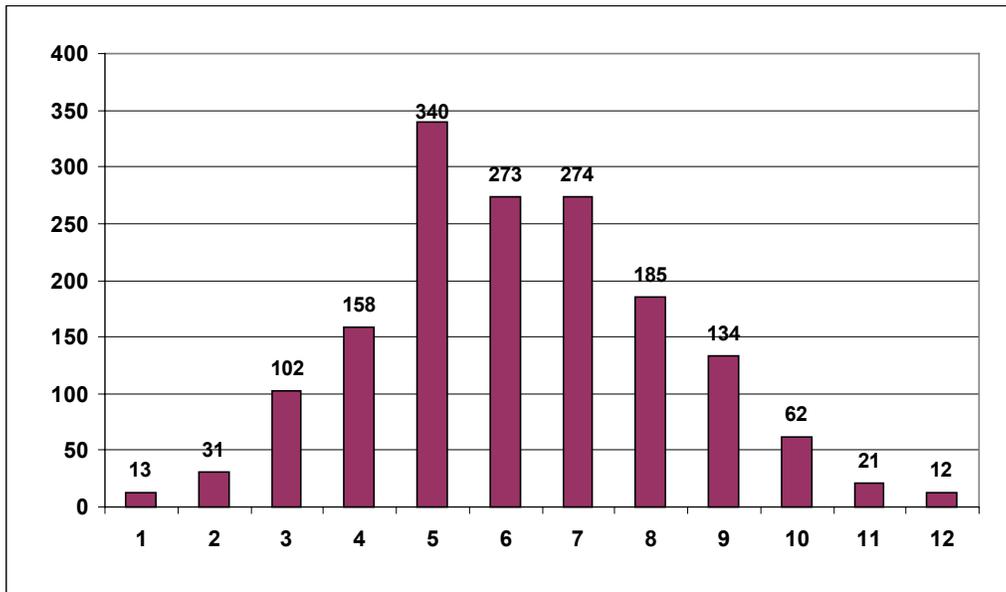


Fig. 2 Variación estacional de las TLS en Cuba en el período 1987 – 2002.

En la Fig. 2 se aprecia que la variación estacional de TLS en el período 1987 – 2002, corrobora lo encontrado por Alfonso (1986) para el período 1981 – 1986, en cuanto a que la ocurrencia de TLS presenta un máximo que va de mayo a julio, lo que además es coherente con la marcha estacional de las Tormentas Eléctricas (TE). Sin embargo, esta misma figura muestra que en el período que se analiza, el máximo se define en el mes de mayo y no en junio como lo encontrado por

Alfonso (1986). El máximo en mayo es consistente con las condiciones meteorológicas que prevalecen en el primer mes del período lluvioso, ya que las condiciones de la cizalladura vertical en este mes, unido al calentamiento diurno propio de este período, supone condiciones favorables para el desarrollo de las TLS. Por su parte el mínimo también se encuentra representado en el período poco lluvioso. Resulta significativo el aumento de los casos reportados en el mes de marzo con respecto a febrero, y coincide con los reportes de eventos de TLS más severas reportados en Cuba, como es el caso de la tormenta del 13 de marzo de 1993 y los brotes de tornados y granizadas reportados en la región occidental en los años de 1983 y 1987.

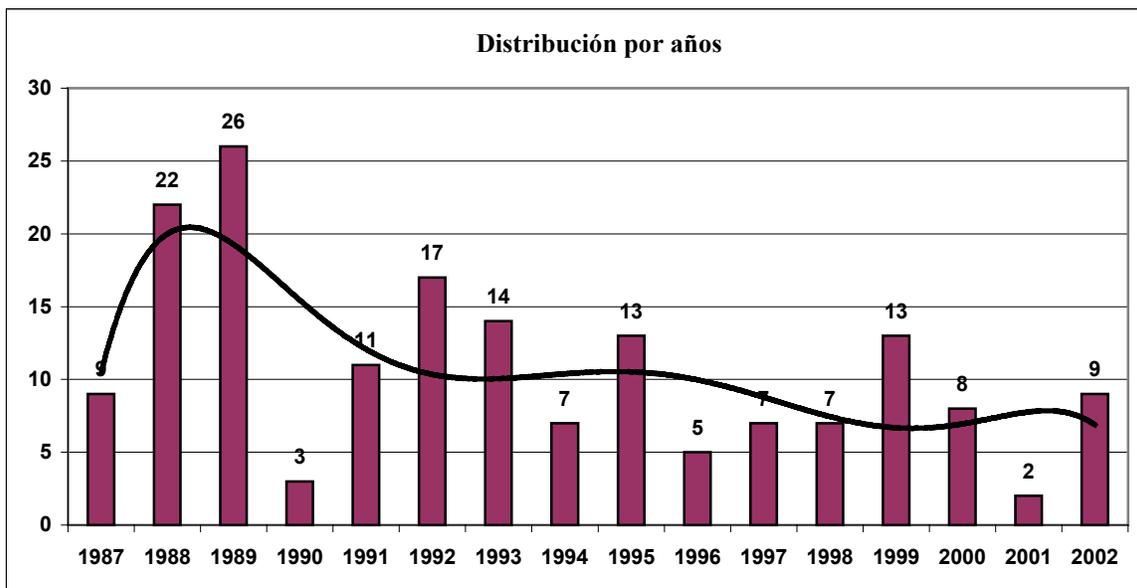


Fig. 3 Variación interanual de las TLS en Cuba en el período 1987 – 2002.

La Fig. 3 representa las variaciones interanuales de los casos de TLS reportados

en Cuba desde 1987 hasta el 2002, en la cual se puede apreciar que estos eventos se encuentran sujetos a una clara variabilidad interanual. Aunque no es posible definir aún ciclos de variaciones dentro de esta serie, si parece evidente que la década de los años 80 y principio de los 90, resultaron con condiciones más favorables para la ocurrencia de las TLS, que la segunda mitad de los 90 y los comienzos del siglo XXI. En este último período la variabilidad interanual aparece incrementada con respecto a la década de los 80 y principio de los 90. Este incremento en los patrones de variabilidad interanual es un fenómeno que ha sido reportado para diferentes variables meteorológicas en el territorio cubano y su estudio resulta interesante por sus posibles implicaciones en los escenarios de los cambios climáticos.

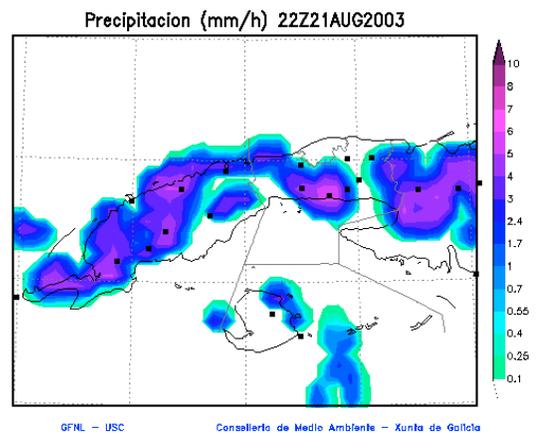
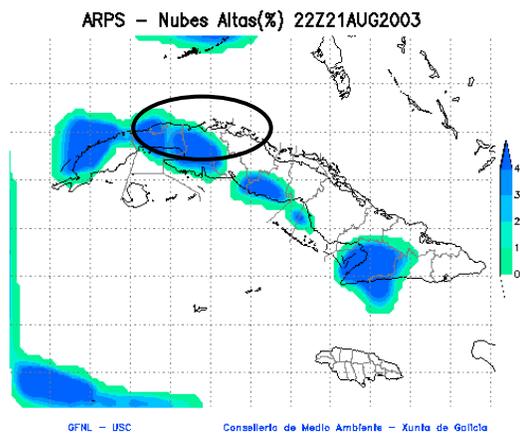
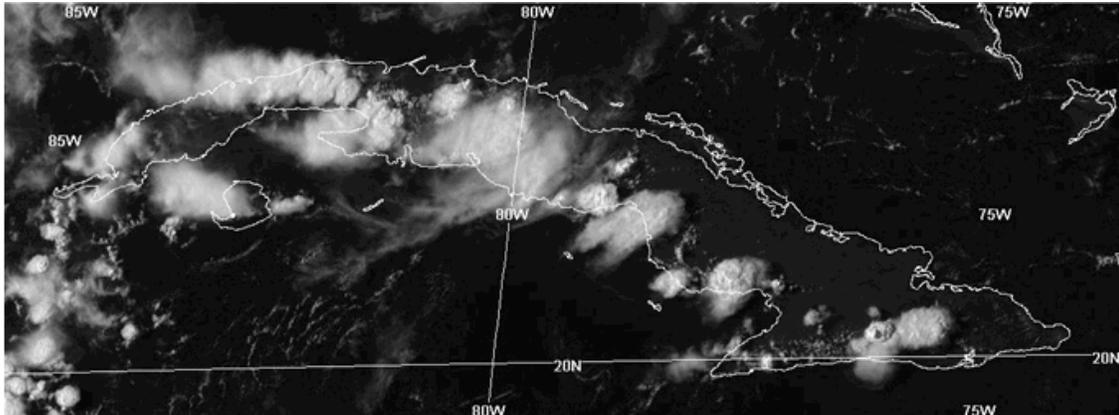
Un aspecto a destacar está en que los máximos absolutos en las muestras coinciden con el años siguiente a los dos eventos “La Niña” más importantes del pasado siglo, aunque sacar conclusiones de este hecho resulta evidentemente apresurado, a pesar de ser interesante que según Arnaldo (1986), era el evento “El Niño” el que parecía tener influencia en la ocurrencia de las TLS en Cuba. Esta aparente conexión, según Naranjo et al. (2003), pudiera no ser un reflejo de las condiciones en el Pacífico tropical, donde el evento “La Niña” provoca cambios en la circulación atlántica que incluso son capaces de afectar los patrones teleconectivos dentro de esta cuenca. Sobre esta base los máximos absolutos encontrados en esta serie pudiera ser reflejo de los cambios en los patrones de circulación en el área del dorsal subtropical atlántico, inducido por el evento “La Niña”.

3.2 Un caso de estudio de posible predicción anticipada de TLS con un modelo de mesoescala no hidrostático.

En la tarde del 21 de agosto de 2003 se detectó un tornado al sur de La Habana y se seleccionó como caso de estudio para la aplicación del modelo ARPS en la predicción de eventos severos, bajo las condiciones favorables a escala sinóptica y el forzamiento de las condiciones de mesoescala por la circulación local de la brisa de mar.

Algunos estudios previos (Balseiro et al 2002) indican la posibilidad real de establecer predicciones mediante el uso de modelos de mesoescala de alta resolución, que permiten describir con adecuada exactitud las configuraciones favorables para la formación de convención profunda y por lo tanto favorables para algún tipo de severidad. Los conocimientos previos de los procesos que pueden desembocar en manifestaciones de tiempo severo de carácter local y el uso de los modelos de mesoescala del tipo ARPS y MM5 que se pretenden utilizar en este proyecto, podrían constituir una herramienta de vigilancia y predicción de las TLS en Cuba, así como podrá favorecer el sistema de alerta temprana ante la afectación de otros tipos de fenómenos meteorológicos adversos muy frecuentes en Cuba.

La primera experiencia aplicada a una situación de tiempo severo ocurrida cerca de Ciudad de la Habana, en la tarde el día 21 de agosto de 2003, ha dado resultados muy satisfactorios, pues el modelo además de mostrar la actividad convectiva fuerte al sur de la capital, lugar donde se reporto caída de granizos y el desarrollo de un tornado, también indicó nubosidad de fuerte desarrollo vertical en la porción norte de Pinar del Río, centro sur de Matanzas y norte de la Isla de la Juventud. Esta situación se observó en las imágenes del satélite correspondientes a ese día. (Ver imagen).



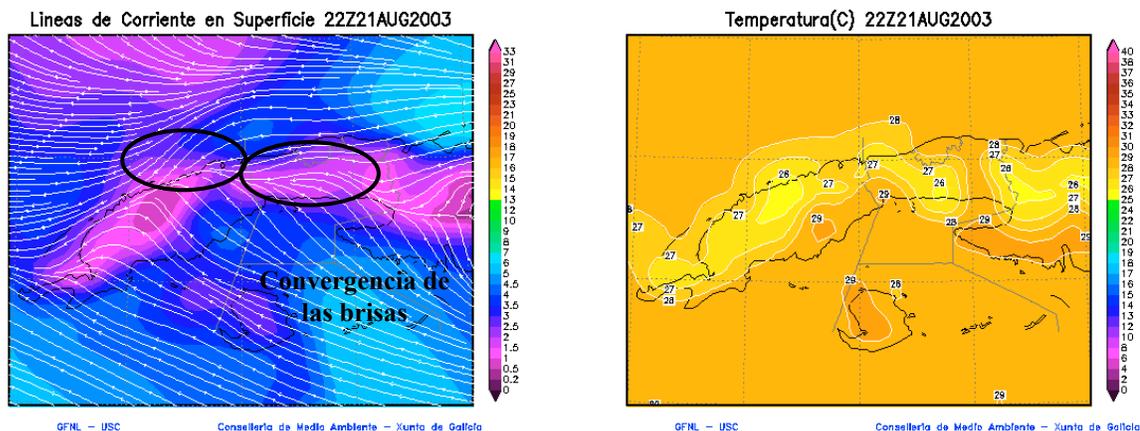


Figura 4.- Imagen satélite correspondiente a las 2200 UTC del día 21 de Agosto de 2003 y resultados del modelo ARPS para la misma hora.

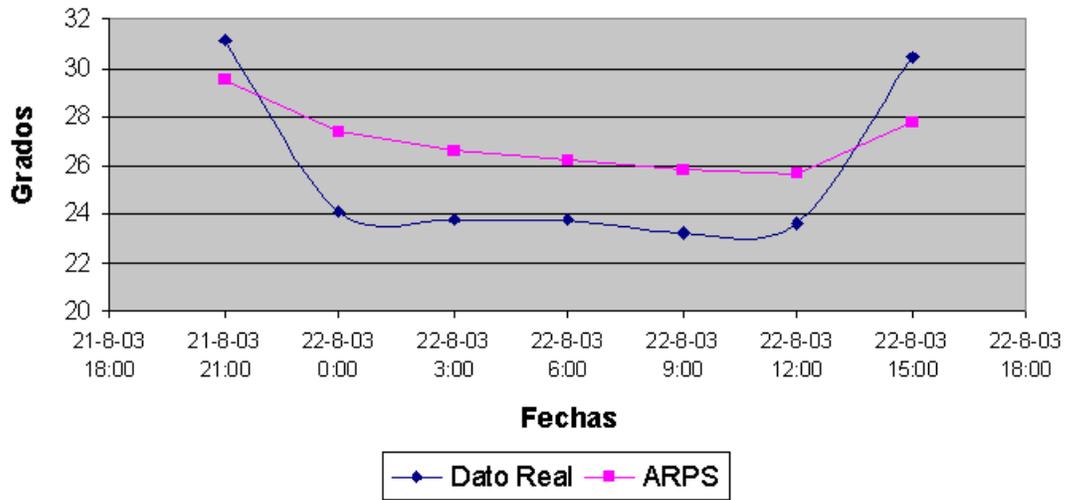
Tanto la imagen del satélite, como los mapas anteriores se corresponden con las 2200 UTC del día 21 de Agosto de 2003, y muestran por un lado el tiempo real del caso estudiado, mientras que por otro son los mapas correspondientes a la misma hora de los resultados del modelo ARPS con 10 kilómetros de resolución sobre Cuba. En alguno de los mapas se realizó la ampliación de la región occidental, con el fin de observar con más detalles los resultados del modelo, observándose una aproximación entre la nubosidad mostrada por la imagen de satélite y las predicciones del ARPS, tanto de nubes como de precipitación horaria.

El modelo fue capaz de simular adecuadamente las circulaciones de brisas de la costa norte y de la costa sur, así como la presencia del frente de la brisa que favoreció el fuerte desarrollo convectivo. Aunque a partir de esta primera experiencia aun queda mucho trabajo por hacer, es evidente que se abren perspectivas muy amplias; incluso en el desarrollo de un sistema de predicción más ambicioso.

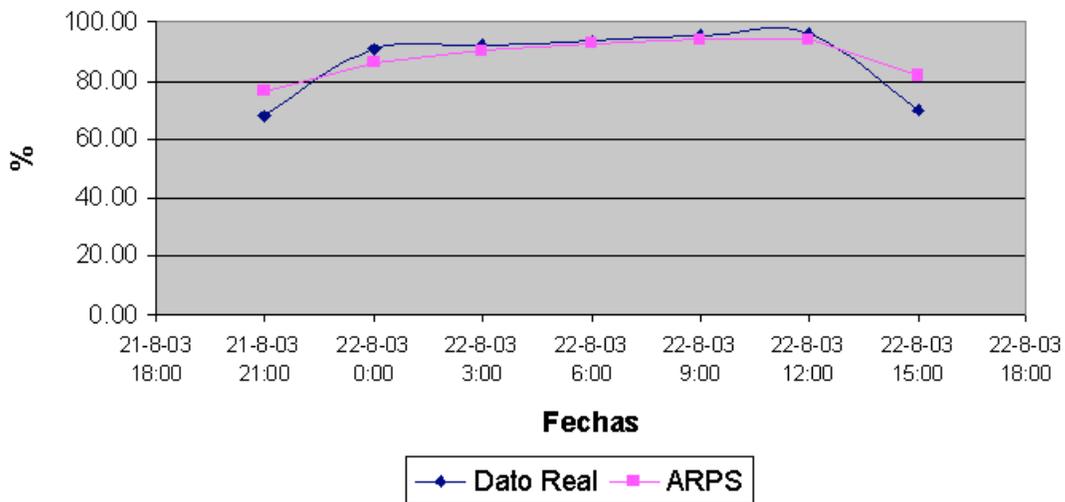
Por otra parte si observamos la evolución temporal de las variables pronosticadas por el modelo ARPS (Figura 5), puede observarse que existe una tendencia a sobreestimar la temperatura superficial. Esta sobreestimación en los resultados de la temperatura viene provocada por un deficiente ajuste del esquema convectivo a la región de Cuba. El error obtenido en la predicción de temperatura superficial no supera los 3 grados Celsius, y coincide con el periodo convectivo, reflejando una buena predicción de las temperaturas máximas.

Se obtuvo también un ajuste adecuado de la precipitación, tanto en cantidad como en el horario de ocurrencia, así como una buena predicción de la humedad relativa en superficie.

Temperatura en Sagua la Grande



Humedad Relativa en Sagua la Grande



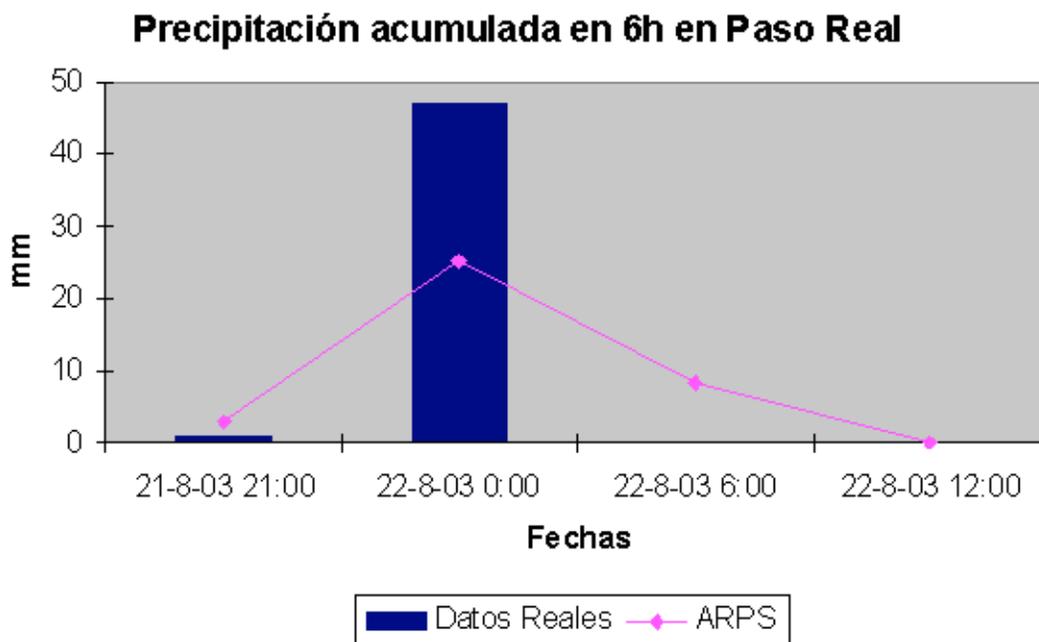


Figura 5.- Evolución temporal comparativa entre el ARPS (líneas rosas) y los datos reales (líneas azules)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las TLS en Cuba representan un importante elemento a tener en cuenta dentro de Meteorología cubana. Su afectación causa notables pérdidas económicas y cobran vidas a la sociedad, y aunque actualmente existe un nivel de conciencia social relativamente alto, los estudios demuestran que el número de estos eventos resultan significativamente mayor que los que se reportan, lo cual incrementa su peligro potencial.
2. 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 dentro de la muestra. A pesar de ello el mes de marzo es el que posee los eventos de TLS más severos reportados en Cuba.
3. La variabilidad interanual de los reportes de TLS en Cuba, parecen incrementarse en la última década. Los análisis sugieren una relación entre los eventos “La Niña” y los máximos de actividad de TLS, lo cual por otra parte pudiera ser un reflejo de la influencia que la “La Niña” ejerce sobre los patrones de circulación en la cuenca atlántica.
4. La primera experiencia aplicada a la predicción operativa de TLS mediante el uso de modelos dinámicos de mesoescala de alta resolución, se realizó en el caso de estudio del 21 de agosto del 2003. Estos resultados indican que el modelo fue capaz de describir adecuadamente las circulaciones de brisas y del frente de brisa, además fue capaz de determinar las zonas donde las condiciones eran más favorables para el desarrollo de las TLS.

5. El desarrollo exitoso de este experimento abre perspectivas muy importantes para el establecimiento de un sistema operacional de TLS en el Instituto de Meteorología, utilizando los modelos ARPS y MM5, adaptados por Balseiro (2002).

Recomendaciones

1. A partir de la primera experiencia con el uso el modelo de alta resolución, aún queda mucho trabajo por realizar para ajustar los algoritmos a las condiciones reales de Cuba.
2. La aplicación operativa de estos modelos no solamente son útiles para la detección de TLS, sino que constituyen una inapreciable herramienta de trabajo para el sistema de predicciones del Instituto de Meteorología.

Referencias

- Aguilar O., G., 2000: Los tornados intensos en Cuba. Análisis de dos casos de estudio. Boletín de SOMETCUBA. La Habana, Cuba.
- Alfonso A. P., 1988: Climatología de las tormentas locales severas de Cuba y fundamentos para su pronóstico. Tesis presentada en opción al grado científico de candidato a doctor en Ciencias Geográficas, Matanzas. 174 pp.
- Alfonso A. P., 1994: Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. Editorial Academia, La Habana. 168 pp.
- Antuña, J. C., A. Lapinet, y R. Rivero, 1992: La tormenta local severa del 17 de septiembre de 1982 al oeste de Vertientes". Revista Ciencia de la Tierra y del Espacio, **19**, 75 – 88.. La Habana. Cuba.
- Balseiro, C., 2002: Sistema de Predicción para el noroeste de España mediante el uso del modelo de alta resolución ARPS. Documento Técnico de Meteogalicia. Universidad de Santiago de Compostela. 212 pp.
- Carnesoltas, M. 2002: La circulación local de brisa de mar y tierra. Conceptos fundamentales. Revista cubana de Meteorología, Vol. 9, No.1, 39 – 60.
- COMET 1996: Mesoscale Convective Systems: Squall Lines and Bow Echoes. In Forecaster's Multimedia Library. NOAA.
- Lecha, L.; L. Paz y B. Lapinet, 1994: El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 168 pp.
- Naranjo, L. J. Tabohada y G. Aguilar, 2003: Anomalías de la circulación atlántica en el invierno 2001 – 2002. Su impacto sobre Cuba y Galicia. Ejemplo de una teleconexión ENOS. Presentado en el X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. La Habana.