

TITULO: DÍAS CON TORMENTAS EN LA PROVINCIA DE CIEGO DE ÁVILA. ELEMENTOS SINÓPTICOS PARA SU PREDICCIÓN.



Autor: MSc. Orlando Lázaro Córdova García.

Centro Meteorológico Provincial. Ciego de Ávila. E-mail: cordova@meteoro.fica.inf.cu

RESUMEN

En este trabajo se muestra el comportamiento anual, mensual y decenal de los días con tormentas en la provincia de Ciego de Ávila y en las distintas áreas geográficas en que quedó dividida por el desigual comportamiento espacial de la referida variable meteorológica, profundizándose en los estudios de los cayos del norte de la provincia, por ser la primera vez que se investiga este fenómeno en esa porción del archipiélago cubano, obteniéndose que los meses con mayor presencia de este fenómeno son agosto y septiembre, siendo la tercera decena de agosto con las dos primeras de septiembre cuando existe el pico máximo de esta variable.

Con el fin de obtener elementos que ayuden a su mejor predicción, se muestra la relación existente, entre los días con tormentas y los patrones sinópticos bajo los cuales se desarrollan en los meses de agosto y septiembre. Los resultados demostraron que el patrón sinóptico que se representa con mayor frecuencia es el asociado a la influencia extendida del anticiclón Subtropical. Esta investigación permite conocer las particularidades de los días con tormentas eléctricas bajo cada uno de los patrones sinópticos en cada zona del territorio estudiado y por tanto permite elevar la calidad y efectividad de los pronósticos de esta variable para la provincia de Ciego de Ávila, facilitando de esta forma mitigar los daños que puedan producir este fenómeno, tanto a la sociedad, como a la economía.

Palabras clave.

Día con tormentas

Tormenta

INTRODUCCION

Las tormentas es uno de los procesos meteorológicos más comunes en el área tropical en general y en Cuba en particular. Ellas representan unos de los mayores peligros para la vida humana y económica. Las tormentas se caracterizan por la ocurrencia de descargas eléctricas múltiples, llegando a ser frecuentemente muy fuertes y de manera continua en un período de tiempo determinado.

Desde la antigüedad el hombre primitivo temía a los fenómenos atmosféricos y los relacionaba con advertencias y castigos de los dioses, o bien los interpretaba como signos de mala suerte o anuncios de futuros eventos. Zeus, mitológico dios griego del cielo y de la tierra, iba armado con el trueno y el rayo, y al agitar su escudo producía las tempestades y los huracanes, y como consecuencia, todos aquellos lugares que habían sido tocados por un rayo eran considerados sagrados por los hombres de la antigüedad.

En la actualidad el tema es aún, de por sí, lo suficientemente fascinante como para justificar y motivar la curiosidad científica, pero existen también razones prácticas, ya que se trata de un fenómeno sumamente peligroso que ocasiona, año tras año, considerables pérdidas humanas y materiales.



A partir de mediados de la década de los sesenta del siglo pasado, las descargas eléctricas constituyen la principal causa de muerte por fenómenos meteorológicos en Cuba. El número de víctimas fatales se eleva a un promedio de 66 por año, sin que se disponga de información sobre el número de heridos (Alfonso, 1994).

Alfonso (1992) en su trabajo "Descargas eléctricas en Cuba. Aspectos meteorológicos" plantea que la distribución de muertes por fulguración se corresponde casi exactamente con las de las tormentas eléctricas, ocurriendo el 97.5 % de los casos en la época lluviosa del año (mayo-octubre), período en que son más numerosas las tormentas eléctricas.

En Cuba el nivel y el desarrollo científico-técnico alcanzado en los años de Revolución han contribuido a profundizar sobre los fenómenos que ocurren en la atmósfera y su incidencia en el comportamiento de diferentes elementos meteorológicos en superficie. Esto ha logrado que se hallan realizado múltiples trabajos investigativos de especialistas del sistema meteorológico nacional, tanto climático, como sinóptico, que explican el comportamiento de las diferentes variables meteorológicas en el área geográfica en donde se encuentra ubicada Cuba.

La salvaguarda de vidas humanas, bienes económicos y la protección del medio ambiente es la premisa fundamental de la vigilancia meteorológica en nuestro país. Para lograr tales propósitos es necesario incentivar la investigación científica en los sistemas de pronósticos provinciales, como parte integrante del servicio nacional de vigilancia meteorológica. Esto es uno de los mayores pilares en el trabajo meteorológico de Cuba, por su relación directa, día tras día, con las personas y la economía.

Para una comprensión adecuada de esta investigación se hace necesario definir algunos elementos, según la terminología usada oficialmente por el Instituto de Meteorología (INSMET), como son:

Día con tormentas: "día en que se oye una tormenta en una estación de observación". OMM (1992).

Tormenta: "descarga brusca de electricidad atmosférica que se manifiesta por un resplandor breve (**relámpago**) y por un ruido seco o estruendo sordo (**trueno**). Las tormentas se asocian a **nubes convectivas** (cumulonimbus) y suelen acompañarse de precipitaciones en forma de chubascos de lluvias o de hielo o, en ocasiones, nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo". OMM (1992).

La temática abordada en el presente trabajo tiene una gran actualidad e importancia y sus resultados permiten elevar la calidad y eficiencia de los pronósticos del tiempo, logrando mitigar los efectos negativos que puedan originar las tormentas a la sociedad y la economía.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Conocer el comportamiento en la provincia de Ciego de Ávila, del elemento meteorológico "día con tormenta" tanto espacial como temporalmente, profundizando en las particularidades sobre Cayo Coco, lo cual se analiza por primera vez para los grupos insulares del archipiélago cubano.
- Obtener elementos sinópticos que ayuden a mejorar la predicción de esta variable en el territorio provincial en los meses de mayor afectación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debido al desigual comportamiento en la provincia de Ciego de Ávila de los días con tormentas y tomando en consideración las condiciones físicos-geográficas del entorno se dividió a la provincia en cuatro zonas.

Este estudio abarca, no sólo, los periodos de alta y baja frecuencia de la variable y los meses del periodo lluvioso, sino que también se analiza el fenómeno detalladamente en las decenas de cada mes, con un estudio completo en Cayo Coco, lo cual se realiza por primera vez en Cuba, de ahí su novedad científica y aplicación práctica para el pronóstico de este fenómeno meteorológico.

Se utilizaron los datos de 10 años (1990-1999) de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas del INSMET, que se encuentran ubicadas en la provincia Ciego de Ávila, las cuales son representativas para las zonas en que quedo dividida la provincia, distribuidas de la siguiente forma: Costa Sur en el poblado de Júcaro (78345), Centro-Sur en el central azucarero "Venezuela" (78346), Norte poblado de Fallas (78347) y Cayería Norte, ubicada en Cayo Coco (78339).

En el análisis de la variable "día con tormenta" se tuvo en cuenta que la toma de los datos fue realizado con el personal capacitado y el instrumental recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y asentados en la Tabla de Fenómenos, cumpliendo con las normas técnicas estipuladas, así como el procesamiento con la metodología aprobada por el INSMET para la red de estaciones, tomándose como un punto aislado de observación y no como una red.

En la segunda parte de este trabajo se relacionan los días con tormentas con los patrones sinópticos bajo los cuales suceden, con el fin de obtener elementos sinópticos que contribuyan a

su mejor pronóstico en los meses de mayor afectación a la provincia: agosto y septiembre. Para lograrlo se tomó una muestra de 503 casos con días con tormentas y 107 días sin la presencia del fenómeno, para un total de 610 días analizados, correspondiente a meses de agosto y septiembre (los de mayor presencia del fenómeno), de los años 1990 hasta el 1999. Para estudiar la relación entre los procesos sinópticos y el comportamiento de los días con tormentas, se compararon los casos con los análogos o patrones sinópticos obtenidos por Pazos (1998) para el periodo lluvioso del año.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

a) Comportamiento de los días con tormentas en la provincia Ciego de Ávila.

la marcha mensual de los días con tormentas en la provincia de Ciego de Ávila (Fig.1) muestra que los meses en que mayores números de días se presentan son, en primer orden septiembre, con una media de 18.6 días, seguido por agosto 17.6 y julio con 15.8 días. Por el contrario en los meses con menor frecuencia son diciembre con sólo una media de 0.5 días, febrero con 1.1 y enero con 1.5 días con tormentas. Todo lo anterior debe estar relacionado a que en los meses del periodo lluvioso la masa de aire es más húmeda e inestable que en los meses del periodo poco lluvioso, cuando se imponen anticiclones de origen continental con masas de aire más secas, estables y con gradiente horizontal de presión más fuertes, los cuales no favorecen el efecto que produce en la formación de la nubosidad convectiva la circulación de la brisa. Sin descartar que asociados a los frentes fríos y líneas pre-frontales se dan tormentas en este periodo. De esta manera se presentan dos estaciones bien marcadas de esta variable en la provincia, una de mayor afectación que comprende desde finales de mayo a comienzo de octubre y otra de menos incidencia que es desde la segunda mitad de octubre hasta comienzo de mayo (Figura 2).

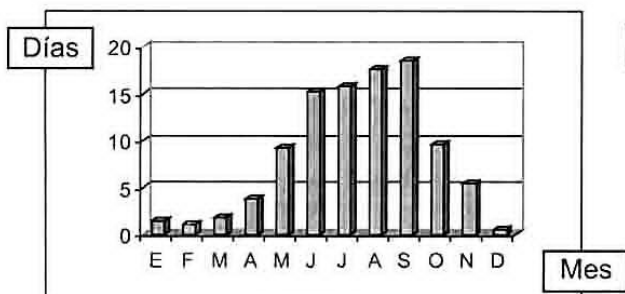


Figura 1 Marcha mensual de los días con tormentas en la provincia de Ciego de Ávila. Período 1990-1999.

Tabla 1 Media mensual de días con tormentas para la provincia de Ciego de Ávila.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1.5	1.1	1.8	3.9	9.3	15.2	15.8	17.6	18.6	9.7	2.5	0.5

El análisis del comportamiento decenal de las tormentas, realizado por primera vez en este territorio, mostró que la mayor frecuencia ocurre en la tercera decena de agosto, con tormentas 7 días, seguida por la primera y la segunda de septiembre con 6 de estos días. Por lo que al año existe un pico de ocurrencia de días con tormentas entre la última decena de agosto y las dos primeras de septiembre, como puede verse en la Figura 2. Lo contrario ocurre en diciembre en donde en la segunda y tercera decena sólo ocurre como promedio, un día con tormenta en la provincia cada 10 años.

En cuanto a la hora de comienzo de las tormentas eléctricas ocurren por lo general en la tarde, entre las 13:00 y 19:00 hora local en el interior del territorio avileño. En la cayería por sus costeras, ocurren tormentas en horas de la madrugada en proporciones mayores que para el resto de la provincia, situaciones estas que profundizaremos más adelante.

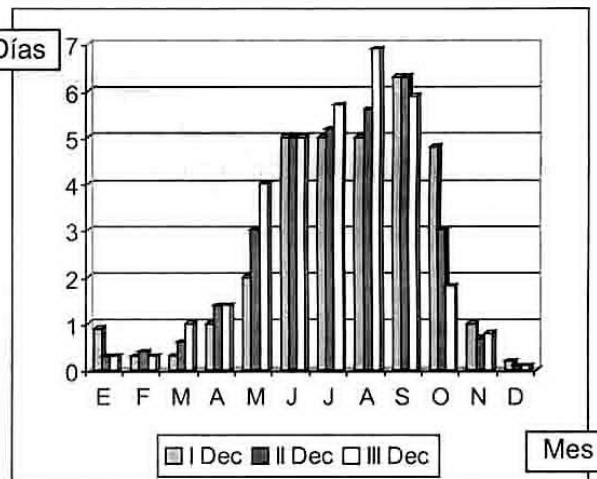


Figura 2 Medias decenales de días con tormentas en la provincia de Ciego de Ávila. Período 1990-1999.

b) Comportamiento de los días con tormentas por zonas en la provincia de Ciego de Ávila.

En este epígrafe se analiza la manifestación de este fenómeno en cada una de las cuatro zonas en que quedó dividida la provincia para el presente estudio, profundizando en el horario de comienzo de las tormentas y en su duración en la cayería Norte (Cayo Coco), por ser primera vez que se estudia este elemento en esa zona.

En la provincia de Ciego de Ávila ocurren como promedio entre las diferentes zonas, un total de 98 días con tormentas al año, distribuidas de la siguiente forma: 83 días con tormenta en la cayería Norte, 92 días en la zona Norte, 104 hacia el Centro-Sur y 112 en la costa Sur (Figura 3), lo que puede ser producto de que hacia la mitad Sur de la provincia es donde se localiza con mayor frecuencia la línea de confluencia del flujo a mesoescala y por tanto el levantamiento convectivo en horas de la tarde, la formación y desarrollo de nubes que originan tormentas eléctricas.

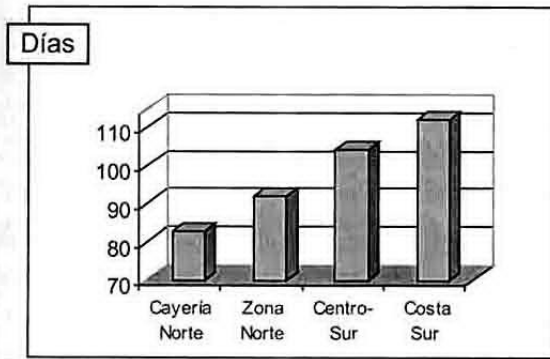


Figura 3 Comportamiento anual de días con tormentas por zonas en la provincia de Ciego de Ávila. Período 1990-1999.

En especial en la cayería norte, el promedio histórico de días con tormentas es de 83 días, el más bajo en todo el territorio provincial. El mes de mayor afectación de tormentas eléctricas es septiembre con una media mensual de 15.9 días con tormenta, seguido por junio con 13.3 y agosto con 13.1 días (Figura 4). Dentro de los meses las decenas que más se destacan son la primera de septiembre con 5.6 días con tormentas, la tercera de agosto con 5.5 y la segunda, nuevamente del noveno mes del año con 5.3 (Figura 5).

Los meses de menor afectación de esta variable para esta zona son diciembre con solo 0.5 días con esta variable (5 días con tormentas en 10 años), seguido por febrero con 1,4 días con tormentas (Figura 4). Entre las decenas de menor afectación están las tres decenas de diciembre, donde en la primera y segunda ocurren solo 2 tormentas cada 10 años (0.2 días con tormentas promedio) y la tercera en donde se registra únicamente un día con tormenta en todo un periodo de 10 años (Figura 5).

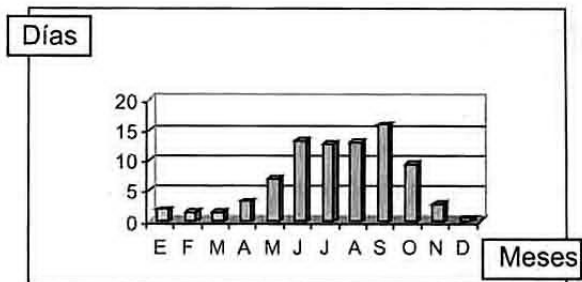


Figura 4 Días con tormentas por meses en la cayería Norte de la provincia Ciego de Ávila. Período 1990-1999.

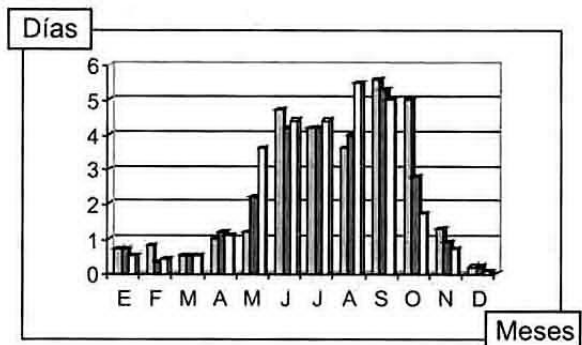


Figura 5: Media decenal de días con tormentas en la cayería Norte de la provincia de Ciego de Ávila. Período 1990-1999.

Además, en la cayería norte la hora de comienzo de las tormentas difiere en algo con lo reportado en estudios realizados por Fernández (1979), Gancedo (1981) y Alfonso (1985) para el interior de la Isla de Cuba, quienes plantearon que las horas más probables de formación de las tormentas están comprendidas entre las 13:00 y las 20:00 horas local, lo que se manifiesta también para las zonas del interior de la provincia de Ciego de Ávila, como veremos en epígrafe 3.3.3. En la cayería Norte de Ciego de Ávila se observa que hay un porcentaje alto de tormentas que comienzan en horas de la madrugada y la mañana, con un 14.8 % entre las 01:00 y las 04:00 hora local y otro 18.4 % entre las 10:00 y las 13:00 hora local.

En esta zona, en lo que se refiere al lapso de tiempo que duran las tormentas, se encontró que predominan las que duran menos de una hora con un 57.5 % como promedio en el año, correspondiéndose con lo obtenido por Gancedo (1981) para zonas del interior de Cuba.

C) Análisis sinóptico de la ocurrencia de días con tormentas en la provincia Ciego de Ávila en el bimestre agosto-septiembre.

Como se mostró en los epígrafes anteriores, los meses de mayor presencia en Ciego de Ávila del fenómeno estudiado son agosto y septiembre, por tanto en este epígrafe analizaremos los días con tormentas en la provincia en estos meses y su relación con los patrones sinópticos o análogos

obtenidos por Pazos (1998) para el período lluvioso del año. Este trabajo puede constituir una herramienta más a la hora de pronosticar con mayor certeza este elemento meteorológico en el bimestre de mayor afectación.

En los meses de agosto y septiembre el análogo que más se presenta en los días con tormentas, en cualquier zona de la provincia, es el Análogo E (35.4 %) y el de menor frecuencia el F con solo 1.2 %. Como un caso aparte trataremos los días con tormentas que ocurren bajo la presencia de Organismos Ciclónicos Tropicales (O.C.T), que estén sobre la provincia o que se encuentren en sus inmediaciones, por tanto del total de días con tormentas en la provincia el 2.3 % ocurren bajo esta situación sinóptica (Tabla 2).

Tabla 2 Distribución de los días con tormentas en la provincia de Ciego de Ávila para cada uno de los Análogos de Pazos (1998) en el bimestre agosto-septiembre (N es igual al número de casos).

Análogos	A	B	C	D	E	F	O.C.T	Total
%	17.5	17.5	16.4	9.4	35.4	1.2	2.3	100
N	88	88	82	47	178	6	14	503

La distribución de los días con tormentas por zonas, con cada uno los Análogos, (tabla 3), muestra la misma proporción obtenida para toda la provincia: el Análogo E predomina por encima de los restante, quedando también el F en menor proporción, incluso superado por los días con tormentas originados por los O.C.T.

Tabla 3 Distribución de los días con tormenteas con relación a los Análogos de Pazos (1998) por zonas en el bimestre agosto-septiembre.

Zonas	Cayería Norte		Norte		Centro-Sur		Costa Sur	
	%	N	%	N	%	N	%	N
A	23.0	61	23.0	64	18.7	69	17.3	70
B	16.0	44	17.0	49	15.5	57	16.0	65
C	17.0	49	17.4	51	17.4	64	16.0	65
D	10.0	29	8.6	25	8.8	32	9.6	39
E	30.0	83	30.6	92	36.1	133	36.8	149
F	1.0	4	0.7	2	0.8	3	1.5	6

La distribución del número de días promedio con tormenta para el total de la provincia con relación a los Análogos, muestra que el Análogo E esta presente en 8.9 días con tormentas, dentro de los 25.1 que como promedio existen con este fenómeno en cada mes del bimestre, seguido por los Análogos A y B con 4.4 días respectivamente. El de menor frecuencia es el Análogo F con sólo 0.3 (Tabla 4).

Tabla 4 Distribución del número de días con tormentas con relación a los Análogos en el bimestre agosto-septiembre en la provincia Ciego de Ávila

Análogos	A	B	C	D	E	F	O.C.T	Total
Números de días	4.4	4.4	4.1	2.4	8.9	0.3	0.6	25.1

En la tabla 5 se muestran el comportamiento de los días con tormentas, en el total de los días del bimestre, en cada zona, bajo la presencia de los patrones sinópticos que caracterizan a los Análogos. Esto se puede considerar como un pronóstico de ocurrencia de días con tormentas, para cada una de las zonas, bajo las condiciones que representan cada uno de los Análogos. Es interesante ver que para todos los Análogos el mayor porcentaje de ocurrencia de días con tormentas corresponde a la zona de la costa Sur, situación que se ha iterado en el presente trabajo y confirmada por los datos reales, pues es en esa zona, donde mayor cantidad de días con tormentas ocurren en todo el año.

También resalta el hecho que cuando está presente el Análogo F, la probabilidad de ocurrencia de días con tormentas es elevado para la costa Sur, debido a que los gradientes de presión más fuertes dados en este análogo, provocan que la zona de confluencia del flujo a mesoescala (y por tanto las tormentas), se origine prácticamente sobre la línea de costa o sobre las

aguas cercanas del Golfo de Ana María. Le sigue en importancia la cayería Norte, lo que lo induce a pensar que bajo este patrón sinóptico en la costa Norte, es responsable de que aparezca un fuerte reforzamiento de los vientos de región Nordeste entre las 07:00 y 10:00 hora local y en ocasiones en horas más tempranas, que producen con frecuencia chubascos de corta duración en zonas de la cayería y costa Norte de la provincia. Entre los cayos y la costa Norte se forma una fuerte zona de convergencia superficial, asociada a la parte delantera del frente de brisa, (Pazos, 1998).

En la tabla 5, hay que destacar, que el Análogo A es el que mayor tendencia tiene a producir días con tormentas en cualquier zona de la provincia, a pesar de no ser el dominante en la serie, o sea, cuando se espere que este presente este Análogo, hay que predecir una alta probabilidad de ocurrencia de tormenta para todas las zonas de la provincia de Ciego de Ávila.

Tabla 5 Distribución (en porcentaje) de ocurrencia de días con tormentas en cada zona, con relación a los Análogos para el bimestre agosto-septiembre. Período 1990-1999.

Análogos	Cayería Norte	Zona Norte	Zona Centro-Sur	Costa Sur
A	65	68	73	74
B	46	52	60	68
C	54	57	71	72
D	51	44	56	68
E	40	44	64	72
F	57	29	43	86

Desde marzo de 1995, los Centros Meteorológicos Provinciales (CMP) reciben diariamente una versión del pronóstico del (ECMWF) Centro Europeo de Pronóstico de Plazo Medio para el área de trabajo que incluye a Cuba, parte del Golfo de México, las Bahamas, parte del Mar Caribe y de la América Central; área que coincide prácticamente con las cartas de los "Análogos", lo que posibilita que con los nuevos Soptwear de la familia "CubaForecast" confeccionados por el CMP de Cienfuegos y puestos en práctica de forma operativa en el resto de los CMP y en el Centro de Pronóstico del INSMET, sea posible determinar el valor de presión en cada uno de los 6 nodos de la rejilla que rodea a Cuba y que son los utilizados para obtener los parámetros α y β definidos por Pazos (1998). A partir de su evaluación, sería posible conocer el tipo de Análogo esperado para los plazos de 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas de pronóstico, pudiéndose obtener de antemano una predicción de los días con tormentas para cualquier zona en la que quedó dividida la provincia de Ciego de Ávila.

Un ejemplo de esto lo mostramos a continuación: se escogió al azar, de la salida del "CubaForecast", un pronóstico de 48 horas de un día dentro del periodo lluvioso, en este caso el 27 de junio de 2003, el cual resultó ser del tipo E (Figura 6). Ese día ocurrió tormenta en las zonas Centro-Sur y Costa Sur de la provincia, las cuales son las que tienen mayores porcentajes de probabilidades de ocurrencia de este fenómeno (64 % y 72 % respectivamente), como ya vimos anteriormente en la Tabla 6.

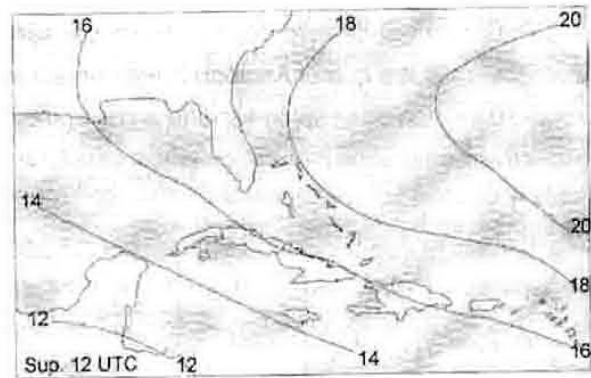
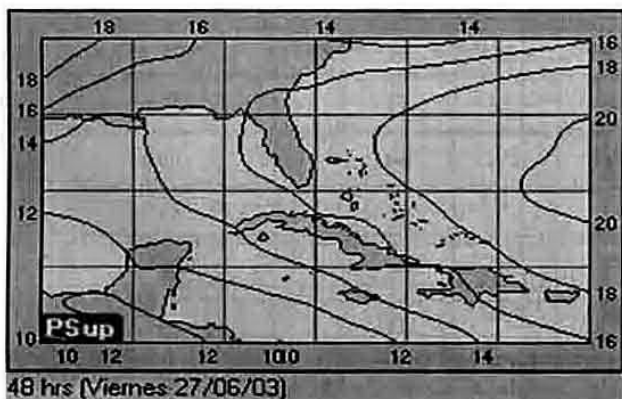


Figura 6 Comparación entre el pronóstico del ECMWF para el día 27 de junio de 2003 y el Análogo correspondiente, en este caso el tipo E.

Conclusiones.

1. En la provincia de Ciego de Ávila los días con tormentas ocurren con mayor frecuencia hacia la Costa Sur y zona Centro- Sur de la provincia con cantidades entre 112 y 104 días con este fenómeno al año. Hacia la zona Norte y la cayería Norte este valor oscila entre los 94 a los 83 días respectivamente.
2. En el territorio provincial se distinguen dos periodos bien marcados de los días con tormentas, una de mayor incidencia que comprende desde finales de mayo a comienzo de octubre y otra de menos incidencia desde la segunda mitad de octubre hasta comienzo de mayo.
3. Como promedio, entre las zonas, los meses de mayor presencia de días con tormentas son septiembre con 18.6 días y agosto con 17.6 días.
4. Los meses de menor presencia de días con tormentas en el territorio son diciembre con sólo 0.5 días con tormentas y febrero con 1.1 días.
5. En la provincia, como media general, dentro de los meses de mayor afectación se destacan la tercera decena de agosto con 7 días con tormentas, seguido por la primera y segunda decenas de septiembre con 6 días.
6. En el periodo de menor incidencia de días con tormentas hay decenas en los meses en que prácticamente no existen tormentas, como son las dos últimas de diciembre, en que como promedio provincial solo ocurre un día con tormenta cada 10 años.

7. En el bimestre agosto-septiembre el Análogo que más se presenta en los días con tormentas, en cualquier zona de la provincia es el Análogo E (35.4 %) y el de menor frecuencia el Análogo F con solo 1.2 %.

Bibliografía

- Alfonso, A. L. y Manuel C. 1986: *Vocabulario de términos meteorológicos y ciencias afines*. Sección de publicaciones del I.M.M. Madrid, pp. 408

- Alfonso, A.P. 1992: Descargas eléctricas e Cuba. Aspectos Meteorológicos. En *Revista Cubana de Meteorología*, Volumen 5 No. 2, pp. 99-105.

- _____ 1994: *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología*. Ed. Academia, La Habana. Pp. 168

- Gancedo, O. 1981: *Horarios de formación de las tormentas en Santa Clara y su distribución*. INSMET, Santa Clara, pp. 22-31.

- Pazos, C. 1998: *Análisis sinóptico-estadístico del viento en Cuba y la ocurrencia de brisas marinas y tormentas locales severas en la provincia Ciego de Ávila*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológicas. Ciego de Ávila. Pp. 177