

# Línea de confluencia del flujo a mesoescala: Situaciones a escala sinóptica favorables para su ocurrencia y su relación con las precipitaciones convectivas sobre Ciego de Avila. Cuba

Autores: Oscar A. Benedico Rodríguez<sup>1</sup>, Mario Carnesoltas Calvo<sup>2</sup> Gisell Aguilar Oro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Meteorológico Provincial, Ciego de Ávila, Cuba. E-mail: oscar@meteo.fica.inf.cu

<sup>2</sup> Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología. Email: marioc@met.inf.cu

<sup>2</sup> Centro de Pronóstico, Instituto de Meteorología. Email: gisell@met.inf.cu

---

## Resumen:

*Las condiciones de isla estrecha, alargada y situada en la zona tropical, provocan sobre la isla de Cuba la formación de circulaciones locales del flujo a mesoescala que modifican profundamente el flujo general sobre toda la región. Las modificaciones tienen un carácter cíclico con el calentamiento y enfriamiento desigual de las diferentes superficies y se pueden apreciar en los análisis de flujo en superficie en gran parte de los días del año. Entre las características de las modificaciones se encuentra la formación de una Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala (LCFM), por lo general sobre tierra durante las horas de sol. En el presente trabajo se plantean los resultados del comportamiento de la LCFM sobre la provincia de Ciego de Avila en función de las condiciones meteorológicas a escala sinóptica, y cómo la posición de la LCFM sobre la provincia se relaciona con la distribución espacial de las precipitaciones, clasificadas por rango de intensidad, y con las Tormentas Locales Severas en Ciego de Avila.*

*El estudio realizado permitió elaborar un método sinóptico-estadístico a corto plazo para determinar la ubicación de la LCFM dentro de la provincia, que contribuirá a que el Grupo de Pronóstico del Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Avila, cuente con una herramienta en el trabajo operativo diario capaz de mejorar la efectividad de los pronósticos del tiempo emitidos ante estas situaciones.*

## Introducción:

Considerando que la medición de la dirección del viento instrumental representa el flujo resultante de cada una de las circulaciones de diferentes escalas existentes en un momento y lugar dado, entre ellas la brisa (Carnesoltas, 1986), se decidió denominar como Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala (LCFM) al proceso diario que, de forma cíclica, ocurre sobre casi todo el país, en especial sobre la región de estudio escogida.

Para explicar la circulación local de la brisa en Cuba, se requiere tomar en cuenta su interacción con los procesos que ocurren a escala sinóptica. Este aspecto ha sido abordado para otros lugares con diferentes condiciones. Entre los primeros trabajos desde un punto de vista estadístico, aparece el de Gentry y Moore (1954), luego por los modelos numéricos de Estoque (1962) y Anthes (1978) entre otros. En estos casos se analiza cómo la circulación a escala sinóptica influye en la ocurrencia de la brisa continental.

En Cuba la temática abordada en este trabajo tiene una gran incidencia para el conocimiento científico dentro del campo de la meteorología, por constituir prácticamente uno de los procesos a mesoescala que con más frecuencia ocurre en el país en su condición de isla tropical y su relación directa con la mayor frecuencia de ocurrencia de precipitaciones y Tormentas Locales

Severas (TLS). Además, aporta al trabajo operativo de la vigilancia meteorológica una herramienta a través de un método sinóptico – estadístico, que logrará mejorar la efectividad de los pronósticos.

Los procesos convectivos que frecuentemente ocurren sobre Cuba entre los meses de Mayo a Octubre, han sido observados y estudiados por varios investigadores, lo que ha facilitado el conocimiento de algunas causas que los originan y de sus efectos directos sobre el régimen de precipitaciones y la ocurrencia de tiempo severo.

Las región de estudio (provincia de Ciego de Avila) es eminentemente llana con una extensión territorial de 6 910 km<sup>2</sup>, de ellos 589,3 km<sup>2</sup> de cayos e islotas. El territorio representa el 6.2 % del territorio nacional. La costa norte tiene una extensión de 154.5 km, mientras que la costa sur 53.1 km. En las costas existen 50 km de playas. El 82% del territorio está ubicado en la llanura de Júcaro-Morón, una de las principales unidades del relieve de Cuba. Otros accidentes geográficos importantes son la sierra de Bamburanao - Jatibonico, hacia el noroeste del territorio, así como las lomas de Yeso de Punta Alegre y la loma de Cunagua, que junto a las pequeñas alturas de Turiguanó, conforman uno de los rasgos más interesantes del relieve cubano, pues son los únicos exponentes de domos diapiros en el país. La Laguna de la Leche, uno de los lagos naturales más grandes del país, tiene 67 km<sup>3</sup> de reservas de aguas, mientras

La Redonda posee 4.55 km<sup>3</sup>. Las aguas subterráneas de Ciego de Ávila son mucho más abundantes que las superficiales. Las características litológicas de la provincia condicionan que el territorio avileño tenga el manto freático más grande de toda Cuba.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de las situaciones meteorológicas a escala sinóptica favorables para la formación de la LCFM y sus efectos en la provincia de Ciego de Ávila, en especial lo relacionado con su ubicación sobre el territorio, con las precipitaciones para tres intervalos de intensidad (<50 mm, de 50 a 100 mm y >100 mm) y la ocurrencia de TLS. Se propone un método Sinóptico-Estadístico a corto plazo para determinar la ubicación de la LCFM dentro de la provincia, lo que puede tener una aplicación en el trabajo operativo diario.

Como novedades del trabajo se define el nombre científicamente fundamentado de "línea de confluencia del flujo a mesoescala" para denominar adecuadamente al proceso de interacción del frente de la brisa de mar con la resultante del viento en superficie a mesoescala, llamada incorrectamente "línea de convergencia de las brisas" y se analiza integralmente la relación entre los sistemas meteorológicos a escalas sinóptica y la distribución a mesoescala del viento.

## **Materiales y Métodos.**

Los materiales que se utilizaron en el trabajo fueron todos los mapas trihorarios de superficie del territorio, que abarca la provincia Ciego de Ávila en los meses de Mayo a Octubre para un período de 6 años (1985-1990). De estos mapas se seleccionaron los días en que ocurrió confluencia en el flujo a mesoescala a partir de la entrada de la brisa marina en las costas norte y sur, siguiendo para este fin como criterio que la dirección del viento en las horas diurnas confluyera con un ángulo comprendido entre 60° y hasta 240° entre dos estaciones meteorológicas vecinas (una con respecto a la otra). Luego de seleccionados los días en que ocurrió la confluencia del flujo a mesoescala se analizaron los mapas isobáricos a las 1200 UTC correspondientes a las fechas y se estudiaron los sistemas sinópticos imperantes en superficie (altas y bajas presiones, ondas tropicales, hondonadas, sistemas frontales y ciclones tropicales) en cuanto a su ubicación, intensidad e influencia sobre Ciego de Ávila, así como la dirección del flujo (dirección del viento) en el nivel de 850 hPa para observar su relación con la ubicación de la LCFM sobre el territorio objeto de estudio. Además, se analizaron las precipitaciones ocurridas durante los días en que se observó confluencia del flujo a mesoescala en cuanto a registros para los intervalos inferiores a 50 mm, entre 50 y 100 mm y superiores a 100 mm (para un período

de 24 horas o menos) y su distribución espacial, así como la presencia o no de TLS, por los reportes de tornados, trombas marinas, granizos o vientos lineales fuertes superiores a 100 km/h.

Los métodos utilizados, en su mayoría estadísticos simples, estuvieron relacionados con estadígrafos de posición y de dispersión a través de análisis tanto univariado como multivariado. También se utiliza un método probabilístico sencillo donde se consideraron varios predictores meteorológicos que influyere manera determinante en la ocurrencia de la LCFM.

Para determinar la ubicación de la LCFM a partir de la dirección del viento, se utilizaron las estaciones meteorológicas de Júcaro, ubicada en los 21°31' N y los 78° 51' W, así como la estación Venezuela, emplazada en los 21°47' N y los 78°47' W, la estación Camilo Cienfuegos, situada en los 22°09' N y los 78° 45' W y la estación Cayo Coco, localizada en los 22° 32' N y los 78° 22' W.

En Cuba se tiene una extensa relación de las aplicaciones estadísticas en relación a estudios similares a la investigación realizada para el presente trabajo, ya que las variables meteorológicas se rigen por leyes físicas complejas y de una naturaleza tal que se puede decir que presentan puntualmente un comportamiento aleatorio. De ahí que haya que apoyarse en la estadística matemática para buscar los métodos idóneos para su estudio. Cárdenas y Naranjo (1987) plantearon que en la modulación estadístico-climatológica, así como en el pronóstico de variables meteorológicas, desempeña un papel fundamental la persistencia, tal como se conoce este término en estadística, lo cual ha sido objeto de estudio en un gran número de trabajos y con variadas técnicas desde principio de siglo.

## **Análisis y discusión de los resultados.**

### *Aspectos generales y ubicación promedio de la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala.*

Del análisis realizado a los mapas trihorarios de la provincia, se pudo comprobar que la confluencia del flujo a mesoescala ocurrió en 479 días, lo cual representa un 44% de los días del período analizado.

Para el análisis de la ubicación de la LCFM se tomaron como puntos de referencia las estaciones meteorológicas de la provincia, estableciéndose de esta forma tres regiones como se puede observar en la Fig. 1, dos de ellas pertenecientes a las partes norte y sur, que cubren una franja de aproximadamente unos 16 a 20 km paralelos a las líneas litorales y otra más extensa que cubre el resto del territorio y que se denominará parte central. De estas regiones se pudo

comprobar que la LCFM se encontraba con mayor frecuencia en las partes central y sur de la provincia, según muestran las figuras de la 2 a la 7, y por último con una frecuencia más baja en la parte norte.

En el período analizado, la mayor frecuencia de ocurrencia de LCFM es en la parte central de la provincia y en segundo lugar en la parte sur. Sin embargo, en todos los meses no se comporta de la misma manera. Por ejemplo, en Mayo y Junio (Fig. 2 y 3) la LCFM se presenta con mayor frecuencia hacia la parte central, mientras que en los meses de julio, agosto y septiembre, la LCFM se desplaza hacia la

parte sur (Fig. 4, 5 y 6). Esto se debe al fortalecimiento del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte, ya que al ser más fuerte el gradiente horizontal de presión, aumenta la velocidad de los vientos alisios y por tanto los valores más altos de temperatura en superficie se desplazan, por advección, hacia la parte sur de la provincia. Ahora bien, cuando ocurre lo contrario, o sea el anticiclón se debilita, el gradiente horizontal y la fuerza de los vientos disminuye, de nuevo la LCFM retorna hacia la parte central de la provincia (Fig. 7), aunque se presenta en un menor número de días que en los meses de mayo y junio.



Fig. 1 Regiones preestablecidas en la provincia para la ubicación de la LCFM.



Fig. 2 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Mayo.



Fig. 3 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Junio.



Fig. 4 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Julio.



Fig. 5 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Agosto.



Fig. 6 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Septiembre.



Fig. 7 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Octubre.

## Relación de la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala con las precipitaciones.

Como resultado del análisis de los días con confluencia del flujo a mesoescala en cualquier parte de la provincia, se pudo comprobar a través de los mapas isoyéticos elaborados por el Grupo de Pronósticos del Tiempo de Ciego de Avila con los datos de la red de telecorreos (32 pluviómetros) y las 4 estaciones del Instituto de Meteorología, que en un 87 % de los casos ocurrieron en mayor o menor medida precipitaciones en algún lugar de la provincia. Además, siempre que la LCFM se presentaba hacia la parte norte, ocurrían precipitaciones e incluso, cuando la LCFM se produce en cualquiera de los meses analizados en la mitad norte del territorio, ésta provocaba un 54 % de la ocurrencia de precipitaciones superiores a 50 mm, mientras que las precipitaciones inferiores a 50 mm ocurrían en un 46%. Esta situación se ve más atenuada cuando la LCFM se concentra en la mitad sur, sin entrar a analizar otros fenómenos severos.

Para el análisis de las precipitaciones ocurridas durante los días con confluencia del flujo a mesoescala, se dividió el territorio en regiones que coincidieran en lo posible con la anterior división para la ubicación de la LCFM, teniendo en cuenta las características físico - geográficas, principalmente las relacionadas con el relieve próximo a la costa y en general de la provincia. Por tal motivo se decidió agregarle a las ya existente una cuarta región que abarcara las elevaciones del noroeste, como se puede observar en la Fig. 8 y se seleccionaron tres intervalos de precipitaciones para determinar su intensidad por regiones.

Estos intervalos son:

1. Precipitaciones inferiores a 50 mm (en 24 horas o menos).
2. Precipitaciones entre 50 y 100 mm (en 24 horas o menos).
3. Precipitaciones superiores a 100 mm (en 24 horas o menos).

Este análisis permitió conocer que las precipitaciones menores que 50 mm se presentan con una distribución espacial más o menos uniforme sobre toda la provincia, aunque suelen ocurrir con más frecuencia sobre la región central con un promedio mensual de 3 a 11 días como se observa en la tabla 1.

Las precipitaciones que ocurren entre 50 y 100 mm son más frecuentes que se presenten en la parte central en todos los meses, con un promedio que oscila entre 2 y 4 días. También, hacia la parte central de la

provincia es donde suelen ocurrir con mayor frecuencia las precipitaciones superiores a los 100 mm, con un promedio entre 0,2 y 0,7 días al mes como muestra la tabla 1.

Los resultados descritos confirman lo encontrado anteriormente por varios investigadores cubanos como Alfonso et al. (1984), quien planteó que las mesocirculaciones del régimen de viento influyen en el desarrollo de fenómenos convectivos, a los cuales se vinculan gran parte de las precipitaciones asociadas al calentamiento diurno en el período lluvioso. También Carnesoltas (1986, 2002) planteó que en el período mayo - octubre la nubosidad convectiva en Cuba está estrechamente asociada a la convección de origen térmico y la misma presenta un marcado ciclo diurno, siendo la principal responsable de las precipitaciones. Entre la nubosidad convectiva y el mecanismo de la circulación local de la brisa existe un estrecho vínculo, y así se puede comprobar que la convección térmica generada por el calentamiento superficial es reforzada por el eficiente mecanismo del frente de la brisa de mar. Rivero y Medvedev (1987) mostraron con un ejemplo en la práctica, como las condiciones locales (brisas) influyen en la localización y el número de tormentas de verano en la región central de Cuba. Por su parte, Fernández et al. (1998) describen que en las precipitaciones sobre Cuba inciden el comportamiento y en la distribución espacio - temporal de otros campos de variables meteorológicas a mesoescala.



Fig. 8 Regiones preestablecidas para relacionar la LCFM con las precipitaciones.

**Tabla 1. Promedio de días en que ocurren precipitaciones dentro de los intervalos y regiones establecidas.**

Meses	Parte sur			Parte central			Parte norte			Elevaciones NW			Provincia		
	< 50 mm	50-100 mm	> 100 mm	< 50 mm	50-100 mm	> 100 mm	< 50 mm	50-100 mm	> 100 mm	< 50 mm	50-100 mm	> 100 mm	< 50 mm	50-100 mm	> 100 mm
Mayo	5.2	0.8	0.2	5.5	3.2	0.5	5.0	0.5	0.2	4.8	1.0	0.3	20.5	5.5	1.2
Junio	6.7	1.7	0	10.7	2.5	0.2	5.0	2.3	0.2	4.2	2.3	0.2	26.6	8.8	0.6
Julio	4.3	1.2	0	6.3	2.0	0.2	4.3	0.3	0.2	4.5	0.8	0.2	19.4	4.3	0.6
Agosto	6.7	1.8	0	6.8	2.8	0.5	3.8	1.3	0	3.8	2.2	0	21.1	8.1	0.5
Septiembre	7.2	1.2	0	6.5	3.8	0.5	5.0	0.7	0	3.7	0.7	0.2	22.4	6.4	0.7
Octubre	2.8	0.3	0.2	2.7	0.5	0.7	1.5	0.3	0	1.5	0.7	0	8.5	1.8	0.9
<b>Total</b>	<b>32.9</b>	<b>7.0</b>	<b>0.4</b>	<b>38.5</b>	<b>14.8</b>	<b>2.6</b>	<b>24.6</b>	<b>5.4</b>	<b>0.6</b>	<b>22.5</b>	<b>7.7</b>	<b>0.9</b>	<b>118.5</b>	<b>34.9</b>	<b>4.5</b>
<b>Promedio</b>	<b>5.5</b>	<b>1.2</b>	<b>0.1</b>	<b>6.4</b>	<b>2.5</b>	<b>0.4</b>	<b>4.1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.1</b>	<b>3.8</b>	<b>1.3</b>	<b>0.2</b>	<b>19.8</b>	<b>5.8</b>	<b>0.8</b>

### Relación entre la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala y la ocurrencia de Tormentas Locales Severas.

La confluencia del flujo a mesoescala produce, en un por ciento importante de ocasiones, fenómenos de tiempo severo relacionados con TLS, por lo que se puede considerar a la LCFM, como un proceso de mesoescala estrechamente relacionado con la

formación de tormentas en presencia de una atmósfera inestable. Mediante el análisis de la información recopilada se pudo comprobar que, de los días en que se presentó LCFM en la provincia, en un 22.9 % de ellos ocurrieron TLS durante el período que se analiza. La frecuencia mensual en este caso, osciló entre 3 y 32 % de LCFM con TLS, como lo muestra la tabla 2. La mayor frecuencia de TLS se presentaron en el primer trimestre del período (entre 24 y 32 %), decreciendo hasta el final del período.

**Tabla 2. Estadísticas y relación entre LCFM y las TLS en Ciego de Avila (1985 - 1990).**

Meses	No. de días con LCFM	Prom. de días con LCFM	No. de días con TLS	Prom. de días con TLS	% de TLS contra días de LCFM
Mayo	101	17	24	4	24
Junio	100	17	29	4.8	29
Julio	73	12	23	3.8	32
Agosto	90	15	19	3.2	21
Septiembre	79	13	14	2.3	18
Octubre	36	6	1	0.2	3
<b>Total</b>	<b>479</b>	<b>80</b>	<b>110</b>	<b>18.3</b>	<b>22.9</b>
<b>Promedio</b>	<b>79.8</b>	<b>13.3</b>	<b>18.3</b>	<b>3.05</b>	<b>-</b>

La relación entre la ocurrencia de TLS con la LCFM tiene un comportamiento lineal donde a medida que aumenta la incidencia de LCFM aumentará la frecuencia de ocurrencia de TLS, corroborado por un coeficiente de correlación  $r^2 = 0.91$ , altamente significativo para un nivel de 0.01 %.

En base a la muestra tomada, la siguiente ecuación vincula el promedio mensual de días con TLS, con el promedio mensual de días con LCFM, en una temporada de mayo a octubre en la provincia de Ciego de Ávila. Por tal motivo el sentido práctico que tiene la

ecuación, es que a partir de la misma se puede calcular los días en que pudieron ocurrir TLS en un mes del período analizado, supliendo en cierta medida la frecuencia de ocurrencia de las mismas por falta de reportes o información a partir de conocer los días en que ocurrió LCFM, lo cual si es perfectamente posible por el reporte trihorario de nuestras estaciones meteorológicas:

$$Y = 0,36x - 1.74$$

donde:

Y = Días con TLS a ocurrir.

x = Días con LCFM ocurridas.

### Situaciones meteorológicas a escala sinóptica favorables para la ocurrencia de la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala.

Los distintos estados del tiempo que suceden en Cuba se forman debido a la influencia de una combinación compleja de procesos atmosféricos a escalas sinóptica sobre nuestra área. Benedito (1993) y más recientemente, Pazos (1998), han estudiado la influencia de los procesos sinópticos sobre las condiciones del tiempo en Cuba, relacionados con la

brisa marina en zonas costeras. Pazos (1998) también planteó que el campo del viento a mesoescala en el territorio nacional, toma diversas configuraciones en dependencia del tipo de proceso sinóptico. Según Carnesoltas (2002), la circulación local de la brisa de mar y tierra puede considerarse una perturbación del flujo a mayor escala. Tomando en cuenta lo anterior, con independencia de las causas locales que la originan, la LCFM está íntimamente relacionada con los sistemas meteorológicos a escala sinóptica que influyen sobre la provincia. Por tal motivo se consideró necesario estudiar los sistemas meteorológicos que se presentaron en cada mes durante los días con LCFM, mediante el análisis de los mapas del campo bórico en superficie a las 1200 UTC.

**Tabla 3. Frecuencia de sistemas meteorológicos imperantes durante los días con LCFM (expresado en total de días por meses).**

Meses	Alta presión oceánica	Hondonada	Onda tropical	Sistema frontal	Baja presión	Ciclón tropical	Total
Mayo	73	20	31	31	26	0	181
Junio	102	39	46	17	32	0	236
Julio	66	37	51	3	31	4	192
Agosto	83	40	68	5	32	14	242
Septiembre	56	26	66	18	25	14	205
Octubre	15	8	19	18	14	2	76
<b>Total</b>	<b>395</b>	<b>170</b>	<b>281</b>	<b>92</b>	<b>160</b>	<b>34</b>	<b>1132</b>

De este análisis se obtuvo el resultado que se muestra en la tabla 3, donde se representan los sistemas meteorológicos estudiados por meses, así como el total de días en que éstos influyen de alguna manera sobre la región de estudio durante el periodo estudiado por meses. En esta tabla se puede observar que los sistemas meteorológicos que con mayor frecuencia, por su orden, influyen durante los días con LCFM son las altas presiones oceánicas, siguiéndole las ondas tropicales, luego las hondonadas y después los sistemas de bajas presiones entre los más predominantes, sin obviar que esta situación de confluencia también se producen por delante de sistemas frontales y en presencia de ciclones tropicales cercanos a la provincia, lo que con menos frecuencia. Además, la influencia de estos sistemas

produce confluencia del flujo a mesoescala siempre y cuando exista un debilitamiento en el gradiente barométrico sobre el territorio, lo cual favorece a un régimen de viento local y no sinóptico.

### Método sinóptico - estadístico para el pronóstico de la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala en Ciego de Ávila.

El orden de predominio de los sistemas meteorológicos por meses, así como el total de días en que estuvo imperando durante los días de confluencia del flujo a mesoescala, al relacionarlo con la suma de todos los días de los sistemas estudiados, se muestran en la tabla No. 4.

**Tabla 4. Porcentaje de ocurrencia del sistema meteorológico individual contra el total absoluto de todos los sistemas por meses.**

Meses	Alta presión oceánica	Hondonada	Onda tropical	Sistema frontal	Baja presión	Ciclón tropical
Mayo	40	11	17	17	15	0
Junio	43	16	20	7	14	0
Julio	34	19	27	2	16	2
Agosto	34	17	28	2	13	6
Septiembre	27	13	32	9	12	7
Octubre	20	10	25	24	18	3
<b>Promedio</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>3</b>

Con la información obtenida se calculó la probabilidad de que ocurra LCFM en Ciego de Ávila, partiendo de que cualquiera de estos sistemas meteorológicos son condiciones favorables para que ocurran desde un punto de vista sinóptico con sólo presentarse uno de éstos, dentro del área de las localizaciones más frecuentes en los mapas elaborados al respecto y que más adelante se abordará.

$$P = \frac{\text{Coincidencia de los Sist. Met. con su ubicación en el mapa} \\ \Sigma \text{ Pronóstico, considerando sus regiones preestablecidas}}{\Sigma \text{ Todos los Sist. Met. presentes en el mapa pronóstico}} \times 100$$

En la fórmula se consideran los Sistemas Meteorológicos (Sist. Met.) como los valores que estos presentan individualmente en la tabla 4.

Además, para pronosticar la situación de LCFM hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Se utiliza del mapa de las 1200 UTC del día a pronosticar, la confluencia del flujo a mesoescala.
2. Si el sistema meteorológico está presente y no coincide con la ubicación promedio, se evaluará de cero ese sistema, y si coincide se le dará la puntuación fijada en la tabla 4.
3. Si no aparece en el mapa el sistema meteorológico, se ignora y no se tiene en cuenta en el cálculo de la probabilidad de ocurrencias.
4. Si el eje o centro del sistema meteorológico se encuentra sobre el territorio comprendido entre Camagüey y Sancti Spiritus a las 1200 UTC, no se debe tomar en cuenta el modelo para el pronóstico, excepto que su eje o centro pase por los mares al norte o al sur sin influencia directa sobre la provincia de Ciego de Ávila.

Con este método Sinóptico - Estadístico, si luego de conocido que va a ocurrir la LCFM se desea determinar hacia qué parte del territorio se va a ubicar, se puede utilizar el método objetivo de temperaturas extremas de Fernández (1994), y conociendo en cuál estación de la provincia se va a producir la temperatura más alta según el citado método y la dirección del viento en los 1000 y/o 850 hPa por los modelos disponibles en Internet podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. Si la temperatura más alta ocurrirá en la estación meteorológica Camilo Cienfuegos (78347) y el viento en el nivel de 1000 y/o 850 hPa sopla del II o III cuadrante (90° a 270°), la LCFM se ubicará hacia la parte norte próximo al litoral o sobre la Bahía de Buena Vista, los Perros y Jigüey, mientras que si sopla del IV ó I cuadrante (271° - 360° a 0° - 89°) la LCFM se ubicará entre la parte central y norte de la provincia. Con estas condiciones y según resultados del trabajo, es casi

seguro la ocurrencia de precipitaciones en la provincia, siendo la probabilidad de que ocurran precipitaciones superiores a 50 mm de un 54 %.

2. Si la temperatura más alta ocurrirá en la estación meteorológica de Venezuela (78346) y el viento en el nivel de 1000 y/o 850 hPa sopla del II ó III cuadrante (90° a 270°), la LCFM se ubicará en la parte central, o entre el centro y la parte norte (zonas del interior); mientras que si sopla del IV ó I cuadrante (271° - 360° a 0° - 89°) la LCFM se ubicará sobre la parte sur de la provincia.

3. Si la temperatura más alta ocurrirá en la estación meteorológica Júcaro (78345) y el viento en 1000 y/o 850 hPa sopla del II ó III cuadrante (90° a 270°) la LCFM se ubicará sobre la parte sur, o entre ésta y la parte central del territorio, mientras que si sopla del IV ó I cuadrante (271° - 360° a 0° - 89°), la LCFM se ubicará sobre la costa sur o el mar relativamente cerca de la costa, situación esta poco frecuente, pero que ocurre debido a condiciones topográficas y orográficas particulares del Golfo de Ana María.

4. Si coincidiera con que las temperaturas más altas ocurrieran con el mismo valor o muy próximos en las estaciones 78347 y 78346 ó 78345, se puede concluir que es muy probable que se produzcan una segunda LCFM hacia la costa norte. En este caso el viento en 1000 y/o 850 hPa sólo influirá en que si sopla del II ó III cuadrante la LCFM de la parte norte se ubicará sobre la costa norte o las bahías de Buena Vista, Los Perros y Jigüey, mientras que la otra se ubicará sobre la parte sur. Pero si el viento sopla del IV ó I cuadrante (271° - 360° a 0° - 89°) en los niveles isobáricos mencionados, la LCFM se ubicará sobre la costa sur o sobre el mar, relativamente próximo a la costa y la otra se ubicará sobre las inmediaciones de las partes norte y centro.

#### **Conclusiones.**

1. En el período analizado de mayo a octubre durante 6 años, se presentaron LCFM en un 44 % de los días de acuerdo al criterio establecido.
2. La LCFM se presentó con mayor frecuencia hacia el centro y sur de la provincia Ciego de Ávila, pero con un ligero predominio hacia el centro.
3. A pesar de ser poco frecuente que la LCFM se ubique en la parte norte, cuando esto ocurre produce precipitaciones superiores a los 50 mm en 24 horas o menos, en un 54 % de los casos.
4. Las precipitaciones inferiores a 50 mm en 24 horas o menos, producto de la LCFM presentan una distribución espacial bastante uniforme sobre todo el territorio, mientras que las comprendidas entre 50 y 100 mm se concentran más hacia el centro, excepto en octubre, que es hacia las elevaciones del Noroeste. Las precipitaciones que superan los 100 mm también son más probables que ocurran hacia el centro de la

provincia, aunque en junio y julio se pueden presentar con igual probabilidad hacia las partes norte y elevaciones del Noroeste.

5. En la provincia de Ciego de Ávila las precipitaciones relacionadas a la LCFM son más frecuente en junio, excepto a las que superan los 100 mm en 24 horas o menos que es mayo. El mes de septiembre resultó ser el segundo en frecuencia para las precipitaciones inferiores a 50 mm en 24 horas; agosto para las comprendidas entre 50 y 100 mm y octubre para las que superan los 100 mm.

6. Durante el período analizado no se presentaron precipitaciones superiores a 100 mm durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre en la parte sur, al igual que en la parte norte durante agosto, septiembre y octubre; y en las elevaciones del noroeste en agosto y octubre.

7. Cuando se presenta la LCFM se producen en un 23% Tormentas Locales Severas en la provincia Ciego de Avila.

8. La mayor frecuencia de ocurrencia de TLS relacionadas con la LCFM se producen en el primer trimestre del período (mayo, junio y julio).

#### **Referencias.**

**Alfonso, A. P. et al, 1984:** Guía preliminar para los pronósticos del tiempo. Dpto. Pronósticos Inst. Met. ACC, 188 pp.

**Alfonso, A. P 1986:** Aspectos climatológicos de las turbonadas en la Ciudad de La Habana. Ciencia de la Tierra y el espacio No12, 85 –100.

**Anthes, R. A., and T. Wagner, 1978:** Development of hydrodynamic models suitable for air pollution and other mesometeorological studies. Mon. Wea. Rev., Vol.106, No. 8, pp. 1045 – 1078.

**Benedico, O. 1993:** Condiciones meteorológicas favorables para la ocurrencia de convergencia de las brisas en Ciego de Ávila de mayo a octubre, sus efectos y pronóstico a corto plazo. Informe Científico –Técnico. ACC Ciego de Avila. 21 p.

**Cárdenas, P. y L. Naranjo, 1987:** Distribución de probabilidades de totales de lluvia en tres localidades en la región central de Cuba. Rep. Invest. No. 24, INSMET, 21 pp.

**Carnesoltas, C., M., 1986:** La circulación local de brisa en Cuba. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Físicas. La Habana. Depositado en biblioteca, 96 pp.

**Carnesoltas, C., M., 2002:** La Circulación Local de Brisa de Mar y Tierra. Conceptos fundamentaies. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 9, Núm. 1, pp. 39 – 60.

**Estoque, M. A., 1962:** The sea - breeze as function of the prevailing synoptic situation. J. Atm. Sci. Vol. 19, pp. 244 - 250.

**Fernández, A., M. Pino y D. Cubas, 1994:** Modelo fisico-estadístico de pronóstico de temperaturas extremas y variables por localidades. Taller Nacional de Resultados Científicos, Ciudad de La Habana, 58 pp.

**Fernández, A. y Pazos, A., C., 1998:** Pronóstico trihorario del viento en la provincia de Ciego de Ávila. Editorial Academia. La Habana. 33 pp.

**Gentry, R. C. and P. Moore, 1954:** Relation of local general wind interaction near the Sea Coast to time location of air-mass showers, J. Met., No. 11, pp. 507 – 511.

**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 presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológica. La Habana. 36 pp.

**Rivero R., y Medvedev G.A., 1987:** Características regionales del desarrollo de la nubosidad convectiva y las precipitaciones en la parte central de la Isla de Cuba.