

Titulo: Línea de confluencia del flujo a mesoescala: Situaciones a escala sinóptica favorables para su ocurrencia y su relación con las precipitaciones convectivas.

Autor: MsC. Oscar A. Benedico Rodríguez.

Centro Meteorológico Provincial, Ciego de Avila.

E- Mail: oscar@meteo.fica.inf.cu

Introducción.

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

En el presente trabajo se le denomina LCFM para describir el proceso de interacción de todos los factores que intervienen en el flujo a mesoescala entre ellos la circulación local de la brisa; por solo hacer referencia al mismo a partir de la medición instrumental, la cual expresa solo una magnitud del vector viento.

Para la explicación de la circulación local de la brisa en Cuba, la interacción de ésta con los procesos que ocurren a escala sinóptica reviste una importancia fundamental. Este aspecto ha sido abordado para otros lugares con diferentes condiciones que las nuestras. 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 la tesis tiene una gran importancia 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. Además aporta al trabajo operativo de la vigilancia meteorológica una herramienta de pronóstico a través de un

método sinóptico - estadístico que logra de cualquier manera mejorar la efectividad de los mismos.

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

El presente trabajo tiene como objetivo, realizar un análisis de las situaciones meteorológicas a escala sinóptica favorables para la formación de la Línea de Confluencia del Flujo a Mesoescala (LCFM) y sus efectos en la provincia de Ciego de Ávila, en especial lo relacionado con su ubicación sobre el territorio y relación con las precipitaciones por rangos de intensidad y la ocurrencia de Tormentas Locales Severas (TLS). El resultado contribuirá a encontrar un método Sinóptico-Estadístico a corto plazo de aplicación en trabajo operativo diario.

Se pretende profundizar en el conocimiento de ésta temática para en posteriores trabajos, estudiar las condiciones meteorológicas favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas (TLS) y la elaboración de métodos objetivos de pronósticos a muy corto plazo e inmediato que permita predecir este tipo de fenómenos. Para el análisis se recurrió a la estadística aplicada a la meteorología, la cual proporcionó un conjunto de técnicas que nos permitió estudiar, interpretar y elaborar la investigación partiendo de un conjunto de variables y llegar a resultados concretos que más adelante se abordaran y que están relacionados con la confección de la localización mesoescalar de la LCFM por meses en la provincia y la influencia de éstas sobre las Tormentas Locales Severas (TLS) y las precipitaciones, entre otros resultados.

De las características físicas – geográfica de la provincia de Ciego de Ávila podemos plantear que tiene una extensión territorial de 6 910 km ², de ellos 589.3 km ², son de cayos e islotes. El territorio Avileño representa sólo un 6.2 % del territorio nacional. La costa norte tiene una extensión de 154.5 km, mientras que la costa sur solo 53.1 Km. En las costas de la provincia existen 50 km de playas.

Ciego de Ávila es una provincia eminentemente llana, donde el 82% de su territorio se encuentra 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 - Jatiboníco, 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 km³ de reservas de aguas, mientras La Redonda, de gran importancia para el turismo y la pesca posee 4.55 km³. 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.

Materiales y Métodos:

Como material se utilizó un período de 6 años (1985 - 1990), abarcando solamente los meses de Mayo a Octubre, donde se emplearon todos los mapas de superficie trihorario del territorio que abarca la provincia Ciego de Ávila. De estos mapas se seleccionaron los días en que ocurrió Confluencia de Flujo a Mesoescala; a partir de la entrada de la brisa marina en las costas norte y sur, siguiendo para este fin como criterio de experto de que la dirección del viento en las horas diurnas confluyera con un ángulo comprendido entre 60 y hasta 240 grados entre dos estaciones meteorológicas vecinas (una con respecto a la otra). Luego de seleccionado los días en que ocurrió Confluencia del Flujo a Mesoescala se analizaron los mapas Isobáricos a las 1200 UTC correspondientes a la fecha 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 por rangos (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 Tormentas Locales Severas (TLS) caracterizadas por 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 estadígrafos de dispersión a través de análisis tanto univariado como multivariado. Así como un método probabilístico sencillo donde se utilizaron varios predictores meteorológicos que influyen determinantemente 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"** grados de latitud norte y los **78°,51"** grados de longitud oeste, así como la estación Venezuela, emplazada en los **21°,47"** grados de latitud norte y los **78°,47"** grados de longitud oeste, la estación Camilo Cienfuegos, situada en los **22°,09"** grados de latitud norte y los **78°,45"** grados de longitud oeste y la estación Cayo Coco, localizada en los **22°,32"** grados de latitud norte y los **78°,22"** grados de longitud oeste.

En Cuba se tiene una extensa relación de las aplicaciones estadísticas en relación a estudios similares a la investigación realizada para el presente trabajo; ejemplo de esto se puede apreciar tal y como la definió Pérez (1990) al plantear: 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 (1989) planteó 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:

Se realiza un análisis pormenorizado de la relación que se establece entre sistemas meteorológicos a gran escala (escala sinóptica) y los procesos que se producen a una escala menor (mesoescala), lo cual provoca a su vez una variación en el comportamiento de las variables meteorológicas, capaz de influir en los estados del tiempo diarios que suceden en la provincia Ciego de Ávila. Además de la relación antes mencionada, se discuten los aspectos generales y ubicación de la LCFM, su relación con las precipitaciones por rango de intensidad, con las Tormentas Locales Severas y las situaciones meteorológicas a escala sinóptica, favorables para que estas LCFM

ocurran. Por tal motivo se elaboró un método sinóptico – estadístico con el fin de establecer una herramienta de pronóstico operativo diario a partir de patrones sinópticos preestablecidos, después de haber realizado un estudio detallado de la ubicación de cada uno de los sistemas meteorológicos imperantes en días con LCFM.

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

Del análisis realizado en la presente investigación, utilizando los mapas trihorarios de la provincia, en el período de 1985 a 1990 durante los meses de Mayo a Octubre, se pudo comprobar que ocurrió en la provincia Ciego de Ávila un total de 479 días con confluencia del flujo a mesoescala, lo cual representa un 44 % de los días que abarca la temporada de Mayo a Octubre, siendo ésta la responsable en un elevado porcentaje de las precipitaciones que posteriormente se produce como un efecto de las mismas en la temporada analizada y por ende en las precipitaciones anuales de la provincia, situación ésta que veremos más adelante.

Para el análisis de la ubicación de la LCFM se tomaron como puntos de referencia las



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

estaciones meteorológicas de la provincia, estableciéndose de esta forma tres regiones como se observa 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 o costas y otra más extensa que cubre el resto del territorio y que denominaremos parte central. De estas regiones se pudo comprobar que hacia donde se encontraba con mayor frecuencia la LCFM era precisamente en las partes central y sur 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), en correspondencia con el fortalecimiento del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte; de esta forma se hace más fuerte el gradiente horizontal, la fuerza de los vientos alisios y por tanto los valores más altos de temperatura en superficie se desplazan, por advección, hacia la parte sur. 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. 2 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Mayo.

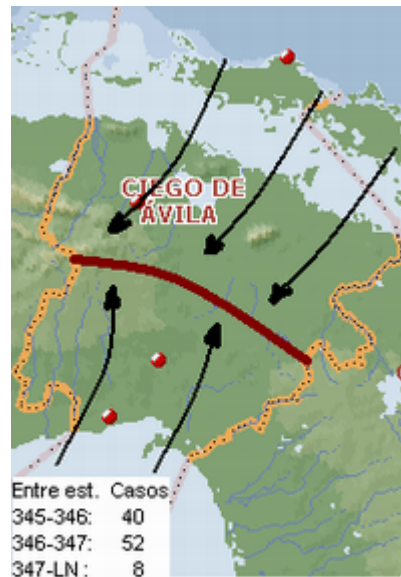


Fig. 3 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Junio.

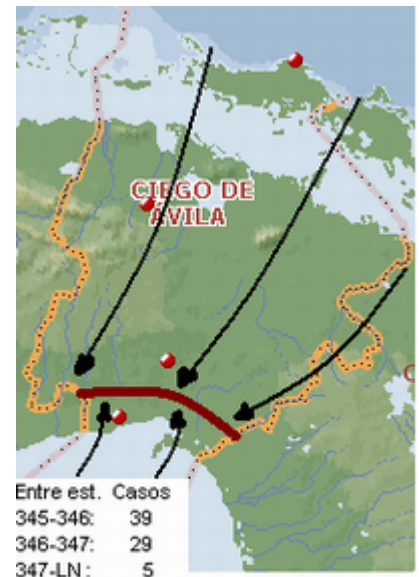


Fig. 4 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Julio.

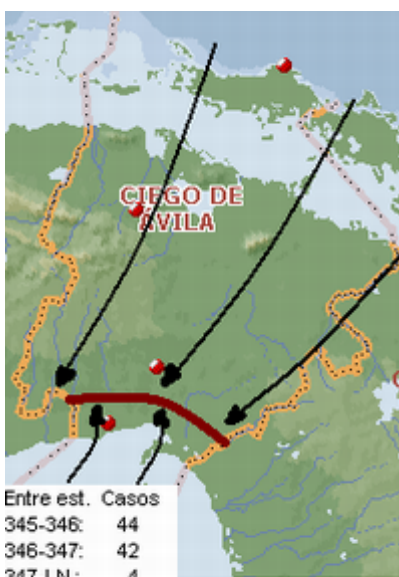


Fig. 5 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Agosto.



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

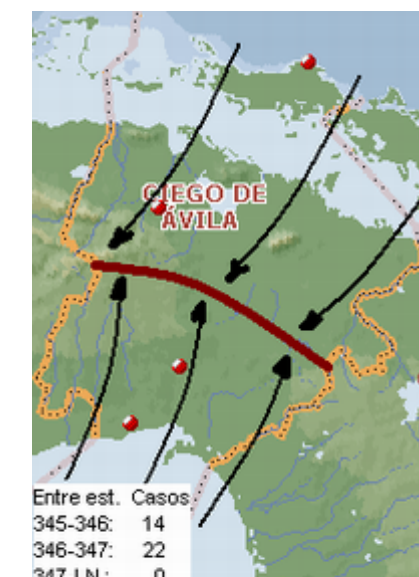


Fig. 7 Ubicación de la LCFM para Ciego de Avila en Octubre.

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 en el Grupo de Pronósticos del Tiempo de Ciego de Ávila con los datos de la red de telecorreos (32 pluviómetros) y nuestras estaciones (4), 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 en un 54 % la ocurrencia de precipitaciones superiores a 50 mm, mientras que las precipitaciones inferiores a 50 mm ocurrían en un 46 %. Situación ésta que 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 general de la provincia. Por tal motivo se decidió agregarle a la ya existente una cuarta región que abarcara las elevaciones del noroeste como se puede observar en la Fig. 8 y se seleccionaron tres rangos de precipitaciones para determinar su intensidad por regiones. Estos rangos son:



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

- 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).

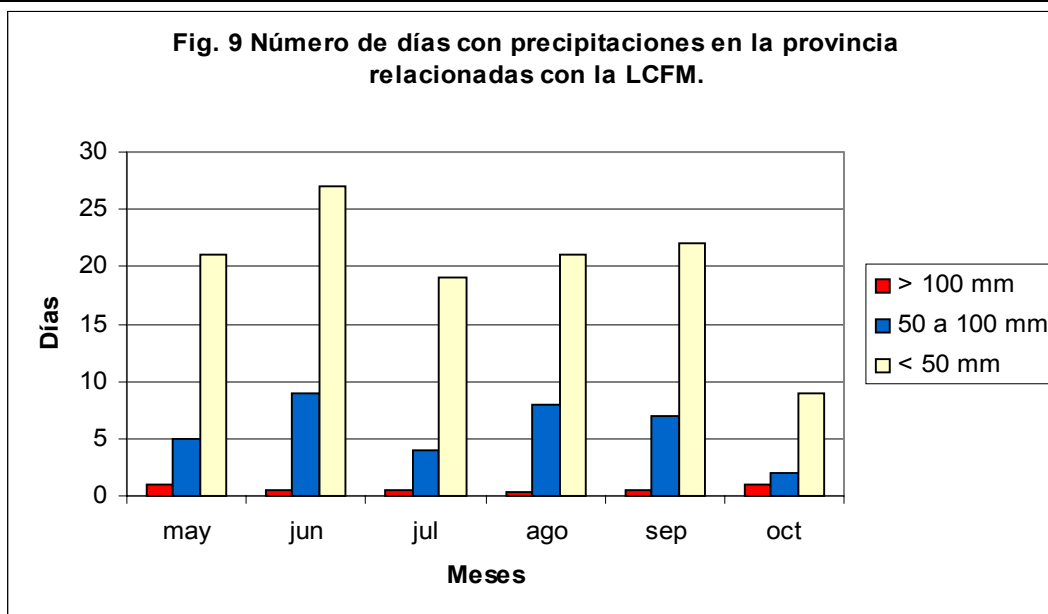
Este análisis permitió conocer que las precipitaciones menores que 50 mm se presentan con una distribución espacial más o menos uniforme sobre toda la provincia, aunque suelen ocurrir con más frecuencia sobre la región central con un promedio mensual de 5 a 11 días como se observa en la tabla 1.

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 y Fig. 9.

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

Meses	Parte sur			Parte central			Parte norte			Elevaciones NW			Nivel de 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
Total	32.9	7.0	0.4	38.5	14.8	2.6	24.6	5.4	0.6	22.5	7.7	0.9	118.5	34.9	4.5
Promedio	5.5	1.2	0.1	6.4	2.5	0.4	4.1	0.9	0.1	3.8	1.3	0.2	19.8	5.8	0.8



Alfonso (1984), plantea 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.

Por otro lado Fernández et. al. (1997) describe que las precipitaciones inciden en el comportamiento y en la distribución espacio - temporal de otros campos de variables meteorológicas a mesoescala. 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 en la zona de máxima convergencia es consecuencia directa del eficiente mecanismo de la brisa. La zona de confluencia de las brisas puede o no estar vinculada al ascenso convectivo, en dependencia del grado de estabilidad atmosférica.

Carnesoltas (1986), reconoce 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.

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.

Alfonso (1986) encontró que en los meses de julio y agosto la mayor parte de las precipitaciones se producen como consecuencia de los chubascos y tormentas eléctricas que influyen en esa época del año, y que los sistemas de brisas condicionan la distribución de la actividad convectiva con sus máximos desplazados en un sentido u otro de acuerdo con la orientación de sus costas y el sentido del flujo a escala sinóptica.

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 porcentaje importante de ocasiones, fenómenos de tiempo severo, relacionados con tormentas locales Severas (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. Desde 1981 el Instituto de Meteorología, considera las TLS

aquellas tormentas caracterizadas por la ocurrencia de tornados, nubes de embudo, tromba marina, vientos de 100 km/h o más y granizos. En este trabajo se consideran todos estos fenómenos implícitos dentro de las TLS a la hora de analizar si ocurrió o no tiempo severo en Ciego de Ávila, durante los días en que se produjo la confluencia del flujo a mesoescala. Mediante el análisis de la información recopilada se pudo comprobar que en un 22 % de los días ocurrieron TLS en la provincia durante el período analizado, presentando entre un 18 y 32 % de ocurrencia de TLS mensual al relacionarlo con la presencia de confluencia del flujo a mesoescala, tal y como lo muestra la tabla 2. La mayor frecuencia de TLS se presentaron en el primer trimestre del período (entre 24 y 32 %).

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
Total	479	80	110	18.3	127
Promedio	79.8	13.3	18.3	3.05	21.2

Alfonso (1994), demuestra que los mecanismos de circulación local de las brisas en ambas costas en ocasiones propician la formación de una zona de convergencia fuerte de los flujos hacia el interior del territorio, lo que se relaciona con la ocurrencia de otros fenómenos meteorológicos peligrosos, conocidos con el nombre de tormentas locales severas (TLS).

El análisis estadístico arrojó que la variación de la ocurrencia de TLS por causa de la LCFM posee un coeficiente de correlación por la regresión de 0,82 ($r^2 = 0,82$), mientras que el coeficiente de correlación (r) de éstas era de un 0,91 por lo que es considerada como altamente significativa, mostrando que aquí la relación es lineal; es

decir, a medida que el número de ocurrencia de LCFM aumenta también lo hace la ocurrencia de TLS. Después de analizar lo antes planteado, se obtuvo la siguiente ecuación para calcular el promedio de TLS en una temporada de mayo a octubre en Ciego de Ávila, válida a partir de 5 días con LCFM mensual:

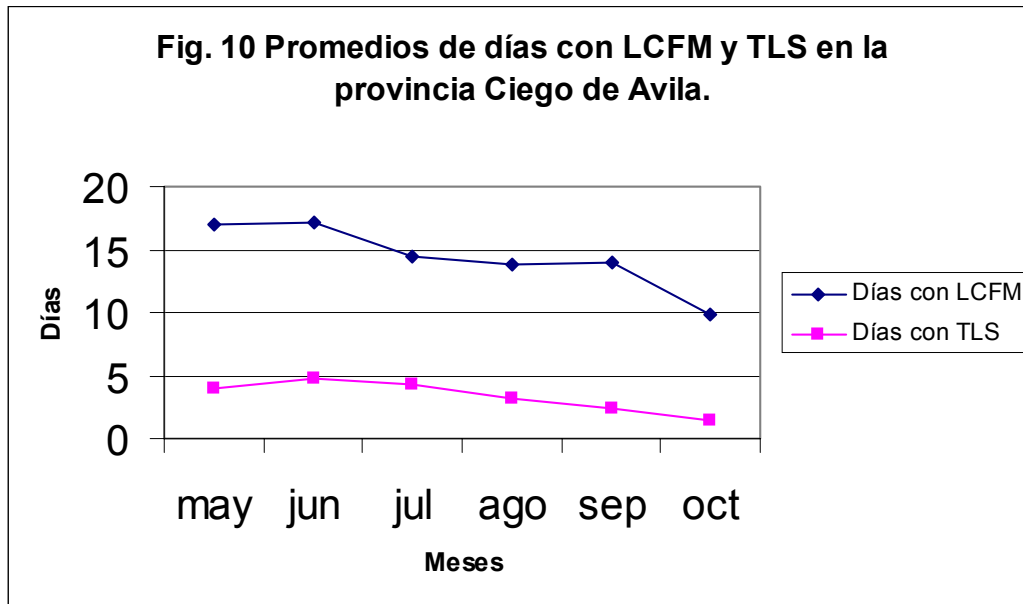
$$Y = 0,36 x - 1.74$$

donde:

Y = Días con TLS a ocurrir en una temporada.

x = Días con LCFM ocurridas en una temporada.

De acuerdo a la muestra de datos tomada, el número de días con LCFM y de TLS decrece hacia el final del período estudiado (mayo a octubre), tal y como muestra la Fig. 10.



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

La confluencia del flujo a mesoescala, independientemente de las causas locales que la originan, está íntimamente relacionada con los sistemas meteorológicos a escala sinóptica que influyen sobre la provincia y por tal situación se consideró necesario estudiar mensualmente los sistemas meteorológicos presentes durante los días con confluencia del flujo a mesoescala, a través de los mapas isobáricos de las 1200 UTC. De este análisis se obtuvo el resultado que se muestra en la tabla No. 3 donde se representan los sistemas meteorológicos estudiados por meses, así como el total de

días en que éstos influían de alguna manera sobre la región de estudio. En esta tabla se puede observar que los sistemas meteorológicos que con mayor frecuencia, por su orden, influyen durante los días con confluencia del flujo a mesoescala 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.

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	Suma de todos
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
Total	395	170	281	92	160	34	1132

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. Recientemente Benedico (1993), Pazos (1998) y otros, 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) plantea que el campo del viento a mesoescala en el territorio nacional, toma diversas configuraciones en dependencia del tipo de proceso sinóptico.

Según Carnesoltas (2002), desde su punto de vista y de manera general, la circulación local de la brisa de mar y tierra puede considerarse una perturbación del flujo a mayor escala.

Método sinóptico - estadístico para el pronóstico de 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
Promedio	35	15	25	8	14	3

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 estos, dentro del área de las localizaciones más frecuentes en los mapas elaborados al respecto y que más adelante abordaremos. Además para pronosticar esta situación de LCFM hay que tener en cuenta lo siguiente:

- 1)- Se utiliza el mapa de las 1200 UTC del día a pronosticar la confluencia del flujo a mesoescala.

2)- Si está el sistema meteorológico 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 de Camaguey hasta Sancti- Spíritus 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 queremos determinar hacia que parte del territorio se va a ubicar, podemos utilizar el método objetivo de temperaturas extremas de Fernández (1993) y conociendo en que estación se va a producir la temperatura más alta y la dirección del viento en los 1000 y/o 850 hpa podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. Si la temperatura más alta ocurrirá en la estación meteorológica Camilo Cienfuegos (78347) y el viento en 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 ($271^\circ - 360^\circ$ a $0^\circ - 89^\circ$) la LCFM se ubicará en las inmediaciones entre la parte centro y norte de la provincia. Con estas condiciones y según resultados del trabajo es casi seguro la ocurrencia de precipitaciones en la provincia e incluso la probabilidad de que ocurran precipitaciones superiores a 50 mm es de un 54 %.

2. Si la temperatura más alta ocurrirá en la estación meteorológica de Venezuela (78346) y el viento en 1000 y/o 850 hpa sopla del II ó III cuadrante (90° a 270°), la LCFM se ubicará en la parte central o en las inmediaciones entre esta y la parte norte (zonas del interior), mientras que si sopla del IV ó I cuadrante ($271^\circ - 360^\circ$ a $0^\circ - 89^\circ$) 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 en las inmediaciones entre esta y la parte central del territorio, mientras que si sopla del IV ó I cuadrante ($271^\circ - 360^\circ$ a $0^\circ - 89^\circ$) 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 de la región de estudio y en especial del Golfo de Ana María.

4. Sí 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 produzca la 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 y la otra se ubicará sobre la parte sur, mientras que si el viento sopla del IV ó I cuadrante ($271^{\circ} - 360^{\circ}$ a $0^{\circ} - 89^{\circ}$) en los niveles isobaricos 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 presenta 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 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 resulto 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 (NW) en agosto y octubre.
7. Cuando se presenta la LCFM se producen en un 22 % Tormentas Locales Severas en la provincia Ciego de Ávila.
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., 1982 : Discusión en torno a la Línea de Tormentas del 2 de Enero de 1978 en Varadero. Ciencias de la Tierra y el Espacio, No. 4, Academia de Ciencias de Cuba.
- Alfonso A.P., Bueno J., Fernández M., López J.R., Naranjo L., (1982): Las bajas frías superiores y las Tormentas Locales Severas en los trópicos: Análisis de caso 29-30 de Julio de 1981.
- Alfonso, A.P. y otros 1984: Guía preliminar para los pronósticos del tiempo. Dpto. Pronósticos Inst. Met. ACC, 188 pp.
- Alfonso A., 1985: Pronostico a corto plazo de las tormentas eléctricas en Ciudad de la Habana.
- 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
- Alfonso A.P., 1987: Climatología y pronóstico de las Tormentas Eléctricas Severas de Cuba. tesis para optar por el grado C.DR (En elaboración), INSMET, ACC, La Habana.
- Alfonso, A.P 1992: Descargas eléctricas en Cuba. Aspectos Meteorológicos. Revista Cubana de Meteorología, Volumen 5 No. 2: 99-105.
- Alfonso, A.P 1994: Climatología de la tormentas locales severas de Cuba, Editorial Academia, La Habana, 168 pp.
- Alvarez, R 1983: Las turbonadas en Cuba respecto a su localización geográfica por las precipitaciones. Ciencia de la Tierra y el espacio No.7: 111-116.

- 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.
- Carnesoltas, C., M., 1986: La circulación local de brisa en Cuba. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. La Habana. Depositado en biblioteca, 96 pp.
- Carnesoltas, C., M., 2002: La Circulación Local de Brisa de Mar y Tierra. Conceptos fundamentales. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 9, Núm. 1, pp. 39 – 60.
- Conrad, V., 1928: Beobachtungen über den Seewinden einen flacha Sandstrand. Ann. Hydrogr., Berlin, 56, 1-3.
- Defant, F., 1950: Theorie der Land - und Seewinde. Arch. Meteor. Geophys. Biokl., 2 (A): pp. 404 - 425.
- Donn, W. L., Milic P. and Brillant R., 1956: Gravity Waves and the Tropical Sea Breeze. J. Meteor., 13, 356 - 361.
- Estoque, M. A., 1962: The sea - breeze as function of the prevailing sinoptic situation. J. Atm. Sci. Vol. 19, pp. 244 - 250.
- Fernández, A. y Pazos, A., C., 1998: Pronóstico trihorario del viento en la provincia de Ciego de Ávila. Editorial Academia. La Habana. 33 pp.
- Holton, J., 1990: Introducción a la Meteorología Dinámica. Instituto Nacional de Meteorología. Prensa Hispanoamericana. Madrid, 2da. Edición traducida al español. 423 pp.
- Holle L. Román; López Raúl E. Abril 1998: Los rayos sus efectos y la seguridad frente a ellos. Boletín OMM. Vol. 47 No. 2
- Mukabana, J. and Pielke, R. A., 1995: Investigating the influence of Synoptic – Scale Monsoonal Winds and Meso-scale Circulations on Diurnal Weather Patterns over Kenya Using a Meso-scale Numerical Model. M. W. R. Vol. 124, pp. 224 –

243.

Neumann, J. 1984: The Coriolis Force in Relation to the Sea and Land Breezes-A Historical Note. Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 65, No. 1, 24 – 26.

OMM, 1992: Vocabulario Meteorológico Internacional.. OMM / No.182, Secretaría de la OMM, Segunda Edición, ISBN92-63-02182-1.

Orlanski, A.,1975: A rational subdivision of scales for atmospheric processes. Bull. AM. Met. Soc. Vol. 56, No.1, pp. 527 - 530.

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.

Riosalido R.,1991 : Caracterización, mediante imágenes de satélite, de los sistemas convectivos de la mesoescala durante la campaña previmet, mediterráneo- 89. Revista "La meteorología en el mundo Iberoamericano". (Octubre-Diciembre 1991. # 6).

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

Rivero r., 1981: Baja fría superior, la corriente del norte y su relación con las Tormentas Severas Locales en Cuba. Boletín Científico-Técnico # 7, 8 y 9. Oficina territorial del INSMET, Camaguey.

Rivero R., 1985: Climatología sinóptica de las Tormentas Severas Locales en Camaguey y Ciego de Ávila. Revista aportes, serie pronósticos del tiempo # 1, INSMET, ACC .

Wexler, R., 1946: Theory and observations of land and sea Breezes. Bull. Am. Meteor. Soc. 27, 272-287.