

## ESTUDIO DE LAS ZONAS MÁS FAVORABLES PARA EL DESARROLLO DE TORMENTAS EN LA MESETA MERIDIONAL

Darío CANO ESPADAS\*, Beatriz TÉLLEZ JURADO\*, Ignacio PALACIO GARCÍA\* y  
Patricia ARIAS CAREAGA\*\*

\*CMT de Madrid y Castilla la Mancha \*\* UAM. Departamento de Geografía

### RESUMEN

Se estudian situaciones convectivas de verano en la Meseta Meridional, aplicando modelos conceptuales de mesoescala a las peculiaridades orográficas de la región. Se plantea un mecanismo productor/regenerador de tormentas en éste área. Quedan en evidencia las zonas más favorables para la ocurrencia y activación de las tormentas y los momentos del día preferentes. Estos resultados no son desmentidos por la climatología de observaciones convencionales.

Se propone la posibilidad de hacer análisis de datos climatológicos aplicando los modelos conceptuales meteorológicos de mesoescala como herramienta.

**Palabras clave:** Mesoescala, convección, Meseta Meridional, modelos conceptuales.

### ABSTRACT

*There are convective situations of the summer being studied in the Meridian Plateau, applying mesoscale models to the peculiarity of the orographic region. A machinery producer/regenerator of storms is planned in this area. The most favorite zones are still in evidence for the occurrence and activation of the storms and the moments of the day preferred. This results are not to sure because of the conventional observations of the climatology.*

*The proposed possibility to do and analysis of climatology information applying the conceptual meteorological models of mesoscale as a tool.*

**Key words:** Mesoscale, convection, Meridian Plateau, conceptual models.

### 1. INTRODUCCIÓN

Presentando un tipo de situaciones convectivas muy comunes en la meteorología peninsular, se pretende desentrañar los mecanismos de disparo de tormentas en la meseta meridional. La búsqueda de éstas zonas de convergencia se realiza mediante modelos mesoescalares regionalizados, pudiendo ser finalmente confirmados y/o apoyados mediante los estudios y análisis climatológicos.

Partimos del hecho que el mejor aporte a los métodos objetivos de análisis, es la utilización de modelos conceptuales; dado que el análisis subjetivo permite separar mentalmente perturbaciones de escala diferente, utilizando estructuras distintas para cada área.

El trabajo se centra en aspectos dinámicos, suponiendo siempre que se dan las condiciones necesarias de inestabilidad termodinámica. El procedimiento va desde el diagnóstico MESO-ALFA (Península Ibérica) de todos los niveles a partir de modelos numéricos, (CEPPM/HIRLAM), y sobre todo con imágenes de satélite, hasta el diagnóstico MESO-BETA (Meseta Meridional) de los niveles bajos, apoyado en los datos de tierra e imágenes de radar.

Los modelos conceptuales que utilizamos pretenden llevar la aproximación hidrostática a las últimas consecuencias. Son, en principio, hidrostáticos, aunque no se desprecian las corrientes ascendentes, por lo que podemos hablar de ageostróficos (JANSÁ, 1990)

Para que se produzca convección son necesarios dos requisitos: inestabilidad termodinámica y mecanismos de disparo. Los mecanismos de disparo pueden, a su vez, ser de carácter térmico si se alcanza la temperatura de disparo, o dinámico (perturbaciones en los niveles altos/medios y/o convergencia de vientos en superficie). Los mecanismos de disparo están determinados por la orografía, de forma muy directa con las áreas de convergencia en tierra y algo más complicado con las perturbaciones altas.

Una característica muy común de las situaciones convectivas en la meseta meridional es la presencia en la región de los vientos de levante.

## **2. SITUACIONES DE LEVANTE**

Los estudios climatológicos del sondeo de Barajas para los días con convección (ELVIRA *et al.*, 1993) muestran que las situaciones con viento del suroeste en los niveles medios-altos y con viento de levante en los niveles bajos son las más comunes.

### **2.1. Caracterización Sinóptica**

La situación sinóptica favorable para la entrada en la región de los vientos de levante es, lógicamente, la presencia de bajas presiones sobre el oeste peninsular, sobre todo en el Golfo de Cádiz.

Una situación muy típica es pues la de encontrarnos en la parte ascendente de una vaguada con chorros del suroeste apuntando a la Península y un frente o frontera en interacción con la orografía.

### **2.2. Caracterización MESO-ALFA. La Península Ibérica**

Para describir la situación en la Escala MESO-ALFA aplicamos tres modelos conceptuales:

#### **2.2.a. El Modelo Conceptual de DANA (Depresión Aislada de Niveles Altos)**

Se trata de un embolsamiento frío en los niveles medios delimitado por dos dorsales de estrangulamiento. En la parte ascendente, en el borde de ataque de la DANA, se generan mesovórtices en el punto de inflexión entre la baja y la dorsal de estrangulamiento.

En la Fig. 1 se puede apreciar (BADER *et al.*, 1995) la formación de la baja al oeste de la Península. Pueden observarse las tormentas provocadas sobre el este de la meseta meridional, parte del

Sistema Ibérico y Cuenca del Ebro. Sobre la imagen se hace un diagnóstico de niveles altos. Se señalan con flechas los máximos de viento, con aspas los vórtices mesoescalares y con un aspa inscrita en una circunferencia el vórtice sinóptico en forma de DANA. Con líneas quebradas las dorsales y con línea discontinua la vaguada móvil.

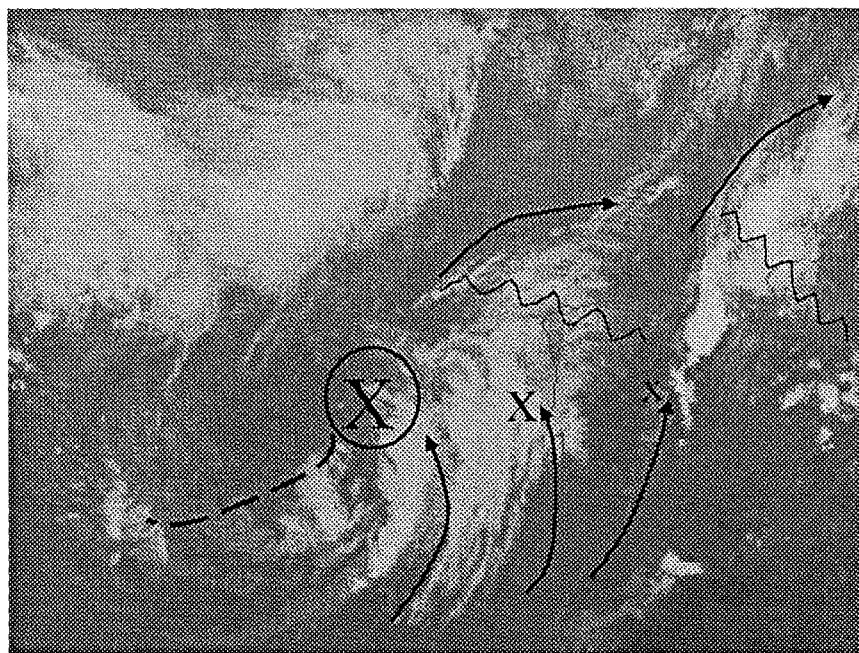


Fig. 1: Formación de una baja al W de la Península Ibérica.

#### 2.2.b. El Modelo Conceptual de BTP (Baja Térmica Penínular)

Como la Península Ibérica queda en la zona de dorsal, es común la formación de una BTP en tierra fruto del calentamiento diferencial. El centro de esta baja se sitúa en las tierras altas durante el día y por la noche sobre las tierras bajas de Andalucía. La BTP atrae hacia el interior tanto los vientos de levante como los ábregos.

#### 2.2.c. El Modelo Conceptual de Dipolo Orográfico

En esta escala hemos de considerar toda la Península como un sólo obstáculo a los vientos del suroeste. El aire se ve obligado a bordearla, convergiendo de nuevo en el Mediterráneo Occidental, a sotavento. Esta baja mesoescalar del Mediterráneo puede dirigir los vientos de levante hacia el interior peninsular. La presencia de la BTP en el interior, se suma a este efecto atractor de los levantes.

En la Fig. 2 se diagnostican los niveles medios-bajos. Se han dibujado los sistemas frontales, el flujo de aire de niveles bajos, formando el dipolo meso-alfa, y la BTP en el interior Peninsular.

Entran en juego tres masas de aire (CANO *et al.*, 2000) bien diferenciadas :

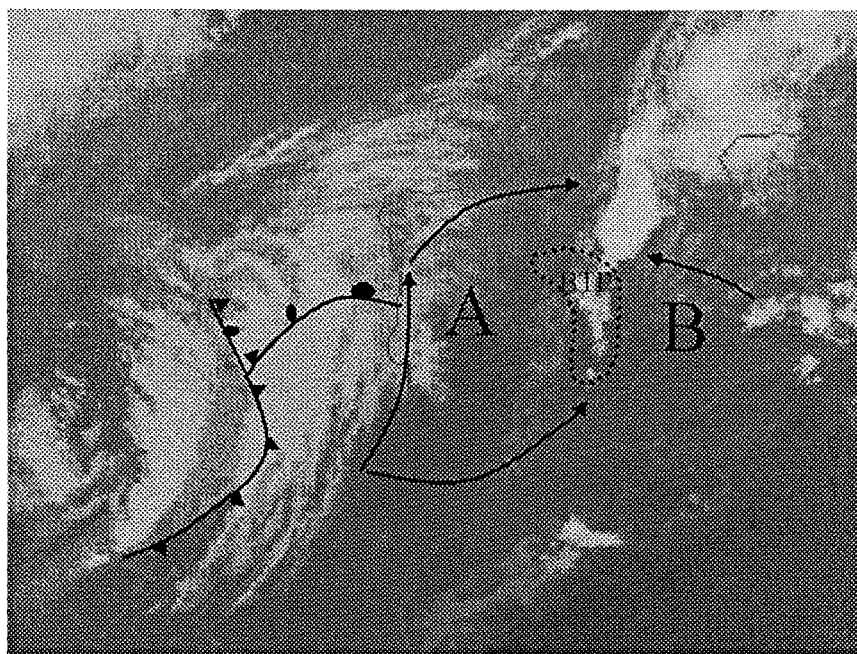


Fig. 2: Ejemplo de dipolo orográfico.

- a.- Una atlántica fresca advectada desde el oeste.
- b.- Otra mediterránea cálida proveniente del este.
- c.- Y una tercera masa seca característica, generada en el interior peninsular y norte de Marruecos organizada según el modelo conceptual de Baja Térmica Peninsular.

Estas tres masas convergen en el interior de la Península, provocando bruscas variaciones de humedad y disparando la convección, precisamente en las zonas de convergencia que posteriormente pretenden delimitarse en la escala meso-beta.

Resumiendo, tenemos dos perturbaciones mesoescales de la vorticidad potencial (PV) que están en ciclogénesis (HALTNER, 1957):

- 1.-Una en niveles medios y altos, en el punto de inflexión donde se frenan los vientos: Mesovórtice.
- 2.-Una segunda anomalía en los niveles bajos, desplazada hacia el este con respecto a la de altura, en la que se suman dos mecanismos: la baja del dipolo en el Mediterráneo y la BTP en el interior.

### 2.3. Caracterización MESO-BETA. La Meseta Meridional

Para el análisis de la meso-beta se han tenido en cuenta tres modelos conceptuales (AGUADO *et al.*, 1998):

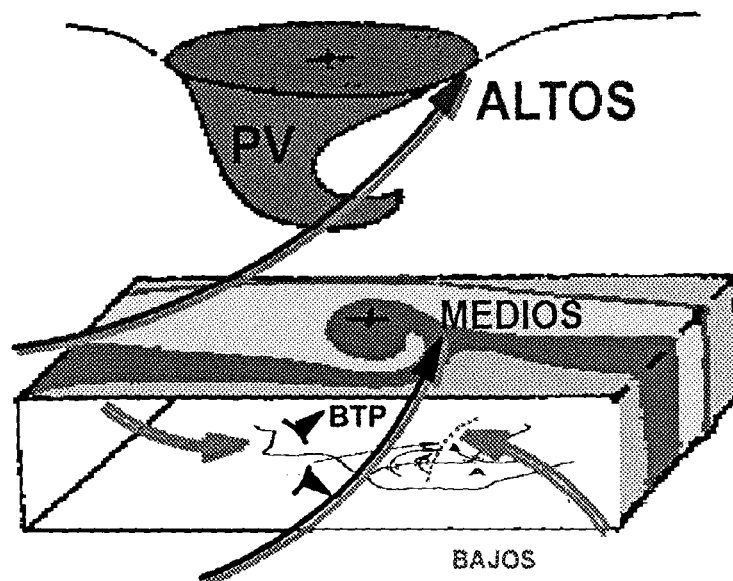


Fig 3: Modelo conceptual resumen de los mecanismos que entran en juego. En superficie se ha señalado la BTP y la entrada de los ábregos se anuncia con un frente frío.

- el de dipolo orográfico,
- el de brisas de montaña (que es la visión meso-b de la BTP) y
- el modelo de Fujita para las tormentas (ya que una vez empezadas perturban el estado inicial).

#### 2.3.a. El dipolo en la región

Para la aplicación del modelo de dipolo en esta escala (GENOVÉS *et al.*, 1996), consideraremos sólo el caso de los vientos de levante soplando contra el Sistema Ibérico. El aire bordea la Serranía de Cuenca y se introduce en el interior principalmente por dos portillos, uno al Norte de Guadalajara (Sigüenza) y otro al Sur de Cuenca (Almansa y Hellín). A sotavento del Sistema Ibérico quedan bajas presiones. Esta zona de bajas presiones, a su vez, atrae y reorganiza los vientos del suroeste procedentes del Atlántico, reafirmando la convergencia de los ábregos con los levantes.

Esta zona de convergencia la situamos desde Albacete a Sigüenza pasando por Alcázar de San Juan y, a veces, Madrid.

#### 2.3.b. Brisas de montaña

Las brisas son la consecuencia de disminuir la escala en el modelo de BTP (CANO *et al.*, 1996). Las cumbres montañosas tienen un calentamiento diferencial más acusado que las tierras bajas, por lo que se convierten en los centros atractores del aire durante el día y repulsores durante la noche. Este juego de vientos anabáticos y catabáticos modula las áreas de convergencia, que se sitúan en los valles durante el drenaje y en las cumbres durante la insolación (CANO *et al.*, 1998).

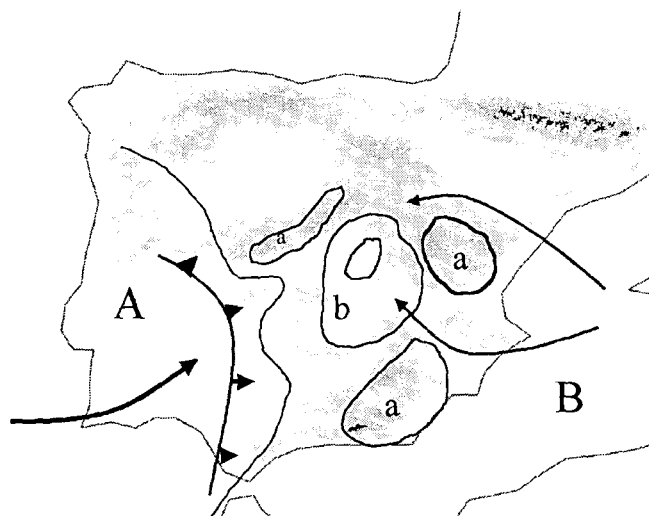


Fig. 4: Estructura dipolar en tierra causada por los vientos de levante (CANO *et al.*, 1997). Con letras mayúsculas se representa el dipolo meso-alfa producido por el flujo de suroeste contra la Península Ibérica. Con letras minúsculas representamos los dipolos en superficie producidos por los vientos de sureste en tierra contra el Sistema Ibérico. Las bajas presiones a sotavento del Sistema Ibérico quedan reforzadas con el dipolo de los Montes de Toledo si además han llegado ya los vientos ábregos.

Durante el día (fig. 5) el área de convergencia se sitúa en las cumbres. La brisa diurna favorece la entrada de los vientos de levante por los portillos de Almansa y Hellín, creando una zona de convergencia brisa-levante-suroeste por las tierras del Alto Tajo hasta Molina.

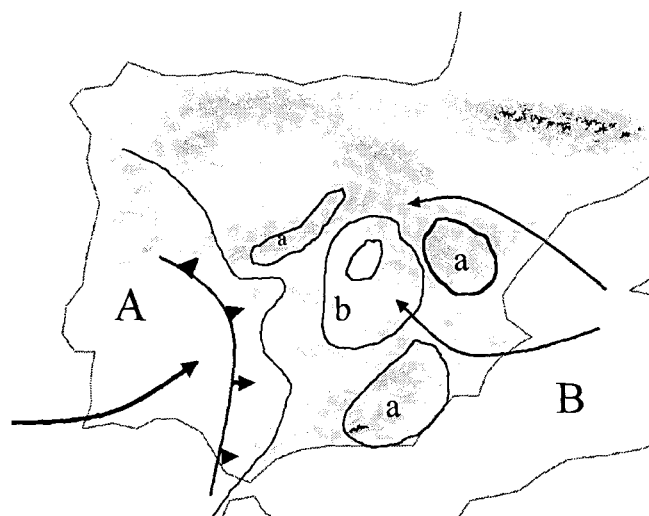


Fig. 5: Brisas de montaña durante el día (con flechas gruesas). Con flechas delgadas se indica la circulación meso-alfa gobernada por la BTP, que a estas horas se centra sobre las tierras más altas, favoreciendo la entrada de los levantes y de los ábregos en la región.

Por la noche (fig. 5), en el drenaje catabático, la convergencia se sitúa en los valles. La entrada mediterránea más favorecida es la del portillo de Sigüenza. Las zonas de convergencia se desplazan hacia el valle del Tajo.

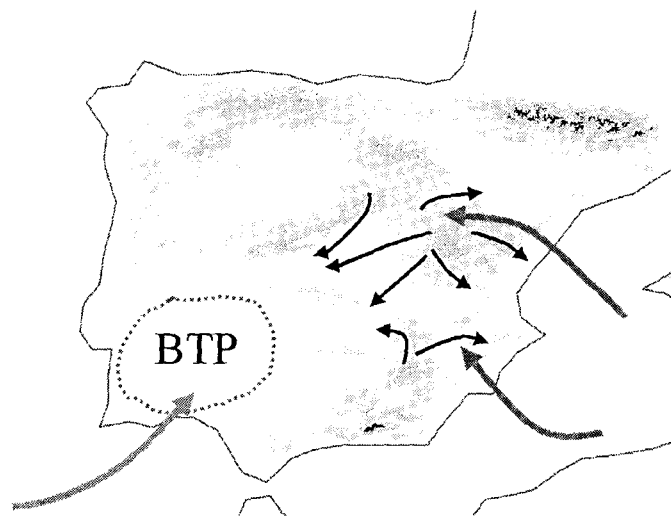


Fig. 6: Brisas de montaña durante la noche (con flechas negras). Con flechas grises se representan los levantes y ábregos en torno a la BTP.

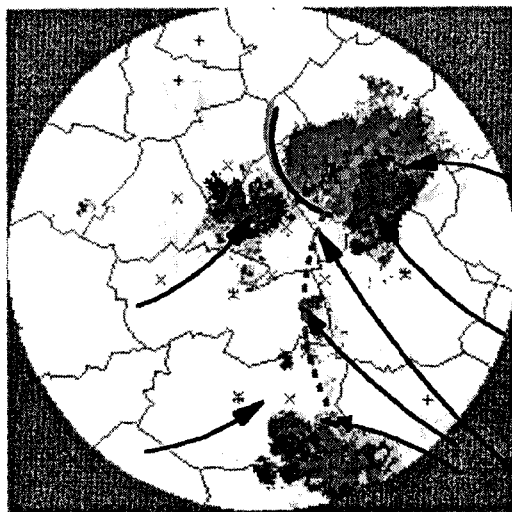


Fig. 7: Ecotop de radar de Madrid a las 21 horas del día 24 de junio de 1998. Las flechas representan las líneas de corriente. La Línea continua es un microfrente de racha de origen convectivo que provoca nuevas tormentas en la capital. La línea discontinua representa la zona de convergencia, donde los levantes convergen con los vientos de poniente que pueden provenir de la brisa o del Atlántico o la suma de ambos, ya que también la brisa favorece la entrada de los ábregos. Se han usado los tres modelos conceptuales de meso-b.

### 2.3.c.-El modelo de Fujita

El modelo de Fujita indica que, una vez comenzada la tormenta, la zona afectada por la precipitación sufre un enfriamiento en los niveles bajos que se traduce en un aumento de presión. El borde de esta zona fría se convierte en un microfrente que avanza o se mantiene contra el flujo general de suroeste. A sotavento, lo que queda es una depresión. Si lo que se trata es un conglomerado de células de orden superior (JANSÁ, 1990) podemos considerar el mismo esquema con un microfrente único suma de todos los que bordean las masas frías y un vórtice mesoescalar a sotavento.

Un hecho bastante común es la aparición de las primeras tormentas en la Serranía de Cuenca. A medida que transcurre la tarde, el aire frío de la tormenta por un lado, y el flujo catabático de la brisa por otro, hacen que la convección se desarrolle hacia el interior de Guadalajara, llegando en muchas ocasiones hasta Madrid. (CANO *et al.*, 1999).

Resumiendo las principales zonas de convergencia en el siguiente esquema (Fig. 8):

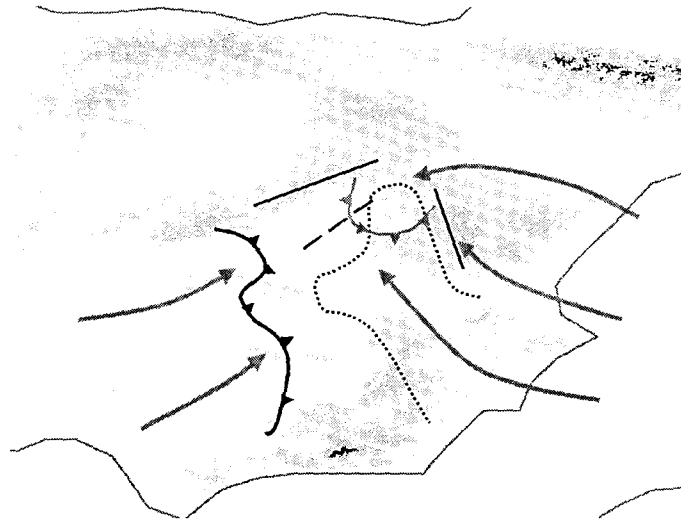


Fig. 8: Esquema de las principales zonas de convergencia relacionadas con el desarrollo de tormentas en la Meseta meridional.

Las brisas convergen de día en las tierras altas (línea continua) y durante la noche en los valles del Tajo (línea discontinua). Los levantes convergen en la línea de puntos. Se ha señalado el frente de los ábregos que también vendrá a converger en estas zonas y que, aunque traiga tormentas a su paso, son más móviles y por tanto no cabe esperar mucha señal en la climatología. El frente frío de color gris señala la convergencia hacia el interior de los valles del Tajo motivada por los microfrentes de racha de las tormentas que aparecieron en las cumbres durante el día.

### 3. CLIMATOLOGÍA DE TORMENTAS ESTIVALES EN LA MESETA MERIDIONAL

El estudio climatológico realizado tiene como objeto determinar la frecuencia de tormentas en los meses de junio, julio y agosto, según los datos proporcionados por las fichas climatológicas de los observatorios.

El proceso seguido consta de dos partes:

- Configuración de la base de datos y
- Elaboración de mapas.

### 3.1. Configuración de la base de datos.

Se ha sacado de la base de datos del INM, el número de tormentas mensuales anotadas en las fichas climatológicas de los observatorios situados dentro de las provincias de Madrid, Guadalajara, Toledo, Cuenca, Ciudad Real y Albacete, durante un periodo de observación que abarca desde 1950 hasta 1998. Los datos en formato texto se han recuperado y transformado para poder ser tratados numéricamente. Una vez estructurada la base de datos se han rechazado todos aquellos observatorios que no superan los 10 años de observación.

También se han eliminado del análisis aquellas series que contienen el número cero en lugar de “blancos” como “no dato”, debido a la fuerte influencia que producen en el posterior análisis de las medias mensuales y/o totales (EBDON, 1982). Este proceso implica visualizar todas las series (ejemplo en Tabla 1) para comprobar cuándo los ceros son claramente una indicación de que “no se ha realizado observación ninguna”, y no una ausencia real de tormentas. El rechazo de estas series implica una disminución de casos de la matriz final, pero nunca una modificación de ellos, y a la vez introduce un mayor grado de confianza en los resultados obtenidos en el estudio de tormentas anteriores (FONT TULLOT, 1983).

En el caso del ejemplo de la tabla 1, hasta 1972 la recogida de datos sobre tormentas fue deficiente o nula, como lo indica la cantidad de ceros existentes. En este caso no se tomaría en cuenta desde el año 1951 hasta 1972 inclusive.

Tabla 1: EJEMPLO DE REGISTRO DE LA FRECUENCIA ABSOLUTA DE TORMENTAS

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1951 .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1952 .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1953 .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1954 .....	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0
1955 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1964 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1965 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1967 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1969 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1972 .....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988 .....	0	0	0	0	1	6	1	2	1	0	0	0
1989 .....	0	0	0	1	5	4	4	1	1	0	0	0
1990 .....	0	0	1	0	2	1	3	2	3	0	0	0
1991 .....	0	0	0	2	1	1	3	1	3	0	0	0
1992 .....	0	0	0	0	3	0	3	4	1	0	0	0
1993 .....	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	-	-
1994 .....	0	0	0	0	0	-	1	-	2	1	0	0

### 3.2. Elaboración de mapas.

Una vez definida y establecida la base de datos, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) se ha hallado la media mensual de los meses de junio, julio y agosto para cada observatorio. El resultado (fig. 9) se muestra sobre un mapa en el cual se han interpolado los valores individuales de cada observatorio mediante el método del Inverso de la Distancia (con 508 puntos u observatorios repartidos entre las 6 provincias), aplicando un peso de 1.0 para eliminar el efecto de "ojos de buey" (ESRI, 1998).

La leyenda se ha creado mediante quince intervalos de igual rango desde 0.6 hasta 5.6 tormentas, por ser en estos niveles donde se consigue obtener una definición aceptable de las áreas. Sin embargo, en el mapa actual se han unido intervalos hasta un número de seis para una mejor visualización impresa en tonos de grises, lo que impide que los intervalos sean regulares. La diferencia entre ambos mapas no es casi apreciable a la escala impresa.

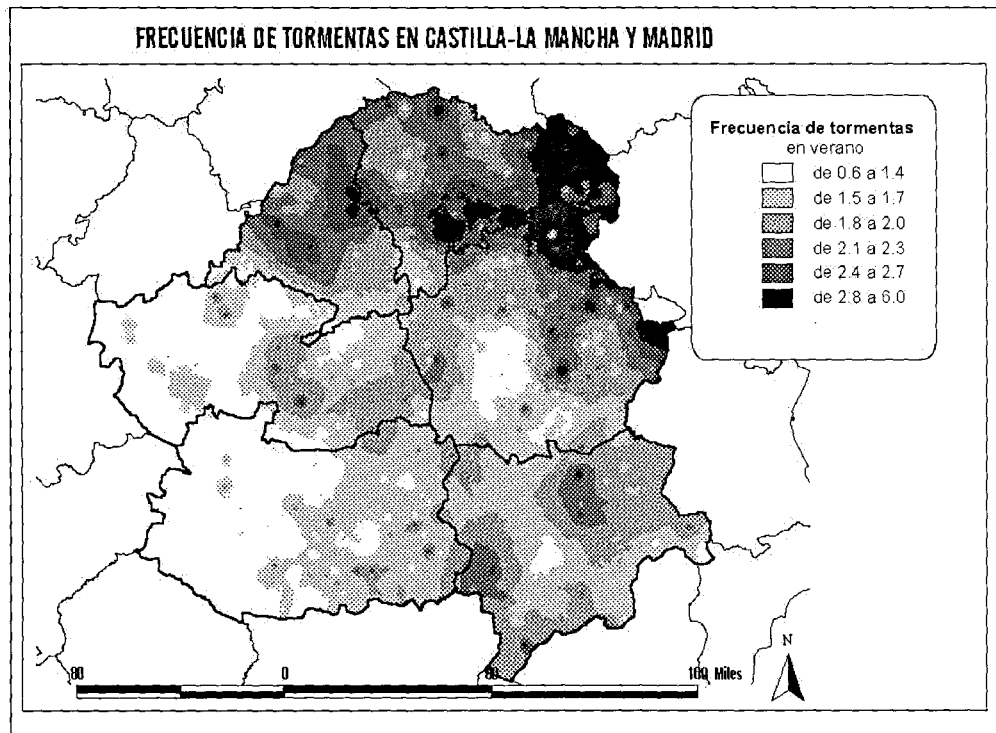


Fig. 9: Frecuencia de tormentas en verano en Castilla-La Mancha y Madrid.

El mapa muestra las zonas de máxima frecuencia de tormentas en verano y permite observar la distribución espacial de la frecuencia de tormentas en la meseta meridional.

La zona de máximos de frecuencia de tormentas, con una media que oscila entre 3 y 6 tormentas en verano, forma un conjunto bastante homogéneo, distribuido principalmente por el norte y

noreste de la meseta meridional, que destaca también por tener las cotas más elevadas de la meseta. Destaca un máximo que recorre el Sistema Ibérico desde las Parameras de Molina (1517 m de altura máxima) pasando por los Montes de Mormejar hasta la Sierra de Tragacete (1700 m) con dirección Norte-Sur; del que saldría, a la altura de Mormejar, un apéndice hacía el pantano de Entrepeñas (740 m). Posteriormente sobresaliendo también por su alta frecuencia de tormentas (en torno a 2 y 3) aunque en grado menor que los anteriores, destacan la Sierra de Ayllón (2262 m) y Sierra de Guadarrama (2430 m), la rampa que va desde Madrid hasta la Sierra, la zona de Torrelaguna y El Molar, el pasillo creado desde Soria hasta Guadalajara a la altura de Sigüenza y por último la Serranía de Cuenca (1350 m).

Las mínimas frecuencias se encuentran al oeste de la meseta, principalmente en la mitad oeste tanto de la provincia de Toledo como de la de Ciudad Real, situándose por las cotas más bajas de toda la meseta. Cabe destacar también un núcleo de poca frecuencia en el centro de la provincia de Cuenca desde el Puerto de Cabrejas (1150 m) hasta el embalse de Alarcón.

Por último, hay que destacar la existencia de núcleos dispersos que pueden llegar a tener una frecuencia de 2 tormentas al verano. Alguno de ellos como la Sierra de Alcaraz (1798 m.) puede destacar por su realce orográfico, si bien otros se encuentran en zonas llanas o depresiones fluviales: Albacete ciudad, Socuéllamos, Toledo y Orgaz, y una franja ancha que iría desde la Sierra de Altomira (1180 m) pasando por Quintanar de la Orden hasta Alcazar de San Juan.

#### 4. CONCLUSIONES

Los métodos de trabajo propuestos en esta investigación, mediante el uso de modelos conceptuales meteorológicos y análisis climáticos como partes complementarias y de apoyo mutuo en el estudio, resultan coherentes para dar respuesta a cuáles son las zonas más favorables para el desarrollo de tormentas en la meseta meridional.

Por una parte se ha planteado el comportamiento de los modelos a diferentes escalas (meso- $\alpha$  y meso- $\beta$ ) y cuáles son supuestamente los resultados de la interacción entre brisas, levantes, ábregos y ciclos diurnos-nocturnos sobre el terreno físico de la meseta meridional, la cual añade por su propia fisonomía la existencia de dipolos orográficos. El resultado es una estimación sobre las posibles líneas de convergencia teóricas, tanto diurnas como nocturnas, causantes de favorecer el desarrollo de tormentas.

El estudio climatológico llevado a cabo es capaz de mostrar geográficamente las zonas de máximos de frecuencia de tormenta, ofreciendo un perfil de las posibles líneas de convergencia propuestas en el estudio meteorológico.

Ambos resultados son presentados en esta conclusión, quedando expuestas a posibles críticas las líneas de convergencia presentadas:

- La localización de los máximos de frecuencia encaja perfectamente con el área donde convergen los vientos del levante, las brisas y los ábregos.
- La convergencia en el interior de los Valles del Tajo son más favorables a primeras horas de la noche, cuando drenan los catabáticos y pueden penetrar los microfrentes de racha. Por el contrario,

la convergencia en las cumbres es más favorable durante el día. El modelo meteorológico propone una climatología que diferencia las horas de ocurrencia de las tormentas.

- Las líneas de convergencia quedan determinadas por los vientos regionales y la disposición orográfica.

Las zonas de convergencia en el interior de la meseta meridional detectadas a partir de modelos conceptuales meteorológicos son validadas y perfiladas con más exactitud por los análisis climatológicos.

## 5. REFERENCIAS

AGUADO, F., CANO, D. y TELLEZ, B. (1998): "Mesoescala y contaminación por ozono en Madrid". En F. Fernández *et al.* (edit.), "Clima y ambiente urbano en las ciudades ibéricas e iberoamericanas", Madrid, Ed. Parteluz.

BADER, M.J., FORBES, J.R. *et al.* (1995): "Images in weather forecasting". *Joint Centre for Mesoscale meteorology*, Univ. of Reading, U.K., pp.213-286.

CANO, D. y PALACIOS, J.I. (1997): "Influencia de la ciclogénesis mediterránea en el tiempo de la meseta meridional". *INM-WMO International Symposium on Cyclones and Hazardous Weather in the Mediterranean*. Ed. Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente, pp 557-560.

CANO, D., PALACIOS, J.I. y SÁNCHEZ, T (1996): "Estudio mesoescalar de dos situaciones convectivas en la meseta Meridional". *IV Simposio Nacional de Predicción*, Ed. Ministerio de Medio Ambiente, pp 69-75.

CANO, D., PALACIOS, J.I., TÉLLEZ, B. y CASADO, J. (1998): "Estudio de Brisas de montaña en la Meseta Meridional", Intranet del INM.

CANO, D., PALACIOS, J.I. y TÉLLEZ, B. (1999): "Los levantes en la Meseta Sur". *I Seminario de convección*, Intranet del INM.

CANO, D., PALACIOS, J.I. y TÉLLEZ, B. (2000): "La pluma". *II Seminario de convección*, Intranet del INM.

EBDON, D. (1982): "Estadística para geógrafos". Oikos-tau, Barcelona, 348 pp.

ELVIÑA, B., ESTEBAN, L. y MARTÍN, F (1995): "Caracterización de la convección estival en la zona centro". *Campaña 1993*, Nota Técnica STAP, nº 21, INM

ESRI (1998): "ArcView 3.2 User's Guide".

FONT TULLOT, I. (1983): "Atlas climático de España". INM.

GENOVES, A. y JANSÁ, A. (1996): "Dipolo orográfico. Consideraciones a partir de las observaciones PIREX". *III Simposio Nacional de Predicción*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 555-561.

HALTINER, J. y MARTÍN, L. (1957): "Meteorología dinámica y física". INM.

JANSÁ, A. (1990): "Técnicas de análisis mesoescalar". INM.