

12.º 13.467
CB 1003317

Sig M58.1 = 60

AREA DE PREDICCIÓN

SERVICIO DE TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y
PREDICCIÓN

EDICIÓN
1-Diciembre-1993

NOTA TÉCNICA Nº 13

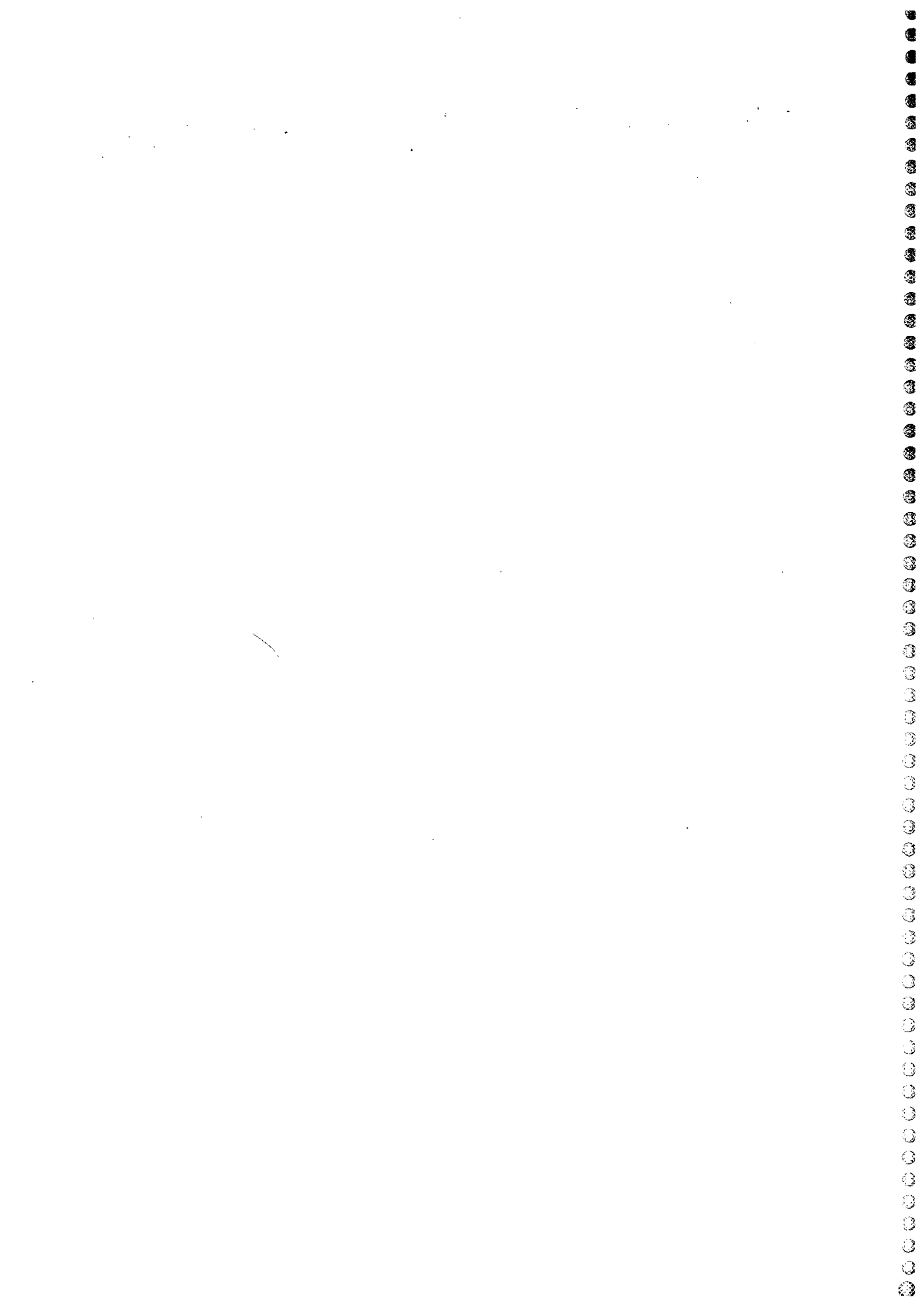
REVISIÓN
-0-

**CARACTERIZACIÓN DE LA
CONVECCIÓN ESTIVAL
EN LA ZONA CENTRO.**

CAMPAÑA 1992

*Francisco Martín León
Lucía de Esteban Jódar
Ricardo Riosalido Alonso*

**INSTITUTO NACIONAL METEOROLOGÍA
Subdirección General de Predicción y Vigilancia**



NOTA TECNICA CAMPAÑA DE TORMENTAS 1992 DE LA ZONA CENTRO

1.- Introducción

1.1 .- Bases de Datos.

1.2.- Operatividad diaria del STAP.

2.- Bases de datos.

2.1.- Clasificación sinóptica de situaciones.

2.2.- Parámetros objetivos derivados del análisis del LAM.

2.3.- Información subjetiva obtenida del radar de Madrid.

2.4.- Base de datos del sondeo de Madrid.

2.5 .- Información del satélite.

3.- Análisis de las bases de datos.

3.1.- Clasificación de días convectivos.

3.2.- Clasificación sinóptica.

3.3.- Caracterización radar.

3.4.- Sondeo.

3.5.- Caracterización satélite

4.- Caracterización de predictores de la convección.

4.1.- Convección de Masa de Aire.

4.2.- Convección por Forzamiento Sinóptico.

4.3.- Conclusiones.

5.- Conclusiones Operativas.

5.1.- Conclusiones de la Campaña 92.

5.2.- Consideraciones generales de cara a la predicción de la convección en la Zona Centro.

1. INTRODUCCION.

1.1.- Bases de Datos.

1.2.- Operatividad diaria del STAP.



1.- INTRODUCCION.

La predicción de convección en general, y de tormentas en particular, es una de las principales actividades de la predicción operativa durante los meses estivales. Durante los últimos años, en las Reuniones Técnicas y Operativas de Predicción (RETEOP) se ha venido proponiendo cierta sistematización de la predicción estival de tormentas mediante la introducción en la operatividad de "check-list" donde se recogían los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la elaboración de estas predicciones. Estas "check-list" eran, forzosamente de tipo general, y desde el principio se insistió en su adaptación regional, dado que el tipo de fenómeno con el que nos enfrentamos (preferentemente tormentas de masa de aire estivales), tiene una componente regional muy acusada.

Para la adaptación regional de estas "guías de predicción" es obvio que resulta necesario conocer en profundidad el fenómeno en cuestión, especialmente, sus particularidades regionales. Así pues, es necesario previamente desarrollar estudios enfocados a la caracterización regional del fenómeno meteorológico de que se trate.

Durante la campaña de 1992, el STAP ha intentado llevar a cabo estas ideas iniciando un estudio de caracterización de las tormentas de verano en un área geográfica determinada (la zona central de la península Ibérica). Esta caracterización pretende, en principio, ser lo más completa posible, incluyendo tanto aspectos sinópticos (catálogo de situaciones típicas), como mesoescalares (estructuras radar), eléctricos (rayos) y termodinámicos (sondeos). EL objetivo final es la elaboración de modelos conceptuales de tormentas en la Zona Centro que sirvan de base o apoyo para la adaptación y/o desarrollo regional de técnicas de predicción a corto plazo para esta zona geográfica concreta, así como ir recopilando información que permita esto mismo dentro del muy corto plazo.

Es evidente, que este objetivo no se puede alcanzar con los datos de una única campaña, serían necesarias varias de ellas para alcanzar conclusiones válidas de tipo general, no obstante, nos ha parecido adecuado presentar, más que los resultados parciales, el trabajo desarrollado y la metodología empleada, por si éstos fueran de utilidad para trabajos similares que se están realizando en diferentes GPVs.

1.1.- BASES DE DATOS.

Es evidente que para la realización de este trabajo, o de cualquier otro trabajo que pretenda la caracterización de un fenómeno meteorológico, es imprescindible contar con una base de datos lo más completa posible. Desafortunadamente éste no es nuestro caso, pues tan solo se dispone de algunos archivos parciales que no incluyen la totalidad de los datos necesarios. Así sólo disponemos de archivo sistemático de los análisis objetivos del LAM-INM y de las observaciones sinópticas y aerológicas, ambos archivos accesibles y susceptibles de ser tratados mediante el SAIDAS.

Respecto a los datos radar, no se ha dispuesto de archivo digital ni de posibilidad de uso cuantitativo de los datos, pero dada la importancia que para el tema de tormentas y de convección en general tiene este tipo de información, se decidió generar una base de datos subjetiva a partir de la visualización de las imágenes del radar de Madrid (en apartados posteriores se explicará con detalle la metodología empleada). Esta base de datos es subjetiva e incompleta, por lo que tan solo se le puede dar una validez relativa. Es necesario reseñar que, hasta que no se disponga de un archivo adecuado de datos radar y la posibilidad de su explotación cuantitativa, no será posible abordar, de manera rigurosa, el objetivo de la caracterización de tormentas.

Tampoco se ha podido disponer durante esta Campaña de los datos de rayos proporcionados por la nueva red de detección del INM, datos que consideramos fundamentales para este tipo de estudios y que esperamos poder disponer en posteriores campañas.

En definitiva, el principal problema que se encuentra a la hora de abordar este tipo de estudios es el de disponer de las bases de datos adecuadas. El objetivo primordial que se fijó el STAP durante esta campaña fué el de la generación de una base de datos que sirviese para la realización del estudio, base de datos que en algunos aspectos ha tenido que ser subjetiva, lo cual introduce un segundo problema referido a esta subjetividad introducida por las personas que la generaba sobre todo en apartados difícilmente cuantificables. En el apartado 1.2 se presenta la operación diaria realizada en el STAP durante estos meses y en puntos posteriores se describen las bases de datos generadas y los resultados del análisis de estas.

Hay que hacer notar que, durante esta Campaña, empleamos el término de "tormenta" en vez de convección sin tener en cuenta si existió o no rayos en la zona de interés, cuando estrictamente deberíamos emplear el segundo.

Nota: Todas las figuras van referidas al apartado donde se encuentran.

1.2.- OPERATIVIDAD DIARIA EN EL STAP.

Durante la Campaña 1992 de Tormentas, se estableció un turno semanal entre los miembros del STAP de manera que, cada día (de lunes a viernes), hubiese una persona dedicada por completo al tema de tormentas. Puesto que el objetivo principal de la campaña no era la predicción de tormentas, sino su caracterización, la operación diaria variaba en función de si el día (o fin de semana) anterior se había registrado convección o no. En consecuencia, la primera misión consistía en revisar los datos disponibles del día (o fin de semana) anterior (imágenes de satélite, radar, sinops etc) para determinar si se desarrolló o no convección.

Si no se registró convección, el trabajo consistió en realizar una predicción de tormentas para el día, lo cual incluía:

- 1) Reanálisis y diagnosis detallada con el análisis objetivo del LAM-INM de las 00z junto con imágenes de satélite (IR y WV).
- 2) Análisis de los sondeos de 00z.
- 3) Análisis mesoescalar manual de 06z.
- 4) Comparación de las evoluciones previstas por los modelos LAM-INM y CEPPM.
- 5) Evaluación de las condiciones necesarias para el desarrollo de la convección (uso de una "check-list"), incluyendo los posibles efectos locales.
- 6) Generación de un mapa compuesto resumen.
- 7) Briefing.

En la Fig.1.2.1. se presenta un ejemplo de mapa compuesto resumen de la predicción del día.

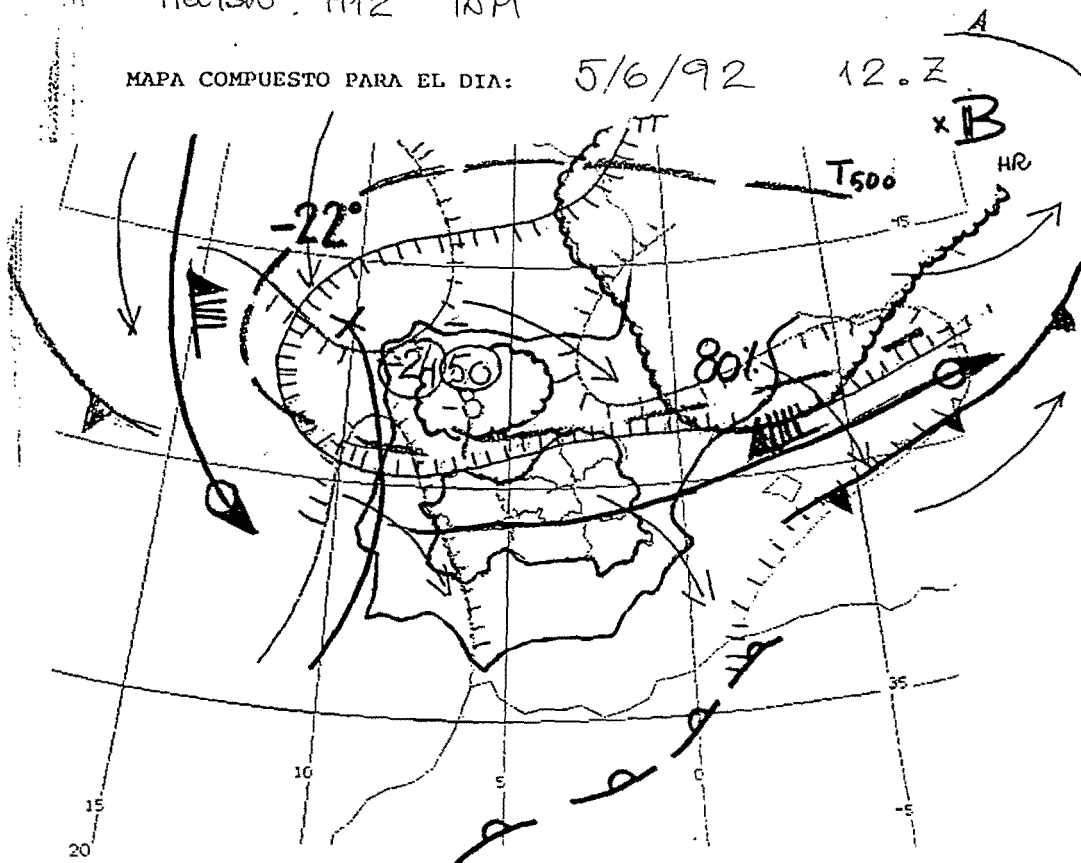
En caso de que el día anterior se hubiese registrado convección, la actividad se centraba en el estudio de la situación del día anterior. Para ello, se realizaba un diagnóstico completo con todos los datos disponibles. Ello incluía la extracción, cuantitativa en unos casos y cualitativa en otros, de todo un conjunto de datos que constituirían la base de datos de tormentas. Estos datos, quedaban reflejados en una ficha como la que se presenta en la Fig.1.2.2 (la explicación de los diferentes apartados se verá posteriormente en el punto 2). En estos días, el "briefing" no iba enfocado a la predicción sino que se revisaba la situación del día anterior. Las fichas rellenas diariamente, junto con otros datos extraídos de los archivos sistemáticos del INM sirvieron para construir la base de datos que se describen a continuación.

Viewisto. H12 INM

MAPA COMPUESTO PARA EL DIA:

5/6/92

12. Z



- Tipo de Convección y zonas: Convección poco profunda / Sistema Central Norte Castilla/Mancha. En general mitad Norte Península
- Clasificación sinoptica: U₁ → 2

- Diferencias LAM/CEP.

El CEP muestra la inestabilidad desplazada hacia el Sur respecto al INM. ha bajado en altura algo al Norte de la del INM

- Posibles efectos locales: Analisis del sondeo de Madrid.

Sonda Madrid (00. Z) TT = 48

Cizalladura notable en DIR ⇒ VT importante

Seco hasta 750 mb

Humedo 750/650 mb

Seco hasta 550 mb

Viento de comp. Sur (Valle Tietar) ⇒ líneas de cre ⇒

⇒ Realce orográfico de la convección

Fig. 1.2.1

Fig. 1.2.2

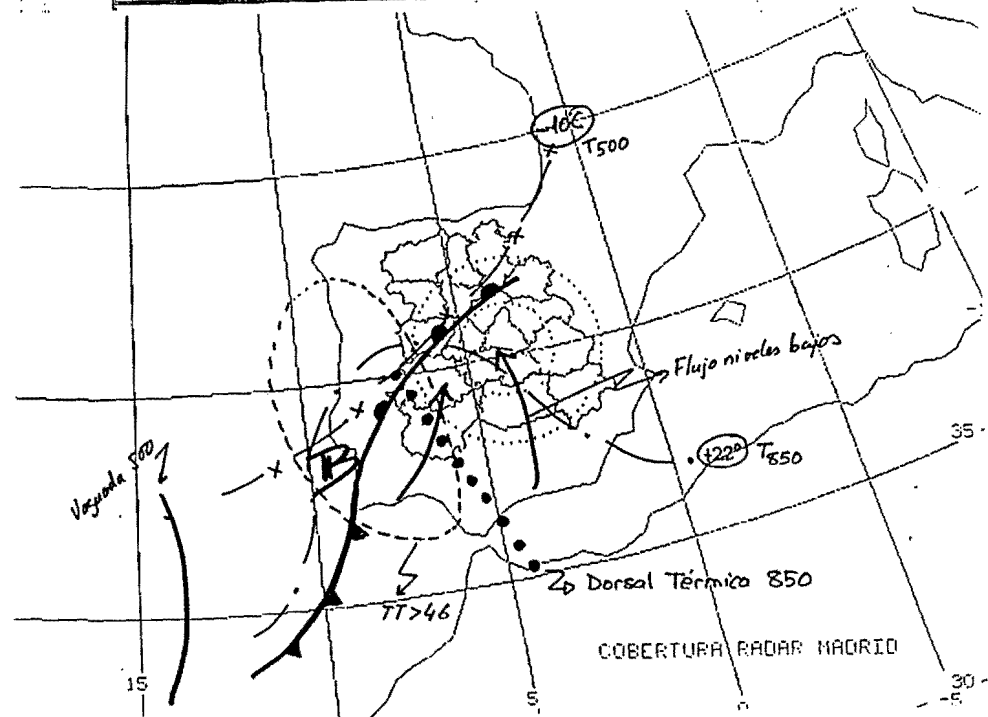
Fecha: 18/8/92 FICHA TOR92
 CONVECCION H.Ini. H.Fin. Sensor R, S, D
 PREDICTOR..... 11:50. 00:00.

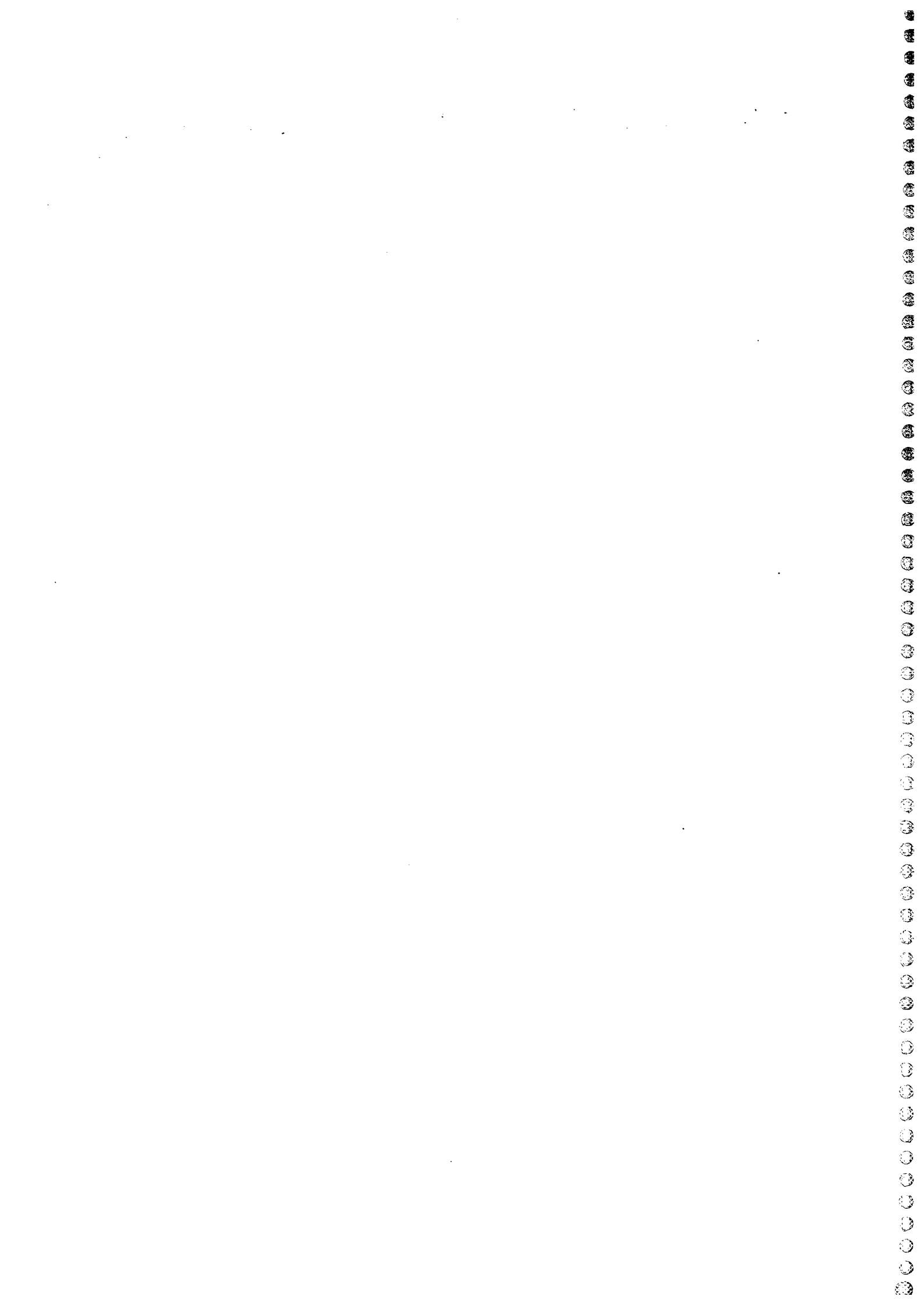
Rada.	D24 S6 S12 S18 S24	H.i.	H.f.	Estructuras en papel
Cu1	Cu2 Cu3	12:50	00:00	(>30 dBZ)
Cu4	CUT	Zmax PPI 52-56	20:20	
.....	Echotmax 11-13	14:50	Echotop repre. 9-11 km
Tipo de tormentas. Zonas (Cu1) S. Central (Cu2) M. Toledo (Cu3) S. Ibérico (Cu4) CYMA (Cu5) Sierra Maritima				
Forzamiento Sinp: Si (No) Cut: Cobertura radar (200 km)				
Origen Movimiento Profund. Sever. Organización				
Orográf.	Móviles Dirección SW-SE	poco <8 km	Moder. 30-40	Línea Orientación SW-NE
Diur-Noc	Quasiest.	Profund. 8-12	Inte. 40-48	Coma
Externa	Persist.	Muy Pr. >12	Seve. 48-52	Cluster
			Muy Sev >52	SCM
Sat	TOTAL Tb min	Estructura en papel (<-40°C)		
Des	D6 D12 D18 D24	H.i.	H.f.	Estructura en papel
Nº Total Desc.- N. Total +				
LAM Pas, 123.	Sondeo de.. z Madrid	Análisis mesosc. de z		
Z300 ✓	Análisis del sondeo	Baja Térmica		
T500 ✓	Salida en papel.	Frontera		
T850 ✓	via SAIDAS	- Orográfico.		
Win700 ✓		- Lín. Converg.		
TT ✓		-		
THE850 ✓		Datos SFC: WIN, GRANI, etc		
Forza. Sinópt. ✓				

Esquemas de estructuras vistas por:

Radar	Satélite
Estructura general en "LINEA" con alguna formación ⊥ a ella	- No se observa nada en 300 en WV

Salidas de los paneles del LAM. Tipo situación SW. Mapa compuesto: 182





2. BASE DE DATOS:Definición de día convectivo.

2.1.- Clasificación sinóptica de situaciones.

- 2.1.1.- Tipo de situación, origen y movimiento.
- 2.1.2.- Forzamiento sinóptico subjetivo.
- 2.1.3.- Flujo regional en 700 mbs.
- 2.1.4.- Temperatura regional en 500 mbs.
- 2.1.5.- Configuración térmica en 500 y 850 mbs.

2.2.- Parámetros objetivos derivados del análisis del LAM.

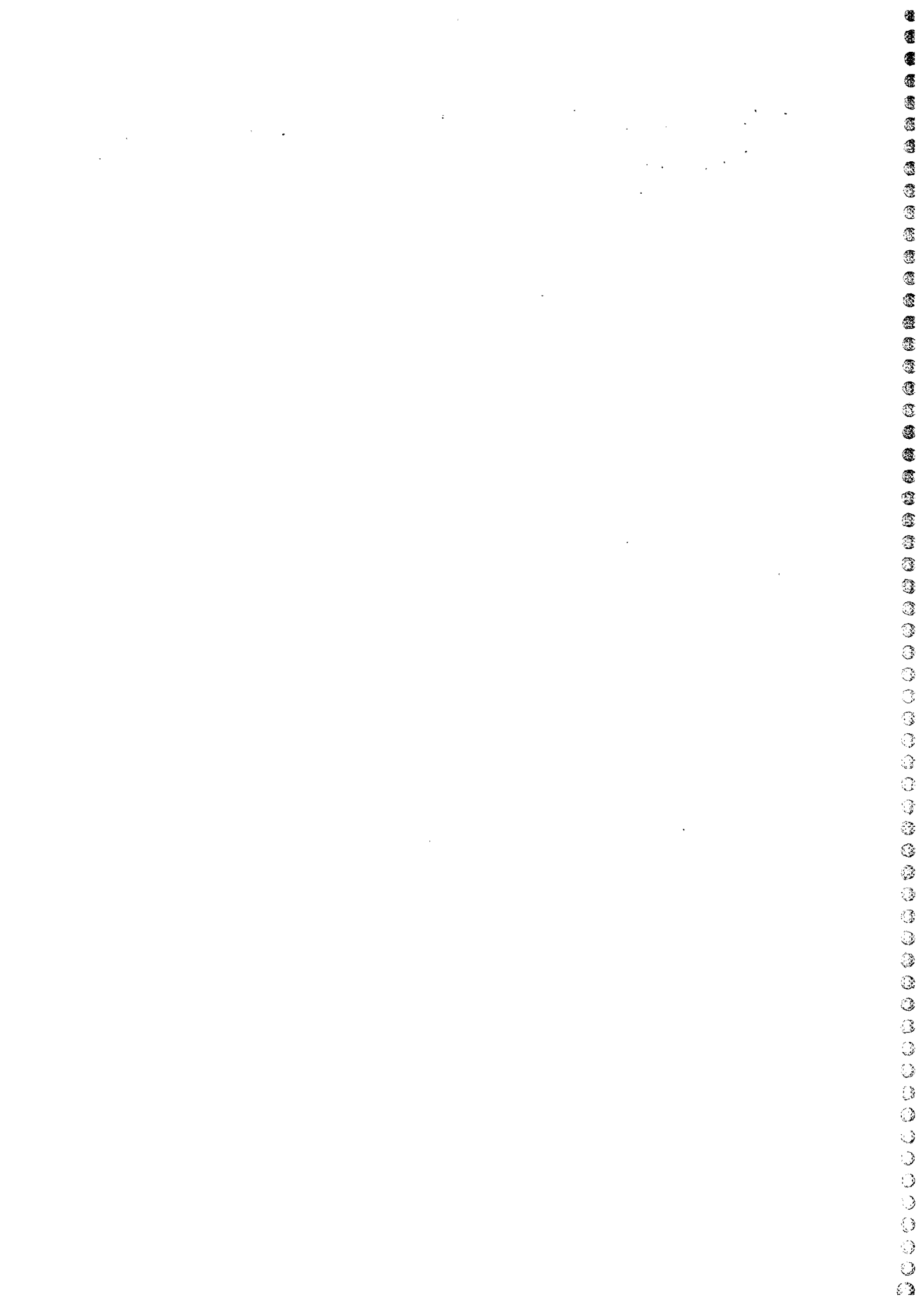
- 2.2.1.- Documentación de las bases de los datos.
 - 2.2.1.1.- BD de valores interpolados.
 - 2.2.1.2.- BD de valores promediados.
- 2.2.2.- Comparación entre los valores interpolados y promediados.

2.3.- Información subjetiva obtenida del radar de Madrid.

- 2.3.1.- Método de trabajo.
- 2.3.2.- Información derivada de las imágenes radar.
 - 2.3.2.1.- Hora de inicio de la convección.
 - 2.3.2.2.- Hora final de la convección.
 - 2.3.2.3.- Origen de la convección.
 - 2.3.2.4.- Zona geográfica afectada por la convección.
 - 2.3.2.5.- Organización.
 - 2.3.2.6.- Movimiento.
- 2.3.3.- Información obtenida de los datos radar.
 - 2.3.3.1.- Intensidad de la convección.
 - 2.3.3.2.- Reflectividad máxima.
 - 2.3.3.3.- Hora de la reflectividad máxima.
 - 2.3.3.4.- Profundidad de la convección.
 - 2.3.3.5.- Echotop máximo.
 - 2.3.3.6.- Hora del Echotop máximo.

2.4.- Base de datos del sondeo de Madrid.

2.5.- Información del satélite.



Durante la Campaña de 1992, se generaron diferentes bases de datos que iremos describiéndolas a continuación. Antes que nada vamos a definir lo que se entendía por día convectivo y zona de estudio.

Inicialmente se definió un día convectivo como aquel que cumplía la siguiente condición:

"Se alcanza en el PPI, en modo Normal, del radar de Madrid **unos valores de reflectividad igual o superior a 30 dBZ**, en un radio igual o inferior a los 200 Km, con una continuidad lógica en el tiempo y en el espacio, estando corroborado por las imágenes de satélite y/o datos de la red de descargas eléctricas (si estaban disponibles)".

De esta manera se trataban de eliminar los días de propagación anómala. Además se dispuso de los echotops. Ambos estaban disponibles durante las últimas 24 horas en el terminal del radar de Madrid.

La problemática surgía cuando no se disponía de dicha información: caídas del radar, fin de semana, etc. Para ello se complementó la definición con los datos de acumulación regional, datos de satélite y datos de la red de detección de rayos, de forma que se **redefinió** un día convectivo como aquel que cumplía una de estas dos condiciones:

- a). Cumplía la condición anterior.
- b). Si no se disponía de datos de radar, aquel día en que se observara la traza típica de un fenómeno convectivo mediante los sensores de teledetección pasiva (satélite y/o datos de rayos en la zona).

La zona de estudio se tomó como aquella que cayera dentro de un radio de 200 Km en torno al radar de Madrid. La razón de esto fue que en dicho radio caía casi toda la zona de cobertura del GPV de Madrid como se puede apreciar en la Fig 2.1, donde el círculo de 200 Km cubre casi toda Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid y provincias de Avila, Segovia, parte de Soria. Quedan fuera del área grandes proporciones de las provincias de Albacete y casi toda Extremadura.

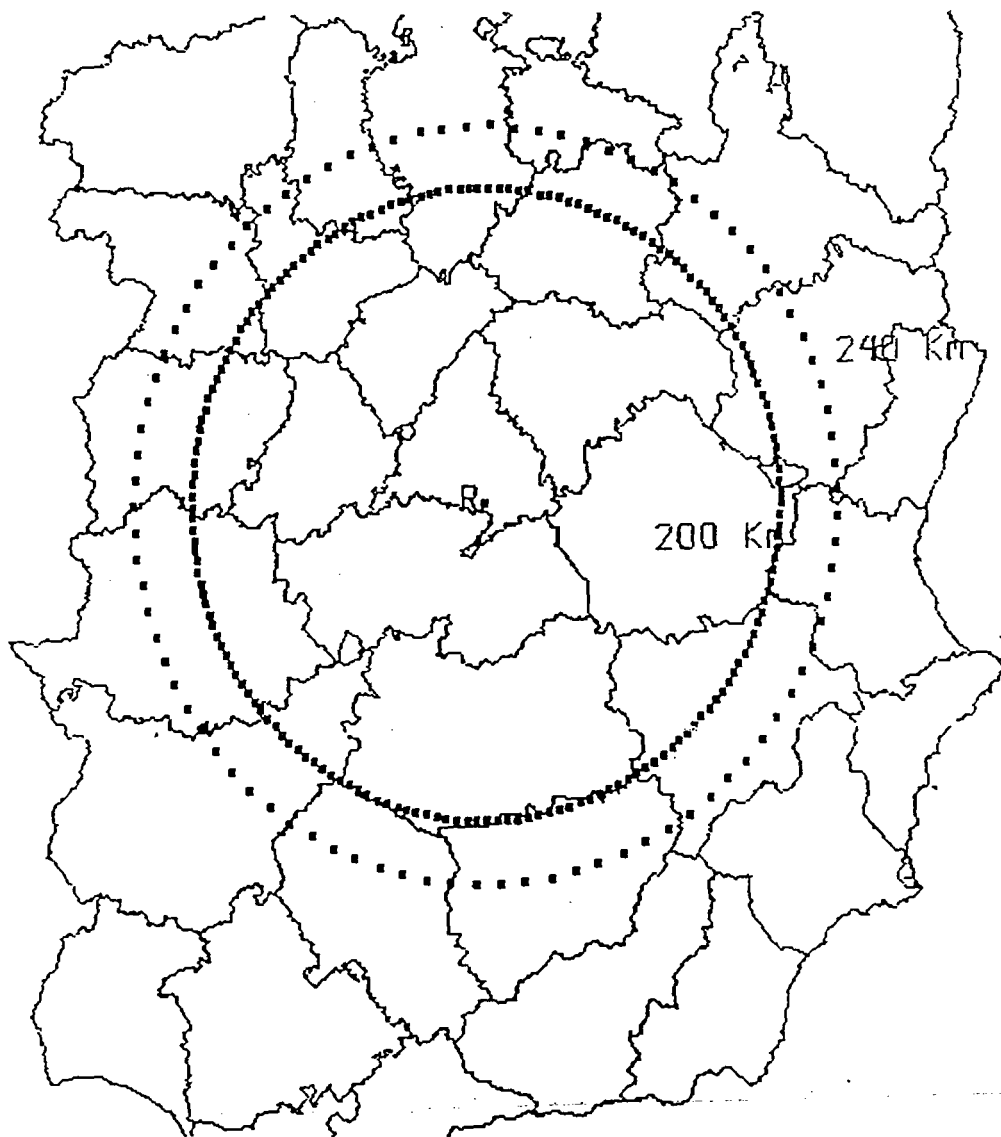


Fig. 2.1 Cobertura del radar de Madrid (240 Km)
y zona de estudio (200 Km).

2.1.- CLASIFICACION SINOPTICA DE SITUACIONES: metodología de trabajo.

Al generar esta base de datos, se trató de buscar el marco de referencia sinóptico donde se desarrollaron los fenómenos convectivos en la zona Centro. Se generó a partir de unos campos y estructuras previamente definidas y analizadas por el personal del STAP durante los días de la campaña en los "briefing" diarios utilizando las topografía de los análisis objetivos del LAM a la hora más próxima a la convección (00 ó 12 z). La base de datos se compone de los siguientes campos, con sus correspondientes definiciones y metodología de trabajo:

2.1.1. Tipo de situación , origen y movimiento.

A partir de las topografías del análisis objetivo del LAM, se ha tratado de realizar una clasificación sinóptica de las situaciones que han dado lugar a fenómenos convectivos en la zona Centro, con los siguientes criterios:

a.- Topografía de referencia para la clasificación.

Se tomó la topografía de 300 mbs como referencia ya que reunía elementos importantes para nuestros objetivos y medios personales de trabajo:

-Es un nivel **operativo** en la diagnosis y predicción del tiempo.

-La mayoría de las perturbaciones sinópticas, durante los meses de verano, se manifestaban **dinámicamente con mayor claridad** en este nivel que en otros.

-Su relación con las imágenes de WV es inmediata y con ellas se podía establecer una **continuidad** que no es posible establecer en una unidad, que no es de H24, como el STAP.

-No se ha tenido en cuenta en esta clasificación los mapas de superficie por imposibilidad de tiempo y debido a la gran variabilidad (espacial y temporal) de estructuras que se pueden encontrar en dicho nivel, aún sabiendo lo importante que es para el desarrollo de la convección.

-Se ha tratado de dar un enfoque práctico y predictivo resultando este nivel muy adecuado para detectar perturbaciones de primavera y verano (poco definidas en 500 mbs).

- A posteriori se ha demostrado que es muy útil para establecer dicha clasificación.

b.- Hora de los mapas de trabajo.

Aceptada la topografía de trabajo de 300 mbs como marco de referencia, se tomó como hora representativa (00 Z ó 12 Z) aquella que fuera la más próxima a la hora de la formación de las primeras tormentas. En todos los casos (menos en uno en que la convección duro más de 24 horas) se tomó las 12 z como referencia.

c.- Tipo de situación.

Se fijaron algunas situaciones básicas atendiendo a la **estructura de las isohipsas de la topografía de 300 mbs** (contorneadas de 60 en 60) y que fueran fácilmente recordadas por

los predictores (Fig 2.1.1.c):

- Estructuras en forma de "U" o "V".
- Dorsal, X.
- Baja cerrada ,B.
- Según el cuadrante del flujo en 300 mb siempre que conllevará una perturbación embebida (onda corta):S,SW,N,NW,.....
- Situación sin definir,PA.

Además se incluyó las situaciones de núcleo frío,F, asociadas al carácter térmico en 500 mbs, como aquéllas que dinámicamente llevaban asociada una Baja cerrada o Vaguada en 300 mbs y siempre que fuera el núcleo frío el causante de la convección. No se consideraron en esta categoría el resto de las perturbaciones (como dorsales o situaciones poco definidas) que llevaban asociadas una vaguada térmica en 500 mbs. Como ejemplo de ella ver Fig 2.1.1.c-F.

d.- Origen y movimiento.

Clasificada la situación, se caracterizó de donde venía y hacia donde se dirigía la perturbación causante de la convección, mediante las imágenes WV o mediante el seguimiento de la evolución (tomando como referencia algún elemento que la definía, como el centro de la perturbación) en 300 mbs de los análisis del LAM, respecto a la hora de los mapas de trabajo del LAM y evaluando la evolución de la situación 12 horas, antes y después de dicha referencia. Para éllo, se dividió en sectores una ventana determinada, como se puede apreciar en la Fig.2.1.1.d.a. El primer número, asociado al tipo de la situación, caracterizaba "**el sector de donde venía**". El segundo número especificaba el movimiento. Se tomaron los números impares para los movimientos más comunes (flujos de los oestes, norte a sur,etc) y los pares los opuestos (de estes , de sur a norte), como se puede apreciar en la Fig.2.1.1.d.b. Los números del movimiento y los sectores , de donde y hacia donde se dirigían,son:

0 Cuasiestacionarias.

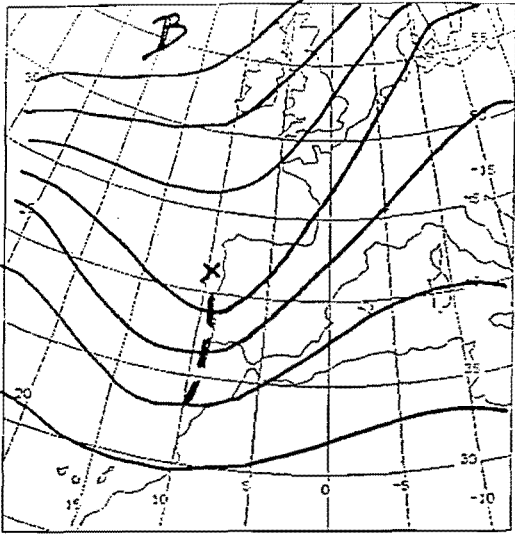
- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1 Del sector 1 al 2 | 2 Movimiento opuesto, del 2 al 1. |
| 3 Del 3 al 4 | 4 Del 4 al 3. |
| 5 Del 3 al 2 | 6 Del 2 al 3. |
| 7 Del 1 al 4 | 8 Del 4 al 1. |
| 9 Del 1 al 3 | 10 Del 3 al 1. |
| 11 Del 2 al 4 | 12 del 4 al 2. |

Así una situación B1,1 es la asociada a una baja cerrada que se origina en el NW peninsular y se desplaza hacia el Este, preferentemente.

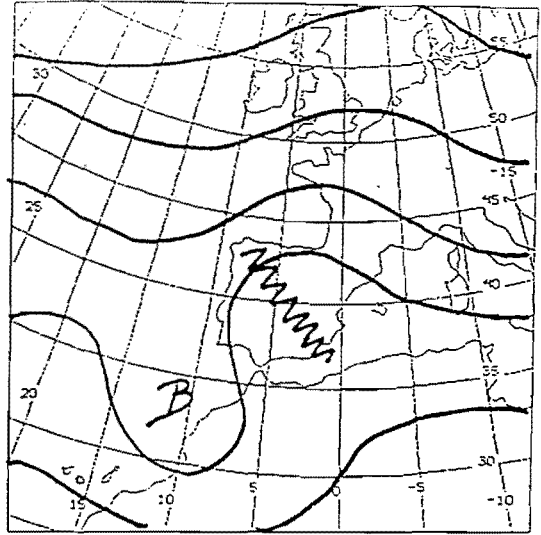
Las perturbaciones que se movían dentro del mismo sector fueron caracterizadas como cuasiestacionarias.

2.1.2. Forzamiento sinóptico subjetivo.

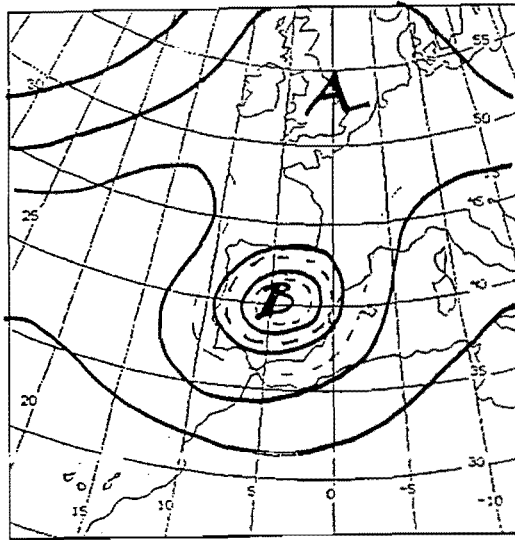
Cada día se evaluó, subjetivamente, si existía o no forzamiento sinóptico. Con este dato se pretendía evaluar ,subjetivamente, el grado de forzamiento que se podía obtener por una



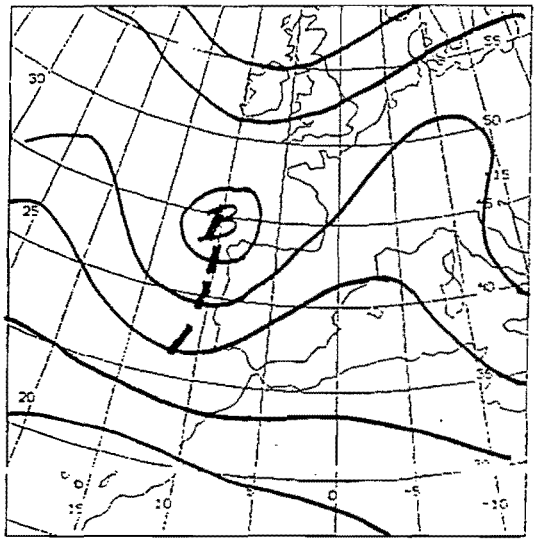
U



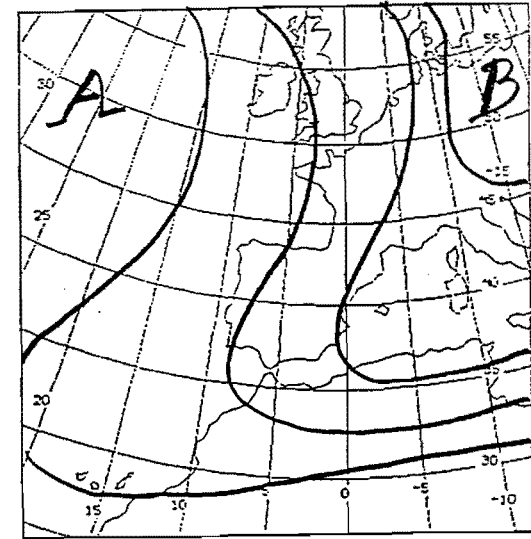
X



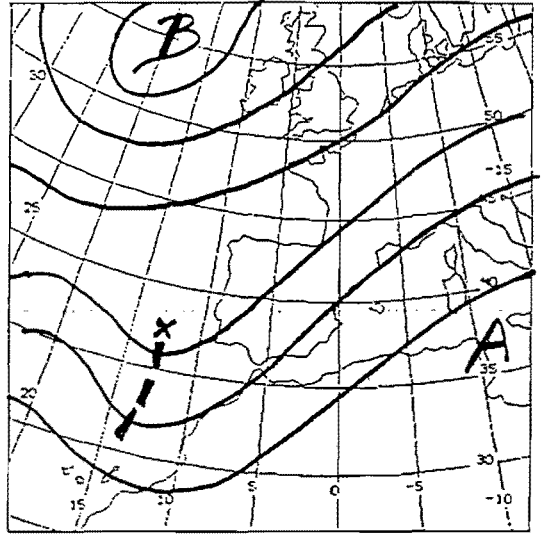
F



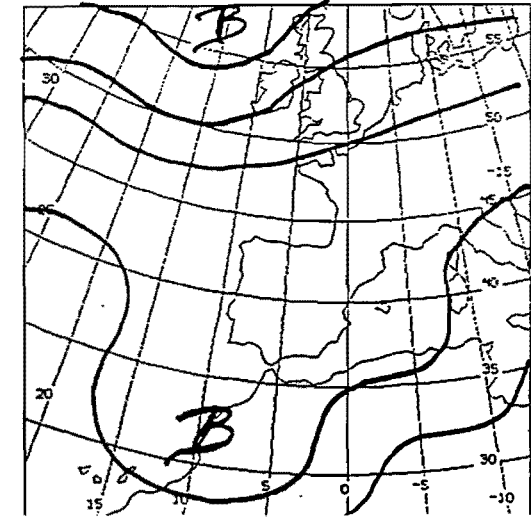
B



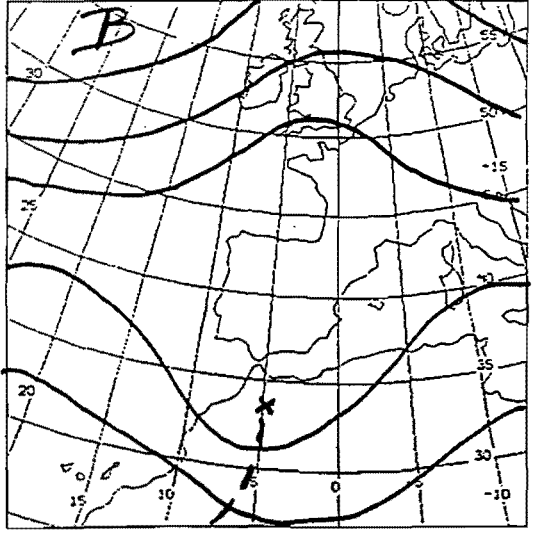
NE



SW



PA



PA

Fig 2.1.1 c Tipo de situaciones sinópticas.

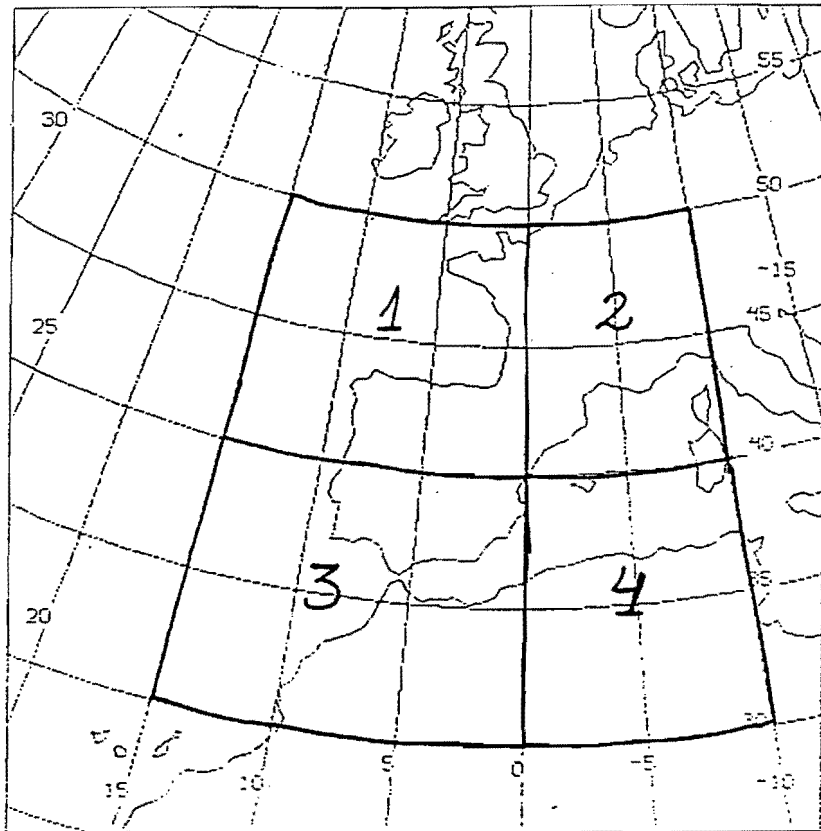
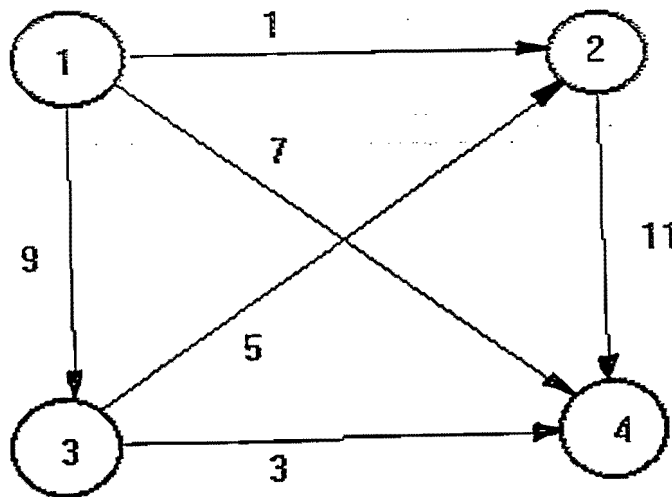


Fig 2.1.1.d.a Sectores origen de las perturbaciones.



0 Quasiestacionario

Fig 2.1.1.d.b Movimiento de las perturbaciones.

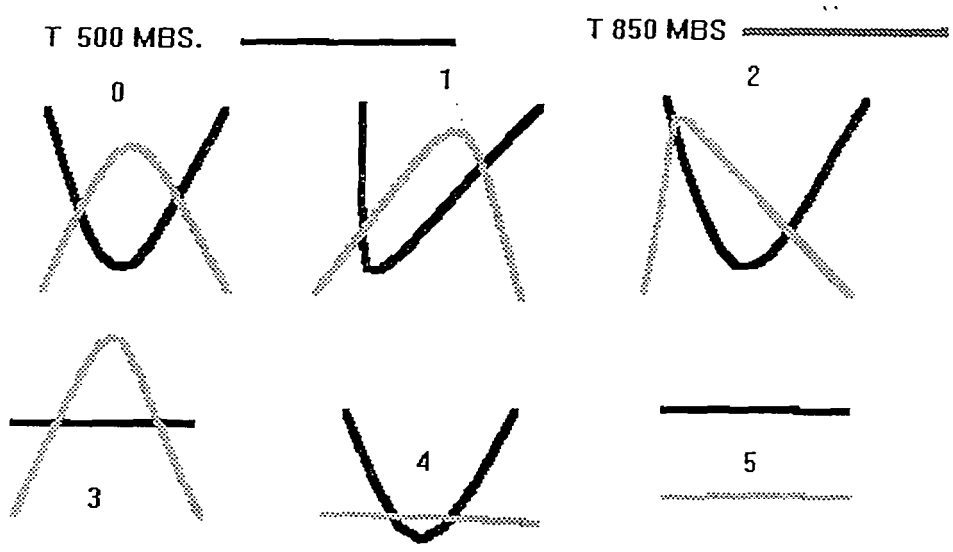


Fig 2.1.5 Configuración térmica 500/850 mbs y claves.

simple inspección en la forma y tipo del geopotencial en 300 mbs sobre la zona Centro. Las situaciones de flujos sin perturbar, dorsal, sin definir o núcleo frío se le asignó un "no forzamiento sinóptico".

Su utilidad fue limitada, pues a posteriori se intentó objetivizarlo mediante campos de diagnóstico del LAM.

2.1.3. Flujo en 700 mbs regional.

Independientemente de los datos suministrados por el sondeo de Madrid, se tomó subjetivamente el cuadrante de donde venía el flujo promedio en 700 mbs: N, NW, S, SW, ..., considerándose variable cuando estaba poco definido o débil (menor que 5 Kt).

2.1.4. Temperatura en 500 mbs regional.

Se registró la mínima que caía dentro de la zona Centro de la topografía de 500 mbs de la hora sinóptica elegida.

Es un dato útil a tener en cuenta ya que, aún teniendo el dato por el sondeo de Madrid, éste podía ser poco representativo en zonas alejadas de Barajas. Analizados ambos conjuntos de datos resultaron ser muy parecidos y con tan sólo algunas pequeñas diferencias de tipo puntual.

2.1.5 Configuración térmica en 500 mbs y en 850 mbs.

Para ello se evaluó la configuración y estructura térmica en 500 y 850 mbs en la zona centro y a la hora establecida con el cuadro de referencia, reflejado en la Fig. 2.1.5. Lógicamente la vaguada se evaluaba en 500 mbs y la posible dorsal en 850 mbs.

TIPO	CONFIGURACION TERMICA
0	Vaguada(500) y dorsal(850) en desfase de 180 grados.
1	Vaguada(500) retrasada(850) respecto a la dorsal.
2	Vaguada(500) adelantada respecto a la dorsal(850).
3	No hay Vaguada(500) y si dorsal(850).
4	Si hay vaguada(500) y no hay dorsal(850).
5	No hay vaguada(500) no hay dorsal(850).

El resto de los casos se encuentran reflejados en dicha tabla ya que la existencia de dorsal en 500 mbs o vaguada en 850 mbs eran considerados como desfavorables para el desarrollo de la convección y están dentro de las categorías de no hay vaguada en 500 mbs o no hay dorsal en 850 mbs, respectivamente. De esta forma las configuraciones de tipo 5 podían obedecer a una estructura de dorsal en 500 mbs y vaguada en 850 mbs o isotermas paralelas en ambos niveles, etc.

2.2.- PARAMETROS OBJETIVOS DERIVADOS DEL ANALISIS DEL LAM.

Esta Base de Datos tiene por objeto la caracterización objetiva del entorno sinóptico en el área de estudio utilizada en la Campaña de Tormentas de 1992. Para ello se han extraído, de los análisis objetivos del LAM-INM, un conjunto de parámetros para cada uno de los días de la Campaña a 00Z y 12Z. Se trata de evaluar la influencia que el entorno sinóptico tiene en el desarrollo de las tormentas, así como de extraer conclusiones que puedan ser usadas en la predicción operativa de estos fenómenos.

Los parámetros estudiados han sido los siguientes:

- * Advección de vorticidad absoluta geostrófica en 300 mbs (AVRG3).
- * Vorticidad geostrófica relativa en 500 mbs (VORG5).
- * Divergencia del Vector Q en 500 mbs(DIVQ5).
- * Divergencia del Vector Q en 700 mbs (DIVQ7).
- * Advección de temperatura en 850 mbs (TAD8).

Para cada uno de estos parámetros se han calculado dos valores: un valor interpolado al punto Lat=40.45 Lon=3.55, que coincide con el aeropuerto de Barajas, desde donde se realizan los sondeos, y un valor promediado usando los 16 puntos grid que rodean al punto anterior. De esta forma se generan dos Bases de Datos, una con los valores interpolados de los parámetros y otra con los valores promediados.

2.2.1.- Documentación de las bases de datos.

2.2.1.1.- Base de Datos de valores interpolados

Para calcular el valor interpolado de los diversos parámetros al punto (Lat=40.45, Lon=3.55) se utiliza un esquema de interpolación bilineal con los 4 puntos grid que lo rodean.

La Base de Datos así generada tiene la siguiente estructura:

DIA	DIVQ5	DIVQ7	AVRG3	VORG5	TAD8
1.0	-11	-24	62	36	-17
1.5	35	1	-109	77	-3

Los días se numeran comenzando por el primer día de la Campaña; si los valores corresponden a las 00Z el decimal es 0 y si corresponden a las 12Z de ese día el decimal vale 5 (1.0 indica el primer día a 00Z y 1.5 el primer día a 12Z).

Las unidades de los parametros son las siguientes:

* DIVQ5: $10^{-17} \text{ mb}^{-1} \text{ s}^{-3}$

* DIVQ7: $10^{-17} \text{ mb}^{-1} \text{ s}^{-3}$

* AVRG3: 10^{-10} s^{-2}

* VORG5: 10^{-6} s^{-1}

* TAD8 : $10^{-1} \text{ gdo/12 horas}$

2.2.1.2.- Base de Datos de valores promediados

Para calcular el valor promedio de los parametros sobre el área de estudio se promedian los valores en los 16 puntos de grid que rodean al aeropuerto de Barajas, lo que viene a suponer el promedio, sin aplicar factores de peso, sobre un cuadrado de aproximadamente 240 Km de lado.

Esta Base de Datos tiene la misma estructura que la anterior, apareciendo los valores promedio en las mismas unidades.

2.2.2.- Comparación entre los valores interpolados y promediados.

De los análisis efectuados para cada uno de los parámetros se ha obtenido una muy alta correlación entre los valores interpolados y promediados (coeficientes de correlación siempre mayores que 0.9). Aunque los valores puntuales no son los mismos, como era de esperar, las tendencias siguen el mismo esquema en ambas Bases de Datos, de forma que, prácticamente, en todas las ocasiones los aumentos o disminuciones del valor de un parametro en una Base de Datos son seguidos fielmente por los valores de la otra.

En el siguiente gráfico, Fig 2.2.2., que compara la evolución a lo largo de la Campaña de la divergencia del vector Q en 700 mbs. a 12Z, puede observarse, a modo de ejemplo, la gran similitud de las dos curvas, hecho que se repite con todos los parámetros.

Como estamos interesados en el estudio de las tormentas en una zona relativamente amplia, a la hora de trabajar hemos elegido los valores promediados como más significativos sobre el conjunto de la zona que el valor puntual interpolado al aeropuerto de Barajas.

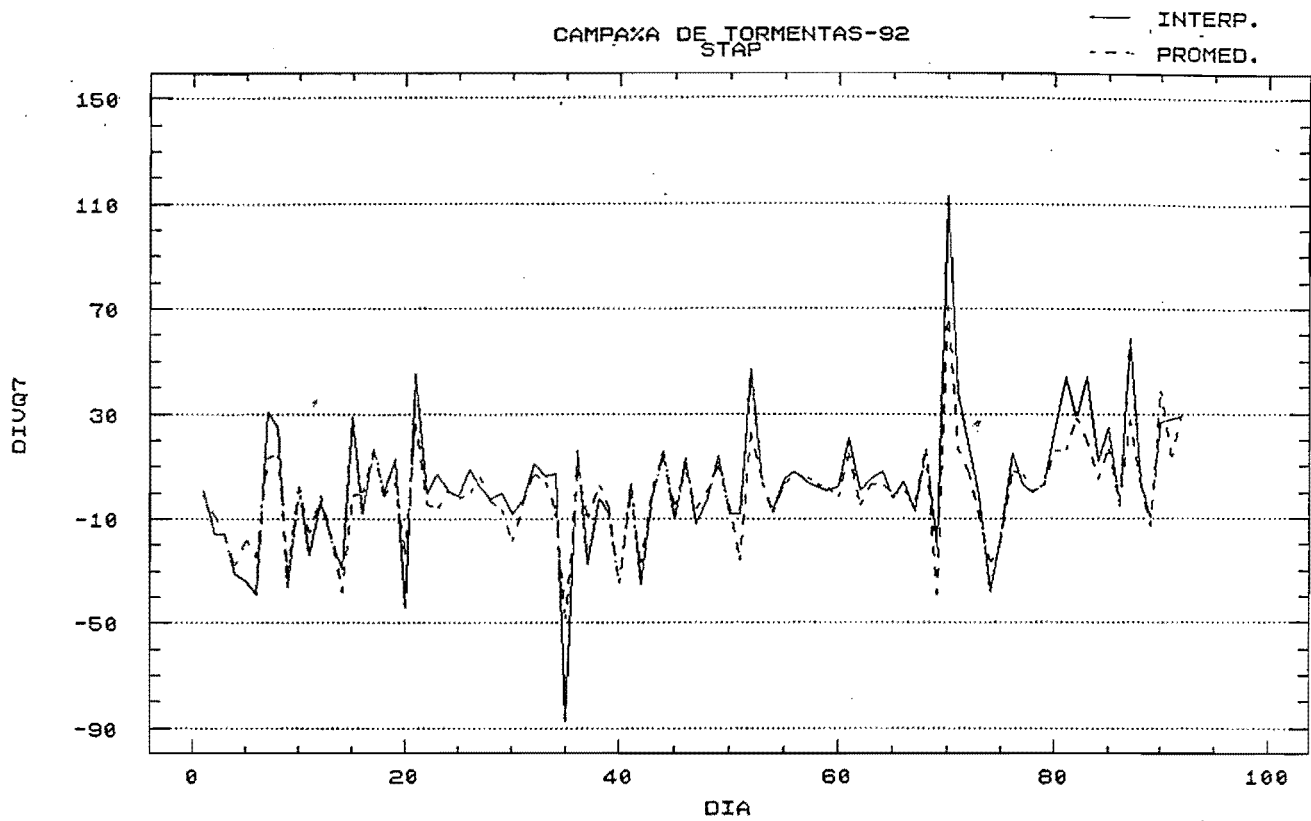


Fig 2.2.2 - Comparación entre los valores promediados e interpolados de DIVQ en 700 mb a 12Z para todos los días de la Campaña.

2.3 INFORMACIÓN SUBJETIVA OBTENIDA DEL RADAR DE MADRID :

Además de los inconvenientes mencionados en el punto 1. **Introducción**, nos encontramos con la imposibilidad de disponer de las imágenes correspondientes a los días de los fines de semana, ya que la recopilación de datos se ha llevado a cabo por personal en horario de oficina y, con la actual programación de archivo temporal de los datos radar, no se conservan todos los productos necesarios para extraer, un lunes, la información requerida de los viernes y los sábados en que se observó convección.

Todo ello, junto con la posibilidad de alguna caída esporádica del Radar de Madrid, ha hecho que, en numerosas ocasiones, las bases de datos generadas sean deficitarias.

2.3.1 Método de trabajo.

Para generar esta base de datos, se comprobaba cada día si el día anterior se había producido convección. En caso de que así fuera, se analizaban todos los datos disponibles de acuerdo con la programación de archivo temporal actual: la acumulación de 24 horas (desde 00z del día anterior hasta 00z del día en que se realiza el estudio), las acumulaciones cada 6 h. que cubren ese mismo período de tiempo y los PPI-N y ECHOTOP considerados como representativos de la situación en estudio.

Se extrajeron dos tipos diferentes de información de los productos radar:

- a) información derivada de los productos que proporciona el radar.
- b) información de los parámetros visualizados directamente en las imágenes radar.

Si se trata de convección cuyo ciclo de vida se prolonga durante la noche y la madrugada del día siguiente, ponemos como fecha del fenómeno convectivo la del día en que se comienza a desarrollar (DD) y como hora final la que resulta de suponer que el día no tiene 24 horas, sino tantas como necesitemos. Basta restar 24 a la hora referenciada para obtener la hora del día DD+1 en que finalizó el episodio convectivo.

Toda la información recopilada en estas bases de datos se ha traducido en números con el fin de ampliar sus posibilidades de tratamiento estadístico con los programas disponibles. A la hora de agrupar en clases las distintas observaciones, nos hemos tenido que ceñir a las limitaciones impuestas por el programa estadístico utilizado, por lo que las bases de datos originarias han sufrido diversas modificaciones, que calificamos de optimizaciones aunque se haya tenido que prescindir de parte de la información primitiva.

2.3.2 INFORMACIÓN DERIVADA DE LOS PRODUCTOS RADAR.

2.3.2.1 Hora de Inicio de la Convección.

Hora TMG en la que comenzó la convección, lo que, en términos de productos radar, significa la hora del primer PPI-N en el que se observan reflectividades iguales o superiores a 30 dBZ, con una continuidad lógica en el espacio y en el tiempo.

2.3.2.2 Hora Final de la Convección.

Hora TMG en que finaliza la convección. Es decir, hora del primer PPI-N en el que se observen que las reflectividades ya están decayendo y muestra valores por debajo de los 30 dBZ (en ningún PPI-N posterior a esa hora, se observan reflectividades iguales o superiores a 30 dBZ).

Nota: Para los días con convección que, por cualquier causa, los productos del Radar no estaban disponibles, estos dos datos se trataban de deducir de las imágenes de satélite (imagen combinada o loop) o de los datos de descargas eléctricas, dejando constancia del sensor empleado (ver apartado introductorio del Capítulo 2). De ahí que, aunque la resolución temporal de las imágenes radar es, en principio, de 10 min., se redujera posteriormente, al crear la bases de datos , a 30 min.

2.3.2.3 Origen de la Convección.

Indica el factor predominante causa de la convección y se deduce del estudio de las condiciones sinópticas y mesoescalares del día en cuestión. Es uno de los parámetros más revisados y reanalizados de la base de datos con el fin de que fuera coherente con los datos señalados en los apartados 3.1 (Clasificación de los días convectivos) y 2.2 (Parámetros objetivos derivados del análisis del LAM). La clasificación final es la siguiente:

- **Convección debida *predominantemente* a evolución por calentamiento diurno (tormentas de masa de aire):**
 - * 1 sólo se disparan las zonas de montaña.
 - * 2 sólo se disparan las zonas de meseta.
 - * 3 se produjo convección en la meseta y en la montaña.

- **Convección debida *predominantemente* a otra causa diferente del calentamiento diurno (aunque éste casi siempre esté asegurado):**
 - * 4 externas, es decir, formadas fuera de la zona de estudio y posteriormente desplazadas dentro de la cobertura del Radar Regional de Madrid.
 - * 5 convección diurna debida al ambiente sinóptico predominantemente.
 - * 6 convección nocturna.

2.3.2.4 Zona geográfica afectada por la Convección.

Se deducía de la visualización de la acumulación de 24 horas (ACC D24) del día en cuestión.

El área geográfica de la cobertura del radar de Madrid se dividió en 5 zonas básicas, teniendo que referenciar las que se veían afectadas por el episodio convectivo en estudio:

- * 1 Sistema Central.
- * 2 Montes de Toledo.
- * 3 Sistema Ibérico.
- * 4 Castilla-La Mancha y Madrid.
- * 5 Sierra Morena.

Posteriormente, se ha visto la necesidad de distinguir entre Meseta Norte y Meseta Sur.

2.3.2.5 Organización de la Convección

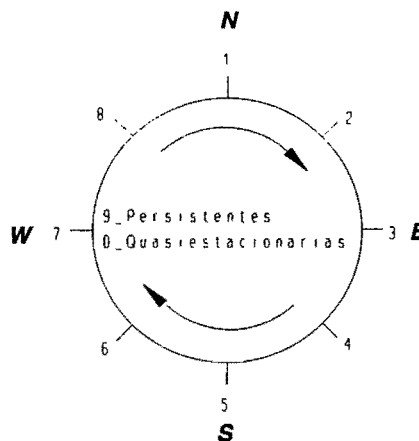
Hace referencia a la estructura de la convección observada en un loop de PPI-N. Los distintos tipos referenciados en esta Base de Datos fueron surgiendo a partir de la observación:

- * 1 si se organiza en **líneas**.
- * 2 si se ha organizado en **coma**.
- * 3 si la convección se organiza en **grupo o racimos**, de manera que se aprecia claramente cómo unas tormentas van generando o reactivando a las otras.
- * 4 si se generó una **célula más organizada**, entendiendo por tal una estructura convectiva con características de SCM pero con menor dimensión espacial y/o un ciclo de vida menor.
- * 5 si claramente se trataba de un **Sistema Convectivo Mesoescalar**.
- * 6 si la convección fue **dispersa**.
- * 9 cuando la organización de la convección se deba a la **orografía** del terreno que atraviesa. Por ejemplo: alineada a lo largo de una cadena montañosa.

2.3.2.6 Movimiento.

Se observa en un loop de PPI-N, indicando el desplazamiento al que se ve sometida la estructura convectiva. Como consecuencia de las limitaciones impuestas por el tratamiento estadístico aplicado, se referencia sólo DE DONDE VIENE, dato que no introduce ambigüedades significativas, ya que sólo en el 4% de los casos registrados no se dirigían al lado contrario (si vienen del NW, se dirigieron, en el 96% de los casos, al SE)

- * 1 Norte.
- * 2 NE.
- * 3 Este.
- * 4 SE.
- * 5 Sur.
- * 6 SW.
- * 7 Oeste.
- * 8 NW.
- * 9 Persistentes.
- * 0 Quasiestacionaria.



2.3.3 INFORMACIÓN DE LOS PARÁMETROS VISUALIZADOS DIRECTAMENTE EN LAS IMÁGENES RADAR.

2.3.3.1 Intensidad del desarrollo.

Denominamos así a la reflectividad máxima representativa de la actividad convectiva del día. Los intervalos establecidos están basados en la observación pero son subjetivos, y, por tanto, susceptibles de ser optimizados a medida que se incremente la base de datos.

*	1	convección moderada	:	$30 \leq 40$ dBz
*	2	convección intensa	:	$40 \leq 48$ dBz
*	3	convección severa	:	$48 \leq 52$ dBz
*	4	muy severa	:	≥ 52 dBz

En este apartado, se referenció el valor numérico del intervalo de color correspondiente a la reflectividad considerada como representativa. La determinación de la misma había que hacerla visualizando un loop de imágenes de PPI-N que abarcara el intervalo temporal en que se produjo la convección e intentando calibrar *subjetivamente* un valor de reflectividad representante de los desarrollos observados en la cobertura de 200 km. en torno a nuestro radar. Como es lógico suponer, las limitaciones impuestas hicieron que la subjetividad a la hora de determinar este parámetro fuera elevada, defecto que se trató de paliar intentando llegar a criterios comunes y haciendo todos los días una revisión crítica del loop correspondiente entre todos.

2.3.3.2 Reflectividad Máxima.

En este apartado, se referenció el valor numérico del intervalo de color correspondiente a la reflectividad máxima visualizada en el PPI-N. El intentar buscar el valor digital más alto con el ratón resulta laborioso y puede introducir errores difíciles de calibrar, por lo que nos conformamos con la exactitud proporcionada por los intervalos de colores definidos en la visualización de la imagen radar.

2.3.3.3 Hora de observación de la reflectividad máxima.

Es la hora TMG del primer PPI-N en el que se observan pixels con el color correspondiente al intervalo de la reflectividad máxima del día.

Si existe convección durante la noche, puede ocurrir que la reflectividad máxima se observe en una imagen de la madrugada del día siguiente, DD+1. En ese caso, referenciamos el día en que comenzó el episodio convectivo y, para la hora correspondiente a la reflectividad máxima, suponemos que el día no tiene 24 horas sino tantas como necesitemos. Así, si nos encontramos con una hora superior a 24, interpretaremos que la reflectividad máxima se observó en una imagen durante la madrugada del día siguiente. Basta restar 24 a la hora referenciada para obtener la hora del día DD+1 a la que corresponde la imagen.

2.3.3.4 Profundidad de la convección.

Se estima a través del valor del echotop representativo de la convección del día.

Bajo esta denominación, se referenció el valor numérico del intervalo de color correspondiente al echotop considerado como representativo. La determinación del mismo se hizo mediante la visualización de un loop de echotop que abarcara el intervalo temporal en que se produjo la convección, intentando calibrar *subjetivamente* un valor de echotop representante de los desarrollos observados en la cobertura de 200 km. en torno a nuestro radar. Al igual que con el resto de las apreciaciones subjetivas, se trataron de paliar las diferencias introducidas por la intervención de diferentes personas intentando llegar a criterios comunes y haciendo todos los días una revisión crítica del loop correspondiente entre todos.

A pesar de todos nuestros esfuerzos, surgieron grandes dificultades a la hora de decidimos por un color u otro dos motivos:

1º) en muchas ocasiones, no se puede asignar un echotop representativo para toda la convección de la cobertura del radar de Madrid, ya que los desarrollos adquieren diferente profundidad sobre zonas montañosas que sobre las mesetas. Este problema lo vamos a intentar solventar, en la Campaña 1993, asignando a cada zona geográfica su echotop representativo; se calibrará si esta división aporta nuevos elementos de juicio.

2º) Al tener que ceñirnos a los valores nominales de los colores de visualización, no siempre el echotop representativo se asignaría (subjetivamente, insistimos) a un solo color, por lo que se tuvo que llegar a la concesión de contabilizar el echotop representativo con un decimal:

* EE.0 cuando el Echotop Representativo se pueda asignar claramente a un solo valor de la escala de colores de la imagen. En Km.

* EE.5 cuando el Echotop Representativo no sea susceptible de ser asignado unívocamente a un solo color de la escala y lo asignamos a dos valores consecutivos de la misma, debiendo poner como EE el echotop menor en Km.

Ejemplo: 07.5 significa que el Echotop Representativo estaba entre 7-8 Km.

Los intervalos en que se han dividido los diferentes valores del echotop representativo para calificar la profundidad de la convección son:

* convección poco profunda	:	$Erp \leq 8 \text{ Km}$
* convección profunda	:	$8 \text{ Km} \leq Erp \leq 12 \text{ Km}$
* convección muy profunda	:	$12 \text{ Km} \leq Erp$

2.3.3.5 Echotop máximo.

De nuevo nos encontramos con la dificultad de no disponer del archivo digital, por lo que, por las mismas razones que en el caso de la reflectividad máxima, en este apartado se referenció el valor numérico del intervalo de color correspondiente al máximo echotop visualizado en un loop.

2.3.3.6 Hora de observación del echotop máximo.

Es la hora TMG del primer ECHOTOP en el que se observan pixels con el color correspondiente al intervalo del echotop máximo del día.

2.4.-BASE DE DATOS DEL SONDEO DE MADRID.

Se han tomado los radiosondeos de Madrid-Barajas a las 00z y 12 z de toda la campaña, con ellos se procedió a generar una base de datos conteniendo, por un lado, los valores de las variables básicas (T, Td y viento) en los niveles tipo y por otro, todo un conjunto de variables derivadas procedentes del análisis individual de cada sondeo.

Las variables extraídas de este análisis fueron:

- a) Temperatura potencial del termómetro húmedo en niveles tipo (calculado según el procedimiento expuesto en la Nota Técnica STAP N° 5)

- b) Agua precipitable (en mm) por estratos y total.

- c) Indices de inestabilidad: Total de Totales e índice K.

- d) Nivel de condensación convectivo (NCC en m), nivel de equilibrio (EL), temperatura de equilibrio (TEL) y energía potencial convectiva disponible (CAPE) en Julios/Kgr.

- e) Nivel de condensación por ascenso forzado (NCA en m), nivel de convección libre (NCL) y nivel de equilibrio (EL), energía necesaria para alcanzar el NCL (NCAPE) y energía potencial convectiva disponible desde el NCA (PCAPE).

Este conjunto de variables junto con los valores básicos en niveles estandard constituyen la base de datos de tipo aerológico que se ha utilizado para la caracterización de la actividad convectiva.

2.5 .- INFORMACIÓN SATELITE.

Las imágenes Meteosat se han utilizado durante la campaña de manera cualitativa tal y como se ha descrito en apartados anteriores. Además, también se ha intentado hacer un uso cuantitativo de estas mediante la extracción y análisis de una serie de parámetros objetivos.

Para ello, utilizando las imágenes IR del Meteosat, se ha procedido mediante el SAIDAS a generar una imagen compuesta de temperaturas de brillo mínimas cada 6 horas (en los períodos 00-06, 06-12, 12-18 y 18-24), lo cual se ha hecho asignando a cada pixel el valor mínimo de temperatura de brillo en el período de tiempo considerado. De esta manera se obtiene una pseudoimagen de los topos o cimas máximas alcanzadas por las nubes en cada pixel y en cada período de tiempo considerado. En la Fig.2.5.1 se presenta un ejemplo de pseudo-imagen obtenida para un día cualquiera en los cuatro períodos de tiempo.

El siguiente paso ha consistido en tratar numéricamente estas pseudoimágenes con el fin de extraer información cuantitativa de ellas. Para ello, en primer lugar, hemos tenido en cuenta única y exclusivamente aquellos pixels que entraban dentro de la zona de estudio (ver figura), y para ellos se han calculado una serie de parámetros estadísticos:

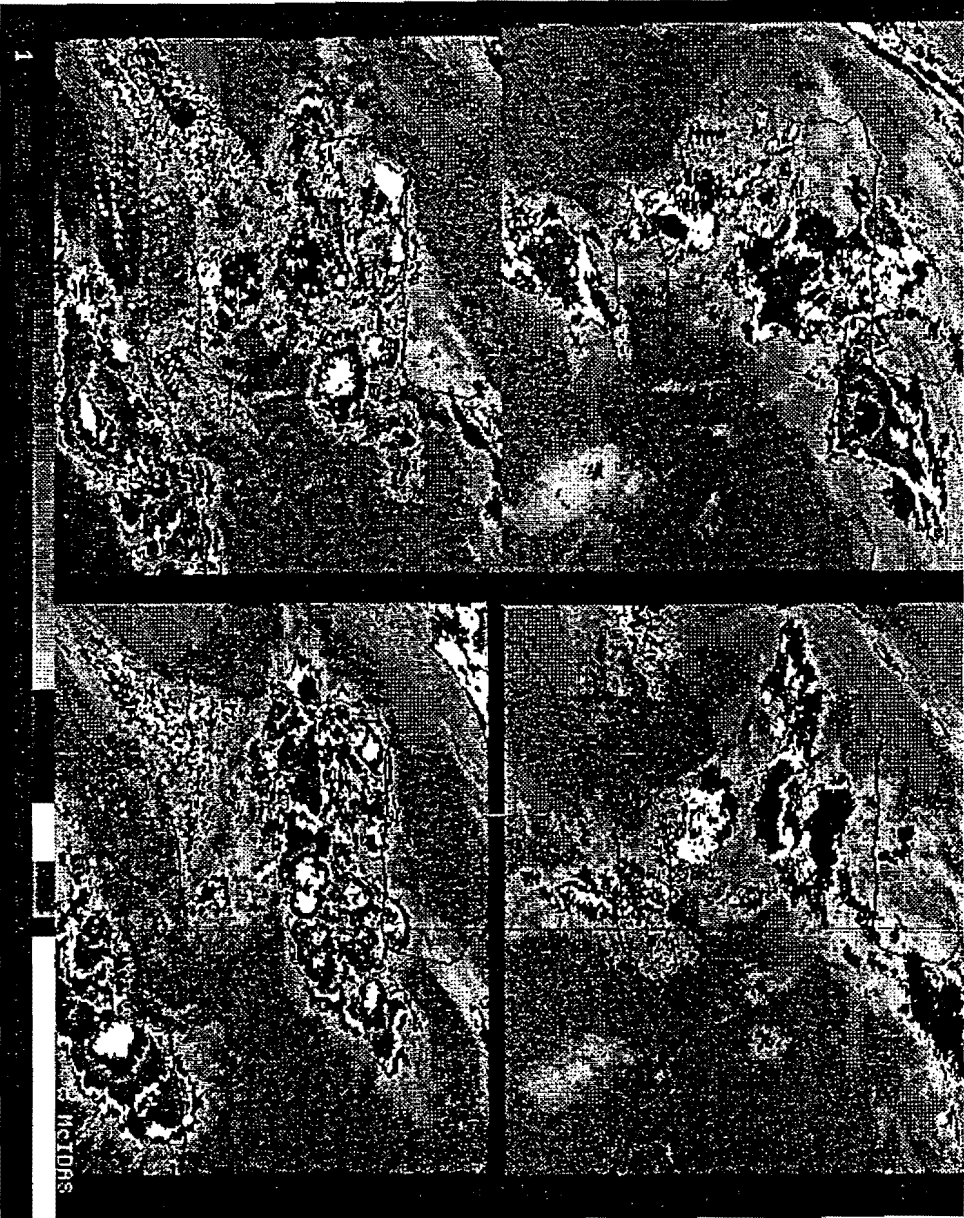
- Temperatura de brillo media, mediana, moda y desviación típica.
- Temperatura de brillo mínima y
- Número de pixels con temperaturas de brillo entre ciertos intervalos.

De estos parámetros, la temperatura mínima de brillo representa obviamente los máximos desarrollos alcanzados por la nubosidad en el período de tiempo considerado y dentro de la zona de estudio. Por otra parte, el número de pixels comprendidos entre diferentes temperaturas de brillo nos proporciona una distribución aproximada de alturas de topos máximos alcanzados por las nubes. Parámetros estos que nos sirven para caracterizar, desde el punto de vista del satélite la actividad convectiva diaria.

En la tabla 2.5.1 se presentan los niveles e intervalos de temperatura de brillo utilizados así como la altura media a la que corresponden. Para la obtención de las alturas correspondientes a las diferentes temperaturas, se ha utilizado el promedio de sondeos de Madrid-Barajas durante la campaña (ver 3.4.1.). (Las alturas se refieren sobre el nivel de la estación).

IR
00-05:30 Z

IR
12-17:30 Z



IR
06-11:30 Z

IR
18-23:30 Z

Fig. 2.5.1

Nivel	Temperatura	Altura (km)
0	Tb < -15°C	0-5.5
1	-15<= Tb < 23°C	5.5-6.7
2	-23<= Tb < -31	6.7-7.8
3	-31<= Tb < -39	7.8-8.7
4	-39<= Tb < -47	8.7-9.9
5	-47<= Tb < -55	9.9-12.0
6	-55<= Tb < -62	12.0-16.0
7	Tb <= -62	> 16.0

Tabla 2.5.1

Así pues, se ha generado una base de datos conteniendo todos estos parámetros para la totalidad de la campaña y a intervalos de 6 horas.



3.- ANALISIS DE LAS BASES DE DATOS.

3.1.- Clasificación de los días convectivos.

3.2.- Clasificación sinóptica.

- 3.2.1. Situaciones sinópticas:movilidad.
- 3.2.2. Flujo en 700 mbs regional (*).
- 3.2.3. Estructura térmica 500/850 mbs.
- 3.2.4. Temperatura de 500 mbs regional (*).
- 3.2.5. Resumen y mapas con situaciones típicas convectivas en la zona Centro.

(*) No derivadas del sondeo.

3.3.- Caracterización radar.

- 3.3.1.- Origen de la convección.
- 3.3.2.- Zona afectada por la convección.
- 3.3.3.- Hora de inicio de la convección.
- 3.3.4.- Organización de la convección.
- 3.3.5.- Echotop representativo.
- 3.3.6.- Echotop máximo.
- 3.3.7.- Intensidad de la convección.
- 3.3.8.- Reflectividad máxima.

3.4.- Sondeos.

- 3.4.1.- Análisis de los sondeos medios de Madrid-Barajas.
- 3.4.2.- Indices de Inestabilidad.
 - 3.4.2.1.- Total - Totales.
 - 3.4.2.2.- Indice K.
- 3.4.3.- Nivel de Condensación Convectivo y Nivel de Equilibrio.
- 3.4.4.- Energía Potencial Convectiva Disponible.
- 3.4.5.- Nivel de Condensación por Ascenso.
- 3.4.6.- Agua Precipitable.



A las diferentes bases de datos se les sometió a un tratamiento de análisis y depuración de los datos y posteriormente se entrecruzaron entre sí para analizar y destacar incongruencias.

Posteriormente se las trató mediante unos paquetes estadísticos apropiados, obteniendo unos resultados, detallados a continuación que tratan de caracterizar la convección que se desarrolló en la Zona Centro durante el periodo estival de 1992.

3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS DIAS CONVECTIVOS.

Definido lo que se entendía como día convectivo, se trató de pasar a una clasificación objetiva de convección originada por forzamiento sinóptico (FS) o por masa de aire (MA). Tarea nada fácil.

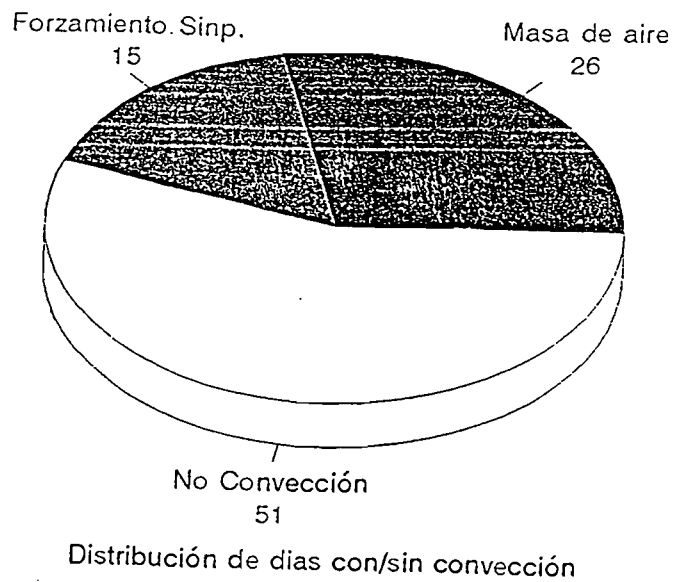
Para ello, se tomó como día convectivo del tipo FS aquel para el cual los valores promediados asociados al forzamiento sinóptico (Advección de vorticidad en 300 mbs, Divergencia del vector Q en 500 ó 700 mbs) eran moderados o fuertes a las 00 z ó a las 12 z de dicho día. Como umbrales se cogieron de la Tabla de la Guía SAIDAS, referentes a campos de diagnóstico/pronósticos: Capítulo VI Pag. 35.

Con la definición de día convectivo se observó que los números de días sin (51) y con convección (41) eran similares aunque predominaban los primeros, tanto en Junio como en el resto del periodo estival.

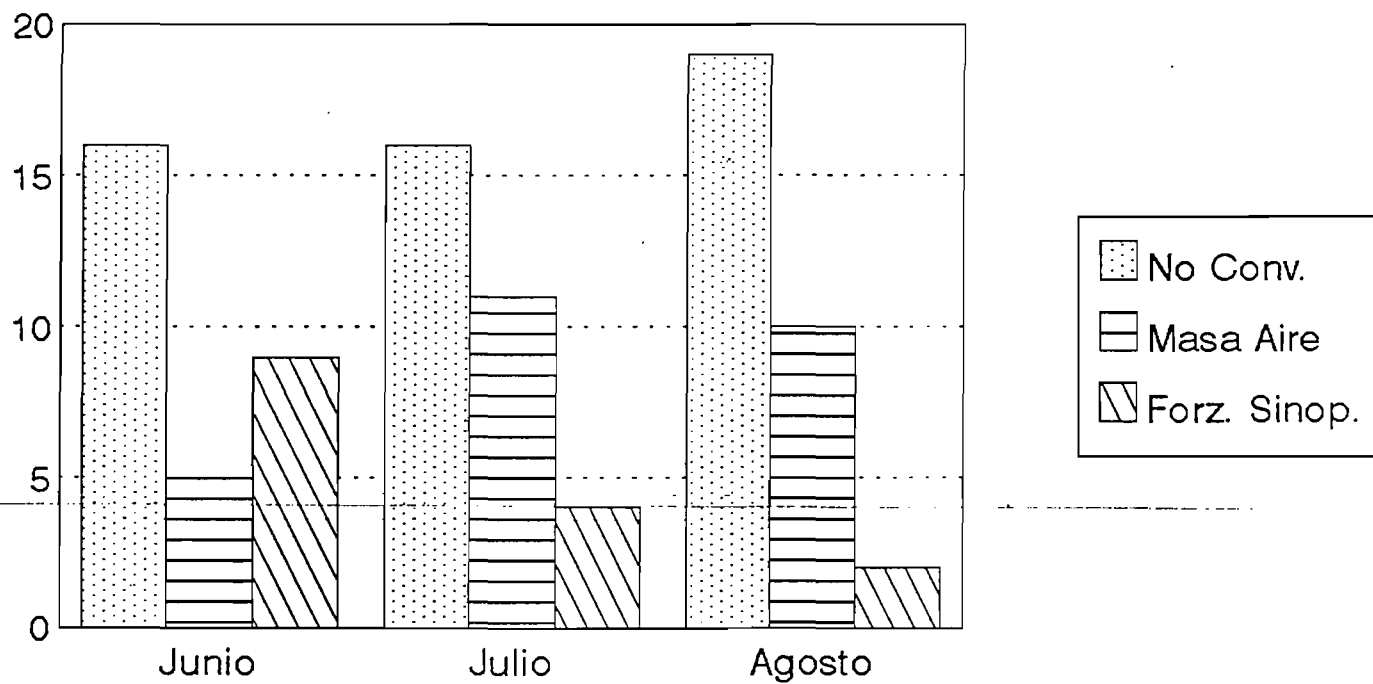
Respecto al tipo, podemos observar en la Fig 3.1.1.a que **los de Masa de Aire (MA) duplican a los de origen o de Forzamiento Sinóptico (FS)**. Por meses Junio presentó una proporción de 5/9 de MA y FS, respectivamente, mientras que Julio y Agosto dieron más casos de MA que de FS, ver Fig 3.1.1.b.

Respecto a la persistencia (días consecutivos con convección) se ha observado que son las de masa de aire en Julio y Agosto las más persistentes como corresponde a los días con fuerte calentamiento diurno en los que las condiciones sinópticas, de un día para otro, no varían considerablemente, de forma que, para en el proceso de predicción puede resultar importante contar si existió o no convección el día anterior.

Fig. 3.1.1.a



Campaña tormentas 1992 Zona Centro



Tipo de convección por meses
S.T.A.P

Fig. 3.1.1.b

3.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA BASE DE DATOS DE SINOPTICA.

La base de datos sinóptica se sometió a un proceso de control y depuración. Se realizaron tres acciones diferentes, pero complementarias:

- a) Reanálisis de la propia base de datos. Tres meses después de su obtención, una sola persona evaluó, localizó incongruencias, disparidades, incoherencias, etc. de la propia base. De este estudio salieron una serie de conclusiones subjetivas asociadas a la convección y su marco sinóptico.
- b) Análisis de los resultados mediante técnicas estadísticas.
- c) Cruce con otras bases de datos.

Del propio análisis subjetivo, se concluyó que existan dos períodos bien diferenciados, desde el punto de vista sinóptico: un período que comprendía desde primeros de Junio hasta la mitad de su segunda decena y el período restante. Mientras que en el primero predominaron las perturbaciones sinópticas bien marcadas, en el segundo período (puramente estival) los sistemas de altura estuvieron menos definidos predominando los calentamientos diurnos y bajas térmicas. Los resultados del análisis subjetivo y objetivo se muestran en los siguientes apartados.

Nota: En la mayoría de las gráficas de este apartado, el eje Y representa el número de casos que se presentó un parámetro o variable determinada.

3.2.1. Situaciones sinópticas: movilidad.

Se han agrupado los diferentes tipos de situaciones básicas, sin atender al tipo FS ó MA, en función de convección sí o no, Fig.3.2.1.1. Llama la atención que el mayor número de casos con convección corresponden a: vaguadas, dorsales, flujos, núcleo frío y sin definir, pero el resultado es muy parcial ya que si se separan por meses (Junio y Julio/Agosto, Fig 3.1.2.1 a y b, respectivamente) los resultados son más lógicos y suministran una información más útil.

a) Junio. Los días con convección están asociados a: vaguadas del noroeste (U1), núcleo frío de perturbaciones sinópticas (F) y a flujos de norte (N, NE, con sólo dos casos), que acopladas al calentamiento diurno desarrollaron convección en la zona centro. Por contra, las perturbaciones muy marcadas sinópticamente (B) y flujos de componente oeste (NW, W) son poco propensas a los desarrollos. Un hecho curioso es que sólo se dio un caso de dorsal sin convección y ninguno sin definir.

b) Julio y Agosto. Las situaciones, asociadas a la convección, cambian radicalmente: las marcadas, desde el punto de vista sinóptico, decaen en número y predominan las situaciones de: dorsales (X), de flujos sin perturbar (NW, W, SW), etc. **Los días con convección** están asociadas a situaciones **poco definidas** como son: dorsales (X), flujos o vaguadas del SW (SW, U3), sin definir (PA) y algunas bajas cerradas (B) y vaguadas (U). Por contra desaparecen las perturbaciones de núcleos fríos (F), flujos con componente norte (NW, N).

Fig 3.2.1.1 Tipo de situaciones y convección.

NO CON.
SI CON.

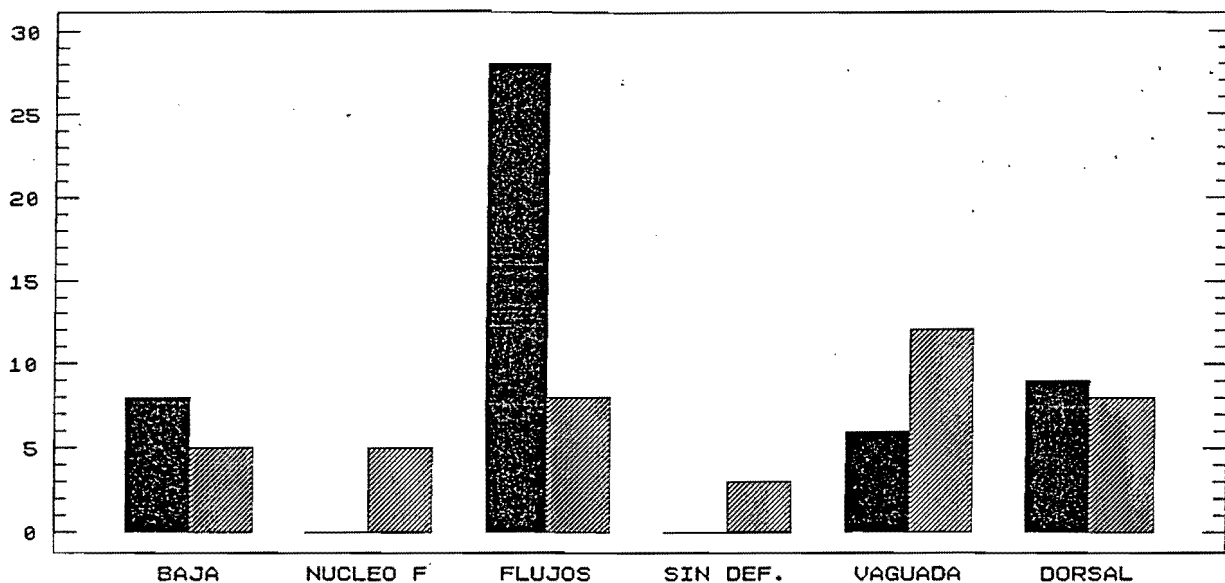


Fig 3.2.1.1.a Situaciones en Junio.

NO CON.
SI CON.

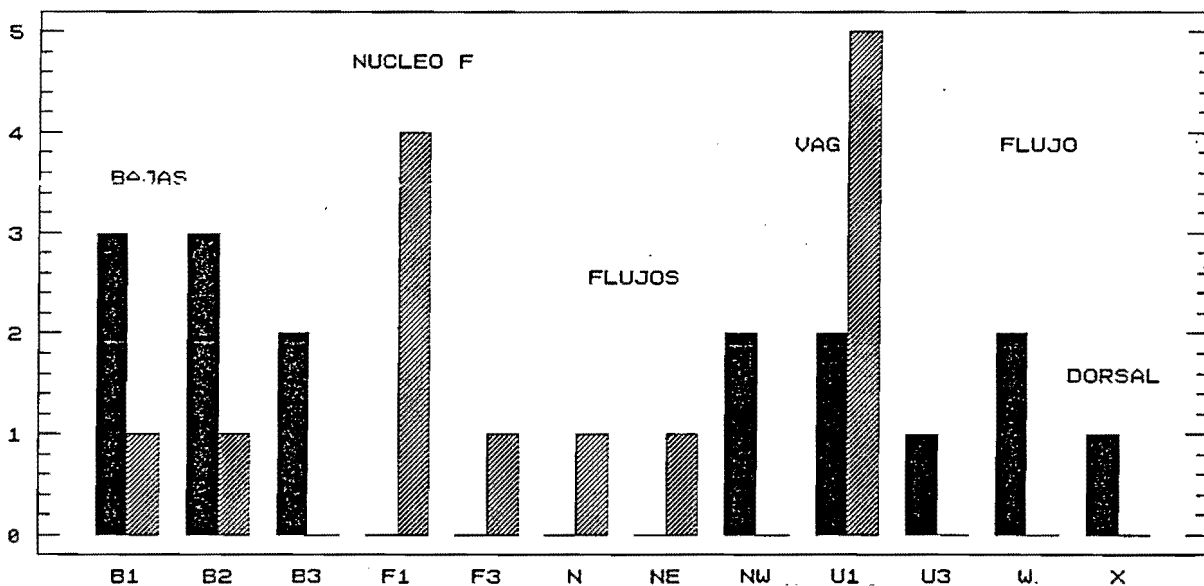
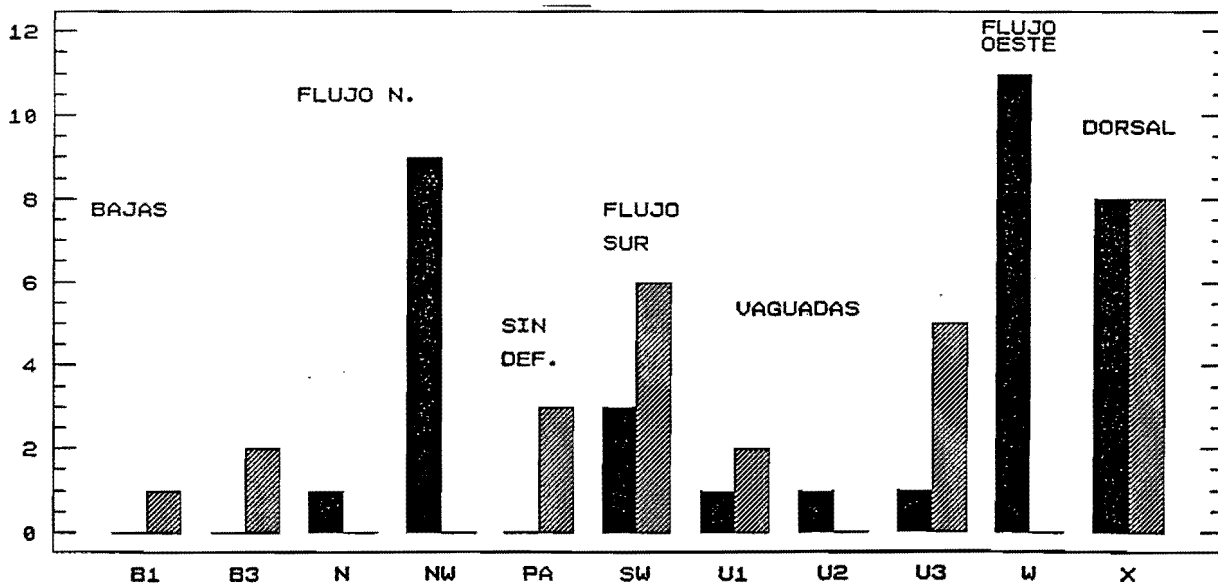


Fig 3.2.1.1.b Situaciones en Julio y Agosto.

NO CON.
SI CON.



Llama la atención que en el 50% de los casos de dorsal se dan situaciones convectivas, pero hay que señalar que en la mayoría de los casos se generaron en zonas de montaña, siendo de evolución diurna y solían estar ligadas a la presencia de un núcleo frío en 500 mbs, embebido en la estructura de la dorsal de 300 mbs.

Los días no convectivos estuvieron asociados a flujos del oeste(W) y de componente norte (NW).

Sobre el **movimiento de las perturbaciones** podemos indicar que predominaron las situaciones cuasiestacionarias, sobre todo en Julio y Agosto (dorsales, flujos sin perturbar) mientras que en Junio la movilidad fué mayor. Los desplazamientos de las perturbaciones se realizaron con los flujos con cierta componente oeste y, de cara a la convección, parece que **las perturbaciones móviles tienden a favorecerla**, sobre todo en los meses de Julio y Agosto.

3.2.2. Flujo en 700 mbs regional.

De nuevo aparecen diferencias entre los meses de Junio y los meses puramente estivales. Mientras que durante el primero los flujos de componente norte predominaron, en el segundo grupo fueron los del sur.

Respecto a la convección fueron los **flujos del sur** los que se manifestaron claramente como **los más favorables** mientras que los de componente N,NW y W fueron **los más desfavorables** para el desarrollo convectivo a nivel sinóptico. Hay que hacer notar que esto no está en contradicción con los resultados obtenidos de las **situaciones sinópticas de 300 mbs de flujos sin perturbar** pues son niveles diferentes.

Ya que el flujo en 700 mbs podía ser un factor importante en el desarrollo de la convección, sobre todo en las situaciones con flujo perpendicular a las zonas de montaña y/o en la generación de tormentas de masas de aire, se analizaron las situaciones de MA y FS . En la Fig 3.2.2. a y b podemos ver que en ambos casos los **flujos del SW fueron los más frecuentes para los desarrollos convectivos**, seguidos de las situaciones de flujos débiles o sin definir en 700 mbs

3.2.3. Configuración térmica 500/850 mbs.

Otro factor que, a nivel sinóptico, puede jugar un papel significativo es la estructura térmica 500/850 mbs y los valores asociados. De los mapas de trabajo de 12 z pudimos observar que en Junio, Fig 3.2.3.a, la presencia de una Vaguada térmica en 500 mbs suele favorecer la convección, con o sin dorsal en 850 (casos 1 y 4). Por contra, en **Julio y Agosto la condición más favorable** fue que a las 12 z exista una vaguada en 500 mbs a la **izquierda de la dorsal térmica en 850 mbs** (caso 1), Fig 3.2.3.b. Las bajas térmicas en niveles bajos y las situaciones en las que no existen ni una ni otra no garantizan los desarrollos convectivos.

De cualquier forma, parece que la presencia de una vaguada térmica en 500 mbs es un factor importante a tener en cuenta (análisis y previstos), sobre todo si está en desfase con la dorsal

FLUJO 700 MBS Y TORM. MASAS DE AIRE

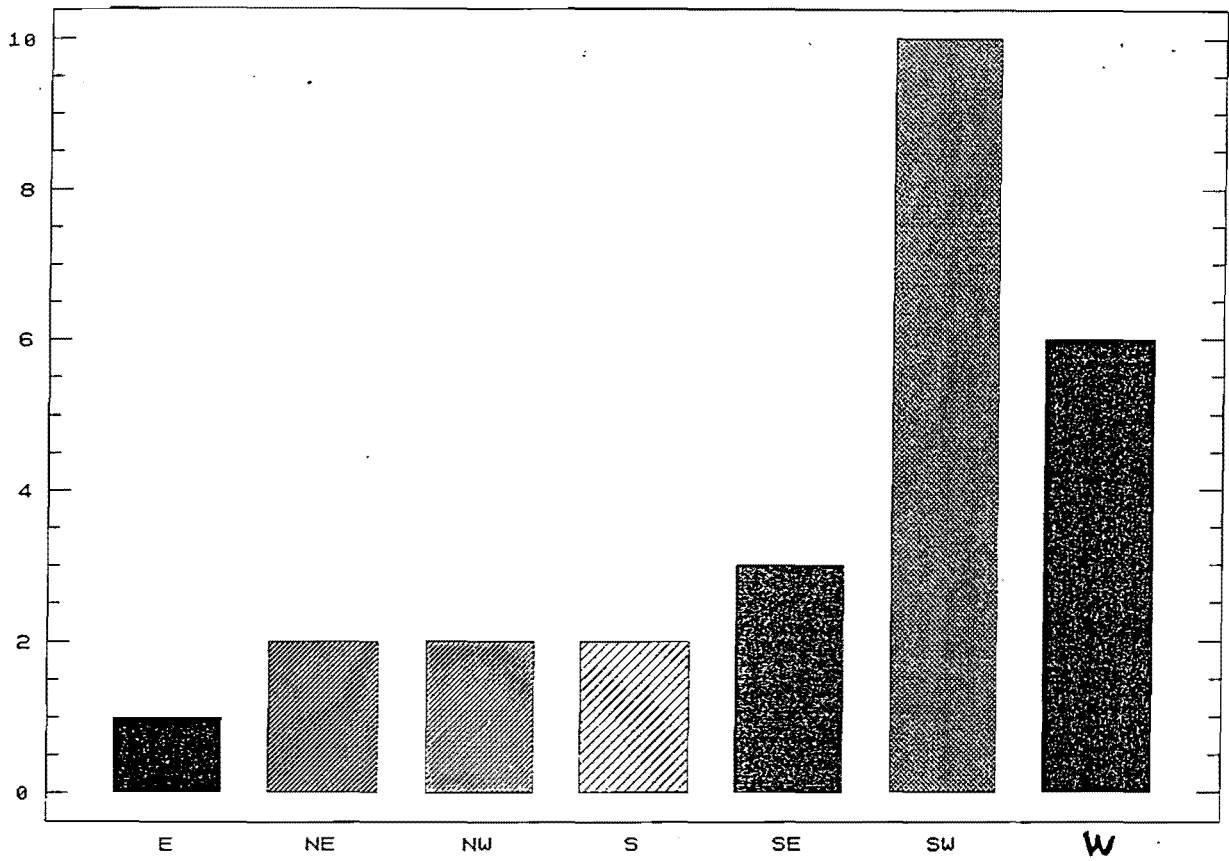


Fig 3.2.2.a

FLUJO 700 MBS T. FORZ. SINOPTICAMENTE

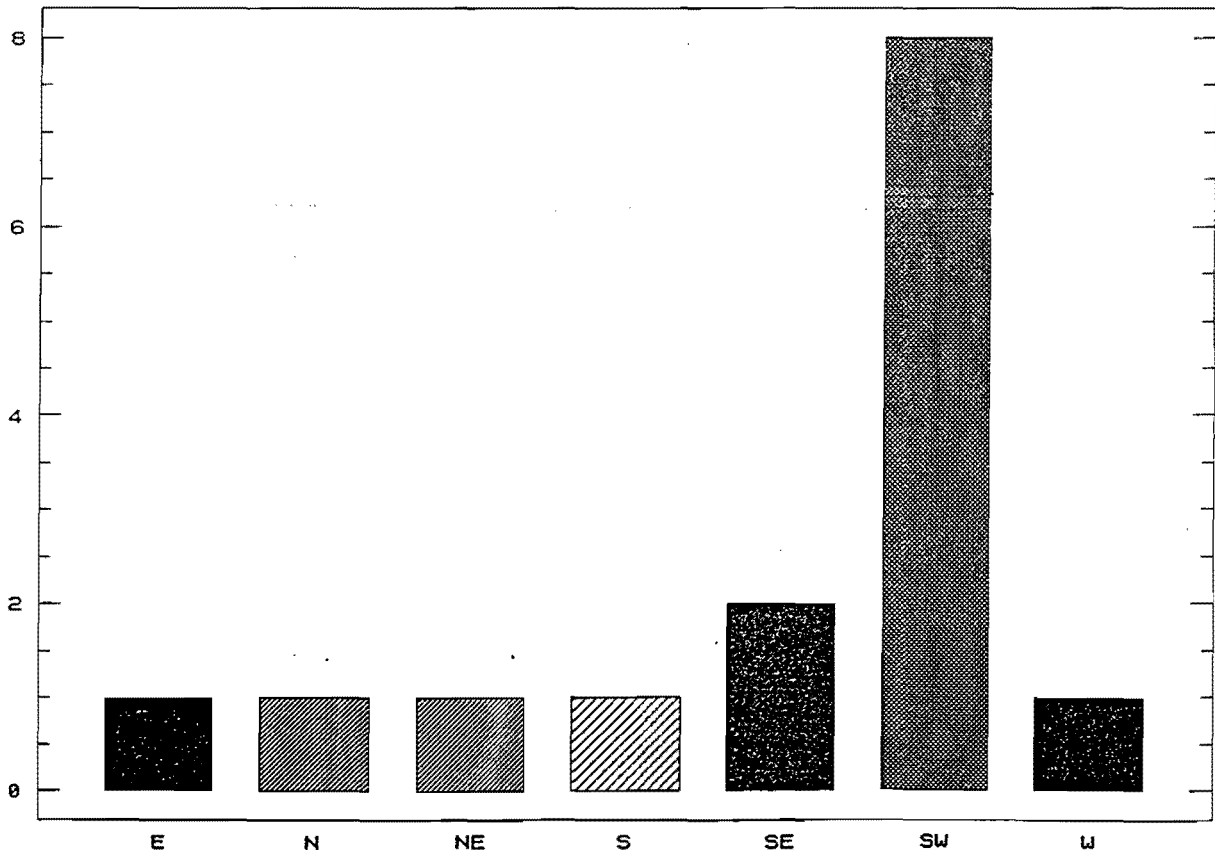


Fig 3.2.2.b

Fig 3.2.3.a

CONFIGURACION TERMICA 500/850 MBS
JUNIO

NO CON.
SI CON.

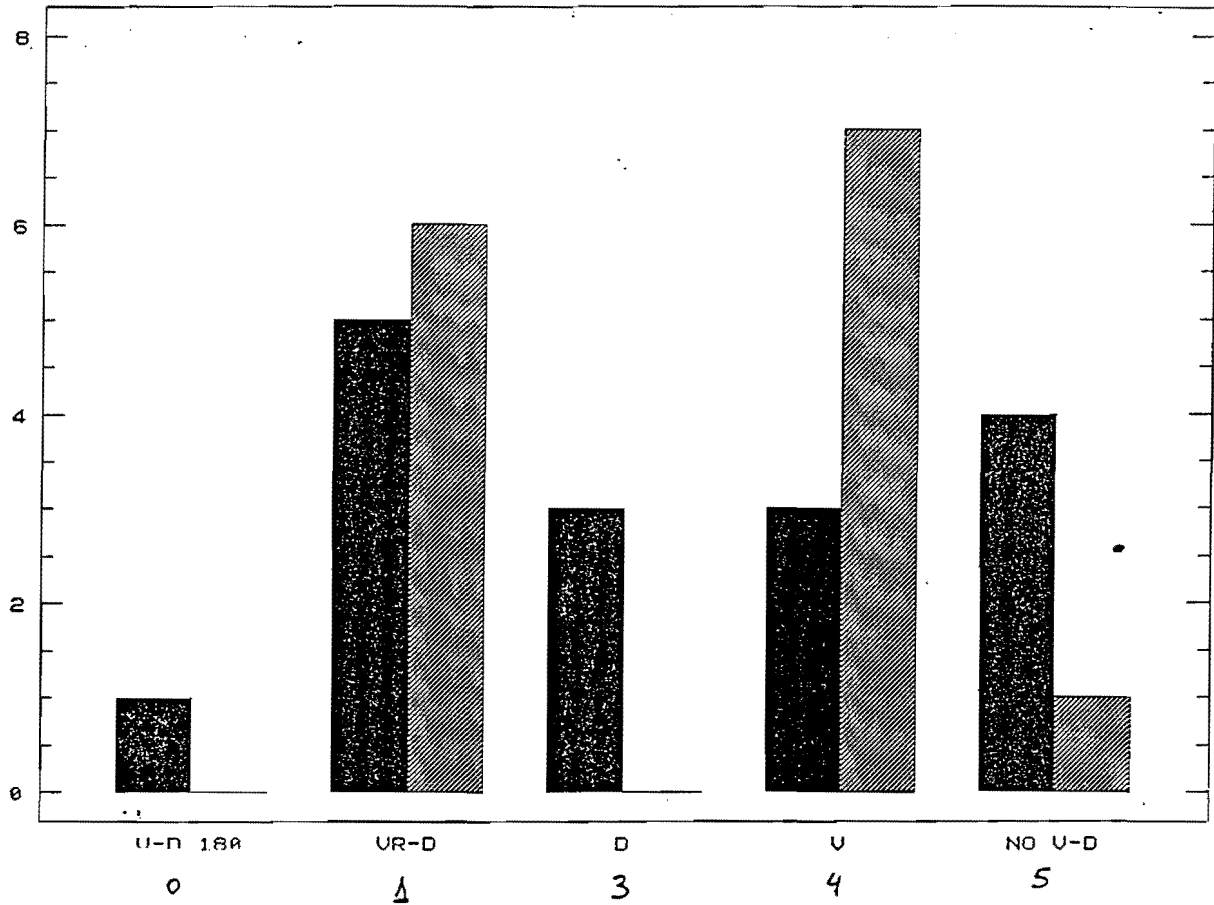
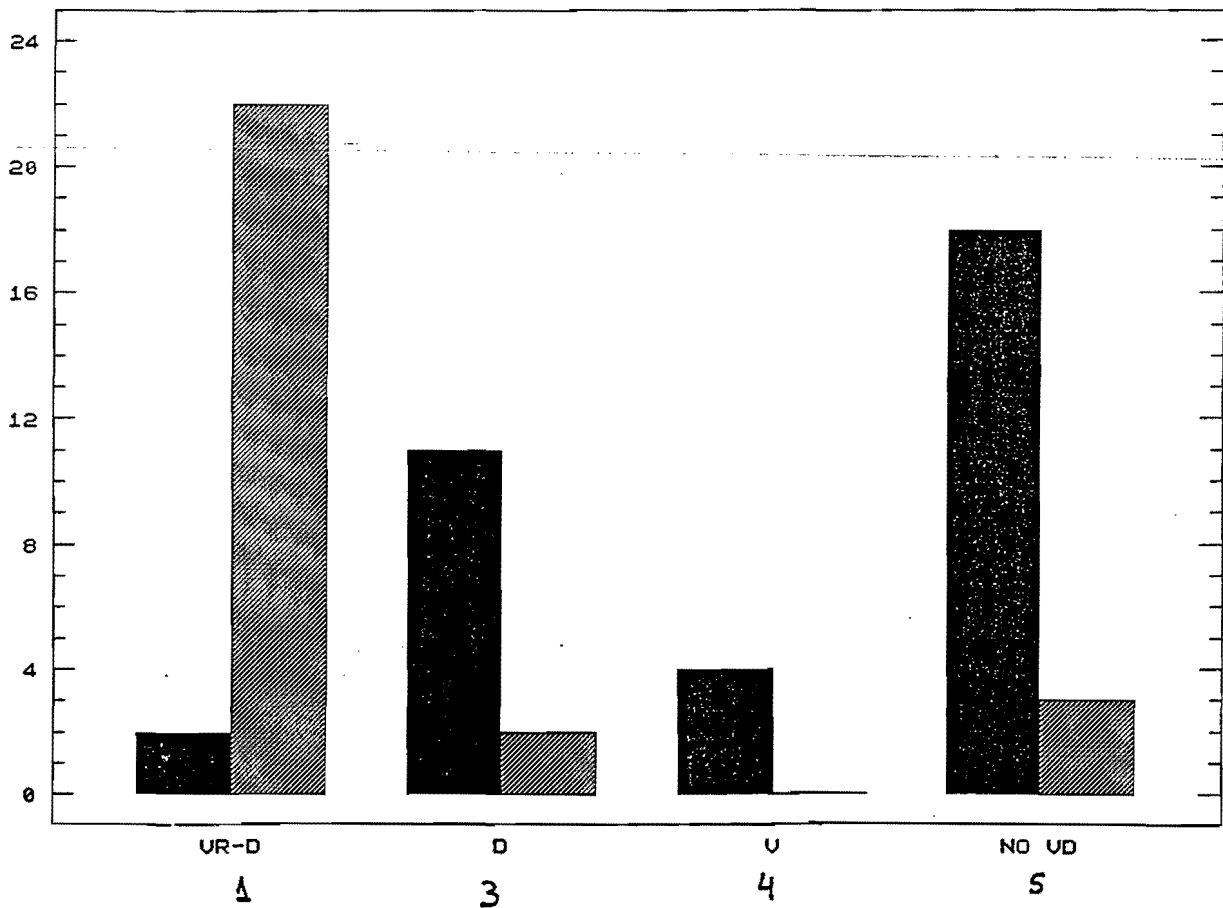


Fig 3.2.3.b

CONFIGURACION TERMICA 500/850 MBS
JULIO/AGOSTO

NO CON.
SI CON.



de T en 850 mbs y adelantada con respecto al campo dinámico de 300 (ó 500) mbs. De hecho, éste es un tipo de situación que garantiza un mínimo de estabilidad en la zona con el paso de una onda que lleva asociado un máximo de vorticidad en 300 mbs.

Un caso especial es la presencia de núcleo frío cerrado en 500 mbs , situaciones F en Junio, que en todos los casos generó convección incluso con bajas temperaturas en 850 mbs debido a la fuerte inestabilidad convectiva que generaba en niveles bajos, favorecida por el calentamiento diurno, tanto más intenso cuanto menos nubosidad llevara asociada la perturbación principal.

3.2.4. Temperatura de 500 mbs regional.

Se anotó diariamente la temperatura mínima que caía dentro de la zona de interés, suministrada por el LAM en la topografía de 500 mbs. Se comparó con los datos del radiosondeo de Madrid de la misma hora y se observaron mínimas y contadas diferencias.

Se analizó su evolución temporal durante los tres meses y su relación con los días de convección y sin convección, aunque aquí no se presentan gráficas.

En la evolución temporal, durante el mes de Junio, las temperaturas fueron relativamente bajas y con una tendencia progresiva a ser más cálidas pasando desde los -22° C a los -10 ó -12° C a finales de Junio y en Julio y Agosto.

Respecto al grado de dispersión, podemos hacer notar que en Junio las temperaturas abarcaron un mayor rango de valores, mientras que en los otros dos meses la variabilidad fue menor.

Con respecto a la convección podemos anotar que en Junio ,prácticamente, no se produjo convección **por debajo de los -12 grados**, mientras que en **Julio y Agosto este valor se redujo a los -10° C**. El único caso con -9° C fue de origen orográfico, muy localizado y puntual en el sistema Ibérico. Estos umbrales confirman una de las reglas de "dedo gordo" que suelen utilizar algunos predictores referentes a las temperaturas en 500 mbs.

3.2.5. Resumen y mapas con situaciones típicas que favorecen la convección en la zona Centro.

Podemos resumir, en este apartado, los resultados más importantes obtenidos de esta base de datos (92 días de Junio, Julio y Agosto de 1992) en los siguientes puntos:

1. Existen dos períodos temporales, diferenciados sinópticamente:

a). Desde primero de Junio hasta la última semana de dicho mes, con perturbaciones marcadas sinópticamente. Las situaciones de núcleo frío y bajas cerradas en 300 mbs las más proclives a desarrollos convectivos. Por contra las situaciones de vientos de componente oeste (W,NW) y dorsales (X) no desarrollaron convección en la zona.

b) La última semana de Junio, Julio y Agosto con sistemas sinópticos menos definidos. Las situaciones de dorsal y sin definir, son las que más números de días

convectivos generaron, aunque las primeras dieron un 50% de días con convección y sin convección. Siguen siendo las situaciones de W y NW las que no contribuyeron a la convección.

2. Los fenómenos convectivos de masas de aire fueron los que predominaron, preferentemente durante los meses de Julio y Agosto.

3. Las perturbaciones dinámicas móviles tipo vaguada o bajas, las dorsales con núcleo frío embebido y los flujos del SW sin perturbar son las situaciones más favorables para el desarrollo convectivo.

4. Los flujos del SW en 700 mbs fueron los más proclives al desarrollo de la convección, por contra los flujos del oeste tendieron a inhibirla.

5. Los valores $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 500 mbs parecen ser umbrales para el desarrollo de la convección en Junio y Julio / Agosto, respectivamente.

6. La presencia de vaguadas térmicas en 500 mbs, sobre la zona Centro, suele favorecer el desarrollo de la convección.

7. Estos resultados son parciales y **sólo referidos a los datos de la campaña 1992 en la zona Centro, con 92 días analizados.**

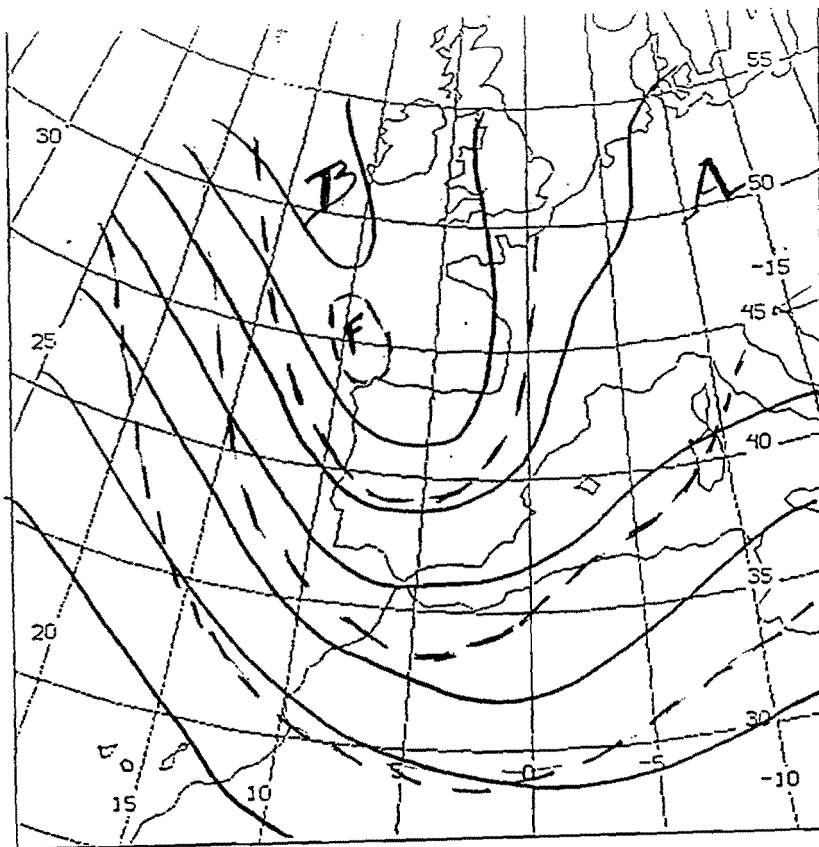
A continuación se presentan algunas situaciones y mapas asociados a días que desarrollaron convección en la zona Centro. Se presentan Z-300 mbs y T-500 mbs (a trazos) en el panel superior y Z-1000 mbs y T-850 mbs (a trazos) en el inferior.

Las B y A representan Bajas y Altas. F y C núcleos fríos y cálidos, respectivamente. Los mapas no tratan de representar una fecha en concreto sino estructuras o situaciones generales.

a Situaciones de vaguadas móviles atlánticas del noroeste. Tipo U1.

Suelen ser situaciones móviles que generan convección de tipo prefrontal. En Junio, estas perturbaciones suelen llevar asociado un frente en superficie y un escudo nuboso de tipo baroclino. La hora de entrada, la cobertura nubosa y el acoplamiento con el calentamiento diurno son factores que condicionan el desarrollo prefrontal de la convección. Fig 3.2.5.a1.

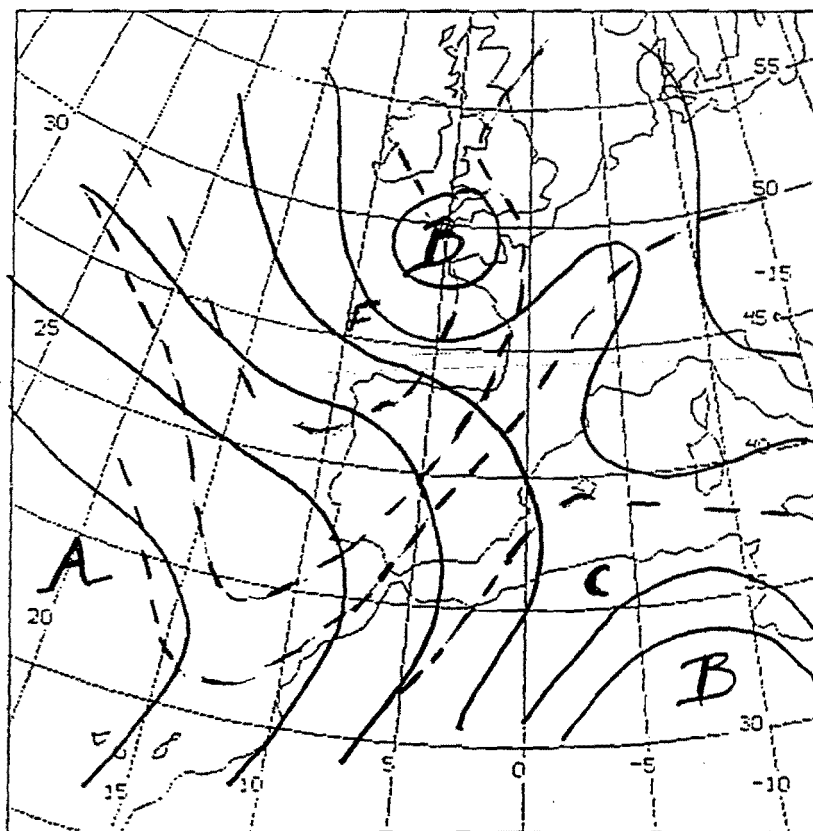
En Julio y Agosto, Fig 3.2.5.a2, son menos frecuentes, llevando consigo menos nubosidad, lo que favorece el calentamiento diurno sobre la meseta. Su efecto es tanto mayor, en ambos casos, cuanto más al sur penetren ya que de esta forma desarrollan flujos del SW y una dorsal bien definida en el campo térmico de 850 mb sobre gran parte de la península. La presencia de una frontera cuasistacionaria o baja previa en superficie suele focalizar la convección en zonas determinadas.



Z 300 MB —————

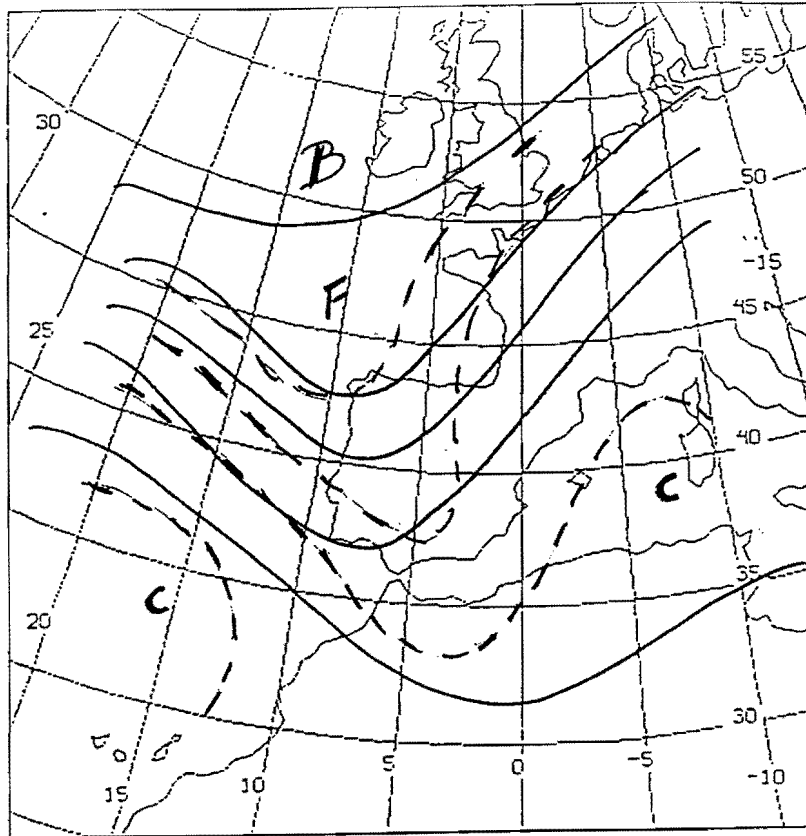
T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5.a1 Situación en "U" o "V"



Z 1000 MB —————

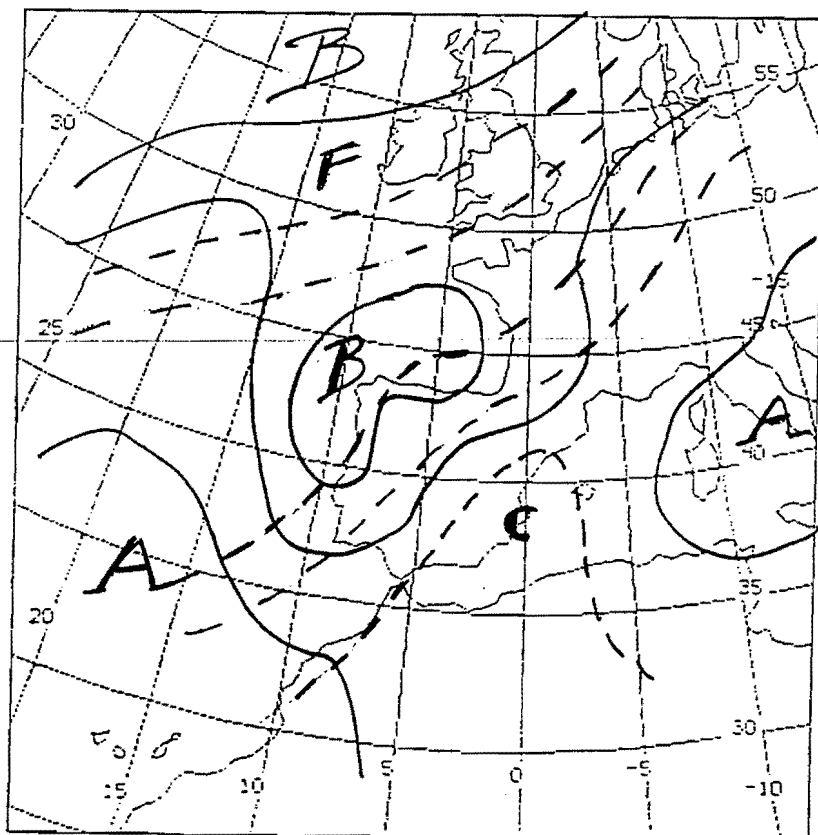
T 850 MB - - - - -



Z 300 MB —————

T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5.a2 Situación en "U1" o "V1"



Z 1000 MB —————

T 850 MB - - - - -

Cuando la penetración es tal que el flujo en 700 y 850 mbs es del sur y de origen africano, se ha observado que la convección (si existe) tendía a tener bases muy altas y no solía generar precipitación apreciable en superficie.

b Situaciones de vaguadas móviles atlánticas del suroeste. Tipo U3.

Se dieron más casos en Julio/Agosto que en el otro mes y casi garantizan la convección en nuestra zona ya que generan flujos de componente suroeste y subida de las temperaturas en niveles bajos, Fig 3.2.5.b. Las más favorables fueron aquéllas que se desplazaron desde el SW al NE por la península. La presencia de vaguadas térmicas en 500 mbs adelantadas en el campo de geopotencial es un elemento a tener en cuenta y, sobre todo, si el día previo se dieron fenómenos convectivos en la zona.

Las mismas consideraciones sobre flujo africano vale para este tipo de situaciones. Una variante de esta configuración es la siguiente.

c Situaciones de flujo del SW. Tipo SW.

Cuando una baja o vaguada en altura, Fig 3.2.5.c, se sitúa en las cercanías de las Islas Canarias, acompañada de una dorsal sobre Italia, se suele generar un flujo del SW sobre la península que garantiza la presencia de la baja térmica. Como en el caso anterior fueron situaciones que se dieron más en el período estival. Posteriormente se pueden transformar en perturbaciones de paso de vaguada del SW a NE (U3).

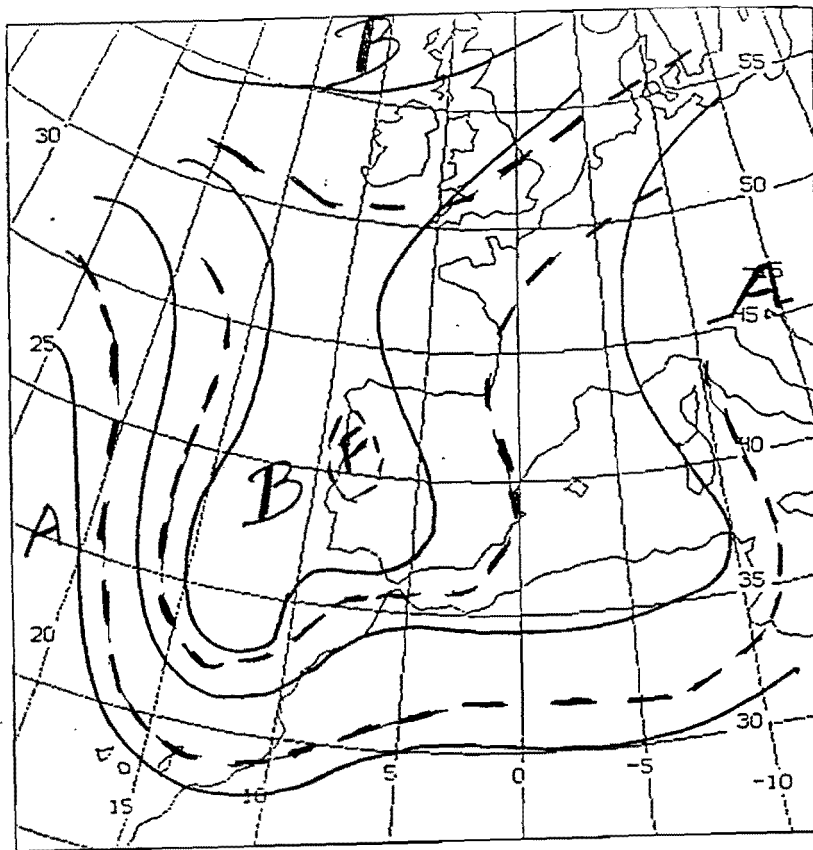
Estas situaciones suelen llevar pequeñas ondas embebidas (detectables en las imágenes de WV y en el campo térmico de 500 mbs) que penetran por el Golfo de Cádiz y que acopladas, sobre la meseta, con el calentamiento diurno generan convección, primero sobre las montañas y posteriormente sobre la meseta. Los forzamientos sinópticos son muy débiles.

En estas situaciones y en las anteriores (U3) se debe prestar atención a las imágenes de satélite que delaten la presencia de Ac-Castellatus que penetren con flujos y perturbaciones con sures en altura, ya que nos ponen de manifiesto la presencia de inestabilidad en niveles medios pudiéndose acoplar, al mediodía, con el calentamiento diurno (inestabilidad en niveles bajos) y dando desarrollos más significativos.

Una variante de estas situaciones es la que se produce cuando un ramal de la circulación subtropical es "enganchada" por dicha perturbación (preferentemente las de B1, U1, B3, U3 o SW) En ellas, podemos apreciar cómo un ramal de la circulación asociada a la baja gira ciclónicamente en torno a ella y el otro ramal asciende, sin llegar a ser captado, dejando una zona difluente en 300 mbs. Bajo dichas circunstancias se pueden desarrollar fenómenos convectivos, móviles y a veces de tipo severo.

d Situaciones de Dorsal. Tipo X.

En Julio y Agosto se dieron con bastante frecuencia este tipo de situaciones, en la que una dorsal caía en la vertical de la zona Centro. La mitad de ellas desarrollaron convección de

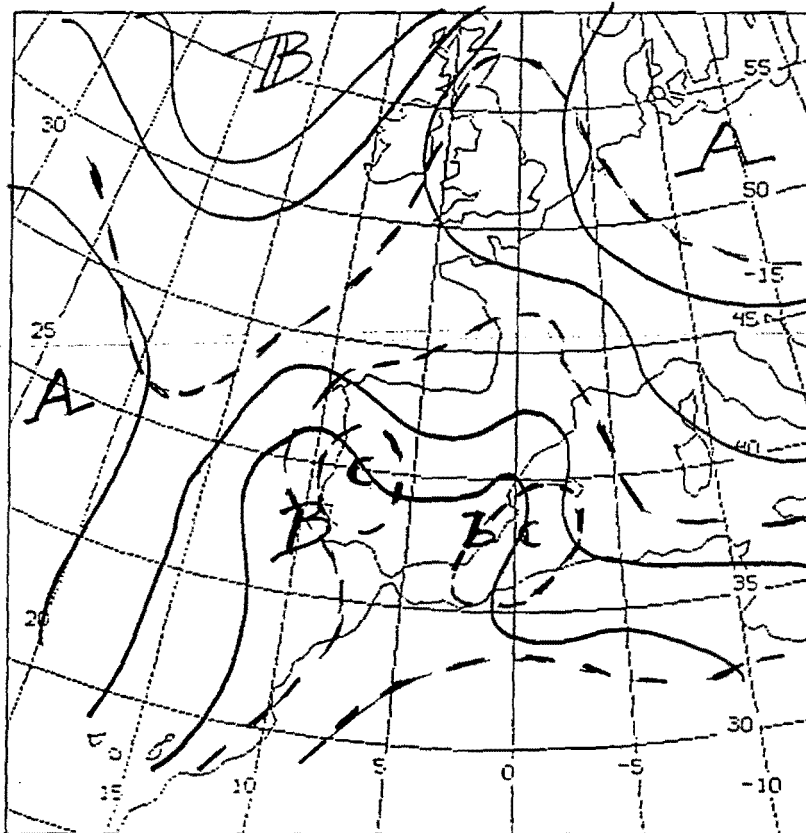


Z 300 MB —————

T 500 MB - - - - -

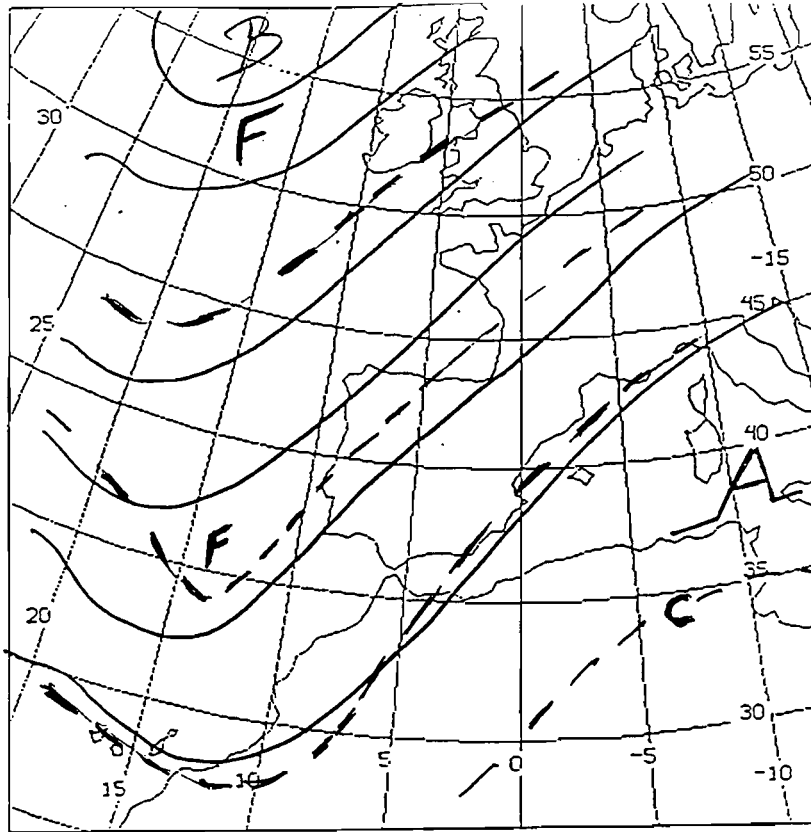
Fig 3.2.5.b

Situación en "U3"



Z 1000 MB —————

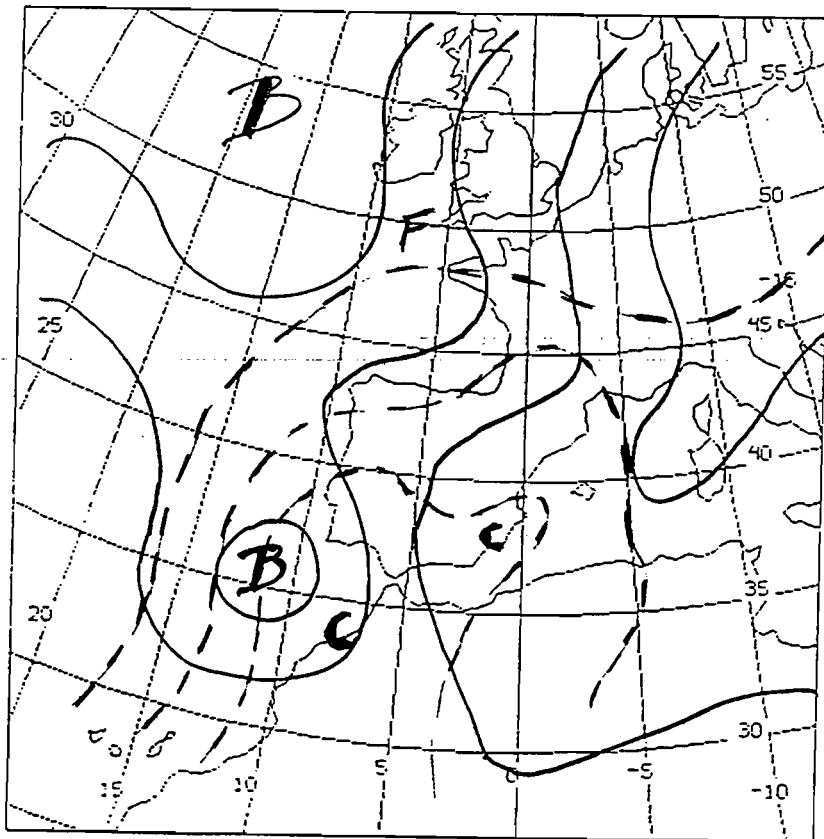
T 850 MB - - - - -



Z 300 MB —————

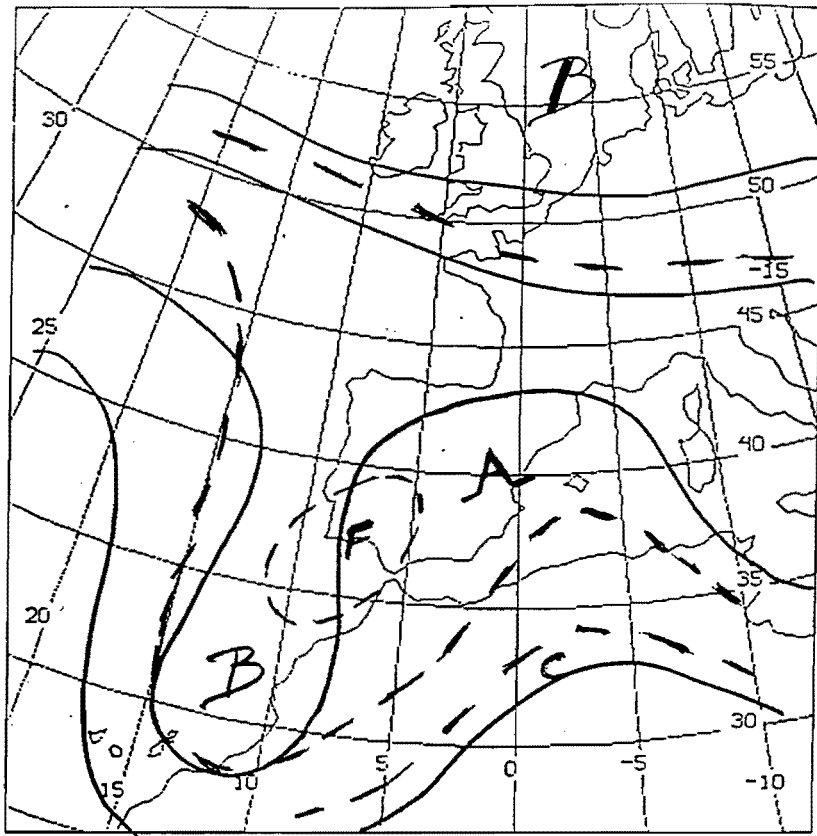
T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5.c Situación del "SW".



Z 1000 MB —————

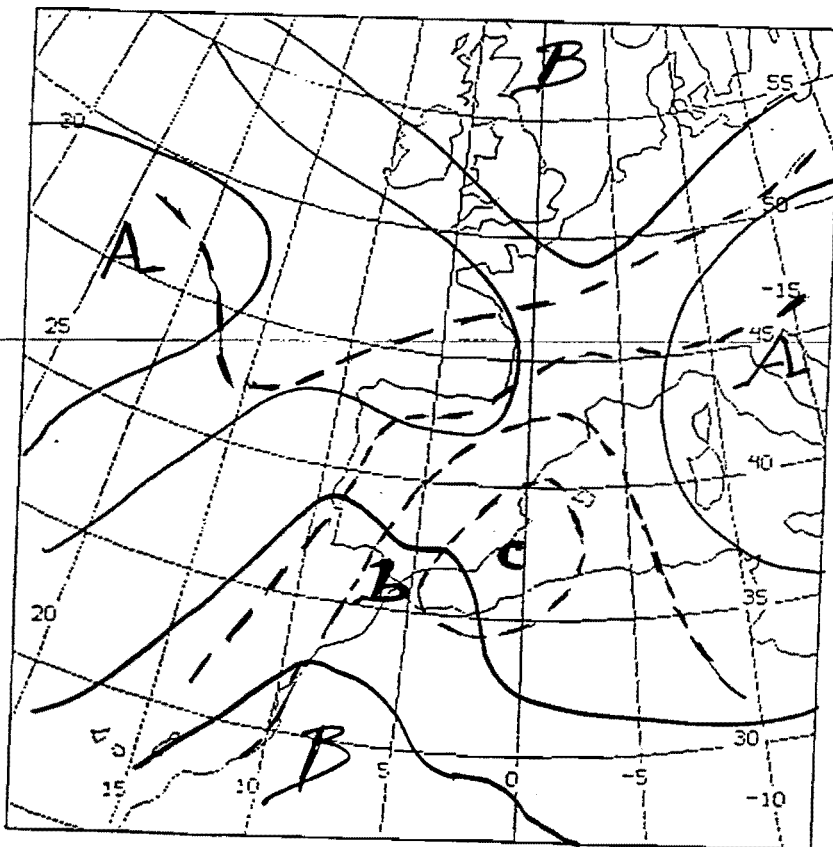
T 850 MB - - - - -



Z 300 MB —————

T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5.d Situación de dorsal o "X"



Z 1000 MB —————

T 850 MB - - - - -

masa de aire concentrada en las zonas montañosas y que solían disiparse con la caída de la noche. Fig 3.2.5.d.

El calentamiento diurno es acusado, se desarrolla la típica baja térmica y la presencia de un **núcleo frío** ($<-10^{\circ}\text{C}$) en 500 mbs es el factor que puede introducir la inestabilidad suficiente para el desarrollo convectivo. En el caso de la figura fue un núcleo frío que se desplazó desde el SW, bajo la dorsal de geopotencial en 300 mbs.

e Situaciones sin definir. Tipo PA.

Son parecidas a las anteriores con flujos muy débiles en 300 mbs o situaciones en Rombo quedando la península en "tierra de nadie". Los elementos desencadenantes de la convección fueron similares a la de tipo dorsal (X): **núcleo frío en 500 mbs sobre la meseta a las 12 z y baja térmica acusada**. Estas situaciones predominaron en Julio y Agosto con la convección ligada a las zonas de montaña. Fig 3.2.5.e.

f Situaciones de Núcleo Frío. Tipo F.

Estas situaciones difieren de los casos anteriores pues se dieron en Junio y ligadas a perturbaciones sinópticas de tipo Bajas (B) o Vaguadas (V) que al penetrar en la península se pueden hacer cuasiestacionarias, dejando un mínimo relativo de temperatura en 500 mbs con una baja cerrada en altura sobre la zona centro. El resultado es la existencia de fuerte inestabilidad, asociada a dicho núcleo, incluso en zona de advección fría en niveles bajos y advección de vorticidad negativa en niveles medios, Fig 3.2.5.f.

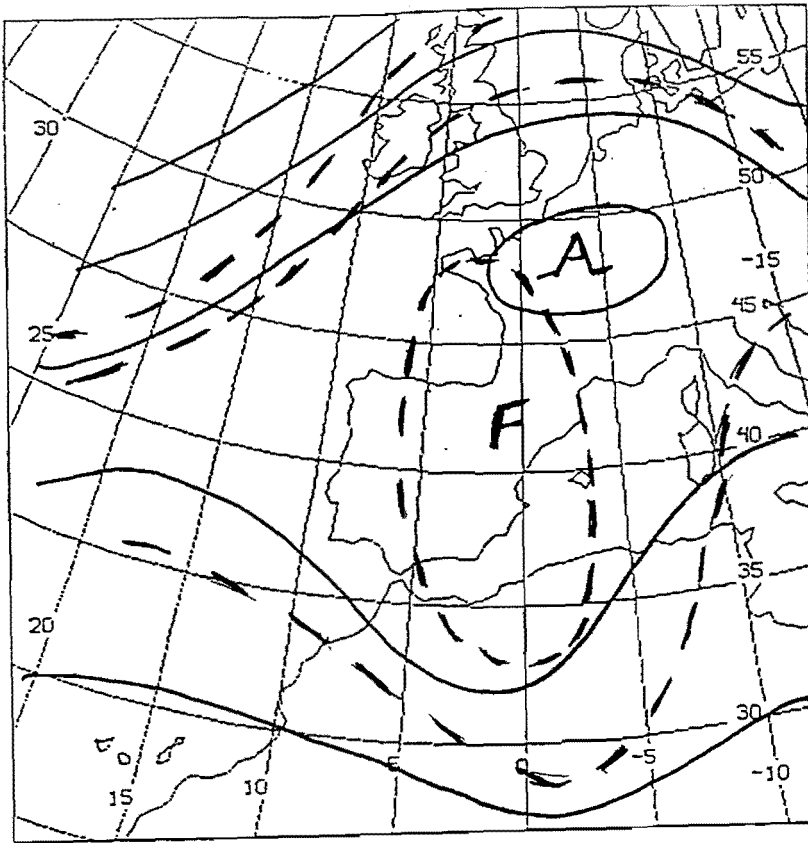
Como la perturbación en el núcleo frío no suele llevar nubosidad de tipo medio y/o alto asociada, esto produce que el calentamiento diurno sea más eficiente desarrollando la convección propia del sistema más otra de carácter vespertina, más intensa y generalizada tanto espacialmente como temporalmente. Al no existir cizalladura vertical del viento la convección suele producir tormentas de corta duración pero que pueden provocar chaparrones intensos y muy localizados.

Conclusiones.

De los análisis de esta base de datos, para la Campaña de 1992, se desprende que existieron dos períodos bien diferenciados, desde el punto de vista sinóptico: un primer período donde predominaron las situaciones bien definidas que pudieron generar convección forzada sinópticamente (casi todo Junio) y el período estival, propiamente dicho, donde se produjo, preferentemente, convección de masa de aire.

El tipo de las situaciones de altura junto con el acoplamiento del calentamiento diurno fueron elementos destacados para el desarrollo o no de la convección. Las situaciones de Vaguadas, Bajas del oeste y flujos del SW parecen favorecerla mientras que las situaciones de flujos del W y N suelen inhibirla.

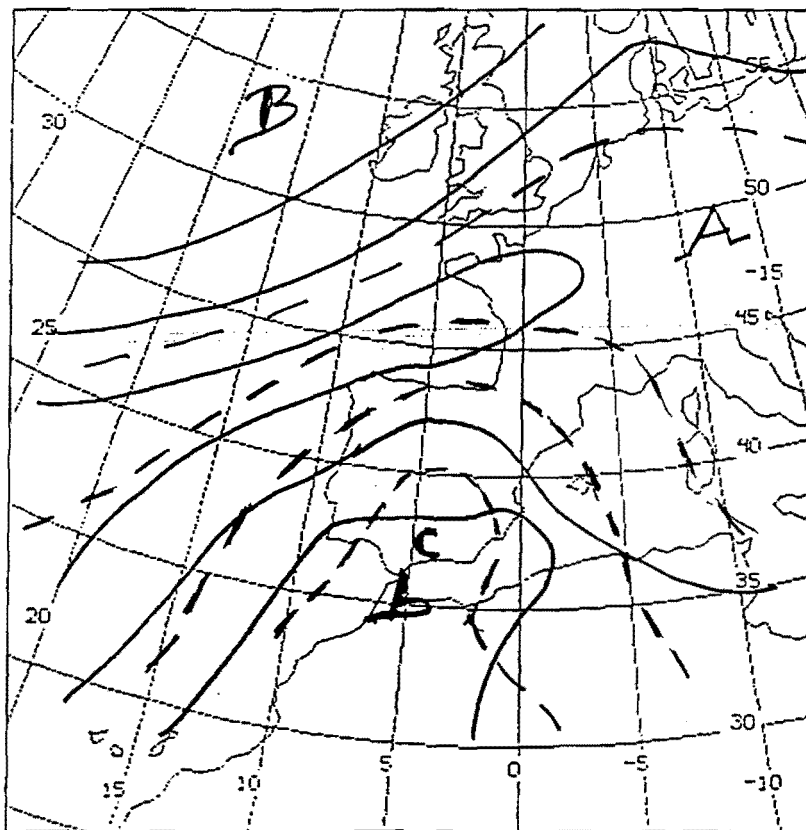
Distinto comportamiento tuvieron las dorsales sobre la Zona Centro según se dieron en Junio



Z 300 MB —————

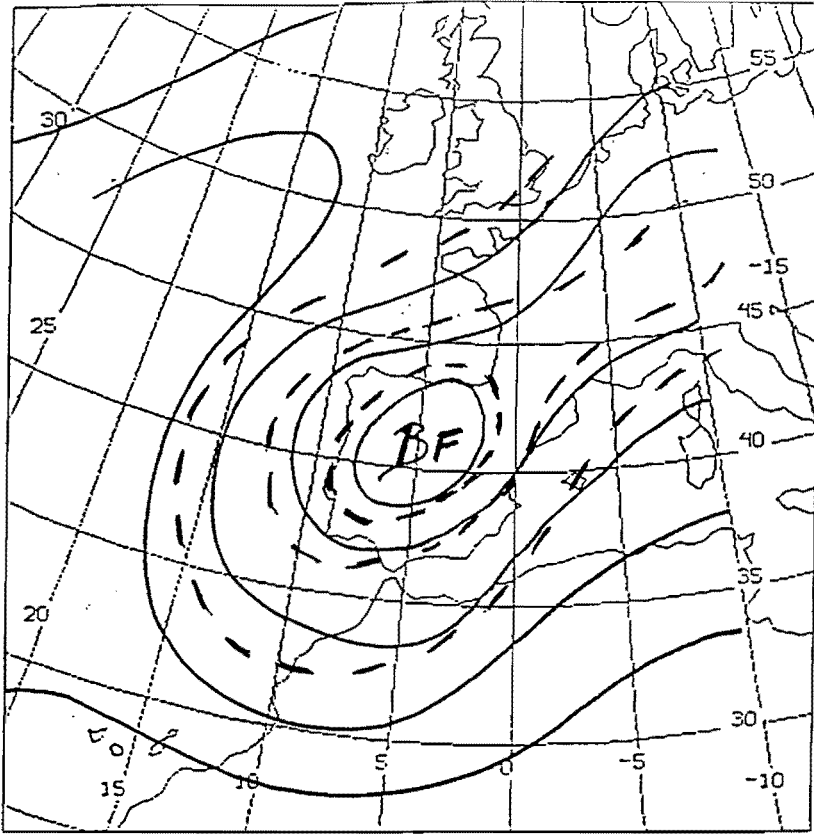
T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5.e Situación "PA"



Z 1000 MB —————

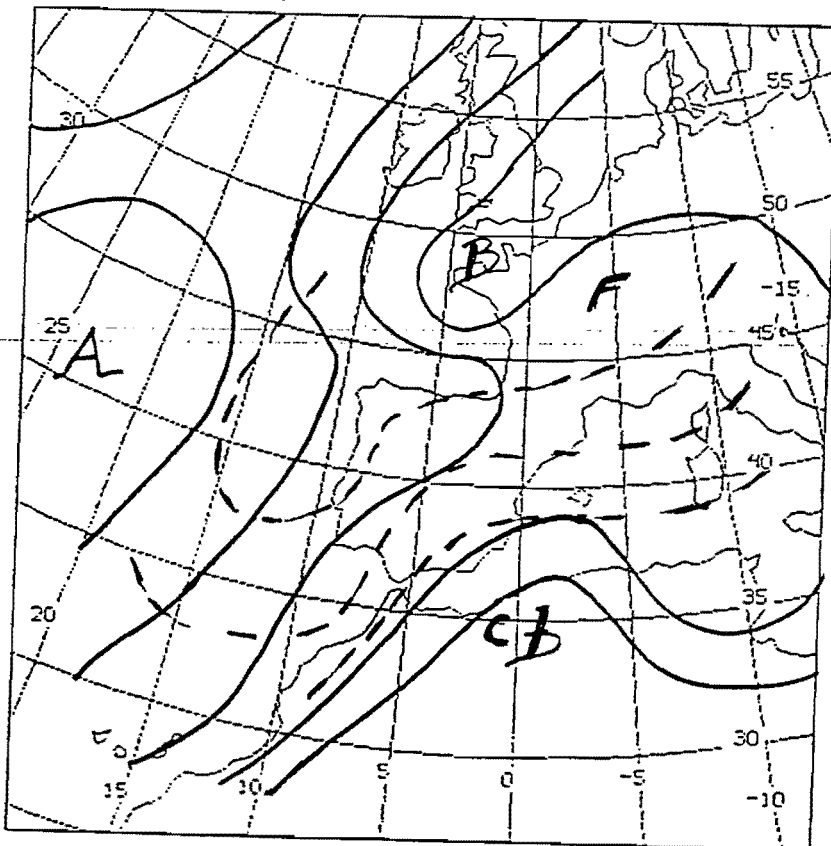
T 850 MB - - - - -



Z 300 MB —————

T 500 MB - - - - -

Fig 3.2.5 f Situación de núcleo frío o "F"



Z 1000 MB —————

T 850 MB - - - - -

o el período puramente estival. En el primer caso resultaron poco propensas para la convección mientras que en el segundo período se desarrollaron núcleos convectivos en las zonas de montaña y bajo la presencia de una perturbación térmica en altura.

Factores que, sinópticamente, pueden ayudar a los desarrollos convectivos son: la movilidad de las perturbaciones de altura, el flujo en 700 mbs sobre todo el del SW, la configuración y estructura térmica entre 500 mbs y 850 mbs. Así la existencia de vaguadas térmicas en 500 mbs puede ser un factor significativo a tener en cuenta, detectables en las imágenes de satélite por la presencia de ciertas estructuras en WV e IR a primeras horas del día, hechos a realzar en el reanálisis manual diario.

3.3 CARACTERIZACIÓN RADAR.

3.3.1 Origen de la convección.

Como ya se ha comentado anteriormente, se observa, Fig 3.3.1, una marcada diferencia entre el mes de Junio y los meses de Julio y Agosto. Para el primero, en el 50% de los casos en que se desarrolló convección ésta se atribuyó al ambiente sinóptico más que al calentamiento diurno, mientras que, durante los meses de Julio y Agosto, este origen de la convección sólo se dio en el 22% de los casos.

Dentro de la clasificación hecha para los casos en que la convección fue originada predominantemente por el calentamiento diurno, se disparó *sólo* en la meseta en el 14% de las ocasiones durante el mes de Junio, hecho que no ocurrió durante los meses de Julio y Agosto; para estos dos meses, se disparó *sólo* en la montaña en el 78% de los casos.

3.3.2 Zona afectada por la convección.

Considerando la totalidad de los días de la Campaña, la zona que más veces ha presentado convección ha sido el Sistema Ibérico, estando las otras cuatro zonas (Castilla-La Mancha, Montes de Toledo, Sistema Central y Sierra Morena) muy igualadas entre sí. (Fig. 3.3.2).

Si analizamos cada mes por separado (Fig. 3.3.2), podemos concluir:

-durante el mes de Junio, Castilla-La Mancha se vio afectada por la convección prácticamente el doble de veces que el resto de las zonas, muy igualadas entre sí durante este mes.

-en los meses de Julio y Agosto, fueron las zonas montañosas las que presentaron mayor número de días de convección, destacando, de entre ellas, el Sistema Ibérico durante el mes de Julio y los Sistemas Ibérico y Central durante el de Agosto.

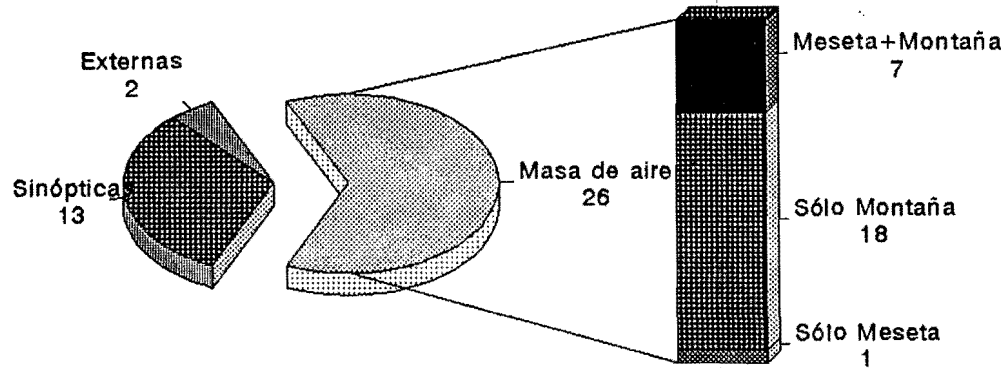
Analizando, a partir de los datos de la Campaña 1992, cada zona por separado (Fig. 3.3.3), se observó un comportamiento análogo de los meses Julio y Agosto en cuanto a zonas preferenciales para desarrollar la convección, destacándose claramente que Junio presentó favoritismos contrarios:

- por el Sistema Central, presentaron claras e igualadas preferencias los meses de Julio y Agosto.
- los días en que la convección se disparó también en los Montes de Toledo muestran un reparto casi equitativo entre los tres meses de la Campaña.
- la gráfica correspondiente al Sistema Ibérico ilustra la preferencia que por esta zona ha tenido el mes de Julio, en contraste con el comportamiento del mes de Junio.
- lo contrario ocurrió en el caso de Castilla-La Mancha: Junio se destaca claramente frente al igualado comportamiento que presentaron los meses de Julio y Agosto.
- la preferencia por la zona próxima a Sierra Morena se la adjudicó, de forma rotunda, el mes de Julio, estando muy igualados, para esta zona, Junio y Agosto.

Para hacerse una idea acertada a partir de estas conclusiones, no hay que olvidar el peso que cada zona ha tenido durante toda la Campaña. De ahí que, en la Fig. 3.3.3, se muestre siempre la proporción resultante para cada zona a la hora de contabilizar los días de convección.

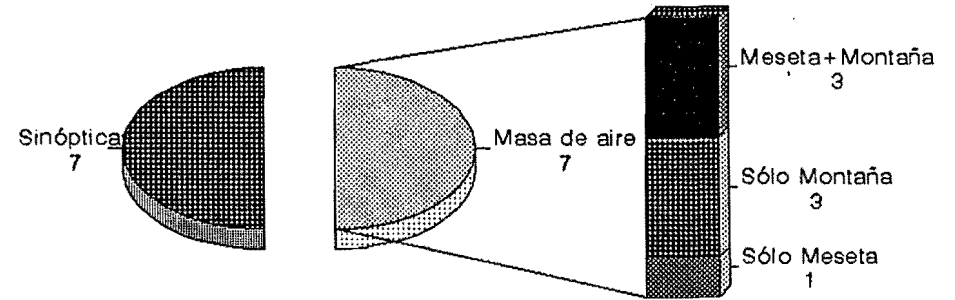
Total de la Campaña

(41 días)



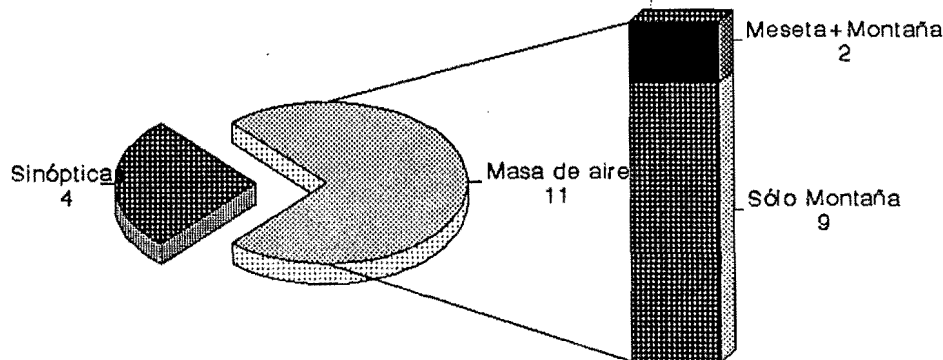
Mes de Junio

(14 días)



Mes de Julio

(15 días)



Mes de Agosto

(12 días)

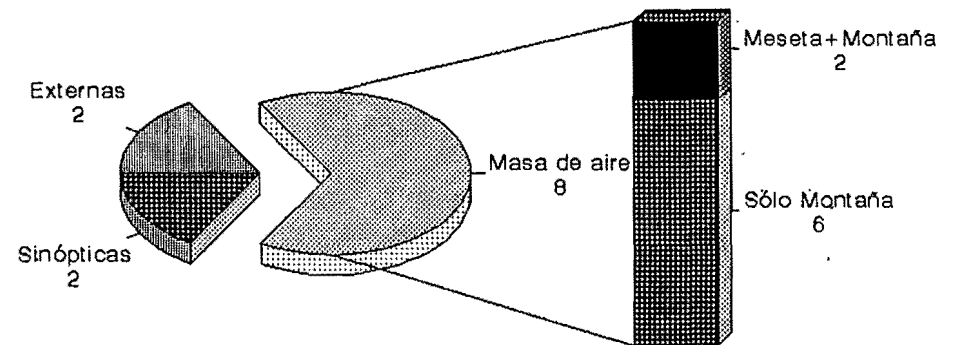
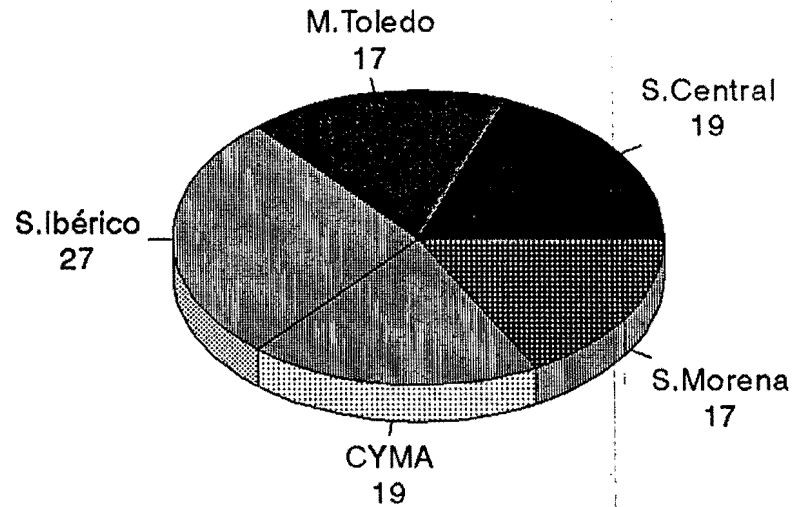


Figura 3.3.1

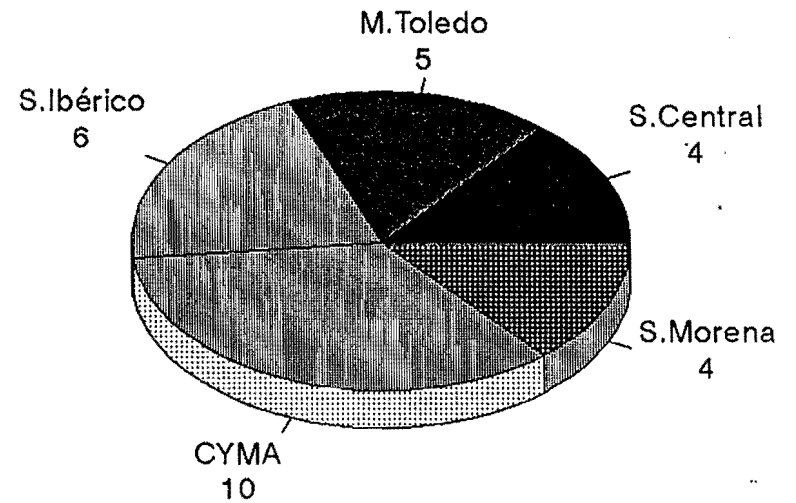
Total de la Campaña

(92 días)



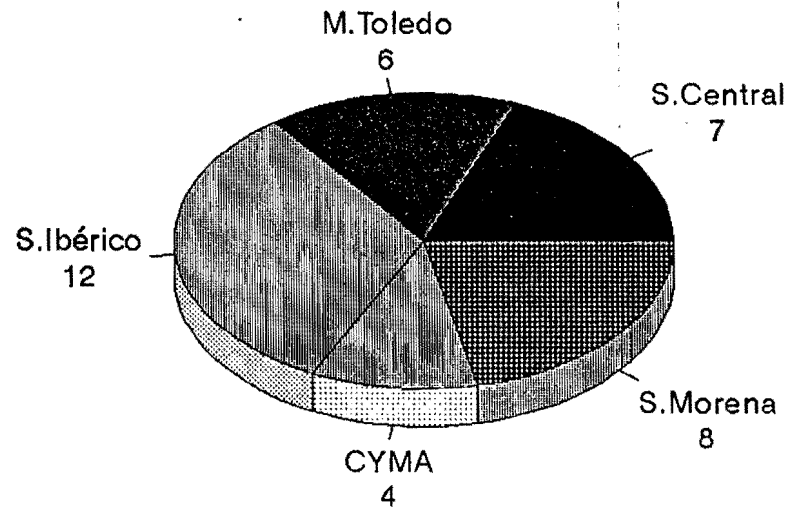
Mes de Junio

(14 días)



Mes de Julio

(15 días)



Mes de Agosto

(12 días)

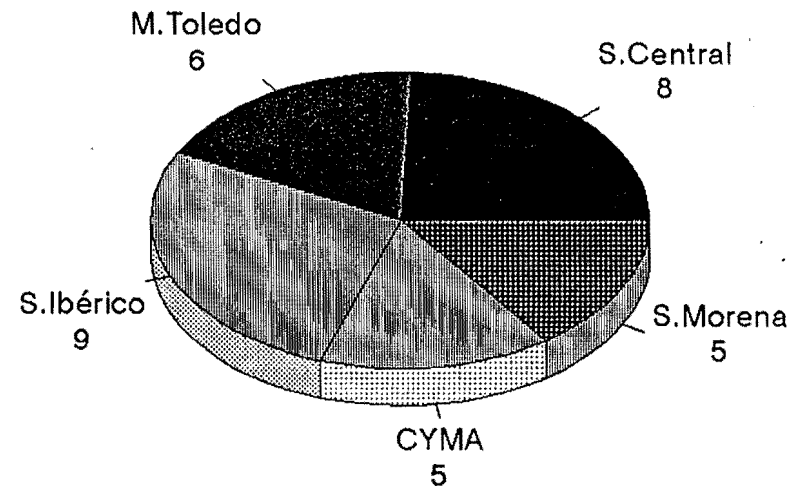
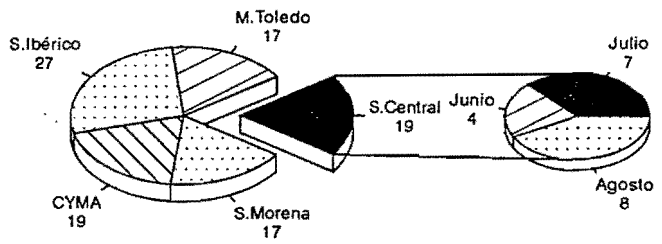


Figura 3.3.2

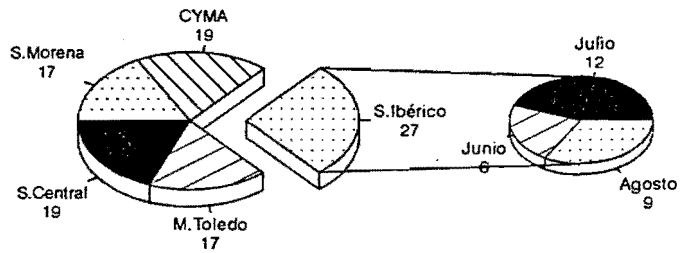
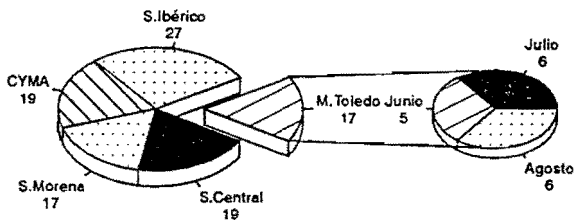
Campaña de Tormentas 1992

Zona Afectada por la Convección.



MONTES DE TOLEDO

SISTEMA IBERICO



CYMA

SIERRA MORENA

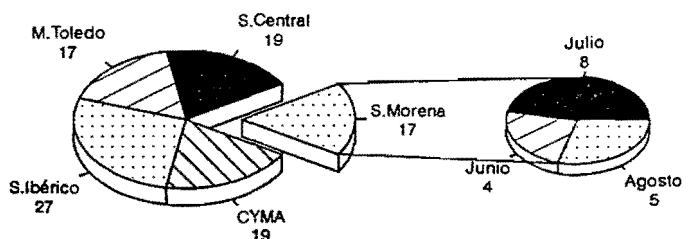
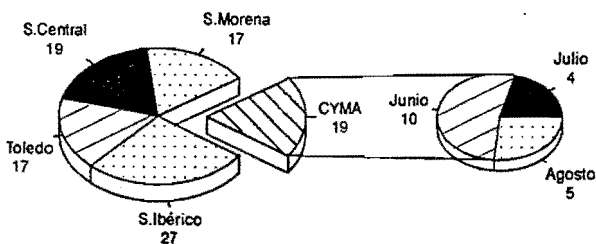


Figura 3.3.3

3.3.3 Hora de inicio de la convección.

Prácticamente durante los tres meses que duró la Campaña, la moda de la muestra de Hora de Inicio de la Convección se mantiene alrededor de las 12 z (Fig. 3.3.4):

- durante el mes de Agosto, todos los días en que se registró este dato se mantuvo entre las 12 z y las 13 z.
- el 92% de los datos registrados en el mes de Julio se encuentran comprendidos entre las 10 y las 14 z.
- el mes de Junio es el que presentó mayor variabilidad, comenzando la convección antes de las 10 z o después de las 18 z en el 38% de los casos registrados, característica coherente con el carácter más sinóptico que de calentamiento diurno de la convección registrada en este mes.

Analizando por separado todos los días de la Campaña en que la convección se produjo sin cambio de masa de aire (Fig. 3.3.5), se observa una clara concentración de los datos, confirmándose el modelo de evolución de las tormentas por calentamiento diurno:

- la hora de inicio se concentra entre las 12z y las 13z.
- la hora de finalización, entre las 18z pasadas y las 22:30z.
- el echotop máximo y la máxima reflectividad se registran entre las 14z y 17:30z.

Lo mismo nos muestra la Fig. 3.3.6 para el caso de tormentas debidas al forzamiento sinóptico. En este caso, y como cabía esperar, los datos registrados presentan una mayor dispersión:

- en el 98% de los casos, la hora de inicio de la convección se presenta entre las 00z y las 13:30z pasadas.
- la hora de finalización se extiende desde las 15z hasta las 6z de la madrugada siguiente.
- los valores máximos de echotop y reflectividad se presentan entre las 11z y las 17z, concentrándose el 50% de los datos entre las 14z y las 16z para ambos datos.

3.3.4 Organización de la convección.

Observando la totalidad de los datos de la Campaña y sin distinciones en cuanto al origen de las tormentas registradas, se observaron tres tipos de organización predominantes (Fig.3.3.7): siguiendo la orografía y dispersas (igualadas entre sí en número de casos) y organización en línea.

Resulta interesante observar el comportamiento de la convección a la hora de organizarse según los meses:

- en Junio, predominan las formaciones en línea y dispersas.
- en Julio predomina la convección dispersa.
- en Agosto, la convección que se ajusta a la forma de la orografía.

...lo que nos viene a confirmar el carácter más sinóptico de los desarrollos observados durante el primer mes de la Campaña.

Si añadimos a esta información la distinción entre tormentas de masa de aire y debidas al forzamiento sinóptico (Fig. 3.3.8), se observa que:

Campaña de Tormentas 1992

Hora de Inicio de la Convección

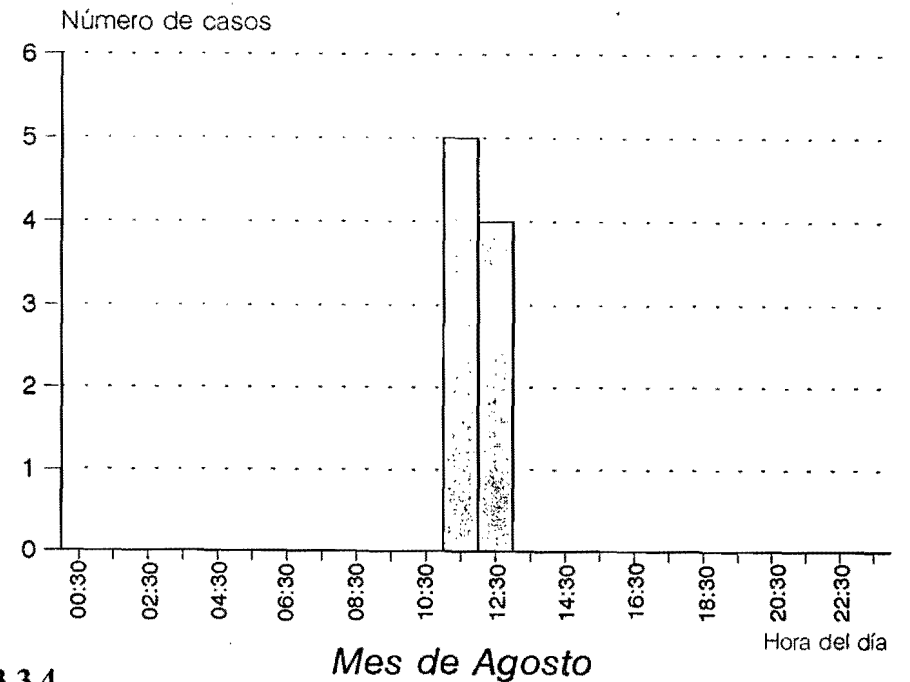
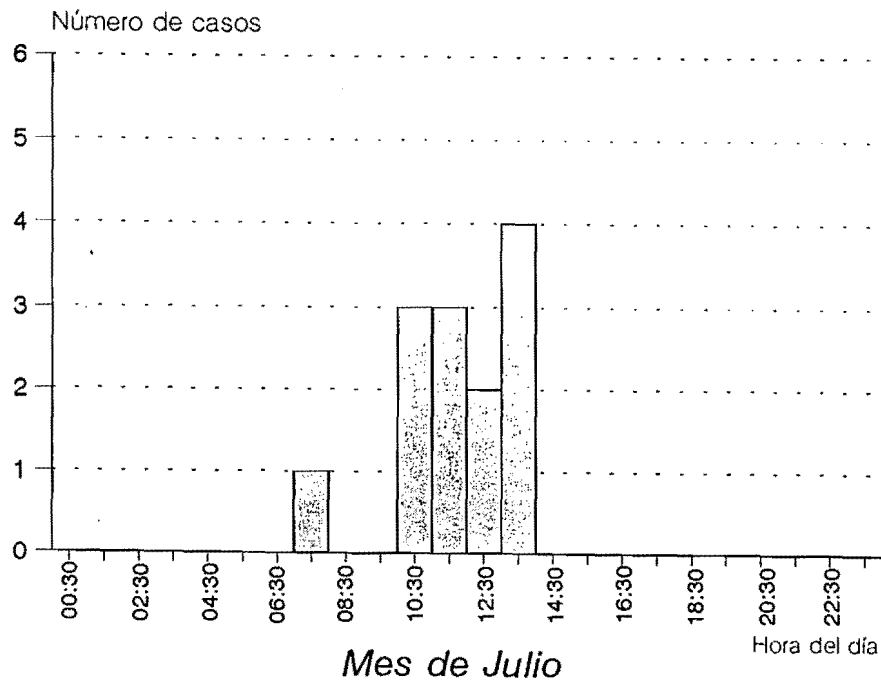
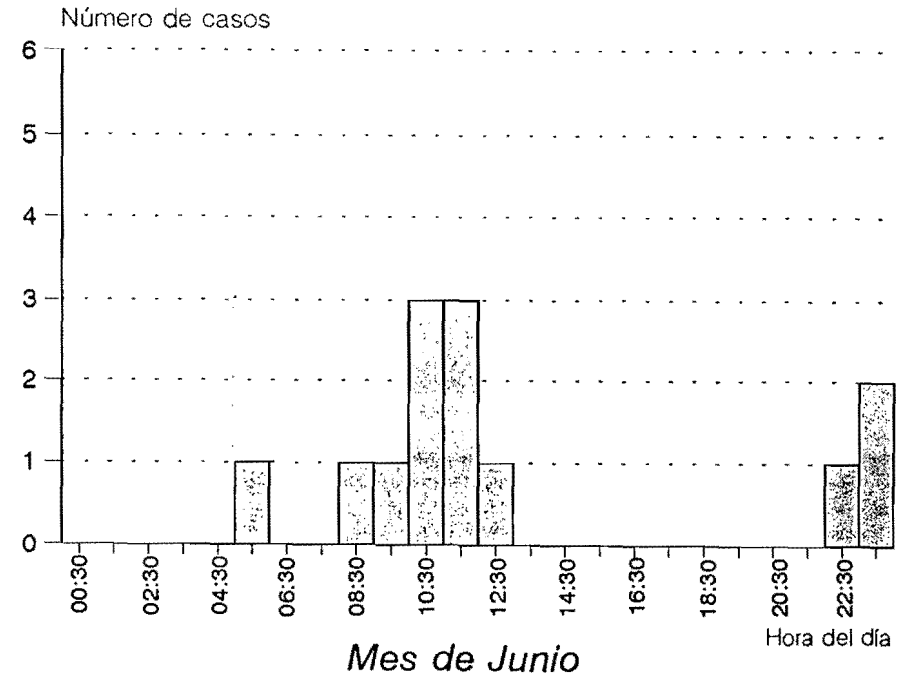
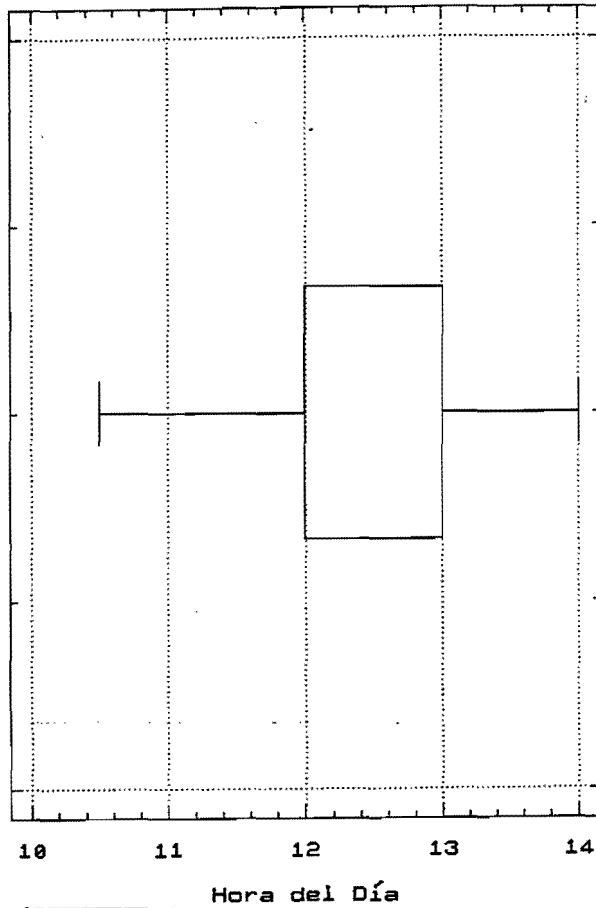
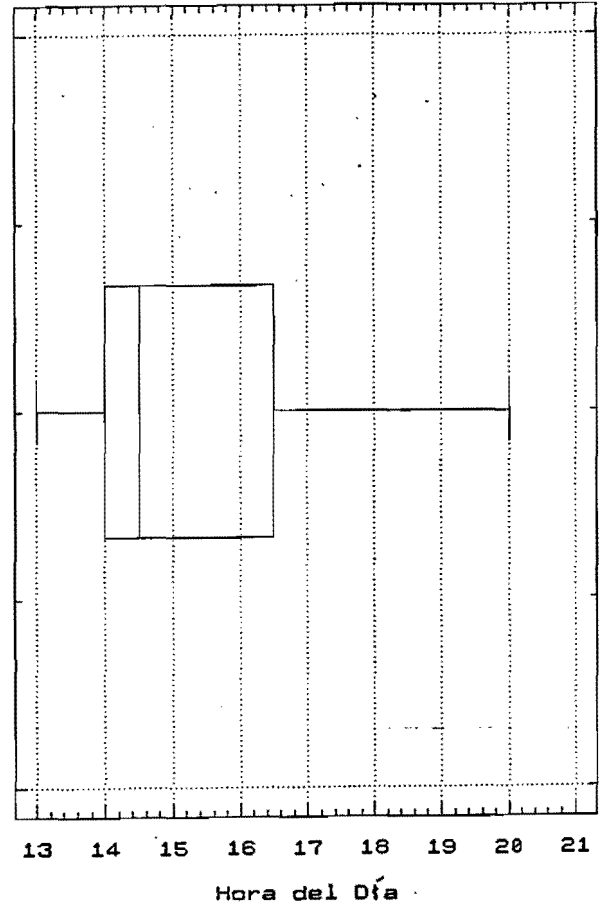


Figura 3.3.4

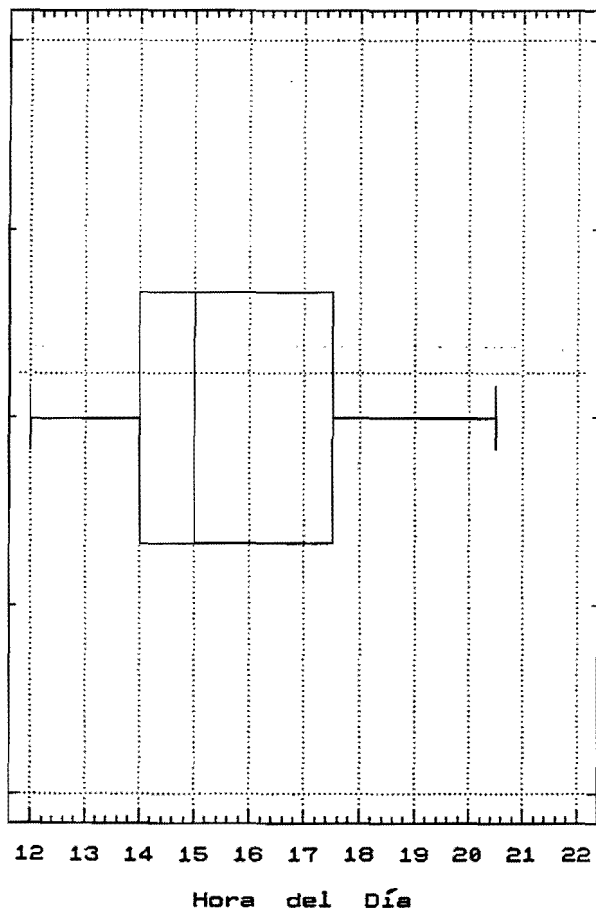
HORA DE INICIO DE LA CONVECCION (21 datos)



HORA DEL ECHOTOP MAXIMO (16 datos)



HORA DE LA REFLECTIVIDAD MAXIMA (14 datos)



HORA FINAL DE LA CONVECCION (20 datos)

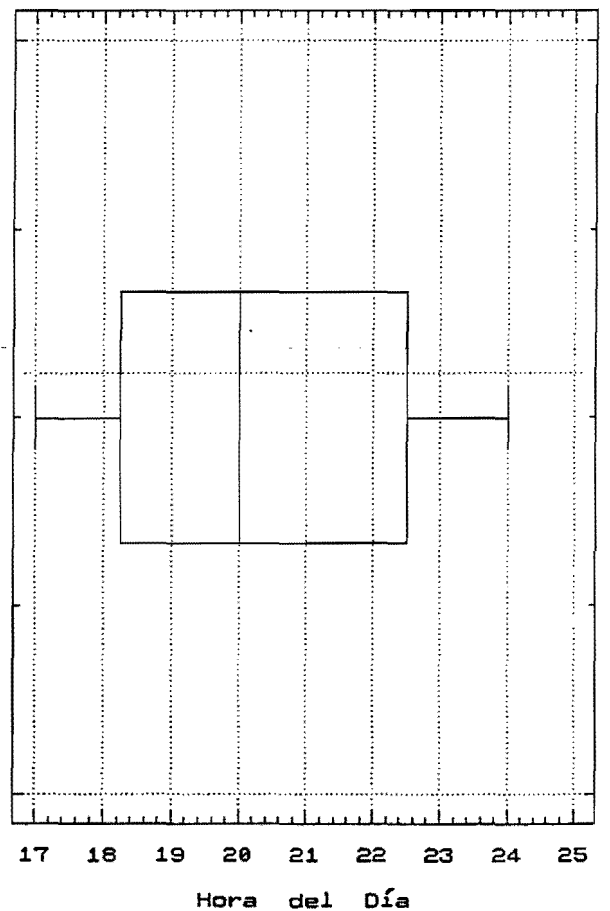
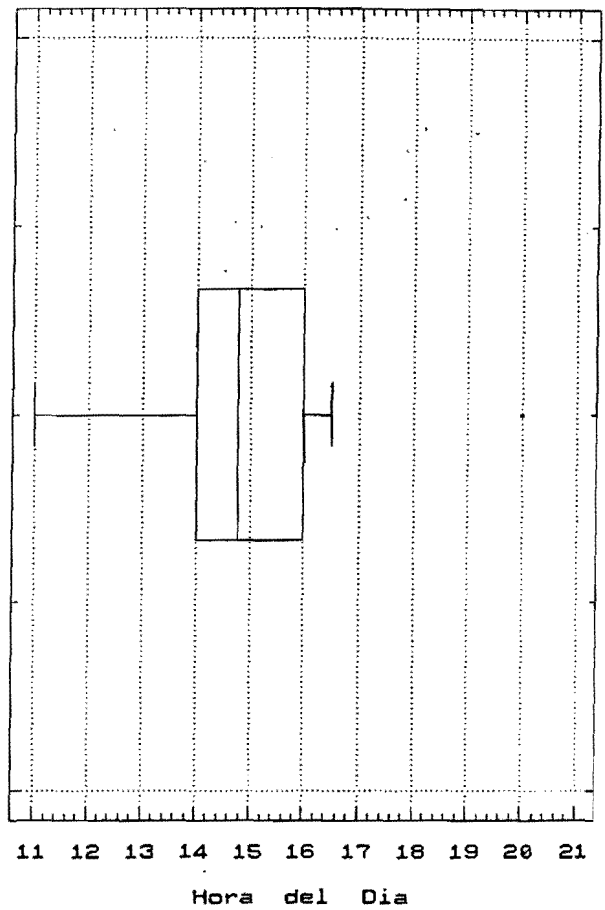
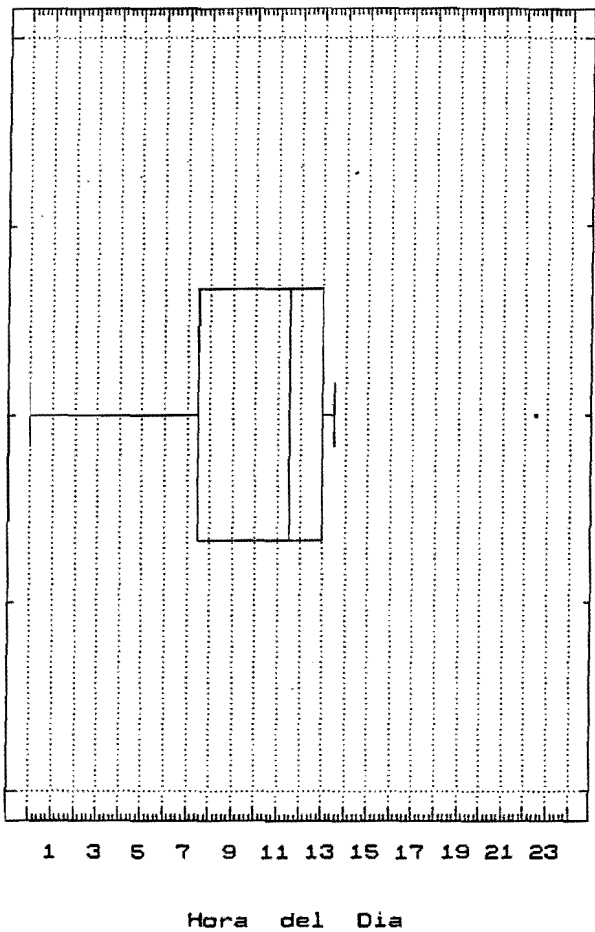


Figura 3.3.5 La caja central abarca todos los datos comprendidos entre el primer y tercer cuartiles (50% del total de datos). La línea vertical dentro de la caja indica la mediana. Las líneas horizontales se extienden hasta los valores extremos (mínimo y máximo) no superando nunca una longitud de 1.5 veces el rango intercuartil, por lo que, si existe algún valor más alejado, aparecerá como un punto separado



HORA DEL ECHOTOP MAXIMO (11 datos)

HORA FINAL DE LA CONVECCION (14 datos)

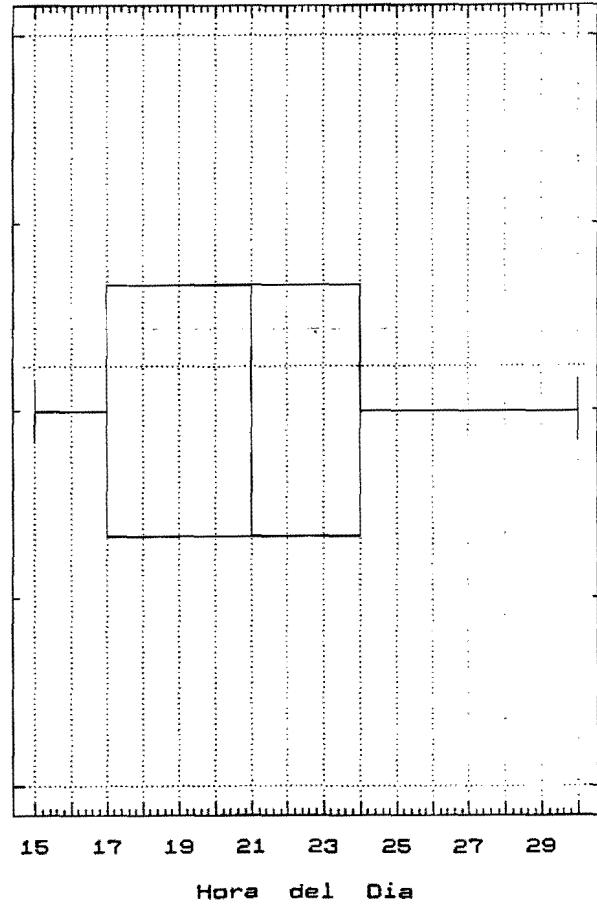
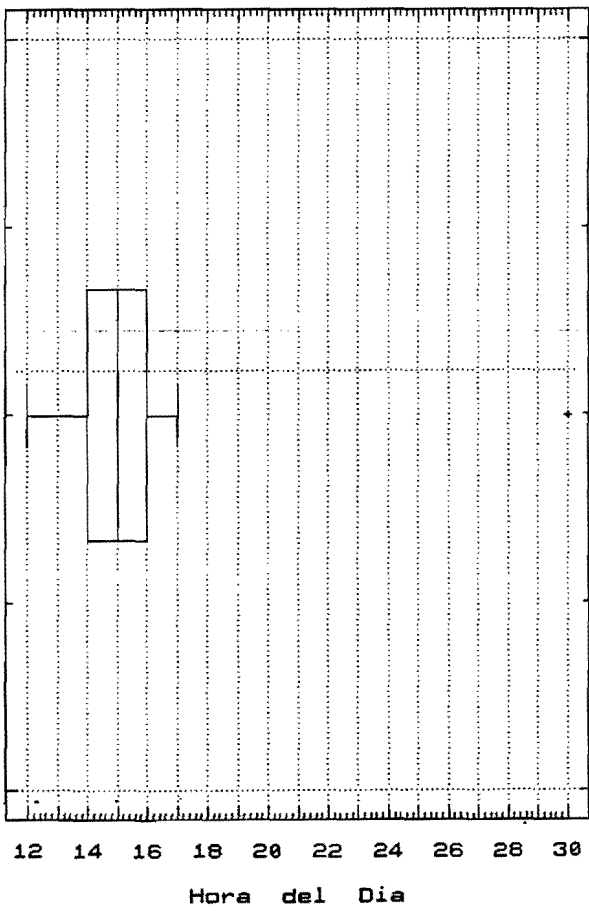
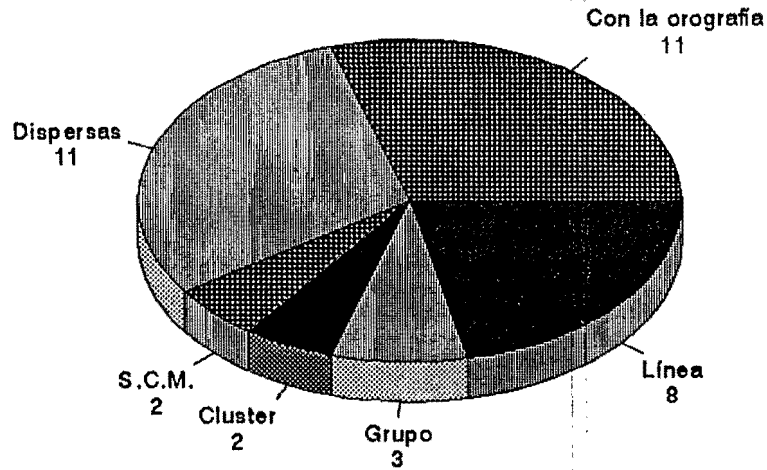
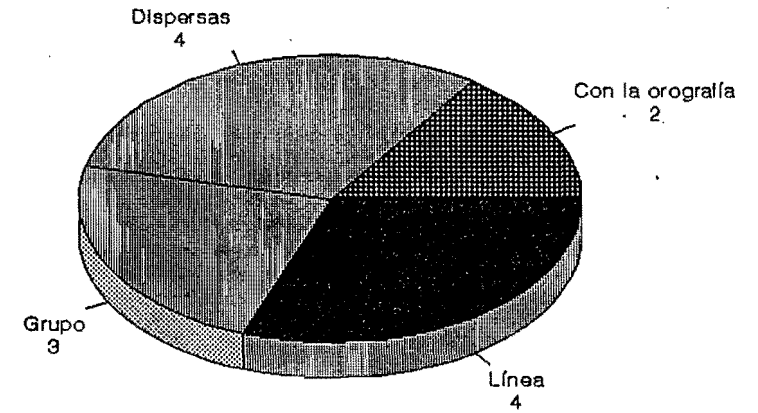


Figura 3.3.6 La caja central abarca todos los datos comprendidos entre el primer y tercer cuartiles (50% del total de datos). La línea vertical dentro de la caja indica la mediana. Las líneas horizontales se extienden hasta los valores extremos (mínimo y máximo) no superando nunca una longitud de 1.5 veces el rango intercuartil, por lo que, si existe algún valor más alejado, aparecerá como un punto separado.

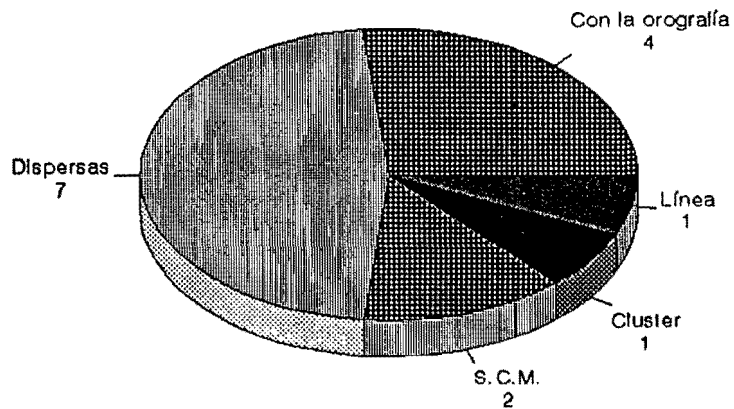
Total de la Campaña



Mes de Junio



Mes de Julio



Mes de Agosto

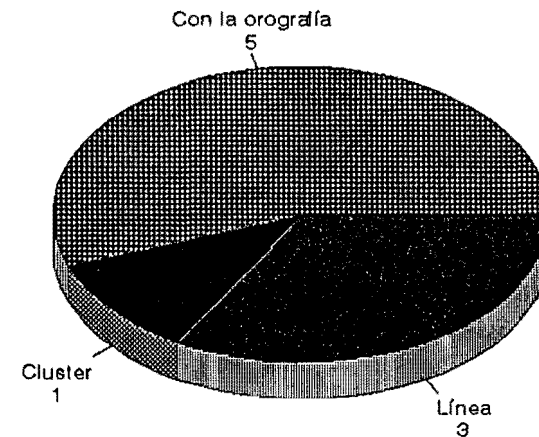
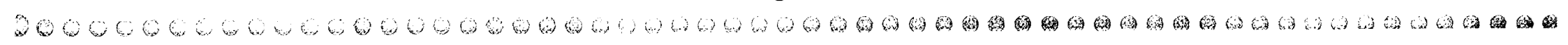
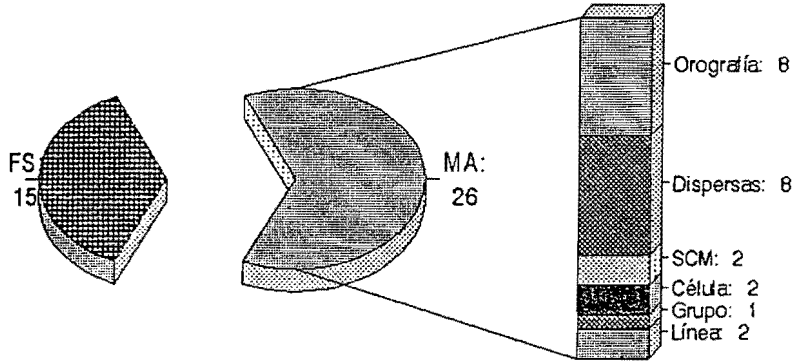


Figura 3.3.7



Organización de las tormentas según el tipo (FS o MA)

Tormentas de Masa de Aire



Tormentas debidas al Forzamiento Sinóptico

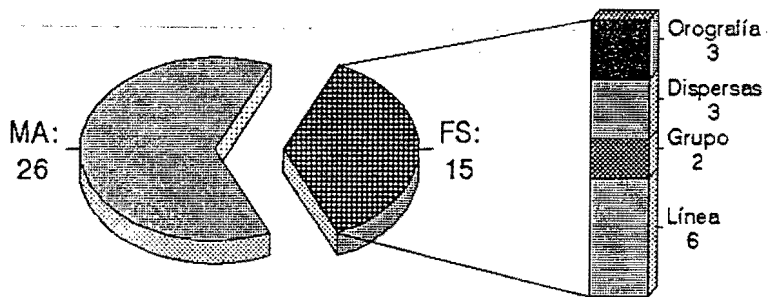


Figura 3.3.8

- para las tormentas debidas al forzamiento sinóptico, la organización predominante fué la de línea, como resulta lógico suponer.
- para las tormentas sin cambio de masa de aire, predominaron las organizaciones siguiendo la orografía y las calificadas de tormentas dispersas, lo que también concuerda con lo que cabría esperar de este tipo de tormentas.

3.3.5 Echotop Representativo.

Se observó (Fig. 3.3.9) una clara elevación de los echotop representativos desde el mes de Junio, durante el cual apenas se alcanzaron los 8 Km., a los meses de Julio y Agosto, durante los cuales prácticamente siempre estuvieron por encima de los 8 Km.

Los echotops representativos del mes de Julio oscilaron entre los 6 Km. y los 13 Km., superándose los 10 Km. en el 33% de los casos mientras que los echotops representativos del mes de Agosto no superaron, en ningún caso, los 9 Km.

Hay que hacer notar, no obstante, que, durante el mes de Agosto, no se dispuso de este dato en siete ocasiones, mientras que, de Julio, sólo nos falta el dato de dos días.

3.3.6 Echotop máximo. (Fig. 3.3.9)

Se observa la misma evolución que para el caso de los echotop representativos:

- durante el mes de Junio, sólo se alcanzaron los 11 Km. en el 21,5% de los días de convección registrados, mientras que, durante los meses de Julio y Agosto, *todos* los echotops máximos registrados igualaron o superaron los 11 Km.
- durante el mes de Julio, se superaron los 13 Km. en el 27% de los días de convección registrados; sin embargo, en toda la muestra obtenida para el mes de Agosto no hay ningún dato que supere los 13 Km, con la salvedad hecha anteriormente con respecto a los datos perdidos.

Distinción entre tormentas de masa de aire y con forzamiento sinóptico. (Fig. 3.3.10)

Distinguiendo entre la convección sin cambio de masa de aire y la debida al forzamiento sinóptico, se observan echotops más elevados en el primer caso:

- para masa de aire, el echotop representativo se concentra entre los 8- 9 Km., mientras que, en caso de forzamiento sinóptico, está concentrado entre 6 Km y casi 8 Km.
- el echotop máximo presenta también valores superiores para el caso de tormentas sin cambio de masa de aire: entre 11 y 13 Km., frente a los máximos registrados en caso de forzamiento sinóptico, concentrados entre 9 y 11 Km.

Esta conclusión concuerda con el modelo conceptual que asociamos a las tormentas sin cambio de masa de aire y las debidas al forzamiento sinóptico:

- a.- en situaciones FS, los ascensos son generalizados, teniendo que repartirse la "energía disponible" en una zona más amplia, por lo que los desarrollos no alcanzan alturas tan

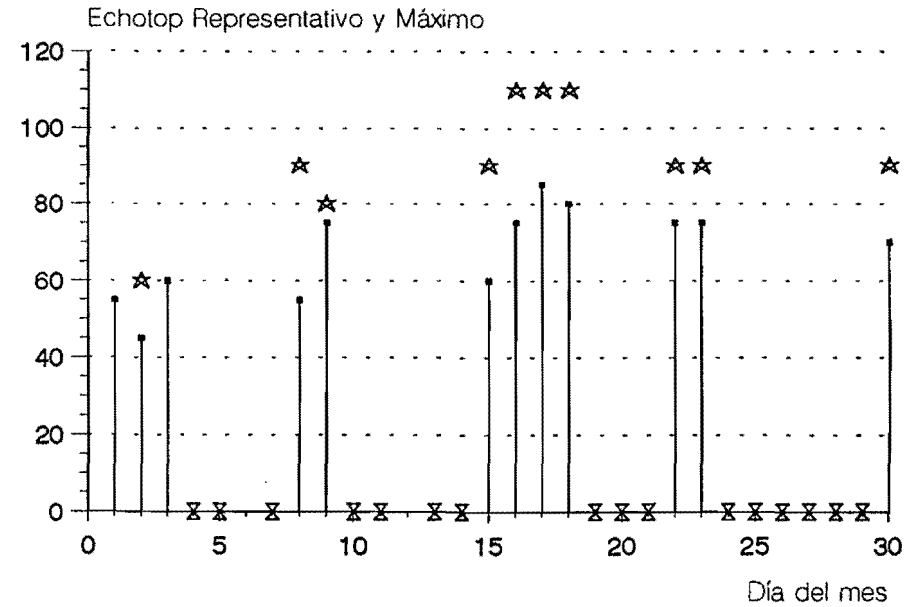
Campaña de Tormentas 1992

(S.T.A.P.)

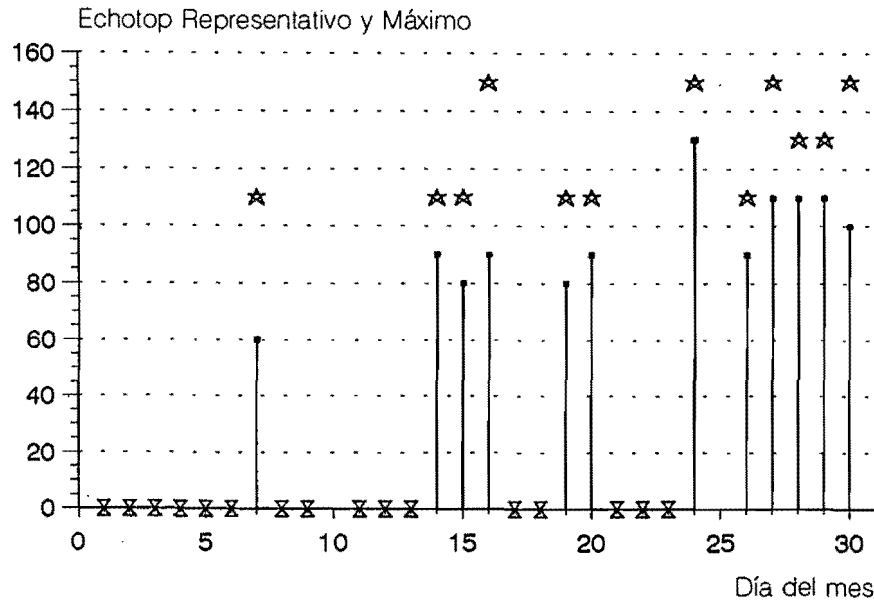
Echotop Representativo y Máximo

Unidades: Hm.

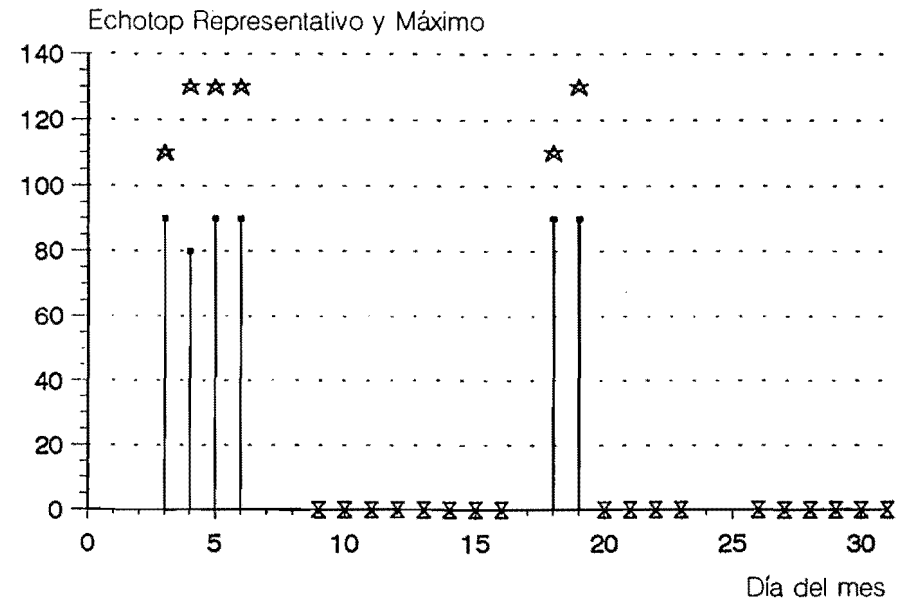
Día sin convección: ☒



Mes de Junio



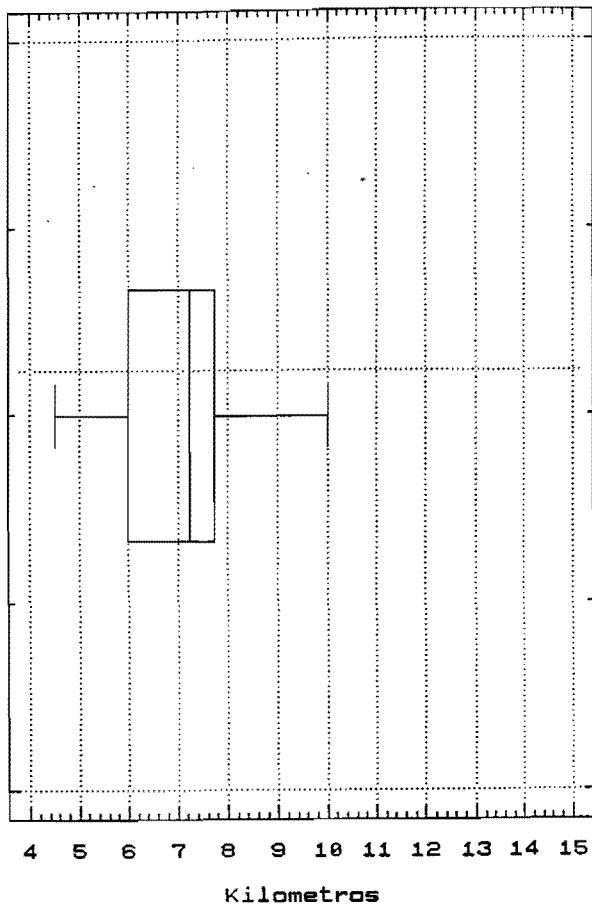
Mes de Julio



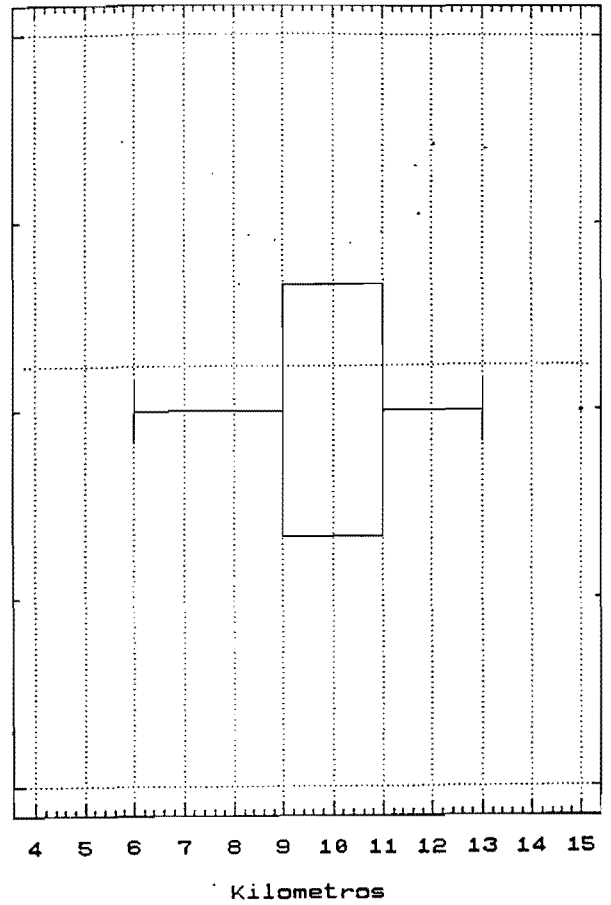
Mes de Agosto

Figura 3.3.9

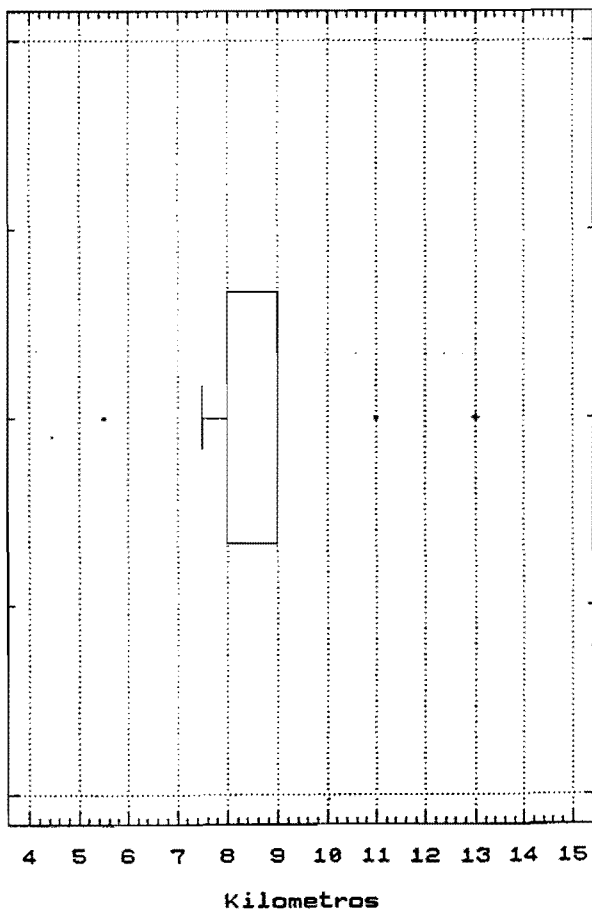
Echotop Representativo



Echotop Maximo



CONVECCION SIN CAMBIO DE MASA DE AIRE
Echotop Representativo



CONVECCION SIN CAMBIO DE MASA DE AIRE
Echotop Maximo

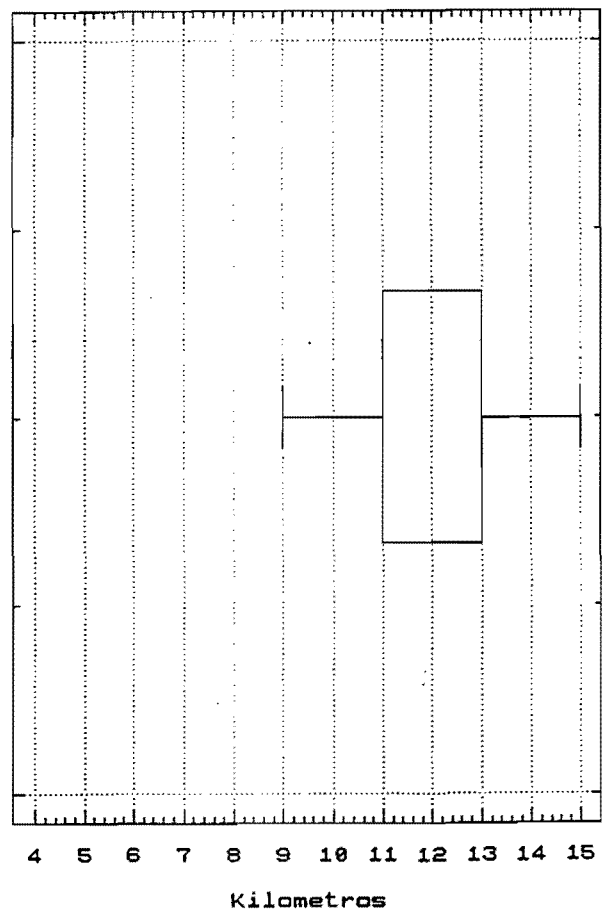


Figura 3.3.10 La caja central abarca todos los datos comprendidos entre el primer y tercer cuartiles (50% del total de datos). La línea vertical dentro de la caja indica la mediana. Las líneas horizontales se extienden hasta los valores extremos (mínimo y máximo) no superando nunca una longitud de 1.5 veces el rango intercuartil, por lo que, si existe algún valor más alejado, aparecerá como un punto separado.

- elevadas.
- b.- en situaciones FS, pueden existir vientos suficientemente fuertes en niveles medios-altos como para "cortar" el tope de los desarrollos convectivos.
 - c.- no obstante, si, además, existe una cizalladura acusada, ésta contribuirá a organizar algunas de las células tormentosas, pudiendo imprimirles un carácter severo y haciendo que se destaquen, en altura, con respecto a las de su alrededor.

Relación entre los echotop y los niveles de equilibrio calculados a partir del sondeo.

NOTA: Antes de exponer los resultados obtenidos, hemos de puntualizar que los datos utilizados corresponden al sondeo de las 12z y que sólo se han tenido en cuenta los días en que sí se produjo convección, y, dentro de esta muestra, aquéllos para los que obtuvimos dato de echotop. Ello implica que:

- la muestra resultante es muy pequeña. Para cada pareja de variables correlacionadas, se indica (nº de parejas de datos disponibles/nº total de días que cumplen la condición indicada en la primera columna).
- no se han tenido en cuenta los días en que sí había un NCC o NCA significativo y no se produjo convección.

Todo ello hace que, a pesar de los resultados, no se pueda afirmar nada con respecto al valor predictivo de los niveles de equilibrio del sondeo. de 00z.

Al correlacionar el Echotop Representativo con los niveles de equilibrio calculados a partir del sondeo (ELncc y ELnca), obtuvimos coeficientes cuyos valores se detallan en la siguiente tabla:

	Echotop Representativo		Echotop Máximo	
	ELncc	ELnca	ELncc	ELnca
Todos los días en que se registró convección.	(30/41)		(28/41)	
	0,77	0,76	0,72	0,71
Días en que la convección fue del tipo FS.	(12/15)		(11/15)	
	0,82	0,84	0,79	0,80
Días en que la convección fue del tipo MA.	(18/26)		(17/26)	
	0,42	0,41	0,34	0,33

Como se observa claramente, la correlación es mayor para el caso de tormentas debidas al ambiente sinóptico, lo que nos da idea de que el sondeo utilizado (Madrid-Barajas, en nuestro caso) se puede considerar representativo de la situación en esos días, mientras que, para la convección sin cambio de masa de aire, resulta insuficiente un sondeo en un único punto para caracterizar el ambiente de toda la Zona Centro.

3.3.7 Intensidad de la convección. (Figs. 3.3.11 y 3.3.12)

Durante el mes de Junio, todos los casos registrados resultaron ser de desarrollo moderado.

TOTALIDAD DE LOS DIAS CON CONVECCION
Intensidad de la Conveccion

Numero de casos

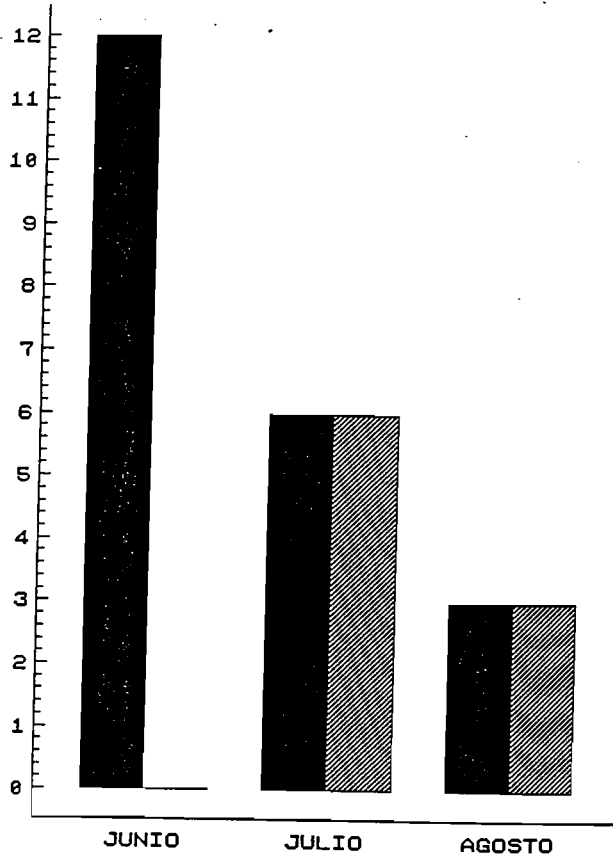


Figura 3.3.11

■ Moderada
▨ Intensa

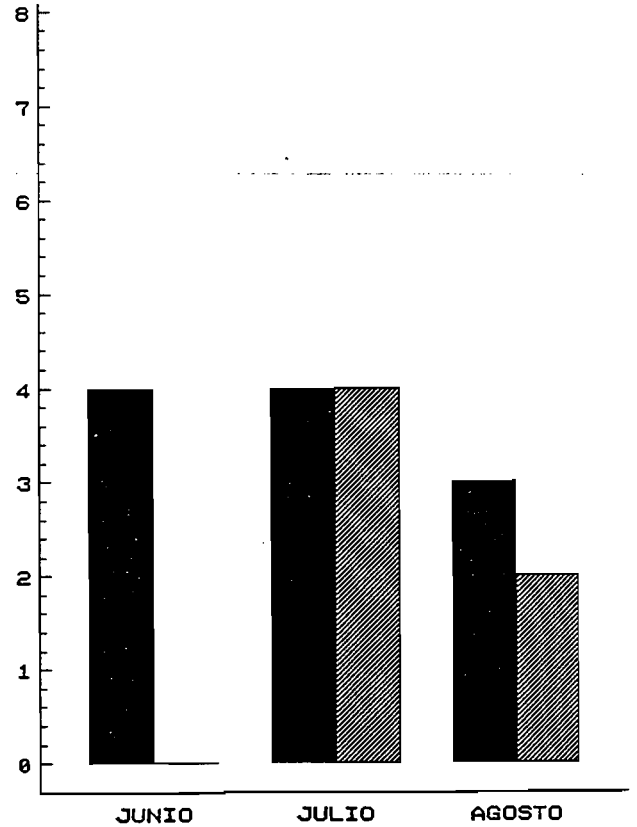
CONVECCION CON FORZAMIENTO SINOPTICO

Numero de casos



CONVECCION SIN CAMBIO DE MASA DE AIRE

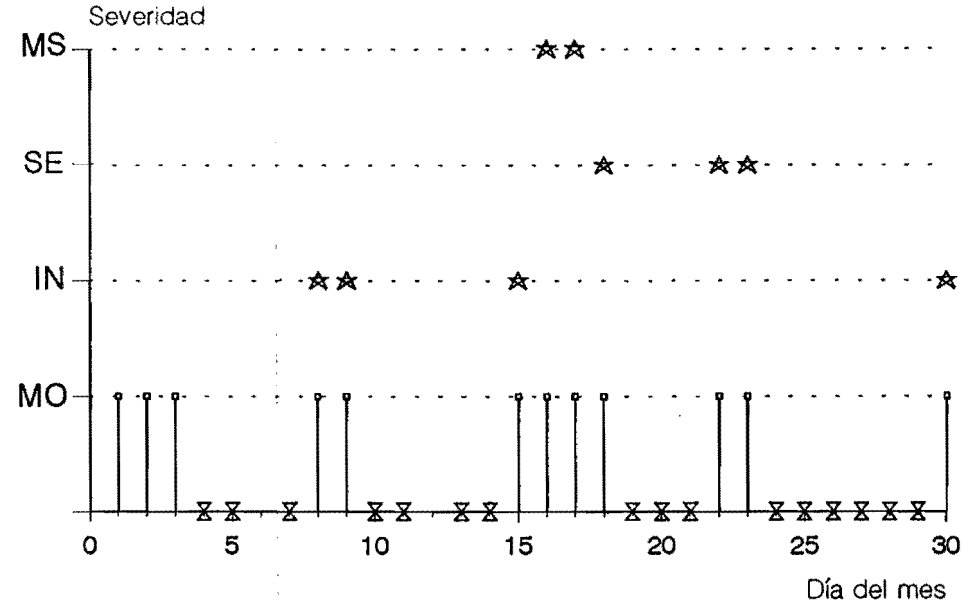
Numero de casos



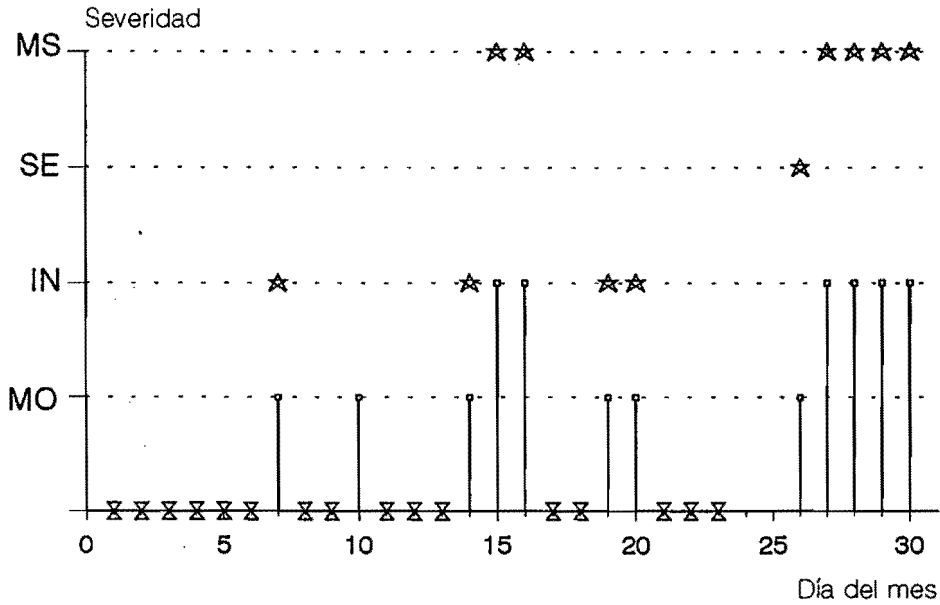
Campaña de Tormentas 1992

MO = Moderada (30 - 40 dBz)
 IN = Intensa (40 - 48 dBz)
 SE = Severa (48 - 52 dBz)
 MS = Muy severa (> 52 dBz)

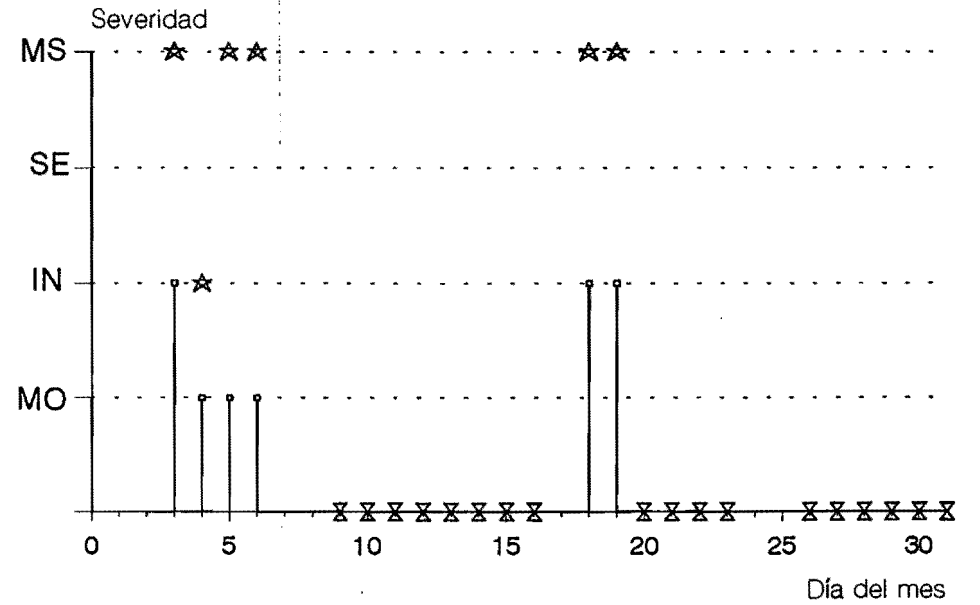
Día sin convección: X



Mes de Junio



Mes de Julio



Mes de Agosto

Sin embargo, durante los meses de Julio y Agosto se registraron el mismo número de casos de desarrollo moderado como de desarrollo calificado de intenso.

No se observaron diferencias evidentes en cuanto a la intensidad del desarrollo al distinguir entre tormentas de masa de aire y debidas al forzamiento sinóptico.

3.3.8 Reflectividad máxima.

Durante los tres meses, se registraron reflectividades máximas que oscilaron entre los 40 dBz y valores superiores a 52 dBz (Fig. 3.3.12), predominando los valores comprendidos en el intervalo 40-52 dBz durante el mes de Junio y los valores superiores a 52 dBz durante los meses de Julio y Agosto.

3.3.9 Conclusiones.

Del análisis de las bases de datos generadas mediante el Radar Regional de Madrid para la Campaña 1992, podemos concluir, de manera provisional, lo siguiente:

- Durante la época propiamente estival (Julio y Agosto), en situaciones de convección de masa de aire se observó claramente el efecto orográfico en la distribución de la convección: siempre se registraron tormentas en zonas de montaña.
- Las zonas en las que más veces se produjo convección fueron el Sistema Ibérico, el Sistema Central, Castilla-La Mancha y Madrid. Para la Campaña 1993, se ha visto la necesidad de distinguir entre Meseta Norte y Meseta Sur.
- Se confirma el modelo de evolución de las tormentas por calentamiento diurno: hora de inicio, entre las 12z y 13z; hora de finalización, entre las 18z y las 22:30z; el echotop máximo y la máxima reflectividad se registraron entre las 14z y las 17:30z.
- Las tormentas debidas al forzamiento sinóptico se organizaron preferentemente en línea. Las tormentas de masa de aire se presentaron siguiendo la orografía o de forma dispersa en la mayoría de los casos.
- Se observó una clara elevación de los echotops representativos y máximos a medida que transcurrían los días de la Campaña.
- La misma tendencia presentaron las tormentas con respecto a su intensidad: la reflectividad representativa y la máxima fueron elevando sus valores a medida que nos adentramos en la época plenamente estival.
- Para las tormentas de masa de aire, se registraron echotops (representativos y máximos) superiores a los correspondientes a las tormentas forzadas sinópticamente.

3.4.- SONDEOS.

Con las bases de datos obtenidas del análisis de los radiosondeos de Madrid-Barajas, (ver apartado 2.4), se ha procedido por un lado a la obtención de los sondeos medios para diferentes tipos de situaciones (apartado 3.4.1), y por otra, a un estudio estadístico básico de aquellas variables que consideramos más relevantes desde el punto de vista de la predicción de la convección.

3.4.1.- Análisis de los sondeos medios de Madrid-Barajas.

Se ha procedido a calcular los sondeos medios de Madrid-Barajas para diferentes situaciones (convección si/no, masa de aire, etc). El procedimiento que se ha seguido ha sido simplemente el de interpolar verticalmente cada sondeo a niveles regulares espaciados 10 mbs y posteriormente promediar los valores de las variables en estos niveles. Para el viento, el promediado se ha efectuado descomponiendolo previamente en sus componentes U y V, interpolando a intervalos de 10 mbs, promediando y componiendo de nuevo las componentes medias para obtener la dirección y velocidad. Veamos los resultados más significativos.

El sondeo medio de las 00z (Fig.3.4.1) presenta una pequeña inversión en tierra seguido de una capa condicionalmente inestable hasta aproximadamente los 700 mbs. El flujo medio es del W a casi todos los niveles salvo cerca del suelo que es del SW. Existe poca humedad, pero ligeramente mayor que a las 12z (18mm de agua precipitable frente a 15mm a las 12z). A las 12z (Fig.3.4.2) la inversión ha desaparecido presentandose una pequeña capa con gradiente próximo al superadiabático y por encima se mantiene la capa condicionalmente inestable. Existe inestabilidad convectiva en un estrato continuo entre superficie y los 700 mbs, mientras que a las 00z este estrato presenta discontinuidades. Los niveles de condensación convectivo descienden entre las 00z (2600m) y las 12z (2400m), por el contrario, el NCA aumenta de 1700m a las 00z a 1900m a las 12z. La inestabilidad latente es lógicamente mayor a las 12z que a las 00z pero en ambos casos es muy pequeña, como lo demuestra los valores de CAPE (31 y 100 Jul/Kgr a 00 y 12z respectivamente).

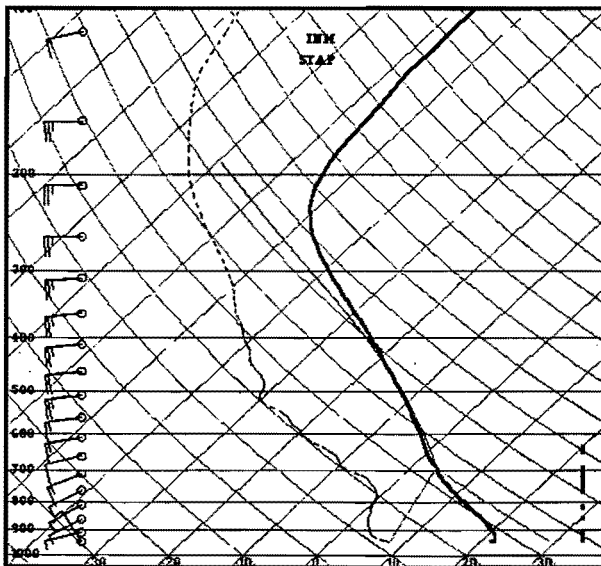


Fig.3.4.1.- Sondeo medio a 00z.

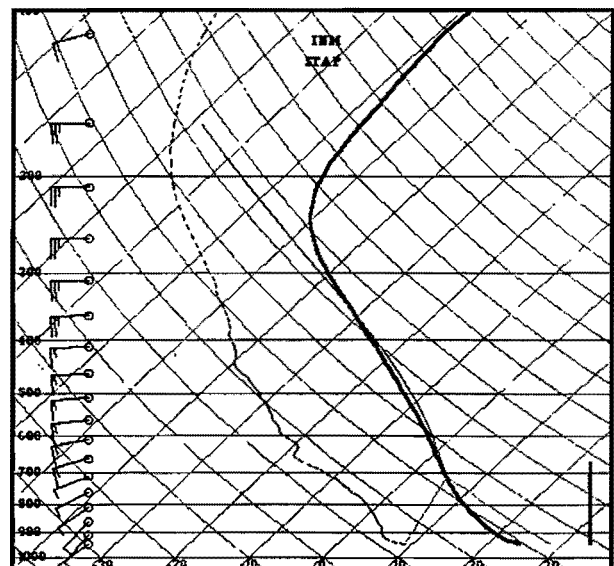


Fig.3.4.2.- Sondeo medio a 12z.

Se han calculado también los sondeos medios (00z y 12z) de los días en que se registró convección y los días en que nó, estos pueden apreciarse en las figuras 3.4.3 y 3.4.4.

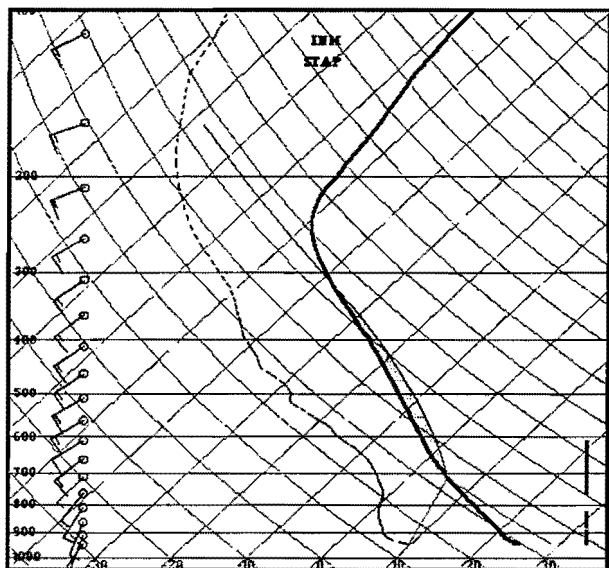


Fig.3.4.3.- Sondeo medio (00 y 12z) días con convección.

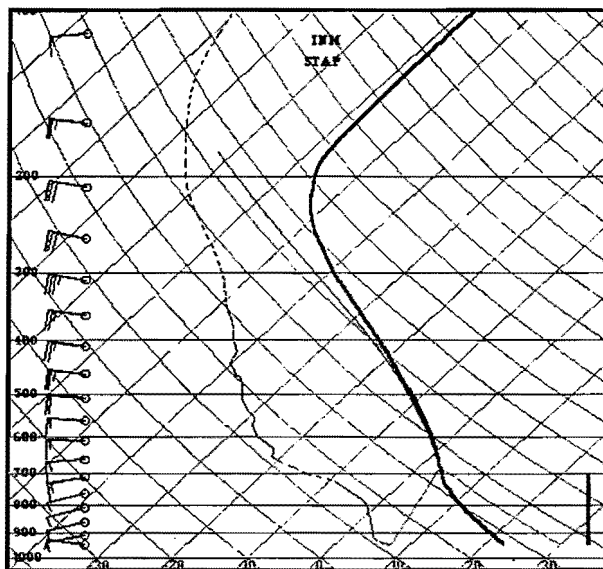


Fig.3.4.4.- Sondeo medio (00 y 12z) días sin convección.

Las diferencias más significativas que se pueden apreciar en ellos son las siguientes:

- Los días en que no se registró convección el flujo medio es del W en superficie y del WNW en niveles más altos, con valores de velocidad moderados (35 kts en 300 mbs). Por el contrario, los días en que hubo convección el flujo medio es del SSW girando al SW en altura y con valores sensiblemente inferiores (15 kts en 300 mbs).
- Lógicamente el sondeo medio de los días de convección presenta un perfil más inestable, especialmente por encima de los 700 mbs, presentando inestabilidad latente (CAPE=326 Jul/Kgr), mientras que los días en que no se registró convección no aparece la inestabilidad latente.
- La humedad en la troposfera media y baja resulta mayor en los días de convección, con un valor medio de agua precipitable de 20mm frente a los 14mm de los días en que no se registró convección.

Si se comparan los sondeos medios a 00z y 12z por separado de los días con y sin convección, aparecen aproximadamente las mismas diferencias. En las figuras 3.4.5 a 3.4.8 se presentan estos sondeos medios.

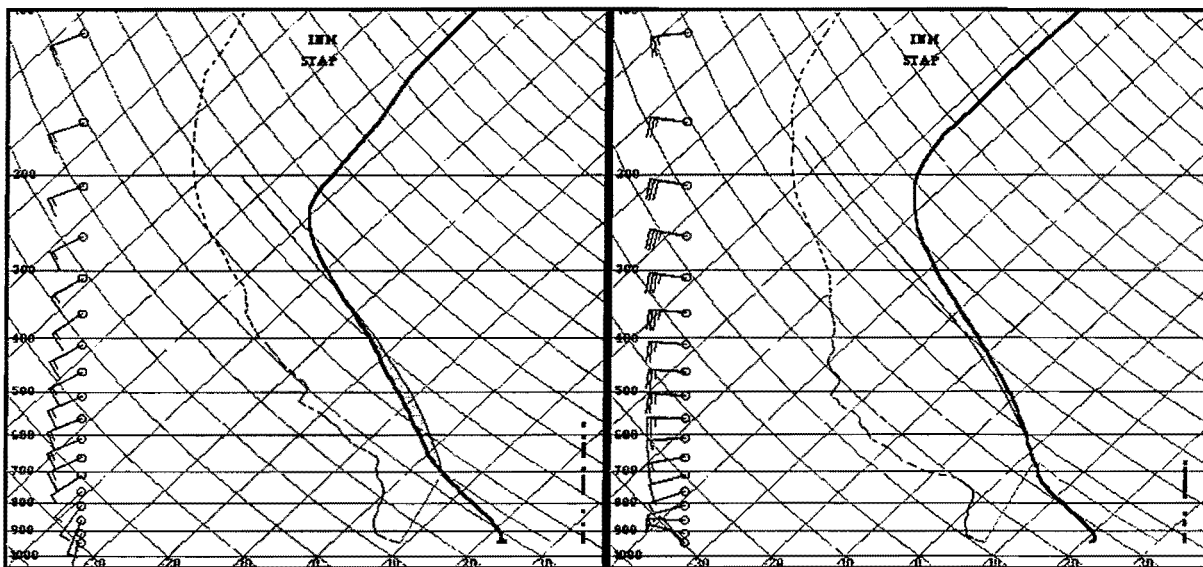


Fig.3.4.5.- Sondeo medio a 00z
dias con convección.

Fig.3.4.6.- Sondeo medio a 00z
dias sin convección.

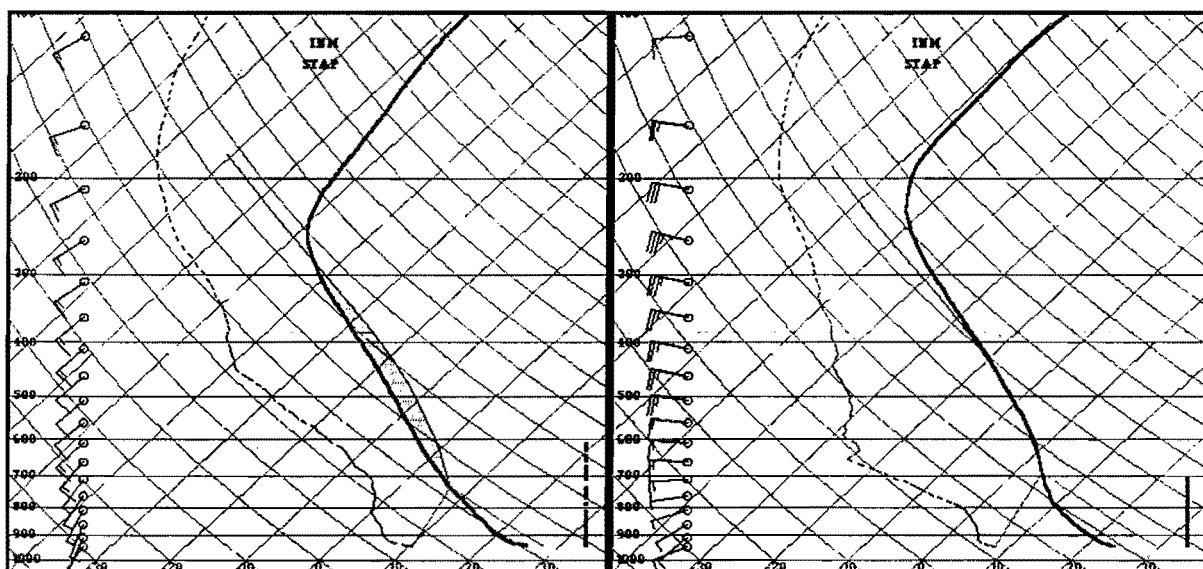


Fig.3.4.7.- Sondeo medio a 12 z
dias con convección.

Fig.3.4.8.- Sondeo medio a 12 z
dias sin convección.

A continuación se ha procedido a separar los días en que se presentó convección en días en que esta vino forzada sinópticamente de aquellos otros en que la convección se puede atribuir al calentamiento diurno, es decir los días de convección de evolución diurna o masa de aire. Los sondeos medios para ambos tipos de convección se presentan en las figuras 3.4.9 y 3.4.10.

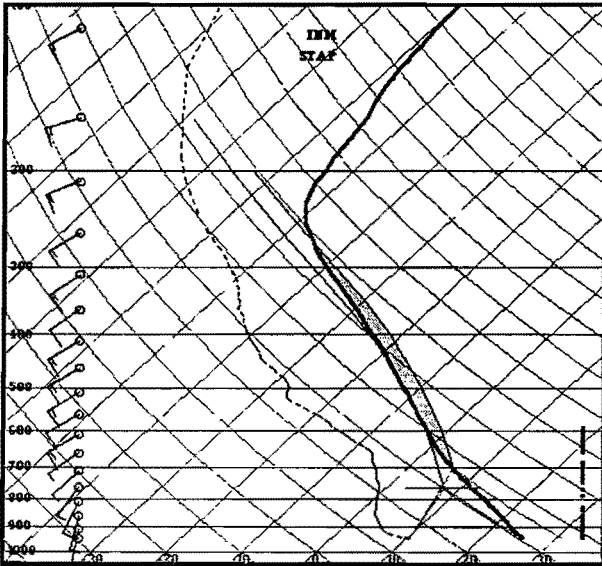


Fig.3.4.9.- Sonda medio (00 y 12z) días de convección de masa de aire.

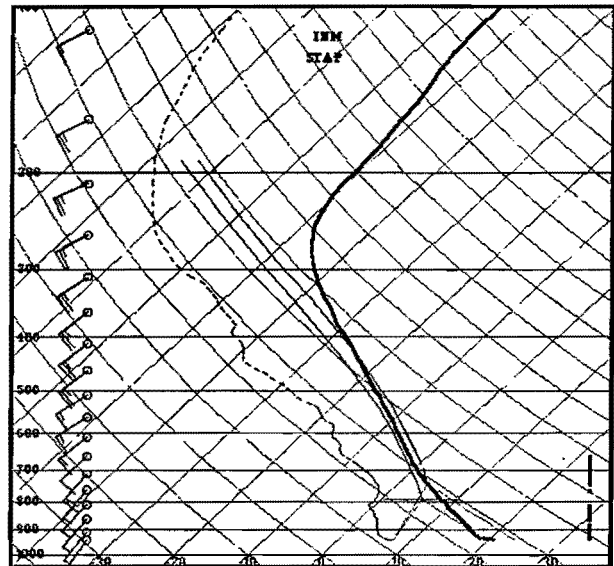


Fig.3.4.10.- Sonda medio (00 y 12z) días de convección forzada sinópticamente.

En ellas se puede apreciar como los días en que la convección se formó debido al calentamiento diurno, el sondeo presenta un perfil bastante más cálido, especialmente en la capa más baja, presentando, como es lógico una inestabilidad latente más acusada ($CAPE=498 \text{ Jul/Kgr}$) que los días en que hubo forzamiento sinóptico ($CAPE= 155 \text{ Jul/Kgr}$), o dicho de otra manera, los días en que existe un forzamiento sinóptico acusado no es necesario que exista una fuerte inestabilidad latente. Los vientos son similares en cuanto a dirección en ambos sondeos (SSW girando a SW) y ligeramente más débiles los días de convección por calentamiento diurno. Al igual que en el caso anterior, en las figuras 3.4.11 a 3.5.14 se presentan los sondeos medios a 00z y 12z de los días con convección por calentamiento diurno y por forzamiento sinóptico.

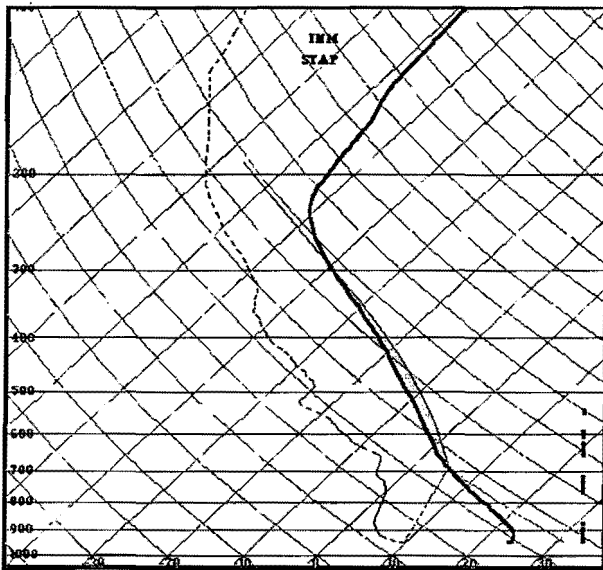


Fig.3.4.11.- Sondeo medio a 00z dias de convección de masa de aire.

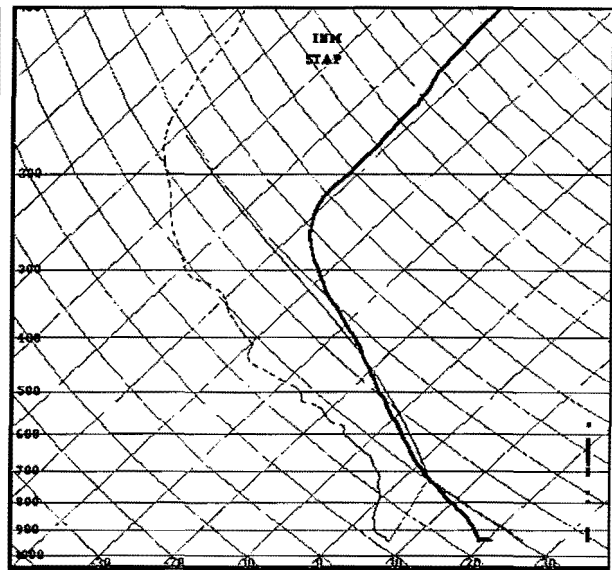


Fig.3.4.12.- Sondeo medio a 00z dias de convección forzada sinópticamente.

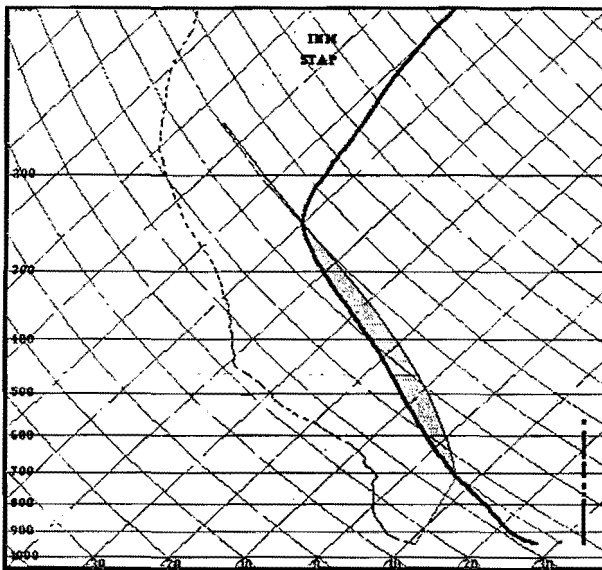


Fig.3.5.13.- Sondeo medio a las 12z dias de convección de masa de aire.

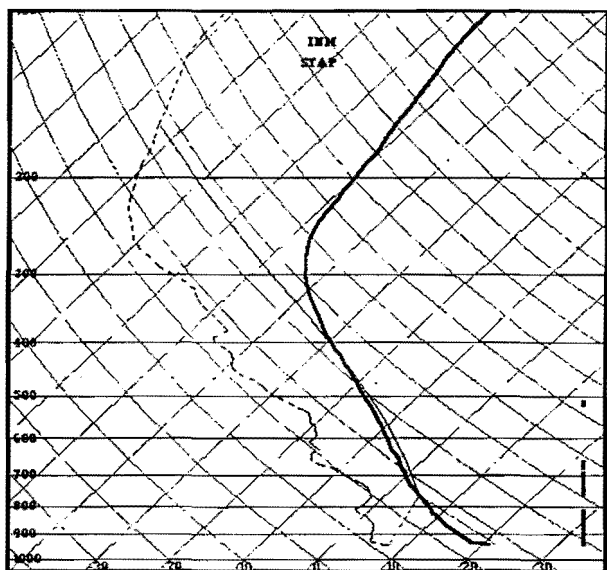


Fig.3.5.14.- Sondeo medio a 12z dias de convección forzada sinópticamente.

Por último se han calculado los sondeos medios de los días en que la convección se identificó como intensa o moderada, los resultados se presentan en las Fig.3.4.15 y 3.4.16.

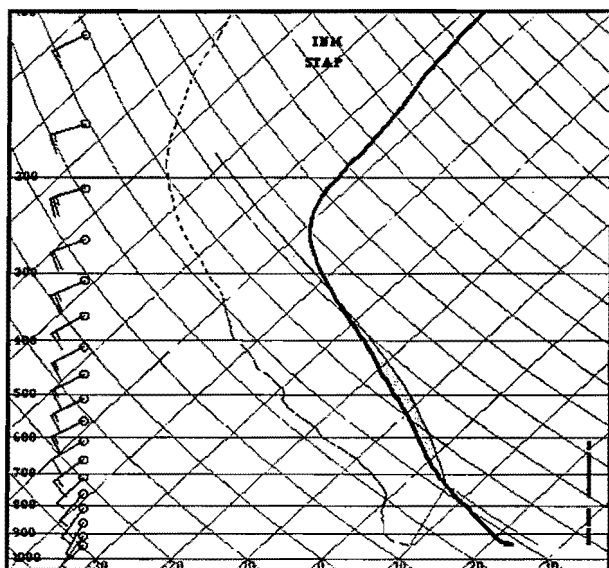


Fig.3.4.15.- Sondeo medio (00-12z) de días con convección moderada.

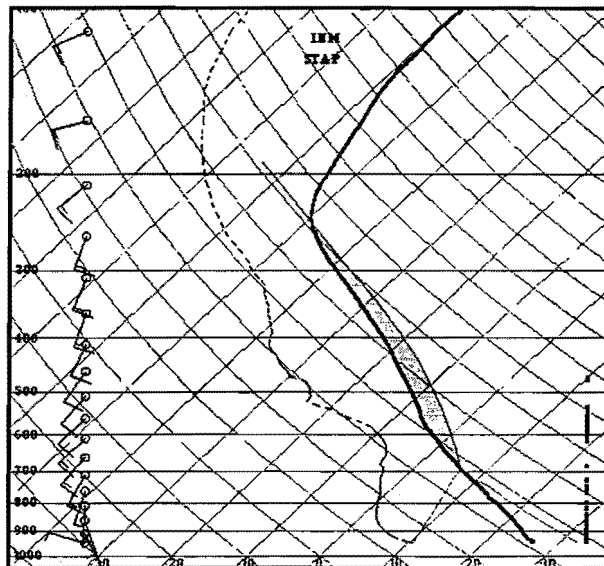


Fig.3.4.16.- Sondeo medio (00-12z) de días con convección intensa.

En ellas se puede apreciar lógicamente la mayor inestabilidad latente de los días con convección intensa, fruto en parte de un perfil bastante más cálido a lo largo de toda la troposfera. También estos días presentan un mayor contenido de humedad y los vientos en altura son más flojos y del SSW frente al SW o WSW de los días de convección moderada. Las mismas características generales pueden apreciarse en los sondeos medios a las 00z y 12z por separado (no mostrados).

También se ha separado de esta muestra los días de convección por calentamiento diurno con objeto de ver las diferencias entre días con convección moderada e intensa. Los resultados son similares a los anteriores (mayor inestabilidad y humedad los días de convección intensa), un aspecto interesante es que el sondeo medio de los días con convección intensa por calentamiento diurno, el perfil de viento que se obtiene es diferente de los presentados hasta ahora, se tienen vientos flojos de componente S hasta los 500mbs donde el viento gira al E manteniéndose hasta aproximadamente los 200 mbs en que gira de nuevo al W. Este flujo de componente E en la troposfera media resulta un elemento diferenciador, pero dado lo pequeño de la muestra (solo 5 días de convección intensa), puede que no sea significativo. No obstante se han examinado los sondeos de esos 5 días y se ha encontrado que en tres de ellos (16, 27 y 28 de Julio) el flujo en la troposfera media es del E, intenso el 16 y el 27 y flojo el 28. Los otros dos días 29 de Julio y 3 de Agosto, los vientos eran muy flojos (S-SSE el 29 y W el 3).

3.4.2.- Índices de Inestabilidad.

Unos de los parámetros más usados en la predicción de convección en general y de tormentas en particular son los índices de inestabilidad. Existe una multitud de ellos y parece conveniente comprobar hasta que punto son válidos para nuestra zona en particular, aunque como ya podemos esperar estos solo nos dicen una parte de la historia. Hemos seleccionado dos de los más usados en la actualidad, el Total de Totales y el índice K.

3.4.2.1.- Total-Totales.

El índice TT presenta un valor medio de 42, tanto a las 00z como a las 12z, es decir, no presenta prácticamente oscilación diurna. Además presenta valores pequeños de desviación típica (6) y su rango oscila entre 28 y 55. En la Tabla 3.4.1 se han resumido los valores estadísticos obtenidos para este índice. En ella se puede apreciar como los valores medios los días de convección son superiores a los días de no convección (45 y 46 frente a 40 y 39).

	NºCasos	Media	Median	Moda	Des.Típ.	Mín.	Máx.
00z	87	42	42	47	6	30	52
12z	89	42	43	44	6	28	55
00-12z	176	42	43	47	6	28	55
00z sin	49	40	39	37	5	30	51
00z con	38	45	46	49	4	33	52
12z sin	50	39	39	40	5	28	52
12z con	39	46	47	47	4	35	55

Tabla 3.4.1.- Valores estadísticos del índice Total-Totales. (sin:días sin convección, con:días con convección).

Respecto a la distinción entre días con y sin convección, en la Fig.3.4.17a se han representado las frecuencias relativas de días de convección frente a distintos intervalos del TT. En ella se puede apreciar como para valores de $TT < 40$ la frecuencia de días convectivos es menor del 20% (aunque algo mayor para el intervalo 30-35 que para el 35-40, probablemente por lo limitado de la muestra). Alrededor del 50% de días con TT entre 40 y 45 se registró convección, y para valores de $TT > 45$ esta proporción alcanza alrededor del 80%. La consecuencia que se puede extraer es que por un lado, no se registra convección para valores de $TT < 30$, lo que supone un umbral mínimo, y por otro que existe un porcentaje importante de días con valores altos de TT en que no se registra convección.

Si de esta muestra se eliminan aquellos días en que se registró un forzamiento sinóptico importante, es decir, nos quedamos con los días en que la convección se disparó fundamentalmente por calentamiento diurno, se obtiene que el umbral mínimo de TT se eleva casi en la práctica a 40 (Fig.3.4.17b), por debajo solo se registró 1 día (2.5%), los porcentajes son ahora de alrededor del 40% para el intervalo 40-45, del 70% para el 45-50 y alrededor del 60% para el intervalo 50-55 (Ver Fig.2). En definitiva, se siguen registrando un número importante de días sin convección con valores altos de TT aún eliminando los días de forzamiento sinóptico acusado.

Se ha intentado correlacionar los valores de TT con el carácter moderado o intenso de la convección registrada. No se ha encontrado la relación esperada de a mayor TT mayor frecuencia de convección intensa, ni aún incluso para los días solo de convección por calentamiento diurno, probablemente lo limitado de la muestra hace que este resultado no sea del todo significativo.

3.4.2.2.- Índice K.

En la Tabla 3.4.2 se presenta un resumen estadístico de los resultados obtenidos para el índice K. En ella se puede apreciar como este índice presenta un valor medio de 16 con valores ligeramente más altos a las 00z (17) que a las 12z (14) pero en ambos casos con valores altos de desviación típica. Estos valores medios aumentan los días de convección (a 23 a las 00z y 24 a las 12z) en cuyo caso las desviaciones típicas son bastante menores (9 y 7). Los valores mínimos negativos provienen de días en que a 700 mbs existe muy poca humedad, y como se puede apreciar, se presenta convección en un rango muy alto de valores de K (incluso con valores negativos), al mismo tiempo, existen días en que no se dispara la convección a pesar de registrar valores altos de K.

	NºCasos	Media	Median	Des.Típ.	Mín.	Máx.
00z	87	17	22	13	-24	35
12z	89	14	20	16	-29	31
00-12z	176	16	21	14	-29	35
00zcon	38	24	26	9	-22	35
00zsin	49	13	17	14	-24	29
12zcon	39	23	25	7	1	30
12zsin	50	7	10	17	-29	3

Tabla 3.4.2.- Valores estadísticos del índice K .

Si se eliminan aquellos días en que existió un forzamiento sinóptico acusado, el valor medio de K asciende a 24 (00 y 12z), con una desviación típica de 5 y con un rango de valores entre 12 y 30.

En la Fig.3.4.18a se puede observar la frecuencia de días de convección registrada para diferentes valores de K, en ella se puede apreciar como lógicamente crece esta frecuencia con el valor de K pero también como existe un número importante de días con valores altos de K y sin convección (50% para valores entre 20 y 25 y el 20% para valores entre 25 y 30). Si se eliminan los días de forzamiento sinóptico, la frecuencia de días de convección (por calentamiento diurno o de masa de aire) viene representada en la Fig.3.4.18b, lo más significativo es que no se ha registrado convección de este tipo con valores de K inferiores a 12 pero como se puede apreciar en la gráfica continúan existiendo días con valores altos de K y sin convección.

3.4.3.- Nivel de Condensación Convectivo (NCC) y Nivel de Equilibrio (EL).

El nivel de condensación convectivo se sitúa por término medio alrededor de los 2500 metros sobre el suelo, con una pequeña oscilación diurna disminuyendo desde los 2700m a las 00z a los 2400m a las 12z, y con un rango de valores de entre 250m a 5000m. En la Fig.3.4.19 se representa la evolución temporal a lo largo de la campaña de las alturas del NCC y EL.

Los días de convección se registra por lo general NCC más bajos que los de no convección, y esto tanto a las 00z (2500 frente a 2800) como a las 12z (2200 frente a 2600). Los histogramas muestran como la mayoría de los días de convección el NCC se sitúa por debajo de los 4000m pero bastante distribuidos a las 00z y más concentrados alrededor de los 1500-2000m a las 12z, intervalos próximos a los que se presentan los días en que no se registra convección. Es de señalar que no se ha registrado ningún día de convección con un NCC mayor de 3772 metros a las 12z.

	NºCasos	Media	Des.Típ.	Median	Mínimo	Máx.
00-12z	176	2552	1020	2472	255	5085
00z	87	2690	1098	2709	255	5085
12z	89	2417	924	2420	351	5063
00zcon	38	2483	1019	2396	436	5019
00zsin	49	2851	1139	2773	255	5085
12zcon	39	2171	831	2200	351	3772
12zsin	50	2609	955	2524	522	5063

Tabla 3.4.3.- Valores estadísticos del Nivel de Condensación convectivo (en m sobre el nivel de la estación).

Por último señalar que para los días de convección por calentamiento diurno el valor medio del NCC se sitúa entre los 2300 (12z) y 2500m (00z) y que los días en que la convección se caracterizó de intensa el NCC medio se situó por término medio, por encima de los días de convección moderada, pero esto último no es significativo dado lo escaso de la muestra considerada.

En cuanto al nivel de equilibrio, su valor medio se situa entre los 6000-6500m, oscilando ampliamente entre los 700 y 12.000 m. El valor medio baja de los 5000m los dias sin convección y subiendo algo por encima de los 7000m los dias de convección, por otra parte, no se ha registrado convección ningún dia en que el nivel de equilibrio estaba por debajo de 2000m.. De nuevo, tanto los dias de convección como los de ausencia de convección presentan valores del nivel de equilibrio lo suficientemente amplios como para ser difícil su separación clara, no obstante, cuando el nivel de equilibrio se situa entre 7 y 11 Kms, la frecuencia de dias en que se observó convección fué de aproximadamente el 70%, y del 80% para el intervalo entre 11 y 13 kms.

En cuanto a los dias con convección intensa aparece un máximo de frecuencia en el intervalo de 9 a 13 kms, pero tampoco es significativo dado el escaso numero de datos, no obstante, los nueve casos registrados de convección intensa por calentamiento diurno, todos ellos presentaban un nivel de equilibrio a las 12z superior a los 9000 m.

3.4.4.- Energía Potencial Convectiva Disponible (CAPE).

La energía potencial convectiva disponible (CAPE) expresada en Julios/Kilogramo representa la energía liberada por una burbuja desde el NCC hasta el nivel de equilibrio, pudiendo considerarse como un índice de inestabilidad más global que los habituales, ya que considera la estructura vertical completa de la atmósfera y no solo en un par de estratos como otros índices, en definitiva, se puede considerar como una medida de la inestabilidad latente.

Se ha calculado el valor de la CAPE para todos los sondeos disponibles en Madrid durante el verano de 1992, su valor osciló entre valores nulos hasta un máximo de 2668 Jul/Kgr, y con un número elevado de ocasiones con valores inferiores a los 100 Jul/Kgr (56% de los casos). Presentó valores pequeños en Junio, aumentando lentamente durante la segunda quincena de Julio para alcanzar su máximo en la primera semana de Agosto, más este en que mantuvo en general valores bastante altos.

	NºCasos	Media	Mediana	Des.Típ.	Máximo
00-12z	176	343	61	546	2668
00z	87	273	56	427	1848
12z	89	411	73	637	2668
00z SIN	49	131	17	251	1169
00z CON	38	457	200	529	1848
12z SIN	50	155	12	318	1631
12z CON	39	740	405	783	2668

Tabla 3.4.4.- Valores estadísticos de la CAPE en Jul/Kgr. (SIN:días sin convección, CON:días con convección).

Se observa una oscilación diurna importante, aumentando lógicamente su valor medio de 273 Jul/Kgr a las 00z a 411 Jul/Kgr a las 12z, pero ambas series presentan desviaciones típicas muy grandes (ver Tabla 3.4.4).

Los valores medios de CAPE los días en que se registró convección (600 Jul/Kgr) son muy superiores a los días de NO convección (143 Jul/Kgr), diferencia que se puede observar tanto a las 00z (456 frente a 131) como a las 12z (740 frente a 155), lo que podría en principio servir para discriminar bastante bien los días de convección. No obstante la desviación típica resulta muy alta en todas las series, existiendo convección en días con valores de CAPE=0 y días sin convección con valores de CAPE elevados.

En la Fig.3.4.20a. se ha representado la frecuencia relativa de los días en que se ha presentado convección según diferentes intervalos de valor de la CAPE. En ella se puede apreciar como alrededor del 20% de días con CAPE=0 se ha registrado convección, para valores entre 1 y 500 este porcentaje aumenta hasta el 40%, y para valores superiores a 1000 la frecuencia es superior al 80%.

Si excluimos aquellos días en que el forzamiento sinóptico fué acusado, es decir, nos quedamos solo con aquellos días en que se produjo convección por calentamiento diurno, los porcentajes de días de convección con valores de CAPE=0 y <500 se reducen al 12% y 21% tal y como puede apreciarse en la Fig.3.4.20b. , por lo que parece que la CAPE puede ser un buen predictor para la convección, siempre y cuando se tengan en cuenta otros factores como por ejemplo el forzamiento sinóptico. Así, no son necesarios valores de CAPE elevados los días de convección en que existió un forzamiento sinóptico acusado, por ejemplo, los valores medios de CAPE para estos días fueron de 210 y 320 Jul/Kgr (00 y 12z) frente a 616 y 1002 Jul/Kgr de los días de convección por calentamiento diurno.

En el intervalo de 1500-2000 Jul/Kgr la frecuencia de días de convección es del 83%, indicando que puede haber días con gran energía potencial convectiva disponible y no desencadenarse convección, ya que puede haber otros factores que la inhiban. En nuestro caso solo se tiene un día con estas características, el día 26 de agosto, con un valor de CAPE de 1631 Jul/Kgr. Se han examinado los sondeos de este día de las 00 y 12 z y efectivamente existe una fuerte inestabilidad latente pero por encima de una fuerte inversión en 700 mbs que impidió cualquier tipo de desarrollo tal y como puede apreciarse en la Fig.3.4.21.

Por último, se ha estudiado la relación entre los valores de CAPE con la severidad. De los días en que se pudo identificar la convección como moderada o intensa, se ha calculado el valor medio de CAPE obteniéndose 255 Jul/Kgr para convección moderada y 614 Jul/Kgr para intensa, es decir, lógicamente a mayor valor de CAPE mayor probabilidad de que si hay convección esta revista caracter severo. Así, no se ha registrado ningun día convección intensa con valor nulo de CAPE, el 17% de días que hubo convección revistió caracter severo cuando la CAPE valía entre 1 y 500, este porcentaje aumenta al 57% para el intervalo 500-1000 , y al 85.7% para el 1000-1500. Cuando se excluyen los días de forzamiento sinóptico la frecuencia para el intervalo 1-500 disminuye al 11.7% y para el intervalo 500-1000 sube yá al 85.7%.

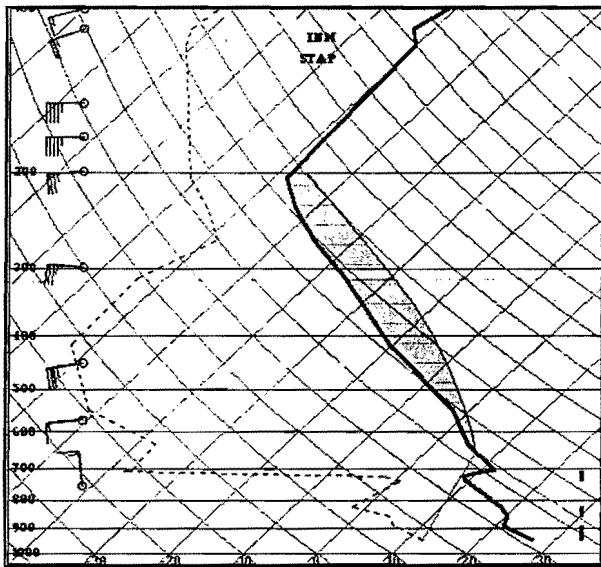


Fig.3.4.21.- Sondeo del 26-Agosto-1992
a las 12z.

3.4.5.- Nivel de Condensación por Ascenso (NCA).

En la Fig.3.4.22 se ha representado la evolución temporal de la altura del nivel de condensación por ascenso, del nivel de convección libre y del nivel de equilibrio.

El nivel de condensación por ascenso se sitúa por término medio alrededor de los 1800 metros sobre el suelo, con una mayor oscilación diurna aumentando (al contrario que el NCC) desde los 1700m a las 00z a los 1900m a las 12z, y con un rango de valores de entre 200m a 3000m.

Los días de convección se registra por lo general NCA similares a los de no convección, y esto tanto a las 00z (1784 frente a 1676) como a las 12z (1978 frente a 1901), no encontrándose diferencias significativas en su distribución.

En cuanto al nivel de equilibrio, su valor medio se sitúa alrededor de los 5700m, subiendo de 5000m a las 00z a 6000m a las 12z. Los días sin convección se sitúa sobre los 4000m subiendo a 5000m (00z) y 7500m (12z) los días de convección. De nuevo, tanto los días de convección como los de ausencia de convección presentan valores del nivel de equilibrio lo suficientemente amplios como para ser difícil su separación clara, salvo para el caso de las 12z los días de convección en que se presentan muchos casos con valores superiores a los 8kms..

Los valores de energía potencial disponible por ascenso desde el NCA (PCAPE) son muy inferiores a la CAPE desde el NCC, con un valor medio de 100 Julios/Kilogramo, además, solo en el sondeo de las 12z los días de convección existen diferencias significativas en la distribución de valores, con un valor muy superior, de 437 Julios/Kgm.

Teniendo en cuenta que para liberar esta energía es necesario aportar una energía inicial (que hemos denominado NCAPE), se ha calculado el balance de energía $PCAPE + NCAPE$, es decir, la energía neta disponible, el balance neto de energía es negativo para los días de no convección, con algunos casos a las 12z ligeramente positivo. Los días de convección este balance es claramente positivo pero solo a las 12z, ya que a las 00z es claramente negativo. En definitiva $PCAPE - NCAPE$ podría ser un buen predictor salvo por el hecho de que no sería útil con el sondeo de las 00z. En la Fig.3.4.23 se ha representado la marcha de estas variables a lo largo de la campaña.

3.4.6.- Agua Precipitable.

El agua precipitable es un parámetro que representa el contenido total de humedad en una columna atmosférica y por tanto resulta de gran interés. No es un parámetro que se use ampliamente de manera operativa dado que hasta hace muy poco no se disponía de él de una manera rutinaria. La modificación hecha por el STAP en el análisis del sondeo del SAIDAS y el programa PC SONDSTAP (Nota Técnica N° del STAP) ponen ahora a disposición del predictor de una manera rutinaria este parámetro, por lo que nos ha parecido conveniente comenzar a caracterizar estadísticamente este parámetro con objeto de tener al menos una referencia mínima de su rango de valores. En la Fig.3.4.24 puede apreciarse la marcha del agua precipitable por estratos a lo largo de la campaña.

	N°Casos	Media	Des.Típ.	Mínimo	Máximo
Total					
00-12z	176	18.7	5.0	7.2	34.7
00z	87	19.3	5.3	8.6	34.7
12z	89	18.0	4.7	7.2	29.1
Sfc-850					
00-12z	176	6.1	1.4	3.0	10.7
00z	87	5.9	1.3	3.0	10.0
12z	89	6.4	1.5	3.4	10.7
850-700					
00-12z	176	7.3	1.7	2.2	12.4
00z	87	7.6	1.6	4.4	12.4
12z	89	6.9	1.8	2.2	10.9
700-500					
00-12z	176	4.3	2.4	0.2	12.0
00z	87	4.7	2.5	0.3	12.0
12z	89	3.8	2.2	0.2	8.5
500-300					
00-12z	176	1.1	0.8	0	5.0
00z	87	1.2	0.9	0	5.0
12z	89	0.9	0.6	0.1	2.9

Tabla 3.4.5.- Valores estadísticos del agua precipitable (mm).

La cantidad total de agua precipitable media se sitúa en 18.7mm, siendo ligeramente mayor a las 00z (19.3mm) que a las 12z (18mm) y con un rango que oscila entre los 7 y 35mm (Tabla 3.4.5). Los días en que se registró convección se registro también mayor cantidad de agua precipitable que los días sin convección (alrededor de 21 frente a 16mm). Su distribución no separa claramente los días de convección de los que no aunque el valor de 20mm puede servir de frontera (Tabla 3.4.6 y 3.4.7).

	N°Casos	Media	Des.Típ.	Mínimo	Máximo
Total					
00z SIN	49	17.1	3.9	8.6	25.3
00z CON	38	22.1	5.5	11.6	34.7
00zC.Diur.	23	22.8	5.3	16.4	34.7
Sfc-850					
00 SIN	49	5.5	1.1	3.0	7.9
00z CON	38	6.4	1.4	4.1	10.0
00z C.Diur.	23	6.8	1.3	5.0	10.0
850-700					
00 SIN	49	7.2	1.5	4.4	11.3
00z CON	38	8.1	1.6	4.9	12.4
00ZC.Diur.	23	8.5	1.5	6.4	12.4
700-500					
00z SIN	49	3.5	1.9	0.3	8.1
00z CON	38	6.2	2.4	1.1	12.0
00ZC.Diur.	23	6.5	2.9	2.9	12.0
500-300					
00 SIN	49	0.9	0.6	0.0	2.4
00z CON	38	1.5	1.0	0.3	5.0
00ZC.Diur.	23	1.7	0.9	0.5	3.6

Tabla 3.4.6.- Valores estadísticos del agua precipitable (en mm) a las 00z para los días con y sin convección.

En cuanto al agua precipitable por estratos, sigue la misma tónica, lo único de destacar es que són los estratos superiores 700-500 y 500-300 los que presentan mayor diferencia porcentual entre los días con convección y los días de ausencia, siendo casi un 50% mayor.

	NºCasos	Media	Des.Típ.	Mínimo	Máximo
Total					
12z SIN	50	16.0	3.8	7.2	26.9
12z CON	39	20.6	4.6	10.4	29.1
12zC.Diur.	24	21.3	4.3	12.8	29.1
Sfc-850					
12 SIN	50	6.1	1.3	3.4	8.9
12z CON	39	6.8	1.6	3.9	10.7
12z C.Diur.	24	7.4	1.2	4.2	10.7
850-700					
12 SIN	50	6.4	1.8	2.2	10.9
12z CON	39	7.7	1.5	4.6	10.1
12zC.Diur.	24	8.0	1.3	5.1	10.1
700-500					
12z SIN	50	2.8	1.7	0.2	6.9
12z CON	39	5.2	2.0	1.6	8.5
12zC.Diur.	24	5.3	2.1	1.6	8.5
500-300					
12 SIN	50	0.9	0.6	0.1	2.9
12z CON	39	1.0	0.7	0.1	2.5
12zC.Diur.	24	0.9	0.7	0.1	2.5

Tabla 3.4.7.- Valores estadísticos del agua precipitable (en mm) a las 12z para los días con y sin convección.

3.4.7.- Conclusiones:

Del análisis de los sondeos medios de Madrid-Barajas para la Campaña-92 pueden extraerse algunas conclusiones provisionales:

- Los días de convección se caracterizan lógicamente por una mayor inestabilidad latente así como por un mayor contenido de humedad en la troposfera. El flujo medio resulta ser del SSW girando al SW en altura y con valores en general débiles (15 kts a 300 mbs). Por contra, los días sin convección el flujo medio resultante ha sido del W en superficie, girando al WNW en altura con valores más altos de velocidad (35 kts a 300 mbs).
- Los días en que ha existido forzamiento sinóptico acusado, no es necesario la existencia de valores altos de inestabilidad para desencadenar la convección.
- Los índices de inestabilidad estudiados (TT y K), si bien presentan lógicamente una buena correlación con la convección, presentan también un porcentaje elevado de falsas alarmas (días con valores elevados de los índices y sin actividad convectiva), por tanto, resulta imprescindible examinar otros factores que puedan inhibir el desarrollo convectivo. En esta campaña, los valores umbrales para la convección en masa de aire que se han obtenido han sido $TT \geq 40$ y $K \geq 12$.
- La energía potencial convectiva disponible (CAPE) presenta valores medios entre 270 y 400 J/kg (a 00 y 12z respectivamente), con valores medios significativamente más altos los días de convección (600 J/kg). Para valores de $CAPE > 1000$ j/kg se registró convección en el 80% de los casos. Al igual que en el caso del TT y K, resulta necesario examinar el sondeo para detectar la presencia de factores que puedan inhibir la convección a pesar de tener valores altos de CAPE.
- El agua precipitable total media en verano en Madrid en esta campaña ha sido de alrededor de 19mm, aunque puede sufrir grandes variaciones (entre 7 y 35 mm).
- El nivel de condensación convectivo se situó, por término medio, alrededor de los 2500mts, algo más bajo en los días en que se registró convección. Por su parte, el nivel de equilibrio medio se situó entre 6000 y 6500mts. Cuando este se situó por encima de 7000mts, la frecuencia con que se ha observado convección ha sido del 70%.
- El nivel medio de condensación por ascenso se situó alrededor de los 1800mts y sin diferencias significativas entre los días en que se registró convección o no. El balance de energía neta convectiva disponible (área positiva menos área negativa) es claramente positivo para los días de convección, pero solo en el sondeo de las 12z.

3.5.- Análisis de la Bases de Datos de Satélite:

3.5.1- Temperatura mínima de brillo:

La temperatura de brillo mínima en la imagen de satélite para un período de tiempo y un área determinada representa lógicamente las cimas nubosas más elevadas y por tanto nos puede proporcionar una idea bastante adecuada de los máximos desarrollos nubosos alcanzados. En la Fig.3.5.1 se ha representado la distribución de temperaturas de brillo mínimas diarias correspondientes a los días en que se registro convección. En ella se puede apreciar como en la mayoría de los días las cimas máximas alcanzaron temperaturas inferiores a -55°C (lo que equivale según se la tabla 2.5.1 a cimas por encima de los 12 kilómetros de altura). Por otra parte, de la serie de datos se desprende como en los días de convección por masa de aire, las cimas presentaron temperaturas inferiores (cimas mas elevadas) que en los días de forzamiento sinóptico. Las temperaturas de brillo mínimas registradas han sido de -64°C .

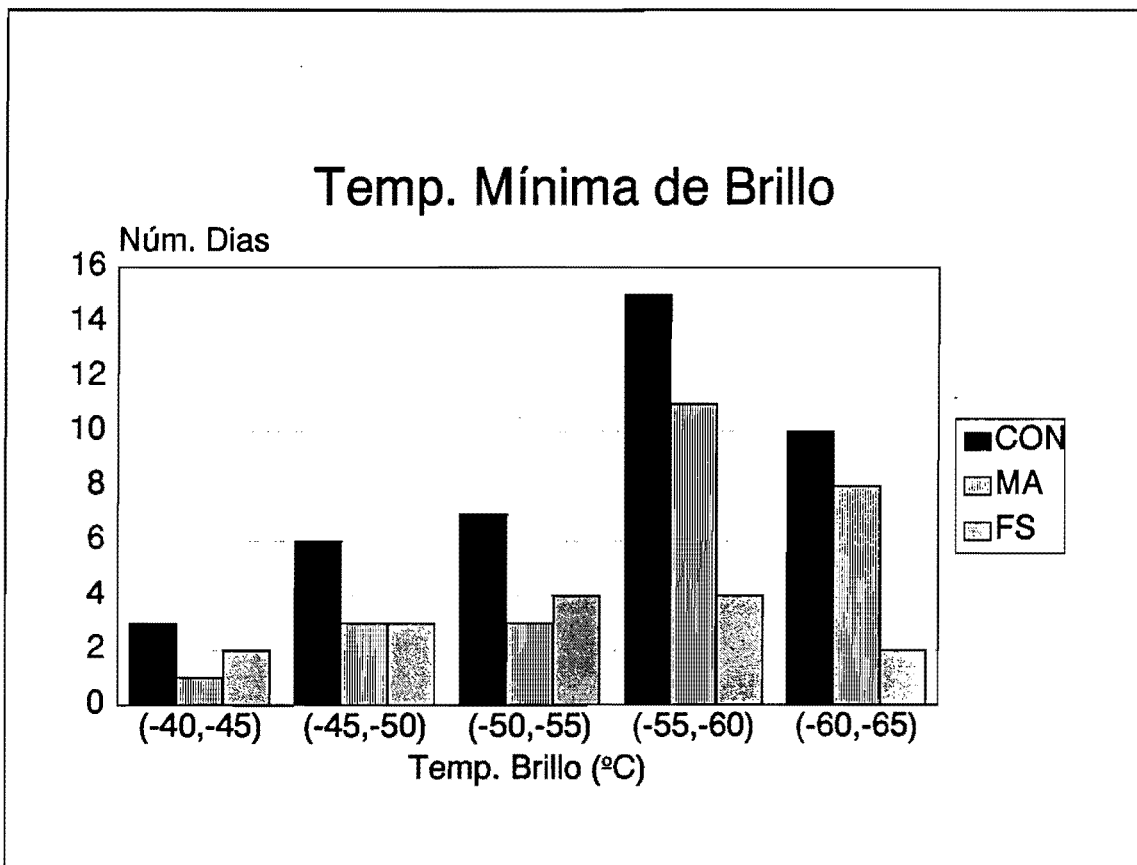


Fig.3.5.1.- Distribución de temperaturas mínimas de brillo.

En cuanto al intervalo horario en el cual se alcanza la temperatura mínima, y por tanto los máximos desarrollos, la Fig.3.5.2 muestra claramente como es entre las 12 y 18z cuando se alcanzan estos máximos desarrollos, seguidos del intervalo 18-24z, todo ello, lógicamente debido al marcado ciclo diurno que presentan los días de convección por calentamiento diurno (que fueron los que predominaron frente a los días de forzamiento sinóptico).

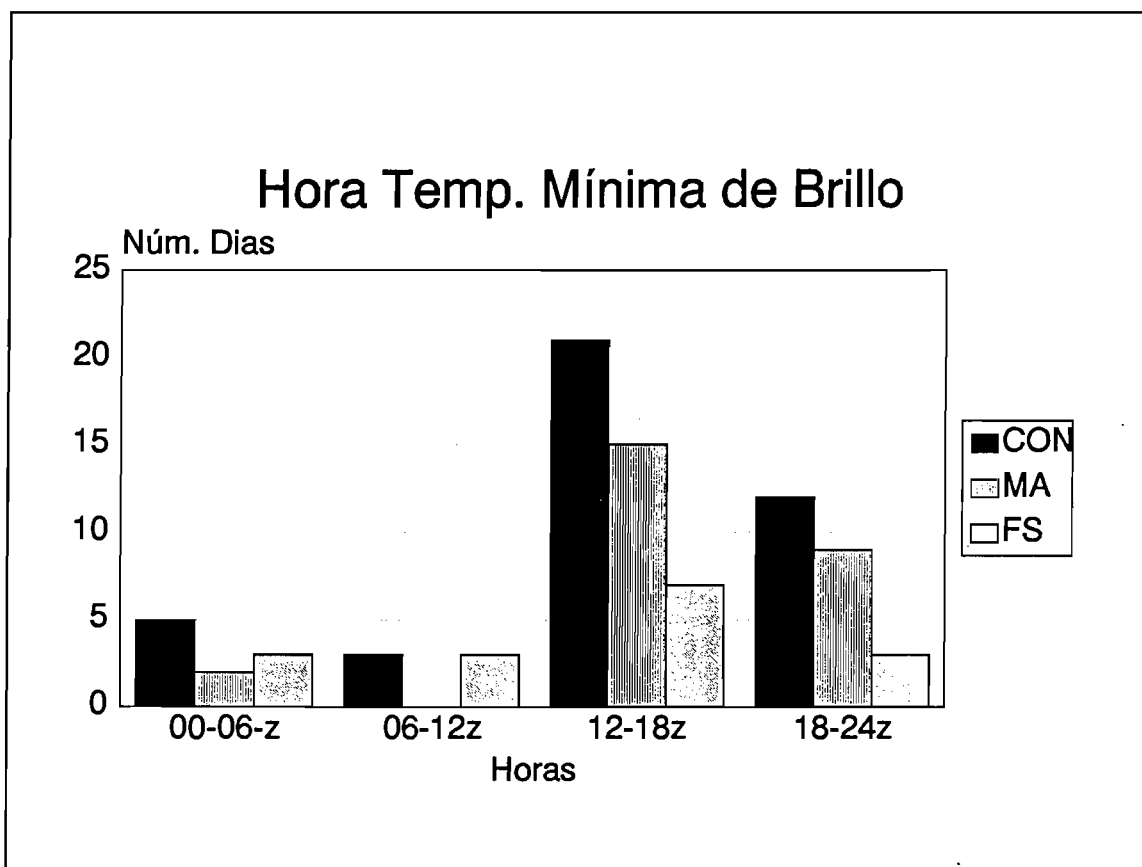


Fig.3.5.2.- Hora de la temperatura de brillo mínima.

Los únicos datos de que disponemos que puedan relacionarse con los de las temperaturas mínimas de brillo son los correspondientes a echotop máximos extraídos subjetivamente a partir de las imágenes horarias del radar. A pesar de disponer de una muestra muy limitada, de la subjetividad de este dato, así como de otros defectos ya apuntados, se obtienen coeficientes de correlación superiores a 0.7 entre la temperatura mínima de brillo y el logaritmo del echotop máximo. La mejor correlación se obtiene con la temperatura mínima en el período 18-24z con un valor del coeficiente de correlación de 0.76, lo cual nos viene a confirmar de alguna manera que estos datos objetivos extraídos de las imágenes de satélite pueden servir para caracterizar la actividad convectiva. Debe notarse no obstante, que, en primer lugar, no debe confundirse echotop con altura de cimas y en segundo lugar que cualquier caracterización que utilice una única fuente de datos es tan solo parcial.

4.5.2.- Superficie afectada por la convección.

Si bien la temperatura de brillo mínima nos proporciona una idea acerca del máximo desarrollo alcanzado por la nubosidad, no nos dice nada acerca de la extensión del área afectada por estos desarrollos al tratarse de un valor puntual. Para la caracterización completa de la actividad convectiva es necesario conocer también la extensión de la zona afectada por la convección. Información esta que puede extraerse a partir del número de pixels con temperaturas de brillo máximas comprendidas entre diferentes intervalos.

Utilizando estos valores convenientemente convertidos a superficie en km², se puede caracterizar de manera muy completa la actividad convectiva de un día determinado. Así, por ejemplo, la Fig.3.5.3 representa la superficie que se vio afectada por desarrollos de diferente profundidad entre las 12 y 18z del día 1 de Agosto de 1992, sobre un área total de 182.000 km² que comprende el área de estudio.

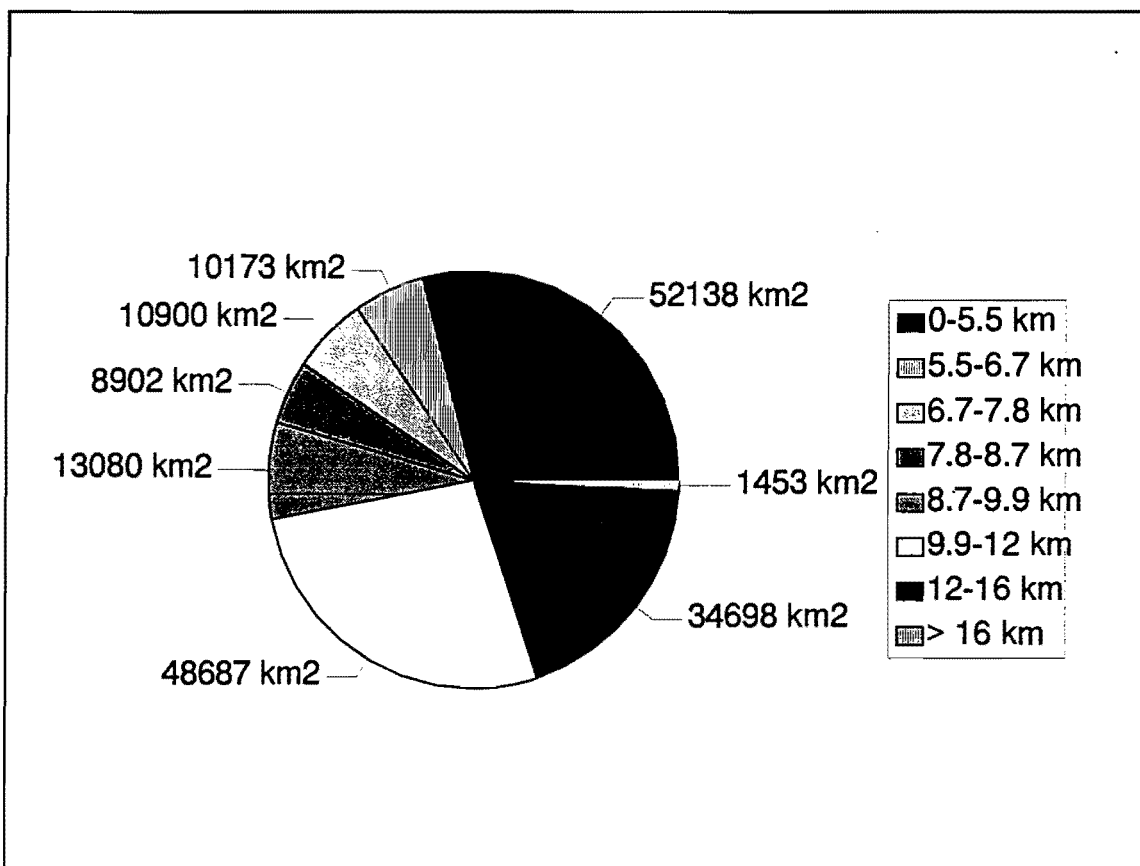


Fig.3.5.2.- Superficie con cimas según los intervalos entre las 12 y 18z del día 1 de Agosto de 1992.

En esta gráfica se ha utilizado la correspondencia entre temperaturas de brillo y alturas deducidas a partir del sondeo medio de Madrid-Barajas (ver tabla 2.5.1). Como se puede apreciar, este fue un día de fuerte actividad convectiva en el que aproximadamente 80.000 km² (47% del área total de estudio) se vieron afectados por la convección con cimas por encima de los 10 km. De esta manera, cada día convectivo puede ser caracterizado en cuanto a profundidad de la convección y en cuanto a su extensión.

Como resumen de estos datos, se presenta en la Fig.3.5.4 los porcentajes medios, para los días de convección y en los períodos 12-18 y 18-24z, de superficie afectada con diferentes desarrollos. En este caso, y por simplicidad, se han agrupado en solo 4 intervalos: desarrollos entre 0 y 5.5 km, entre 5.5 y 7.8 km, 7.8 y 12 km y > 12 km. En ella se puede apreciar como, por término medio en un día de convección, en 100.000 km² los topos nubosos no superan los 5.5 km, 25.000 km² registran convección con cimas entre 5.5 y 8 kms, 45.000 km² registran convección cuyos topos se encuentran entre 8 y 12kmsy entre 4.000 y 5.000 km² se ven afectados por convección con topos superiores a 12 kms. Evidentemente se trata de valores medios, siendo muy grande la variabilidad de día a día como se ha puesto de manifiesto en la Fig.3.5.2.

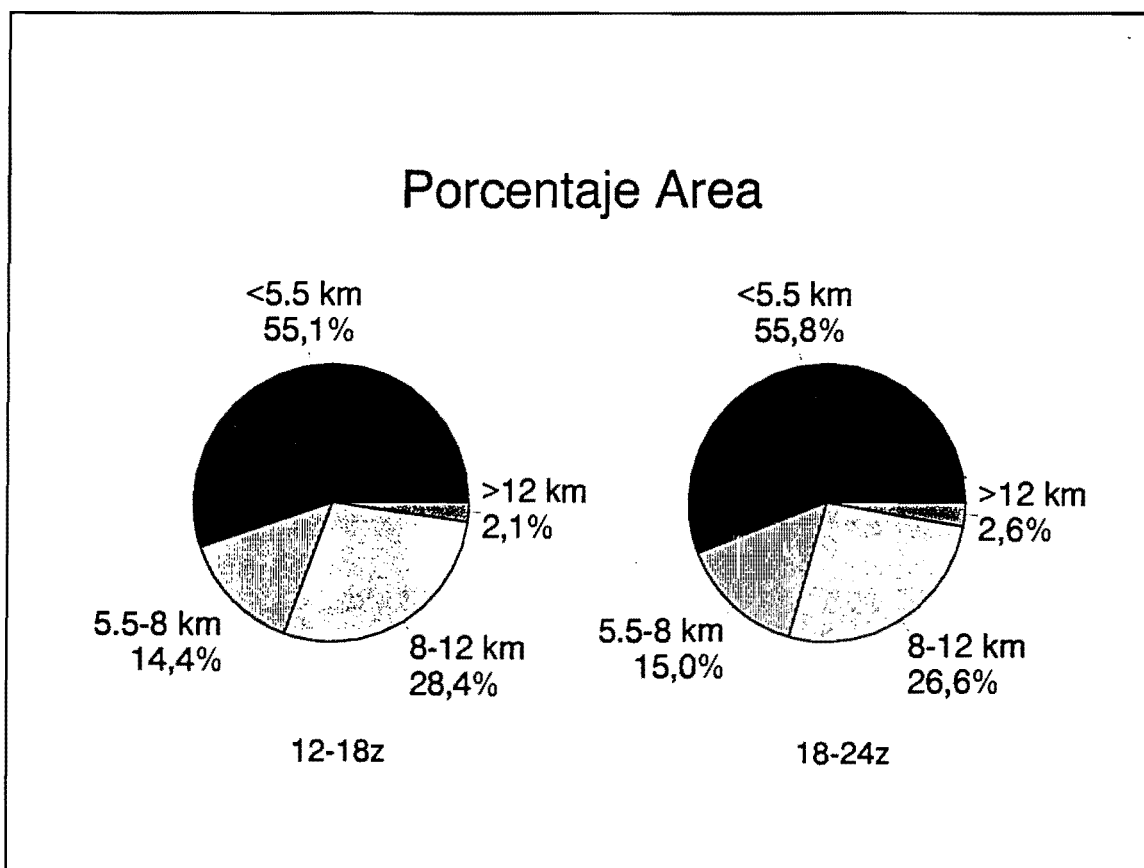


Fig.3.5.4.- Valores medios (%) de superficie con diferentes desarrollos en un día de convección.

Por último en las figuras 3.5.5a y 3.5.5b se presentan estos mismos datos separados según se trate de convección por calentamiento diurno (masa aire) o con forzamiento sinóptico, en ellas se puede apreciar como en el intervalo 12-18z los días con forzamiento sinóptico la convección ha afectado a mayor proporción del territorio que los días de convección por calentamiento diurno, pero a su vez, comparativamente estos días presentan menores desarrollos en cuanto a profundidad, lo que está de acuerdo con lo obtenido acerca de las temperaturas mínimas de brillo (ver 3.5.1). Por contra, entre las 18 y 24z (Fig.3.5.5b) la superficie afectada en ambos casos es similar, pero siguen siendo mayores los desarrollos en el caso de convección forzada por calentamiento diurno.

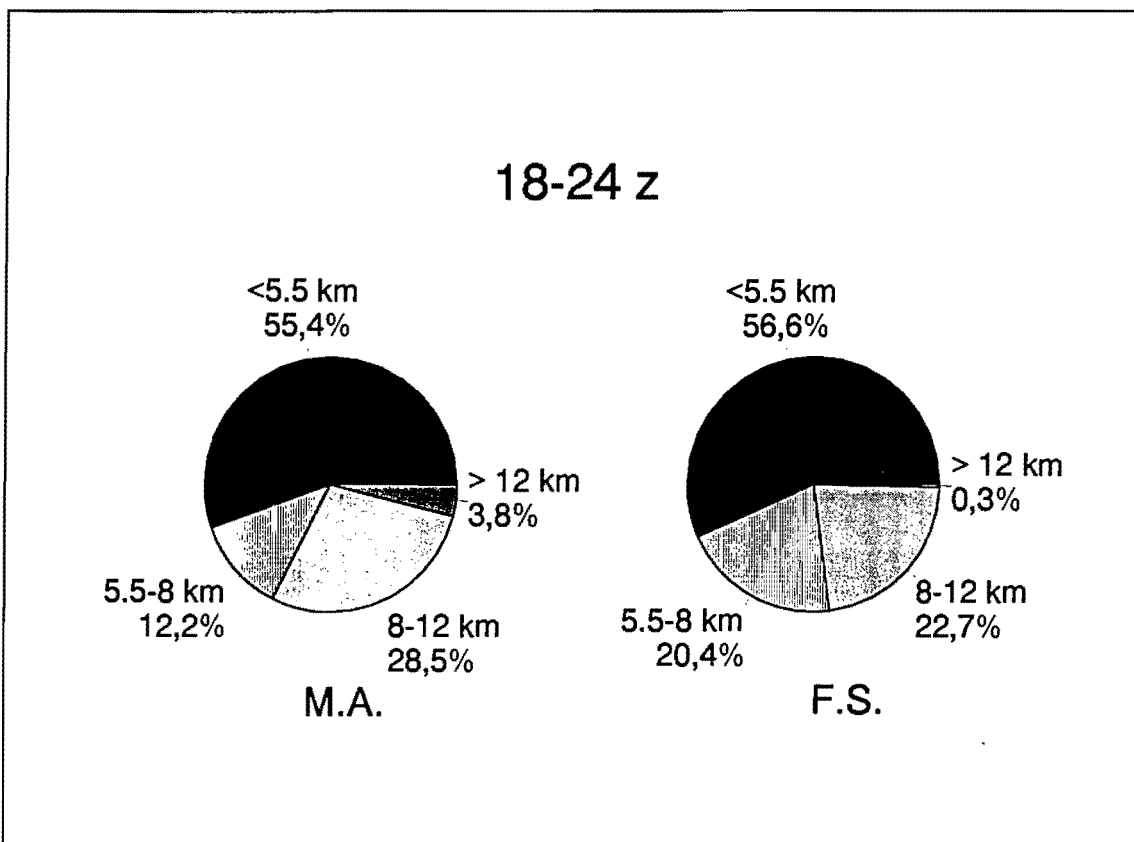


Fig.3.5.5b

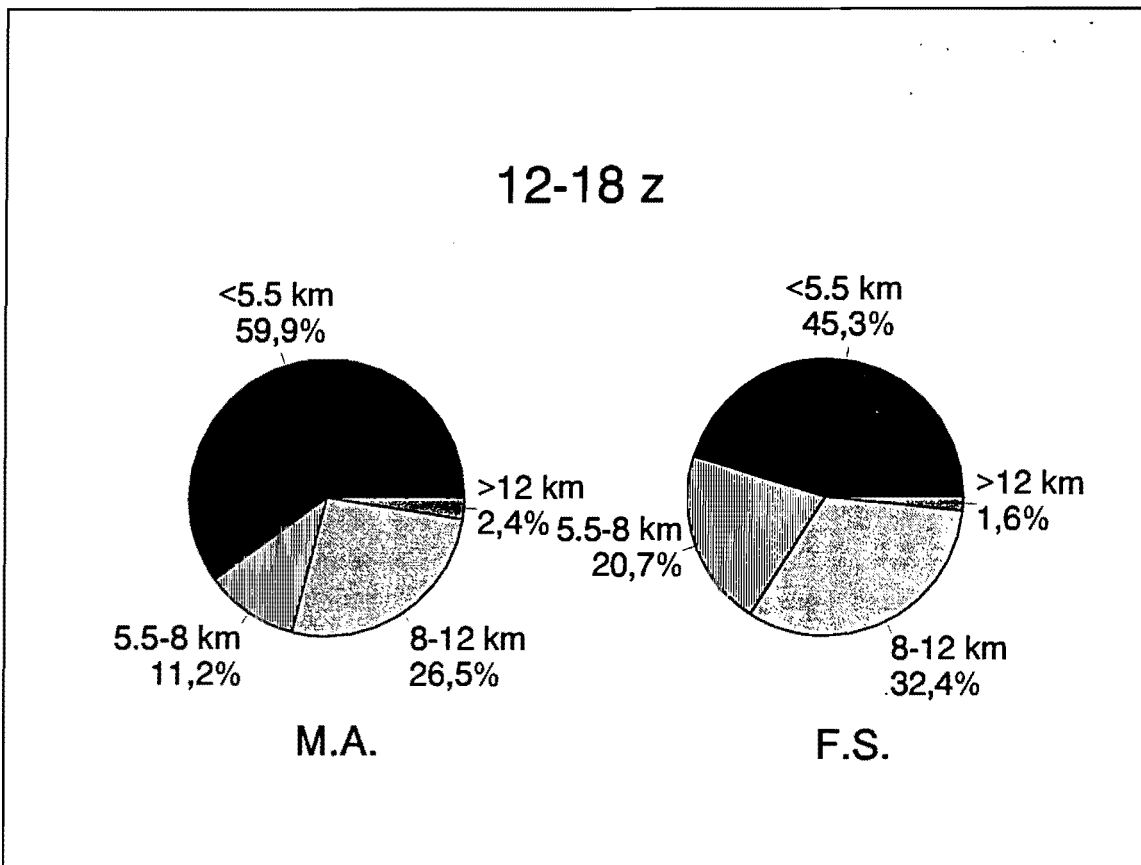


Fig.3.5.5a.-

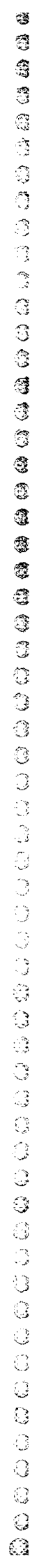
4.5.3.- Conclusiones:

Se ha desarrollado un método para la caracterización objetiva de la actividad convectiva mediante las imágenes IR del Meteosat, método que tiene en cuenta tanto la profundidad como la extensión de la convección. Del estudio de las bases de datos generadas mediante este método para el verano de 1992 se pueden extraer algunas conclusiones parciales:

- Existe una correlación aceptable (0.76) entre las temperaturas mínimas de brillo medidas por el satélite con los echotops máximos registrados por el radar, y todo ello a pesar de los defectos de la determinación subjetiva del echotop.
- La mayoría de los días en que se registró convección, la temperatura mínima de brillo fue inferior a -55°C , lo que viene a representar topos nubosos máximos por encima de los 12 km de altura. Estos topos máximos se alcanzan lógicamente en entre las 12 y 24z como corresponde a un ciclo diurno bien marcado.

- La superficie media afectada por convección profunda viene a ser de unos 45.000 km² (aproximadamente el 25% del territorio), mientras que la convección muy profunda suele afectar por término medio a unos 4.000 km² (ligeramente superior al 2%). Valores estos muy variables de un día a otro.

-En general, los días en que la convección ha sido forzada por calentamiento diurno se han obtenido desarrollos máximos superiores a los días en que ha existido forzamiento sinóptico. Por el contrario, los días de convección forzada sinópticamente la convección ha afectado a mayor extensión de terreno.



4.- CARACTERIZACION DE LOS PREDICTORES DE LA CONVECCION.

- 4.1.- Convección de Masa de Aire.
- 4.2.- Convección por Forzamiento Sinóptico.
- 4.3.- Conclusiones.

5. CONCLUSIONES OPERATIVAS.

- 5.1.- Conclusiones de la CAMPAÑA 92.
- 5.2.-Consideraciones generales de cara a la predicción de la convección en la zona Centro.
 - 5.2.1.- Modelos Numéricos.
 - 5.2.2.- Predicción a corto plazo.



4.- CARACTERIZACION DE LOS PREDICTORES DE LA CONVECCION.

Las bases de datos generadas durante la Campaña-92 se han utilizado para proceder a un intento inicial de "caracterización de predictores" de la convección en la Zona Centro, con el objetivo de clasificar los diferentes predictores en orden de importancia y de utilidad, y que pudiera servir de base mas adelante en el desarrollo de algún tipo de método más objetivo (árbol de decisión, check-list etc) que sirviese de guía al predictor operativo.

Evidentemente, como ya se ha puesto de manifiesto en diversas ocasiones a lo largo de esta Nota, la base de datos resulta totalmente insuficiente, pero aún así, puede usarse como punto de partida en la confección de una metodología básica susceptible de ser completada y perfeccionada en sucesivas campañas.

La metodología utilizada se ha basado en el análisis discriminante, herramienta esta que ha servido para clasificar, en orden de importancia, los diferentes predictores en función de su poder de discriminación respecto del predictando (en este caso convección si o no).

Como predictores se han seleccionado un conjunto de parámetros incluidos en las bases de datos generadas. La única condición que se ha impuesto a priori, dado que lo que se pretende es realizar una predicción a primeras horas de la madrugada, es que estos predictores estuviesen disponibles a esas horas de manera operativa, así, por ejemplo, no se han tenido en cuenta los datos del sondeo de las 12z pero sí aquellos que se puedan extraer de los modelos numéricos.

Una vez seleccionados el conjunto de posibles predictores y sin entrar en detalle acerca del proceso completo, se aplicó repetidas veces el análisis discriminante frente a la ocurrencia de convección o no, proceso que se realizó por separado para los días de convección forzada sinópticamente o de masa de aire. A continuación se exponen las conclusiones cualitativas más significativas, no se hace referencia alguna a resultados cuantitativos dado que estos no serían significativos por lo apuntado anteriormente (muestra limitada).

4.1.- Convección de Masa de Aire.

Para los días en que no se registró forzamiento sinóptico los factores más importantes para la predicción del desarrollo de la convección que el análisis discriminante identificó fueron, por orden de importancia:

- 1°.- Inestabilidad
- 2°.- Viento en 850 mbs.
- 3°.- Estructura vaguada/dorsal térmica.
- 4°.- Advección térmica diferencial.

resaltando que otros predictores en los que a priori pudiera haberse pensado, como por ejemplo la humedad (agua precipitable) han mostrado muy poco poder de discriminación con respecto a estos. A continuación se comenta brevemente algunas de las conclusiones obtenidas.

Inestabilidad:

Resultó ser el factor más importante, y dentro de los distintos predictores el que mayor poder de discriminación ha presentado es una combinación entre el Total de Totales y el CAPE (valores del sondeo a 00z), otros predictores (K, diferencias de temperatura potencial del termómetro húmedo por niveles, etc) mostraron bastante menor poder de discriminación. Así, por ejemplo, para valores del $TT > 40$ y $CAPE > 800$, el 100% de los casos (diez días en total) se presentó convección (resultado este que no puede ni debe generalizarse).

Viento en 850mbs:

El segundo factor discriminante en importancia fué la dirección del viento en 850mbs. Prácticamente vientos en este nivel del cuarto cuadrante impidieron el desarrollo convectivo (ya que generalmente van asociados a advección fría y aumento de la estabilidad).

Estructura Vaguada/dorsal térmica:

La configuración de vaguada térmica en 500 y dorsal térmica en 850 mbs, definida como Tipo I ha ido generalmente asociada con convección (siempre y cuando los dos factores anteriores: inestabilidad y flujo en 850 sean favorables). Otras configuraciones diferentes no han mostrado poder discriminante.

Advección térmica diferencial:

El cuarto y último factor en importancia fué la advección térmica diferencial, como principal mecanismo responsable de los cambios en la estabilidad. Este factor completa al primero ya que aquel se evalúa solo a las 00z y este da idea de su tendencia a aumentar o disminuir a lo largo del día. A efectos prácticos este factor se puede evaluar a partir de las salidas de los modelos numéricos.

4.2.- Convección por Forzamiento Sinóptico.

Para los días en que se registró forzamiento sinóptico, se analizaron los factores que resultaron ser los más favorables para el desarrollo de la convección (obtenidos por el análisis discriminante) y que se referían a los datos del sondeo de 00z de Madrid y a los **análisis objetivos del LAM más próximo a la convección (casi todos los casos fue a las 12 z)**. Por orden de importancia fueron estos:

1°.- Inestabilidad.

1.a. Inestabilidad convectiva en capas bajas.

1.b. Índice K.

2.- Dirección del viento en 700 mbs.

3.- Velocidad del viento en 300 mbs.

Comentaremos brevemente algunas conclusiones obtenidas durante la campaña (se da por supuesto que existía forzamiento sinóptico según el criterio utilizado en el apartado 3.1).

Inestabilidad:

De nuevo aparece la inestabilidad como un factor importante para el desarrollo de convección forzada sinópticamente pero a diferencia de las de masas de aire el análisis discriminante nos marco unas diferencias significativas en cuanto a los tipos de inestabilidades:

1.a Inestabilidad convectiva en capas bajas.

La diferencia de la temperatura potencial del termometro humedo entre 700 mbs y 850 mbs obtenida a las 00z del sondeo de Madrid, $\theta_{w700} - \theta_{w850}$, resultó ser el factor más importante.

Durante los días en que los valores fueron superiores a 2^a (estabilidad) no se dio convección. Por contra si era inferior a -1° (inestabilidad convectiva) era posible la convección **si no existía ninguna fuerte tapadera o inversión en el sondeo de 00z.**

1.b. Índice K.

Este indice se obtuvo un valor mínimo (21) por debajo del cual no se registró convección cuando existía forzamiento sinóptico.

#Caso especial de la estructura de núcleo frío: F.

Un caso especial la constituye las estructuras de Núcleo frío en 500 mbs. Son perturbaciones que a las 12 z pueden llevar asociadas fuerte inestabilidad convectiva en capas bajas y suelen dar unos valores de K altos.

Dirección del viento en 700 mbs:

Los flujos del segundo y tercer cuadrante, a las 12 z obtenidos del LAM, resultaron los más adecuados para el desarrollo de la convección (y siempre que se dieran las condiciones de inestabilidad). Por contra los del primer y cuarto la inhibían.

Velocidad del viento en 300 mbs:

A pesar de los pocos casos que se registraron se observó en nuestra zona que vientos superiores a 70 Kt, a las 12 z, tendían a "cortar" los desarrollos convectivos.

4.3.- Conclusiones.

El uso del análisis discriminante puede proporcionar información muy útil a la hora de, por ejemplo, diseñar un "árbol de decisión" o "check-list" de ayuda a la predicción regional de la convección, proporcionando información al menos del orden de importancia de los diversos predictores. Pero para que esto sea efectivo es necesario contar con bases más amplias de datos, por lo que si en el futuro se continua este trabajo y se disponen de más datos, sería posible abordar el desarrollo objetivo de un árbol de decisión para este tipo de predicción.

Como era de esperar uno de los factores más importante, revelados por el análisis discriminante, para el desarrollo de la convección fue la inestabilidad pero llama la atención la diferencia en cuanto al tipo. Mientras que para las de **masa de aire fue la inestabilidad latente** (medida mediante el CAPE desde el NCC y el índice TT) para las **forzadas sinópticamente el factor se decanta por la inestabilidad convectiva en capas bajas** (medida por la inestabilidad convectiva entre 700 y 850 mbs junto con el índice K).

Otro factor importante lo constituye la dirección del viento, pero de nuevo aparecen diferencias entre los resultados que se obtuvieron para las MA y FS. Para las primeras los vientos del cuarto cuadrante en 850 mbs inhiben la convección (advección fría, estabilización). Para la convección forzada sinópticamente los vientos en 700 mbs del tercer y segundo cuadrante son los que suelen favorecerla. Por último, vientos en 300 mbs superiores a 70 Kts tiende a cortar los desarrollos convectivos en los días que existio forzamiento sinóptico.

Es notable el hecho de que la humedad, de por si, no fue un buen elemento discriminador haciendo cierta la idea de que la convección se puede desarrollar en entornos muy secos.

5. CONCLUSIONES OPERATIVAS.

5.1.- Conclusiones de la CAMPAÑA 92.

De los análisis de las diferentes bases de datos generadas para la Campaña del Verano de 1992, podemos extraer, de manera provisional, las conclusiones más significativas referentes a la Zona Centro:

- @ Desde el punto de vista sinóptico, existieron dos períodos bien diferenciados: un primer período donde predominó la convección forzada sinópticamente (casi todo Junio) y el período estival, propiamente dicho, donde se produjo preferentemente convección de masa de aire.
- @ Los flujos en niveles bajos del cuarto cuadrante suelen inhibir la convección mientras que el flujo del SW parece favorecerla. Se ha observado que para la convección de masa de aire es más significativo el nivel de 850 mb, mientras que para la debida a forzamiento sinóptico resulta más decisivo el flujo en 700 mb.
- @ Con respecto a la situación en altura, las Vaguadas, Bajas situadas al oeste y los flujos del SW parecen favorecer la convección mientras que las situaciones de flujos del W y N suelen inhibirla.
- @ Las Dorsales presentaron diferente comportamiento según el momento: en Junio, resultaron poco propensas para la convección; durante Julio y Agosto, si éstas iban acompañadas de una perturbación fría en altura, permitieron el desarrollo de núcleos convectivos restringidos a la zona de montaña.
- @ La configuración térmica 500/850 mb resultó ser un factor significativo a tener en cuenta. Resultaron especialmente favorables a la convección la presencia de un núcleo frío en 500 mb y la configuración denominada en el texto de "tipo 1" (vaguada térmica en 500 mb acoplada con una dorsal térmica en 850 mb).
- @ Los índices de inestabilidad estudiados (TT y K), si bien presentan lógicamente una buena correlación con la convección, presentan también un porcentaje elevado de falsas alarmas (días con valores elevados de los índices y sin actividad convectiva), por tanto, resulta imprescindible examinar otros factores que puedan inhibir el desarrollo convectivo. En esta campaña, los valores umbrales han sido $TT \geq 40$ y $K \geq 12$ para la convección en masa de aire.
- @ La energía potencial convectiva disponible (CAPE calculado desde el NCC) presenta valores medios entre 270 y 400 J/kg (a 00 y 12z respectivamente), con valores medios significativamente más altos los días de convección (600 J/kg). Para valores de $CAPE > 1000$ j/kg se registró convección en el 80% de los casos. Al igual que en el caso del TT y K, resulta necesario examinar el sondeo para detectar la presencia de factores que puedan inhibir la convección a pesar de tener valores altos de CAPE.
- @ Los días en que ha existido forzamiento sinóptico acusado, no es necesaria la existencia de valores altos de inestabilidad para desencadenar la convección, resultando más

significativa, en estos casos, la inestabilidad convectiva que la latente.

- ① Las tormentas debidas al forzamiento sinóptico se organizaron preferentemente en forma de línea. Las tormentas de masa de aire se presentaron siguiendo la orografía o de forma dispersa en la mayoría de los casos.
- ② Se confirma el modelo de evolución de las tormentas por calentamiento diurno: hora de inicio, entre las 12z y 13z; hora de finalización, entre las 18z y las 22:30z; el echotop máximo y la máxima reflectividad se registraron entre las 14z y las 17:30z.
- ③ Se observó una clara elevación de los echotops representativos y máximos a medida que transcurrían los días de la Campaña.
La misma tendencia presentaron las tormentas con respecto a su intensidad: la reflectividad representativa y la máxima fueron elevando sus valores a medida que nos adentramos en la época plenamente estival.
- ④ Existe una correlación aceptable (0.76) entre las temperaturas mínimas de brillo medidas por el satélite con los echotops máximos registrados por el radar, y todo ello a pesar de los defectos de la determinación subjetiva del echotop.
- ⑤ En general, los días en que la convección ha sido forzada por calentamiento diurno se han obtenido desarrollos máximos superiores a los días en que ha existido forzamiento sinóptico (imágenes IR e imágenes radar de echotop).
Por el contrario, los días de convección forzada sinópticamente la convección ha afectado a mayor extensión de terreno.

5.2.- Consideraciones generales de cara a la predicción de la convección en la zona Centro.

5.2.1.- Modelos Numéricos.

Durante la campaña de 1992, desarrollada en la zona Centro durante los meses de Junio, Julio y Agosto, se han tratado de caracterizar las tormentas con todos los datos disponibles así como el entorno sinóptico donde se han generado los fenómenos convectivos bajo ciertas suposiciones (ver apartado 2.). Para ello se han utilizado las topografías del LAM más próximas a la hora de la convección, se han generado unas bases de datos específica y obteniéndose unas conclusiones provisionales.

Debemos hacer notar que esta base de datos sólo trata de caracterizar el marco general de los acontecimientos convectivos. Cuando se intentan aplicar las conclusiones obtenidas haciendo uso de los campos previstos por los modelos, nos encontramos con que los resultados no se ajustan a la realidad. Ello es debido en parte a las limitaciones inherentes a una base de datos reducida, pero también, y queremos resaltarlo de manera especial, a que los factores más importantes para la predicción del desarrollo de la convección se ven directamente afectados por las desviaciones (entre las previsiones y posteriores análisis verificante) que suelen introducir los modelos en los campos térmico y humedad (e incluso de geopotencial) y además están fuertemente modulados por factores mesoscalares.

Así, por ejemplo, se ha observado, subjetivamente, que el **previsto H+12 de la pasada de 00z del LAM** tiende a calentar 500 mbs pero subestima la humedad y la temperatura en 850 mbs, con la consiguiente **estabilización de la atmósfera**. Además se constató que nuestro modelo no pudo reproducir adecuadamente la estructura general térmica en 850 mbs sobre todo en las situaciones con calentamiento diurno acusado y baja térmica bien definida.

Por contra, los **previstos H+24 y H+30 del CEPPM** sobreestimaban la humedad y la temperatura en 850 mbs, si bien reproducían bien la configuración térmica en dicho nivel (dorsal, baja térmica,...), repercutiendo notablemente en un aumento ficticio de **los índices de inestabilidad**.

En otro orden de cosas, los campos de diagnóstico del forzamiento sinóptico (advección de vorticidad, divergencia de Q,...) han proporcionado una información objetiva de utilidad variable ya que, cuando la convección claramente estaba forzada sinópticamente, los campos han reflejado los resultados esperados, pero, en la mayoría de los casos, el forzamiento sinóptico calculado estaba entre los umbrales de débil o cero, introduciendo cierta ambigüedad a la hora de discriminar *objetivamente* si la convección sería de tipo FS o MA, aunque *subjetivamente* el predictor podía llegar a diferenciarlo según la situación sinóptica.

5.2.2.- Predicción a corto plazo.

A nivel operativo, se podrían hacer algunas consideraciones generales para la predicción de convección a **corto plazo**, fruto de los resultados de la base de datos sinóptica y de la experiencia subjetiva en la utilización de las salidas numéricas durante la Campaña del Verano de 1992:

- # **Es fundamental el reanálisis de las topografías de 00z en relación con las imágenes de WV e IR.** Localización de las vaguadas y estructuras térmicas en 500 mbs en relación con WV e IR. Su mantenimiento y traslación en las 12 ó 18 horas siguientes, siempre y cuando no se esperen cambios sustanciales en la estructura sinóptica. Las vaguadas dinámicas suelen estar mejor definidas en el geopotencial de 300 mbs y en el campo térmico de 500 mbs.

Si observamos una vaguada térmica en 500 mbs en el análisis de 00z durante el período estival, y en los previstos del LAM aparece una disminución de temperatura en dicho nivel, normalmente estará asociado a cambios significativos en la atmósfera. Por el contrario, si lo que nos muestran los previstos es un aumento ligero de la temperatura, debemos pensar que puede ser debido a la **tendencia del LAM de 00z a calentar en dicho nivel.**

El mismo razonamiento valdría para la humedad en cualquier nivel, sobre todo para 850 y 700 mbs con sus repercusiones lógicas en los índices clásicos de inestabilidad. No es raro encontrar grandes diferencias entre el TT y K obtenidos, en los previstos, por el LAM y el CEPPM, debido a que uno tiende a "estabilizar" a la atmósfera y el otro, por contra, tiene el efecto contrario.

- # La situaciones de **Bajas y Vaguadas Móviles** suelen ser más propensas al desarrollo de la convección así como las **situaciones del SW en 300 mbs** con alguna onda embebida en su seno. La presencia de **núcleos fríos en altura** pueden desarrollar, en el interior peninsular, convección generalizada y preferentemente de evolución diurna.

La presencia de **dorsales o situaciones sin definir** suelen desarrollar convección, del mismo tipo anterior, si llevan embebidas vaguadas o núcleos fríos en 500 mbs, localizadas sobre zonas de montaña.

- # Análisis de la evolución de la **estructura térmica** (y de humedad) prevista en **850 y 500 mbs**, a las 12 ó 18 z, dada por el CEPPM, hasta que no se dispongan de salidas del LAM más realistas.

Vaguadas térmicas en 500 mbs que caigan sobre la península, en las horas en que el calentamiento diurno comienza a aparecer, tienden a generar convección.

- # Los **flujos de SW en 700 mbs** son los que más pueden favorecer a los desarrollos convectivos. Los flujos en niveles bajos del cuarto cuadrante tiende a inhibirla.

- # Resulta muy útil el **análisis detallado del sondeo** de Madrid:

* Prestar especial atención a la presencia de mecanismos que puedan inhibir el desarrollo convectivo (inversiones, etc).

- * Analizar los mecanismos que puedan producir cambios significativos en la curva del sondeo y, por tanto, en la estabilidad, especialmente calentamiento, procesos de mezcla en capas bajas y advecciones (térmicas o de humedad) en diferentes niveles.
 - * Evaluar la inestabilidad convectiva caso de que se prevea la existencia de forzamiento sinóptico.
- # Análisis de las zonas despejadas y nubosas a primeras hora de la mañana, detección de cualquier tipo de frontera, zonas de convergencia, zonas con convección del día anterior, presencia de altocumulos castellatus a primeras horas de la mañana, etc.

Resulta muy útil resumir toda la información recogida mediante la confección de un **mapa compuesto** en el que se refleje el forzamiento, inestabilidad, humedad en niveles bajos y cualquier otro elemento destacable o que favorezca a la convección.

