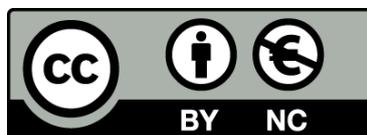




UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estudio de sistemas convectivos mesoscales en la zona mediterránea occidental mediante el uso del radar meteorológico

Tomeu Rigo Ribas



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons**.

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons**.

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License**.

4. Características pluviométricas y mesoescalares de los episodios de lluvias fuertes en Catalunya. Relación con los sistemas convectivos de mesoescala

A partir del análisis presentado en el capítulo anterior de los datos pluviométricos de la red SAIH se han identificado 43 episodios, que se presentan en la tabla 4.1.

día inicio	día final		
20 de enero de 1996	25 de enero de 1996	23 de mayo de 1998	31 de mayo de 1998
28 de enero de 1996	8 de febrero de 1996	7 de julio de 1998	7 de julio de 1998
26 de abril de 1996	2 de mayo de 1996	13 de agosto de 1998	18 de agosto de 1998
5 de mayo de 1996	12 de mayo de 1996	23 de septiembre de 1998	27 de septiembre de 1998
18 de junio de 1996	25 de junio de 1996	1 de diciembre de 1998	4 de diciembre de 1998
27 de julio de 1996	27 de julio de 1996	28 de diciembre de 1998	30 de diciembre de 1998
7 de agosto de 1996	8 de agosto de 1996	2 de mayo de 1999	5 de mayo de 1999
26 de agosto de 1996	30 de agosto de 1996	14 de mayo de 1999	20 de mayo de 1999
2 de septiembre de 1996	3 de septiembre de 1996	27 de julio de 1999	6 de agosto de 1999
12 de octubre de 1996	15 de octubre de 1996	28 de agosto de 1999	29 de agosto de 1999
8 de noviembre de 1996	18 de noviembre de 1996	3 de septiembre de 1999	7 de septiembre de 1999
3 de diciembre de 1996	10 de diciembre de 1996	13 de septiembre de 1999	15 de septiembre de 1999
16 de enero de 1997	25 de enero de 1997	17 de septiembre de 1999	19 de septiembre de 1999
4 de junio de 1997	5 de junio de 1997	17 de octubre de 1999	18 de octubre de 1999
26 de junio de 1997	5 de julio de 1997	20 de octubre de 1999	22 de octubre de 1999
24 de julio de 1997	24 de julio de 1997	10 de noviembre de 1999	14 de noviembre de 1999
15 de agosto de 1997	22 de agosto de 1997	9 de mayo de 2000	11 de mayo de 2000
28 de agosto de 1997	28 de agosto de 1997	10 de junio de 2000	15 de junio de 2000
1 de septiembre de 1997	2 de septiembre de 1997	27 de septiembre de 2000	1 de octubre de 2000
13 de septiembre de 1997	15 de septiembre de 1997	20 de octubre de 2000	23 de octubre de 2000
20 de septiembre de 1997	23 de septiembre de 1997	20 de diciembre de 2000	28 de diciembre de 2000
15 de diciembre de 1997	18 de diciembre de 1997		

Tabla 4.1. Listado de episodios de lluvias fuertes obtenidos para el período 1996-2000, a partir de los datos de la red SAIH de la Agència Catalana de l'Aigua

Considerando la clasificación estacional mostrada en la tabla 4.2 se ha obtenido una distribución de los episodios por estaciones que se presenta en la figura 4.1. El primer aspecto a tener en cuenta es que para las cuatro estaciones del año se han registrado episodios de lluvias fuertes, hecho que demuestra que la probabilidad de que se de no es nula en ninguna época. Sin embargo, salta a la vista que dos estaciones predominan por encima de las otras: verano y otoño.

Estación	Meses
Invierno	Diciembre, enero y febrero (DEF)
Primavera	Marzo, abril y mayo (MAM)
Verano	Junio, julio y agosto (JJA)
Otoño	Septiembre, octubre y noviembre (SON)

Tabla 4.2. Períodos estacionales considerados

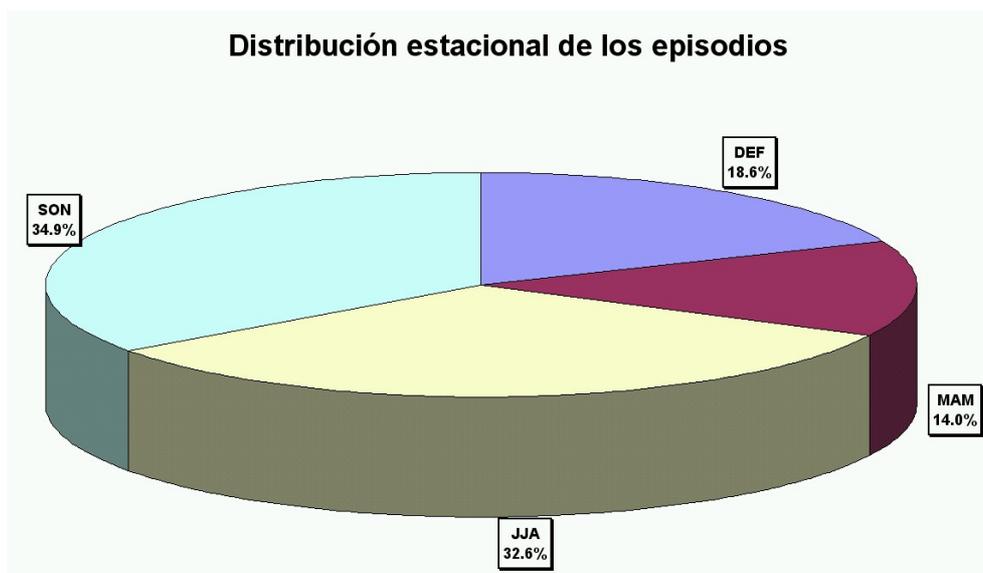


Figura 4.1. Distribución estacional de los episodios de lluvias fuertes presentados en la tabla 4.2

Cabe decir que se ha seleccionado un conjunto de fechas, para las cuales se ha intentado obtener el máximo de información meteorológica (mapas de precipitación, descargas eléctricas, imágenes de satélite o radar, campos mesoescalares o información de las estaciones de la XAC), para ser expuestas en una página en internet (www.am.ub.es/~carmell), en lo que se refiere a parte del proyecto HIDRADMET.

4.1. Características pluviométricas

4.1.1. Tipología de los episodios analizados

El objetivo de este punto es mostrar algunos detalles que han caracterizado los diferentes episodios de lluvias fuertes, bien por sus valores de precipitación, bien por el gran número de estaciones donde se registraron precipitaciones elevadas.

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

En primer lugar, se deben citar aquellos casos en que la precipitación acumulada total fue superior a los 250 mm. En total, 5 de ellos excedieron ese valor, mostrándose en la tabla 4.3, en la que se incluye el día inicial del episodio, el valor máximo acumulado y el número de horas consideradas dentro del evento. En esta tabla se pueden observar dos puntos que pueden caracterizar estos episodios. Primero, que todos se registraron entre noviembre y enero. De hecho, el siguiente caso con una mayor precipitación acumulada también pertenece a este período y sólo los dos últimos casos que superan los 200 mm (que se corresponden con el cuarto umbral considerado para determinar si un episodio era de lluvias fuertes) no pertenecen a este período. Por otra parte cabe destacar la larga duración de los diferentes episodios en los que se han recogido más de 250 mm (desde los 4 hasta los 12 días).

La mayoría de estos episodios vienen dados por la sucesión de situaciones meteorológicas propicias para que se den lluvias acumuladas moderadas, pero que sumando los valores totales estos resultan mucho más extraordinarios. De todos modos, es cierto que en algunos casos ha existido una situación que ha provocado la mayor parte de la precipitación (p.e., el que se inició el 10 de noviembre de 1999), y que, por otra parte, la situación de inestabilidad atmosférica se ha mantenido durante casi todo el período considerado como episodio.

Día inicial	Precipitación (mm)	Número de horas
28/01/1996	271.9	286.4
08/11/1996	330.6	253.8
15/12/1997	331.4	95.5
10/11/1999	251.8	110.6
20/12/2000	275.5	215.5

Tabla 4.3. Episodios en los que se han superado más de 250 mm de precipitación acumulada. Precipitación total acumulada y la duración.

Un último punto a remarcar en este tipo de episodios de gran acumulación registrada es que parece existir una cierta relación inversa entre la precipitación total y la precipitación horaria máxima registrada en el episodio. En la figura 4.2 se puede apreciar como para los 8 episodios en los que se superaron los 200 mm de lluvia total acumulada, cuanto mayor era el valor acumulado, menor era el valor horario. Otro hecho interesante es que los dos episodios con el valor horario máximo fueron los que no se registraron durante el período que iba de noviembre a enero. Además, estos dos últimos casos (junio y octubre de 2000), junto con noviembre de 1999, fueron los únicos en los que más del 70% de la precipitación máxima acumulada se registró en un período de 24 horas. En conclusión, es posible diferenciar aquí

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

entre dos tipos de episodios con valores acumulados muy elevados: aquellos que se registran a partir de una única situación meteorológica, más breves, seguidos de una serie de días con lluvias débiles; y, por otra parte, los que se deben a la sucesión de diferentes episodios meteorológicos favorables, con unos valores totales generalmente más importantes, pero con intensidades mucho menos importantes.

El segundo aspecto que se remarcará será el de episodios con valores de precipitación horaria máxima. En este caso nos encontramos con un caso que se podría catalogar como fuera de lo común: el del 2 de septiembre de 1996. Aunque no cuente con la intensidad 5-minutal más importante (ese honor corresponde al caso de 13 de septiembre de 1997, con 241.2 mm/h, por los “sólo” 176.4 mm/h de 2 de septiembre de 1996), se llegaron a registrar 136.7 mm en una sola hora, superando en casi 50 mm a los siguientes registros. Curiosamente estos dos registros se corresponden con dos casos ya citados anteriormente, y que son de los más significativos del período analizado: junio y octubre de 2000. La gran diferencia entre el episodio de septiembre de 1996 y el resto de episodios con intensidades considerables reside en que en la mayoría de casos los valores más importantes apenas tienen una duración de unos pocos minutos, mientras que para este caso se sostuvieron valores superiores a los 10 mm en 5 minutos durante una hora y 10 minutos.

Realizando un análisis de los diferentes episodios con los valores de precipitación horaria superior a los 50 mm, confrontándose con la precipitación en 24 horas, se puede apreciar en la figura 4.3 la “anomalía” producida por el episodio de septiembre de 1996. Parece que hay una cierta linealidad entre los valores más elevados de precipitación horaria y 24-horaria, aunque esta no es tan obvia como en la figura previa de comparación de lluvia diaria y precipitación horaria. Por último, cabe decir que de los siete episodios con precipitación horaria más importante, seis se registraron entre agosto y octubre, siendo también este el período el que incluye los valores de intensidad 5-minutal más importantes, especialmente el mes de agosto.

Para analizar el área afectada en cada episodio se ha creado un mapa en el cual se han representado los valores de precipitación en diferentes categorías: valores no nulos (azul), valores superiores al 50% del máximo (azul claro), al 75% del máximo (verde), al 90% del máximo (amarillo) y, finalmente, el valor máximo (blanco). En la figura 4.4 puede verse un ejemplo que se corresponde a uno de los episodios que afectó a una mayor área (prácticamente toda la región) y, además, registró valores más importantes (superiores a 100 mm en más de 50 estaciones y un máximo de 242 mm): el de diciembre de 1996.

Para seleccionar las regiones afectadas, se han identificado diferentes zonas (ver figura 4.5), las cuales permiten distribuir los episodios de manera más clara. No se ha pretendido realizar ninguna regionalización (ya existen algunas, como por ejemplo la de Gibergans, 2001), si no facilitar el trabajo de clasificación de los episodios.

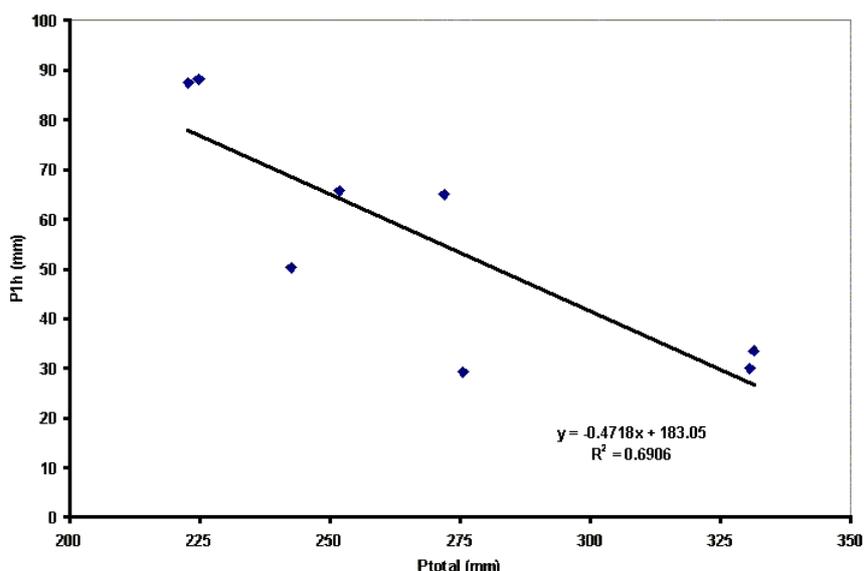


Figura 4.2. Episodios en los que se superaron los 200 mm de lluvia total acumulada, precipitación total acumulada frente al máximo valor horario

Podemos catalogar a los siguientes episodios como aquellos que afectaron a una gran extensión, distinguiendo primero los que se dieron en noviembre y diciembre: diciembre de 1998 (afectando a N. Tarragona, Costa Central y Maresme), diciembre de 1996 (todo excepto Centro), noviembre de 1996 (todo excepto S. Tarragona y NE), noviembre de 1999 (NE, Centro Girona y Pirineos) y diciembre de 2000 (NE, Pirineos, Centro, Centro Girona, Maresme y N. Tarragona). Por otra parte, fuera de esos meses se dieron los siguientes casos: septiembre de 1999 (Pirineos, N. Tarragona, Centro y NE), junio de 2000 (N. Tarragona y Centro), octubre de 1996 (Centro, Centro Girona, Costa Central y Maresme) y junio de 1996 (Pirineos, Centro, N. Tarragona, NE y Centro Girona). Resulta interesante indicar que es muy difícil diferenciar las dos categorías según las zonas más afectadas o por los valores pluviométricos registrados, ya que no hay ningún patrón fijo. Además, existen ciertos casos en los que resulta muy difícil definir si el episodio debe considerarse como general o únicamente específico de un área.

Dentro de los episodios aislados (en cuanto a la zona geográfica afectada), podemos diferenciar dos tipos: aquellos en los que se registran precipitaciones moderadas frente a los que se dieron valores elevados. En referencia a este último caso, se pueden citar los siguientes ejemplos como los más representativos: diciembre de 1997 (Pirineos), octubre de 2000 (S. Tarragona) y enero de 1996 (uno que afectó a los Pirineos y el otro al NE). Lo que quizás más llama la atención es que los tres casos se encuentran, geográficamente, en los extremos de la zona analizada, por lo que es probable (en el segundo está confirmado) que otras zonas se vean afectadas.

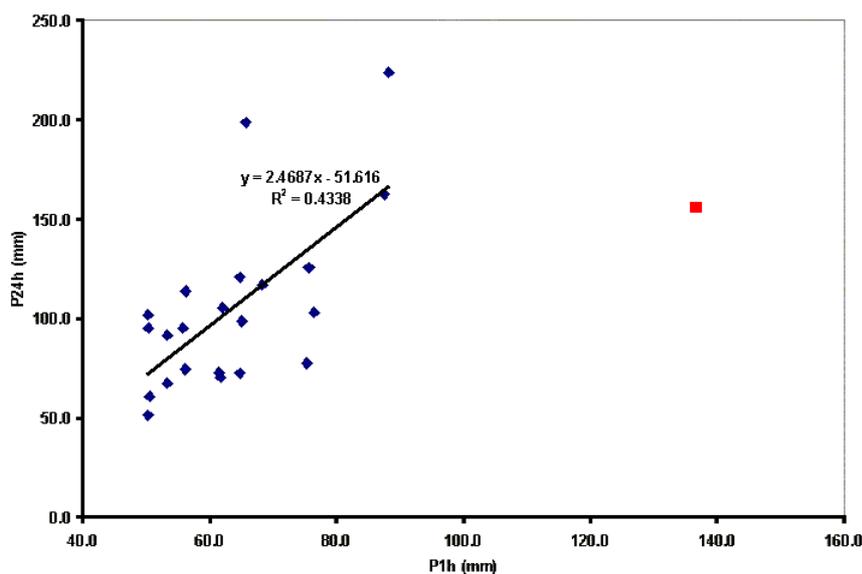


Figura 4.3. Precipitación horaria frente a diaria para episodios en los que se superaron los 50 mm de precipitación en una hora. El punto rojo corresponde al episodio de septiembre de 1996

Finalmente, deben ser citados otros episodios importantes pluviométricamente hablando: aquellos en que las lluvias no fueron tan fuertes, aunque sí destacables, y sólo afectaron a puntos muy concretos. En algunos casos se vieron afectadas diferentes zonas en el mismo episodio, pero deben ser consideradas diferentes a los de los episodios más generales, ya que en este caso las zonas estaban alejadas entre ellas y, por lo tanto, se deben a estructuras meteorológicas diferentes. La zona que más se ve afectada por este tipo de episodios (cabe recordar que algunos de los eventos no se indican aquí porque sólo se pretende destacar los más interesantes, por lo que el número se podría incrementar) es la de los Pirineos: agosto de 1998, mayo de 1999, agosto de 1997, septiembre de 1999, septiembre de 1998 (también afectó al NE y a la Costa Central), julio de 1996 y julio de 1999. Como puede verse claramente, excepto un único caso, todos ellos se dieron entre julio y septiembre, coincidiendo con la época más activa en cuanto a la convección. Por último, tenemos otros casos, como los de septiembre de 1997 (N. Tarragona), octubre de 1999 (S. Tarragona y NE) y abril de 1996 (Centro de Girona), con una distribución temporal más dispersa.

4.1.2. Zonas más afectadas por los episodios de lluvias fuertes

Debido a la complejidad para definir como afecta un episodio a una región, se han considerado las zonas definidas en el punto 4.1.1. Se define que una zona ha sido afectada por las lluvias fuertes si se registra algún valor de precipitación acumulada en todo el episodio superior a 100 mm. Este criterio tiene limitaciones, como puede ser el hecho que en algunas situaciones se produzcan precipitaciones con valores acumulados inferiores pero que las intensidades sean tan fuertes que puedan producir crecidas súbitas más importantes. También es posible que se hayan acumulado más de 100 mm en un período de tiempo (del orden temporal de varios días) tal que los efectos sean mínimos o menores que si se registrasen en un intervalo temporal muy inferior. De todas maneras, el registro de 100 mm en un pluviómetro en un período temporal no superior a quince días ya es un registro extraordinario en la región, ya que como mínimo supone casi un 10% del total acumulado en un año, considerando los valores climáticos.

Por el número de episodios que afectaron al total de estaciones (se ha procedido a realizar una suma de todos los casos que afectaron a todas las estaciones de una misma región, sin tenerse en cuenta que en un mismo episodio se hayan visto afectadas diferentes estaciones de la misma zona). Los resultados muestran como, por número de casos, las zonas más afectadas son la del Centro (101), Pirineos (99) y Centro de Girona (96). Por el contrario, del resto de zonas, únicamente la del Noreste (NE), con 55 casos, supera las 30 ocasiones en que alguna estación ha superado el umbral de los 100 mm de precipitación acumulada durante un episodio. Por lo tanto, se puede decir que la parte Norte es la más afectada por episodios de lluvias fuertes.

Ni el número de estaciones ni el área cubierta son los mismos para cada región. De hecho, las diferencias son bastante considerables y, por ejemplo, el número de estaciones entre la zona más poblada (Centro, con 30 estaciones) y la menos (Costa Central, con 7) presenta una gran desigualdad. Por lo tanto, para normalizar esta situación se ha dividido el número de casos por el número de estaciones de cada zona. Aunque, como se puede ver en la figura 4.6, Pirineos (pi) y Centro de Girona (cg), continúan estando a la cabeza de las regiones más afectadas (desbancando claramente a la parte del Centro), las diferencias han quedado reducidas notablemente, aunque siguen predominando las zonas de la parte más septentrional, existiendo una gradación cuando descendemos de latitud.

Por último, se ha analizado que regiones tienden a presentarse más de manera individualizada (es decir, los episodios que las afectan lo hacen de forma exclusiva o casi exclusiva), cuales suelen estar situadas dentro de situaciones más generales y con que otras regiones puede existir una mayor correlación. En total, 34 episodios han superado el umbral de

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

los 100 mm de acumulación total en al menos un pluviómetro, los cuales se muestran en la figura 4.7. En ella puede apreciarse que en la mayoría (21) de los episodios se supera el umbral en más de una región, aunque en muy pocos casos (únicamente 7 de ellos) se ven afectadas 5 o más. Destaca por encima de todo el período que empieza en octubre de 1996 hasta el final del mismo año, con tres episodios consecutivos donde un tanto por ciento muy elevado de estaciones (hasta un 65% en los casos de noviembre y diciembre) y casi todas las regiones (mínimo 6 de ellas por episodio) se vieron afectadas por lluvias fuertes. Aparte de este período, en el que también se puede incluir el episodio de enero de 1997 (aunque fue menos importante), únicamente, encontramos episodios aislados.

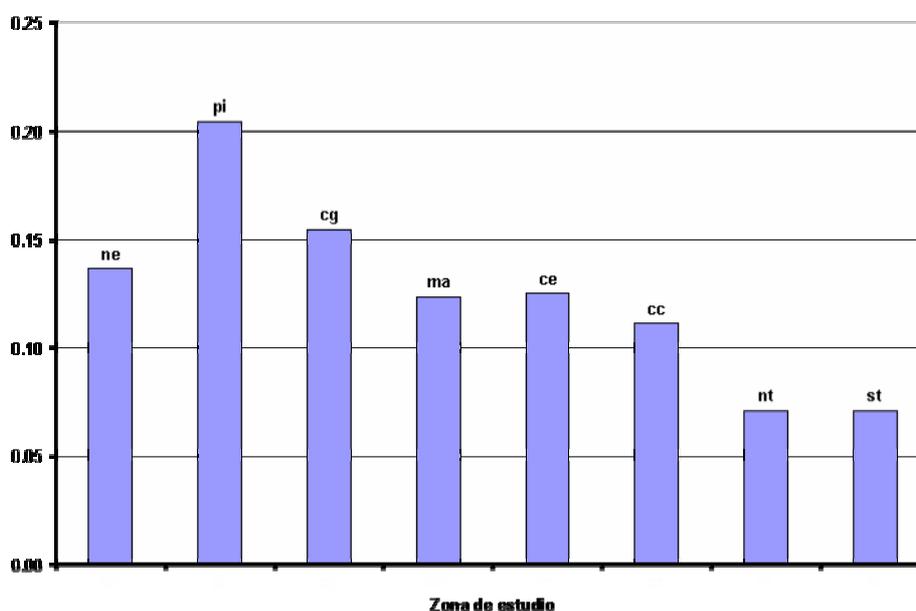


Figura 4.6. Porcentaje (respecto a la unidad) de episodios que han afectado a las diferentes zonas presentadas en la figura 8.7. ne = Nordeste; pi = Pirineos; cg= Centro Girona; ma = Maresme; ce = zona Central; cc = Costa Central; nt = Norte Tarragona; st = Sur Tarragona

Para analizar los datos estacionalmente se ha considerado la misma clasificación de la tabla 4.2. A parte de comentar lo que ya se conocía, que el periodo con más número de casos es el SON, interesa describir que tipo de casos (muy generalizados-más de 5 zonas afectadas-, generalizados –entre 3 y 5 zonas- o particulares –menos de 3 zonas-) son más habituales en cada estación. En la tabla 4.4 se presenta el tanto por ciento de cada tipo para cada período trimensual y el total. Las estaciones más afectadas por episodios generales o muy generales presentan un hecho ya conocido, que DEF presenta más de un 60% de casos de esta tipología, pero también una sorpresa relativa: que el 62% de los casos de JJA son también generales o muy generales. El período con más casos particulares es SON (con una aportación muy fuerte de los primeros días de septiembre), seguido de MAM.

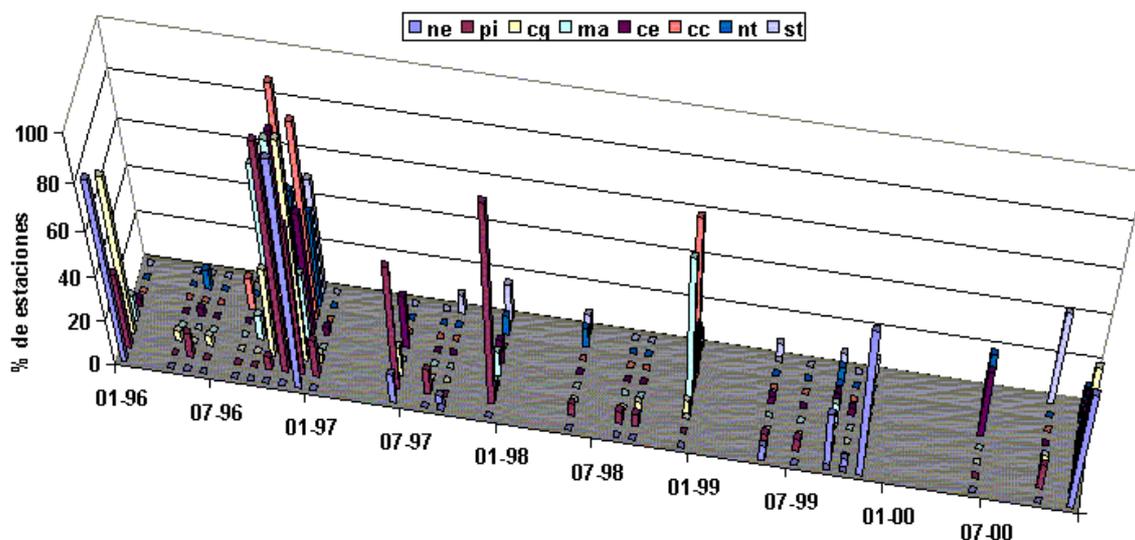


Figura 4.7. Porcentaje de estaciones por zonas que superaron los 100 mm para cada episodio

Por zonas, las más afectadas por episodios aislados son la de los Pirineos (3) y NE, Centro Girona, Costa Central y S. Tarragona (2), mientras que en el otro extremo N. Tarragona no se ha visto afectada exclusivamente por un episodio durante el período de estudio en ningún caso. Por otro lado, existe una fuerte correlación entre la mayoría de zonas, especialmente aquellas que se encuentran más cercanas, como parece lógico. Destaca la zona del Centro y sus vecinas N. Tarragona (con un coeficiente de correlación de 0.92), Costa Central (0.86) y Maresme (0.83). Otras zonas bien correlacionadas entre sí son la Costa Central y Maresme (0.78), N. Tarragona y Maresme (0.69) o NE y Centro Girona (0.77), que también lo hace con los Pirineos (0.67). Precisamente esta última zona y S. Tarragona son las que peor correlacionan con el resto, en parte por estar en extremos, pero también, especialmente en el caso de Pirineos, por tener características climáticas diferentes.

	DEF	MAM	JJA	SON	Total
Muy generales	12	0	38	7	15
Generales	50	40	24	31	35
Particulares	38	60	38	62	50

Tabla 4.4. Porcentaje de episodios de cada tipo por estaciones y en total

4.1.3. Análisis de los umbrales de selección de los episodios

Como puede verse en la figura 4.5, el número de episodios en los cuales la precipitación horaria supera los 35 mm en al menos un pluviómetro es el más numeroso de todos. En concreto, un 77% de los episodios superaron ese umbral, mientras que el primer y el segundo umbral fueron verificados en aproximadamente un 50%. En el último lugar, hablando de la posibilidad de que se produjera, se encuentra el hecho que en un episodio en algún pluviómetro se registrase una precipitación acumulada total por encima de 200 mm. Por lo tanto, en un gran número de episodios se dieron intensidades de precipitación muy fuertes, mientras que en muy pocos de ellos esas intensidades, u otras más moderadas, fueron capaces de producir unas cantidades muy elevadas de precipitación. Un hecho que resulta bastante interesante es que cuando esas acumulaciones totales han sido muy grandes, generalmente se han superado los 100 mm de precipitación diaria o 60 mm pero en muchos puntos. Sin embargo, las grandes intensidades son mucho menos habituales en este tipo de casos. Además, sólo en la minoría de los episodios (2 de 6) que se han dado entre noviembre y enero en los cuales se ha cumplido el cuarto umbral también se ha verificado el tercero, hecho que muestra una menor actividad convectiva durante ese período temporal.

Por lo que se refiere al hecho que en un episodio se supere más de un umbral, a partir de la figura 4.5 es posible también observar que es más habitual que se verifique a que sólo lo haga una única de las condiciones impuestas, aunque la diferencia no es muy sustancial (un 56% frente a un 44). Este mayor porcentaje de casos con más de un umbral se debe a que si se han superado grandes cantidades de precipitación en un pluviómetro (bien sean 100 mm diarios, bien sean 200 mm totales), es altamente probable que se de una precipitación moderada diaria en diferentes puntos de la región (un 74%).

4.1.4. Algunos episodios mediáticos

La consulta a la base de prensa del grupo GAMA realizada para el proyecto RINAMED (Interreg IIIB Meddoc, 2002-01-4.3-Eo27) ha permitido conocer cual ha sido el impacto de los episodios de lluvias fuertes sobre la población de Catalunya, no sólo sobre los afectados directamente, sino sobre el resto de la población. Cabe recordar en que Catalunya el interés por la meteorología es muy elevado y siempre ha tenido un fuerte impacto social. La base de prensa consultada está formada principalmente por noticias recogidas de los periódicos de ámbito

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

catalán (Avui, El Periódico de Catalunya, La Vanguardia y El Punt), además de El País (de ámbito estatal) y otros más locales. Obviamente, es muy probable que no estén recogidas todas las noticias sobre los episodios (especialmente para los casos de lluvias más locales que produjeron daños en una o pocas poblaciones). La figura 4.6 representa de manera muy clara la información aparecida en prensa relacionada con episodios registrados durante el período 1996-2000.

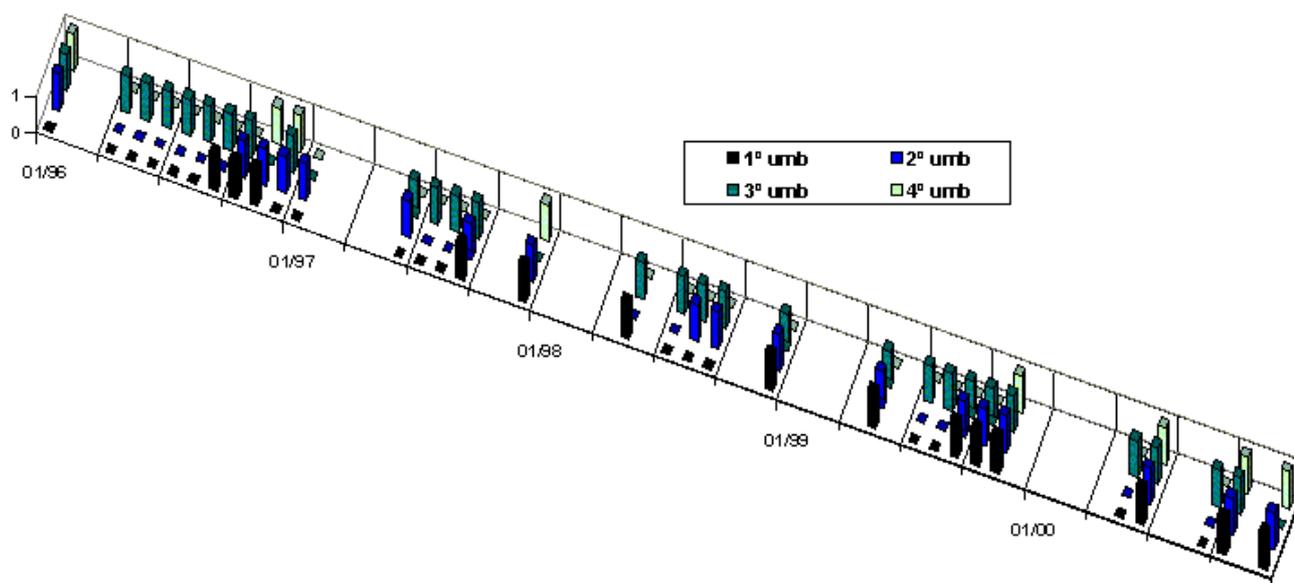


Figura 4.5. Número de episodios en los cuales se superó al menos un umbral.

Sin ninguna duda, la estrella mediática fue el episodio del 10 de junio de 2000, del que se han recogido más de 70 noticias, representando casi el 50% del total de informaciones catalogadas en la base de datos. Varios factores hicieron de este episodio ser considerado como uno de los más importantes para la prensa en los últimos 20 años del siglo XX: las fuertes lluvias producidas, las inundaciones en diferentes localidades en un área bastante considerable, los daños materiales en infraestructuras (carreteras, tendido eléctrico...), y el número de víctimas (5, aunque 2 de manera indirecta). Pero sobre todo, destaca el hecho que afectase al monasterio de Montserrat. Este también es el episodio mejor analizado en esta tesis y que en más ocasiones se ha mostrado en diferentes publicaciones científicas.

Por lo que se refiere al resto de episodios, únicamente 13 más han aparecido en prensa (o, al menos, que se tenga referencia de ello), destacando 5 casos: octubre de 2000 (28 apariciones, aunque este caso afecto también a más regiones de España), diciembre de 2000 (11 veces), noviembre de 1999 (10), y diciembre de 1998 y enero de 1997 (con 9 apariciones cada uno).

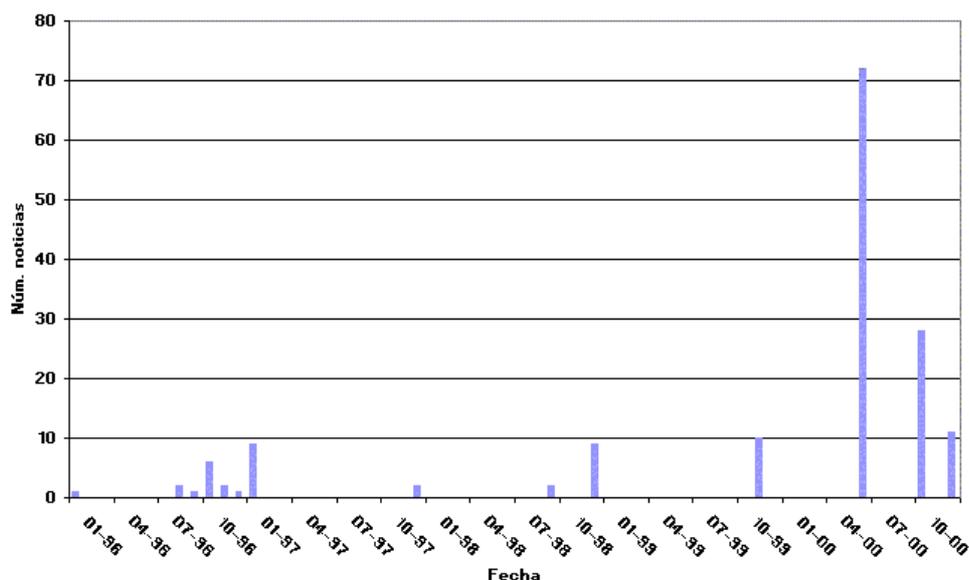


Figura 4.6. Número de apariciones en la prensa por episodio (base de datos GAMA)

4.2. Propiedades termodinámicas de los episodios seleccionados

4.2.1. Valores medios

Se han seleccionado 3 magnitudes (CAPE, LI y altura de la isocero) para las cinco estaciones anteriormente mencionadas y se han calculado los valores medios para los radiosondeos correspondientes a las 24 y 12 horas previas al período 12-horario donde se ha producido el máximo de precipitación para cada episodio, además del radiosondeo coincidente con el máximo y el inmediatamente posterior. El objetivo es, para el conjunto de los episodios de lluvias fuertes (aunque, como se ha comentado anteriormente, son bastante diferentes entre si), obtener una evolución media de los parámetros. Esta evolución puede observarse en la figura 4.7, de la que pueden obtenerse algunas primeras pinceladas sobre la termodinámica de los episodios analizados.

El primer punto a destacar es el comportamiento de la energía convectiva (a partir del parámetro CAPE). En primer lugar, llama la atención que los valores sean muy inferiores a los que se dan en los EEUU (debemos recordar nuevamente que son valores medios) y que, además, los valores máximos no se dan en Barcelona, sino en Palma de Mallorca (a 200 Km. de

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

la región analizada). La explicación se debe a que en muchos episodios, probablemente los más importantes pluviométricamente hablando, la masa de aire que produce los fenómenos más adversos procede del SE, es decir, que pasa por las Balears. Sin embargo, pese a no tener unos valores muy grandes, la evolución temporal en Barcelona resulta muy clara: un ascenso en las horas previas y, a partir de las lluvias más fuertes se produce el descenso de la CAPE. Finalmente, por lo que se refiere a los valores para las otras estaciones de radiosondeo, resultan poco significativos para las tres, especialmente Zaragoza y Nimes.

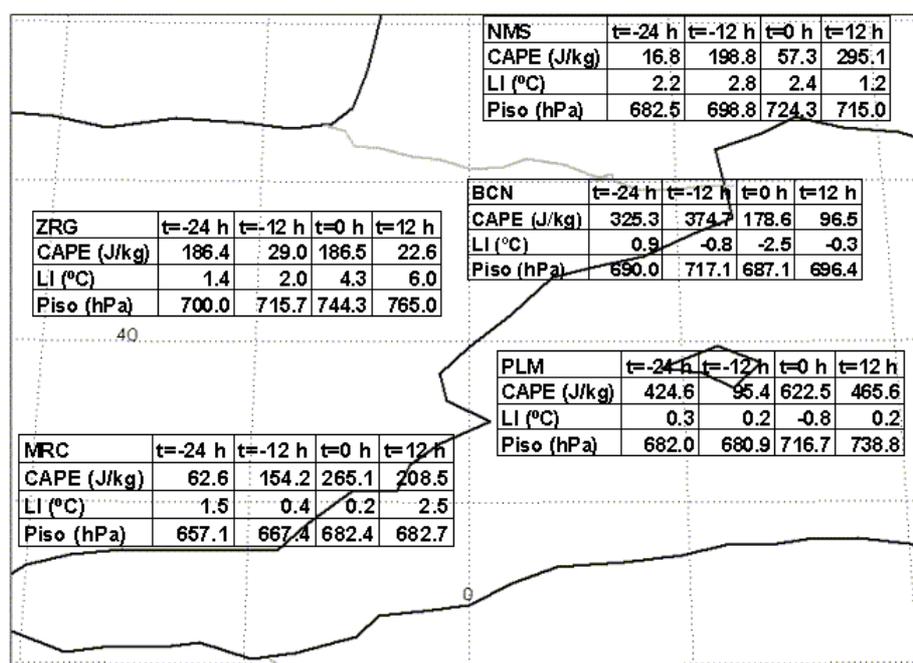


Figura 4.7. Índices termodinámicos medios para los episodios de lluvias fuertes en las diferentes estaciones aereológicas.

A diferencia de lo que ocurre con la CAPE, los valores del índice de elevación (LI) son más cercanos a los que se citan en las estadísticas norteamericanas. Especialmente importante resultan los valores en la estación de Barcelona, con valores negativos (significativos de posibilidades altas de tormentas, ver tabla 2.1) durante casi todo el periodo, exceptuando 24 horas previas (en la que valor es también significativo). El comportamiento para el resto de estaciones es muy similar al que se tiene con la CAPE, con la diferencia que ahora Palma de Mallorca tiene menos importancia. Estos dos parámetros, unidos con la masa de agua precipitable entre superficie y 850 hPa (con un valor medio en Barcelona de 13.6 kg/m², que resulta ser el más elevado de las cinco estaciones), hacen de la región analizada la más óptima para ser afectada por las lluvias fuertes, obviamente porque se están analizando episodios que afectaron a Catalunya.

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

Aunque los valores medios de la CAPE y el LI mostrados anteriormente sean significativamente inferiores a los que se conocen de climatologías americanas, cabe decir que, como se aprecia en la tabla 4.5, en algunos casos se han registrado valores importantes. Se debe tener en cuenta que, en muchos episodios, algunas estaciones (especialmente las más alejadas a Catalunya o aquellas que se veían fuera de la zona de influencia de la masa de aire más inestable) no alcanzaban valores significativos o bien, el radiosondeo era incompleto (como ocurrió con el del día 10 de junio de 2000 a las 00 UTC en Barcelona), afectando especialmente al valor de la CAPE, aparte de situaciones de las que no se dispone de sondeos verticales de una o más estación (recordar que de Barcelona sólo existen sondeos a partir de diciembre de 1997). Por lo tanto, que se hayan registrado valores máximos cercanos o superiores a los 3000 J/Kg en cuatro de las cinco estaciones (sólo Nimes presenta valores notablemente inferiores) o que en Murcia y Barcelona se superen los 30 radiosondeos donde el valor del LI es inferior a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (es decir, alta inestabilidad atmosférica), significa que los valores en la región analizada pueden llegar a ser similares a los de zonas muy afectadas por fenómenos severos. Además, cabe recordar, para acabar, que los valores extremos de estos índices termodinámicos suelen estar más asociados a episodios de convección severa (recordemos que son aquellos en los que se producen fuertes granizadas, tornados, descargas eléctricas muy abundantes...), mientras que aquellos de lluvias más fuertes no presentan números tan elevados.

4.2.2. Análisis estacional de las condiciones termodinámicas

Para realizar el estudio por estaciones (utilizando el mismo criterio que se ha considerado en el apartado de pluviometría) se han utilizado todos los datos disponibles, y no únicamente aquellos que se correspondían con los momentos de máxima precipitación acumulada. Se han analizado los mismos parámetros termodinámicos que en el apartado anterior, es decir, LI, CAPE e isocero.

	Zrg	Nms	Mrc	Plm	Bcn
CAPE Max	3679.5	1452.8	2865.8	3784.7	2910.0
num CAPE>1500	1	0	5	8	8
LI Min	-8.0	-7.0	-6.0	-5.4	-10.2
num LI<-3	4	5	35	8	34

Tabla 4.5. Valores característicos de los episodios de lluvias fuertes para las diferentes estaciones aereológicas.

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

En lo que se refiere a la isocero, se ha detectado que todos los valores se hallan entre 600 y 850 hPa, destacando un mínimo en todas las estaciones durante JJA (con valores entre 600 y 650 hPa), mientras que el máximo corresponde a DEF (valores cercanos a los 800 hPa). Es decir, en JJA la temperatura de cero grados se alcanza en niveles mucho más elevados que en DEF (casi 200 hPa por encima).

La inestabilidad no tiene el mismo comportamiento, a diferencia del nivel de la isocero, en todas las estaciones. Así, los valores más bajos del lifted index son más bajos en JJA en Barcelona y Zaragoza, mientras que para el resto el mínimo está en MAM. Sin embargo, en Palma y Nimes se dan en dos estaciones en los valores que se encuentran por debajo de cero (MAM y SON, y MAM y JJA, respectivamente), mientras que en otras dos (Murcia y Zaragoza) no tiene nunca un valor medio nunca inferior a ese umbral. Por lo tanto, podemos resumir que, excepto para DEF, en todas las estaciones del año se tienen valores que son inferiores al cero. En Barcelona se obtuvo el valor medio más inestable de todas las estaciones, en JJA, aunque, sin embargo, en promedio se da una mayor estabilidad (según el LI) que en Palma de Mallorca.

Finalmente, nos encontramos con el parámetro para analizar la convección (la CAPE). El comportamiento de este índice termodinámico se puede catalogar de casi paralelo al del LI. A partir de la figura 4.8, se puede sintetizar diciendo que se da una mayor convección en las estaciones de MAM y, especialmente, SON (cosa que se daba a la inversa para el LI), mientras que JJA (el más inestable), continua presentando valores de convección aceptables (en referencia a la media), pero menores que para las dos estaciones previas. En ningún caso se supera el valor de 1000 J/kg, aunque cabe destacar los más de 800 J/kg de Palma de Mallorca en SON. También en Barcelona se registra el máximo en esa estación (aunque con un valor que no llega a la mitad del de Palma), mientras que el radiosondeo de Nimes muestra únicamente síntomas de convección en MAM y JJA. Zaragoza y Murcia apenas superan los 150 J/kg en alguna estación (aunque la primera tenga uno de los registros de CAPE más elevados de todo el estudio).

4.2.3. Selección de umbrales para cada tipo de parámetro

Para realizar la selección de los umbrales de los parámetros termodinámicos, se han dividido los episodios en 5 clases diferentes, según los umbrales de precipitación superados. Así, la clasificación queda como:

- a. Episodios en los que se superan 1 o 2 umbrales y son del tipo 2 ($P > 60$ mm en 24 horas en 5 o más pluviómetros) o 3 ($P > 35$ mm en 1 hora en uno o más pluviómetros)
- b. Casos en los que se superan menos de 3 umbrales y uno de ellos es el del tipo 1 ($P > 100$ mm en 24 horas en al menos un pluviómetro)

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

- c. Episodios que superan tres umbrales, pero no se supera el del tipo 4 ($P > 200$ mm durante todo el episodio, en al menos un pluviómetro)
- d. Episodios que superan tres umbrales, siendo uno de ellos del tipo 4
- e. Finalmente, casos en los que se superan los 4 umbrales.

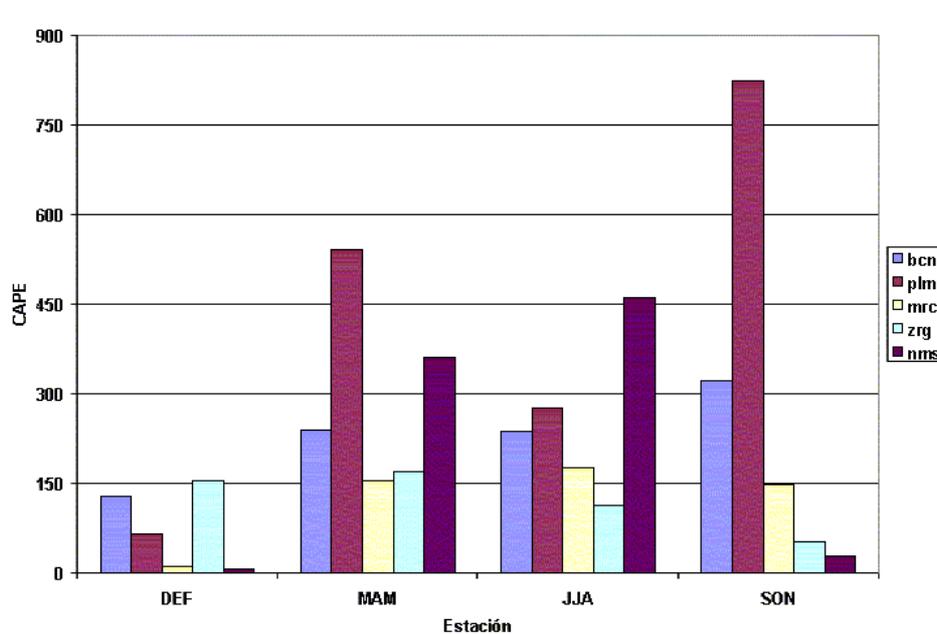


Figura 4.8. Valores medios de CAPE para los diferentes períodos estacionales.

Se han contabilizado 22 casos del tipo a, 6 del b, 7 del c, 5 del d y, por último, 3 del e. Debemos recordar que algunas clases no dispongan de suficiente información referente a un parámetro en una o más estaciones. Se ha creído conveniente citar únicamente aquellos valores que tengan una fiabilidad mínima (un número elevado de casos registrados y una dispersión entre los valores relativamente pequeña).

Por lo que se refiere a los episodios del tipo a, podemos destacar que los valores de la CAPE se sitúan por encima de los 1000 J/kg en Barcelona (1247 J/kg) y Palma de Mallorca (1434 J/kg), y de los 500 J/kg en Murcia (833 J/kg) y Nimes (759 J/kg). Sólo Zaragoza tiene un valor medio poco elevado (344 J/kg). Los valores del lifted index se sitúan en todos los casos por debajo de los 0 °C, con un mínimo (o máximo de inestabilidad) en Barcelona (-5.6 °C). Finalmente, la isocero se sitúa cercana a los 650 hPa para las cinco estaciones. Podemos resumir este tipo de casos como bastante convectivos, especialmente en la zona afectada por las lluvias más intensas (en un gran número de casos fue Catalunya la zona más afectada), con una notable inestabilidad en todo el Mediterráneo más occidental y la parte más oriental de la Península Ibérica, y, finalmente, una isolínea de cero grados situada en alturas bastante considerables (aunque no las máximas alcanzadas).

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

Los episodios del tipo b registran valores de CAPE muy inferiores a los de la clase anterior: excepto en Nimes (con 1121 J/kg), en ninguna estación se superan los 1000 J/kg, sólo pudiendo destacar Barcelona (891 J/kg). En este caso, la inestabilidad ya no es tan acusada y en Zaragoza (4.7 °C) y Nimes (3.8 °C) el LI es superior a los 0 °C, umbral que sí es superado (por debajo) por las otras estaciones: Barcelona (-2.4 °C), Palma (-0.7 °C) y Murcia (-3.7 °C). La isocero vuelve a situarse aproximadamente cercana a los 650 hPa, volviendo a estar cercana a los valores de los episodios del tipo a. Por lo tanto, podría destacarse que, a diferencia de los episodios anteriores, no existe tanta convección y la inestabilidad es bastante inferior y menos general.

Los últimos tres tipos de situaciones (c, d y e) serán comentadas simultáneamente, mostrándose en la tabla 4.6 los valores de cada parámetro y estación. En primer lugar, podemos destacar que los valores de la CAPE son mayoritariamente superiores a los de las otras situaciones, especialmente en la zona analizada. Sólo en el último tipo los valores son más bajos que para la clase a, con la explicación de que es probable (como se ha demostrado en el caso de junio de 2000) que los sondeos no fueran completos. En ningún caso la inestabilidad es tan alta como para las situaciones del tipo a, aunque en general se suele confirmar que los valores se sitúan entre 1 y -3 °C (es decir, dentro de la zona que se daba como de alta probabilidad de tormentas, y en bastantes casos, la probabilidad llega a ser elevada para las tormentas fuertes). Finalmente, la altura de la isocero está más cercana a la superficie para los episodios más extremos (aquellos que superan los 4 umbrales o bien, que superan tres umbrales, siendo uno de ellos el del tipo 4), mientras que si no se superan los 200 mm de precipitación total máxima acumulada en todo el episodio la altura está muy por encima, aunque no tanto como para los casos de lluvias más locales.

	Barcelona			Palma			Murcia			Nimmes			Zaragoza		
Tipo	CAPE	LI	P _{iso}	CAPE	LI	P _{iso}	CAPE	LI	P _{iso}	CAPE	LI	P _{iso}	CAPE	LI	P _{iso}
C	1357	-4.8	685	1779	-3.1	670	1549	-3.6	620	-0.1	680	614	-2.2	680	
D	1912	-0.4	680	531	-1.6	715	0.9	658	3.4	790	3679	-2.3	750		
E	879	-1.1	690	1971	-3.4	660	763	-1.9	670	768.0	1.8	670	0.6	710	

Tabla 4.6. Valores para los diferentes parámetros termodinámicos según el tipo de episodio pluviométrico.

4.3. Estudio mesoescalar

Se divide este apartado en tres puntos diferentes: un estudio de la mesoescala- α mediante mapas de análisis HIRLAM y la base de datos del proyecto MEDEX para la detección

de ciclones en el Mediterráneo, el reanálisis mesoescalar para la escala α de algunos episodios, a partir de los mapas con las estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) del INM y, finalmente, un pequeño estudio de la mesoescala β , utilizando las estaciones de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya (XAC). En concreto, se han tratado de identificar las características de los ciclones de tamaños considerables en episodios de lluvias fuertes en Catalunya, así como de otros fenómenos de esta escala que puedan ayudar a que se produzca un caso de precipitaciones intensas (es el caso de las líneas de convergencia). Además, se ha tratado de conocer como han afectado estas estructuras a más baja escala a las estructuras de precipitación. Debe notarse que el estudio se ha reducido simplemente a un análisis en superficie (excepto en el caso de la base de datos del MEDEX), sin considerarse los niveles altos (aunque se reconoce que éstos juegan un papel muy importante en los episodios analizados).

4.3.1. Análisis objetivo de la mesoescala- α

Este trabajo se centra especialmente en dos aspectos: en primer lugar, una identificación de aquellos ciclones de meso- α (es decir, que tienen un tamaño y duración considerables) y, por otra parte, el diseño de un modelo que sea habitual para episodios donde el meso-ciclón no sea detectado.

La primera parte se basa, como ya se ha comentado, en la identificación de ciclones de unas dimensiones considerables en las cercanías de la zona analizada y durante los episodios de lluvias fuertes. Jansà *et al.* (2001) ya demostró que existe una gran relación entre los episodios de lluvias fuertes y los mesociclones en el Mediterráneo Occidental. En algunos trabajos (Llasat *et al.*, 2003, Arán y López, 2001) se mostraba esa relación en algunos episodios ocurridos en Catalunya, haciendo referencia especialmente los casos de junio de 2000 y septiembre de 1999. En ambos se muestra la posición (figura 4.9) de una baja de similares características: valor en el centro (aproximadamente, 1008 hPa), posición y dirección del movimiento (desde el Golfo de Valencia hasta el N. de Catalunya, moviéndose hacia el NNE). Sin embargo, ya se puede anticipar que la gran diferencia entre ambos casos (la precipitación acumulada máxima varía casi 100 mm entre el primero y el segundo), se debe en parte a la velocidad con que se movieron las dos bajas (la primera mucho más lentamente que la segunda).

Volviendo al análisis de los ciclones identificados en las proximidades de Catalunya, es conveniente citar que las estructuras que se presentan deben tener un radio superior a 100 Km., aparte de otras particularidades (Picornell *et al.*, 2001). Este hecho se debe a que en el proceso realizado por el CMT en Illes Balears del INM trata de filtrar falsas estructuras que el modelo

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

pueda identificar. Sin embargo, esto produce que pequeños ciclones (asociados generalmente a dipolos orográficos, como el de los Pirineos) no sean identificados.

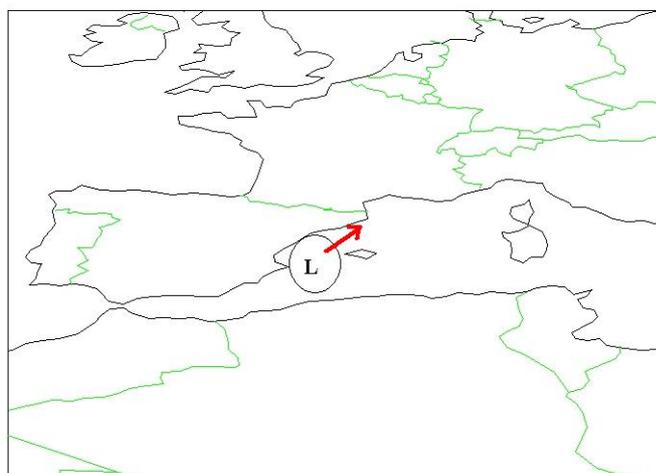


Figura 4.9. Posición y movimiento típico de ciclones que intervienen en episodios de lluvias fuertes en la región.

En este trabajo se buscan las características básicas (posición y presión) de los ciclones que se han detectado en la zona próxima a Catalunya (considerando diferentes umbrales de precipitación o casos que afectan a episodios de lluvias fuertes). En concreto, se ha delimitado la región a la latitud entre 35° y 45° , y a la longitud entre -5° y 5° . Los ciclones identificados debían ser detectados en todos los niveles (entre superficie y 300 hPa). Este hecho limita también que se desprecien ciclones que se identifican en menos niveles.

Separando el periodo de estudio (1996-2000) en 3654 franjas 6-horarias, se han obtenido 315 franjas en las que se identificaba un ciclón, siendo la presión media en superficie y en el centro de la depresión de 1007.9 hPa. Este valor muestra como este tipo de ciclones no suelen tener unos valores tan bajos como los que se observan en las grandes depresiones atlánticas (Gil *et al.*, 2002).

Si hablamos de los análisis aplicando un umbral de precipitación 6-horaria (1 mm, 10 mm, 35 mm, 50 mm y 100 mm), se observa en la tabla 4.7 como siempre se produce un mayor de veces que la coincidencia entre un periodo de precipitación y la existencia de un ciclón que exista un desfase (tanto posterior como anterior) entre los dos fenómenos. Casi en un 33% de las franjas en que se da un ciclón en la zona analizada se supera uno o varios umbrales de precipitación. El tanto por ciento es muy inferior cuando hablamos de los periodos no coincidentes, especialmente cuando el desfase es de 12 horas. Por lo que se refiere a la presión del centro del ciclón en superficie (figura 4.10), se aprecian dos tendencias diferentes: para que se supere un umbral pequeño (1 o 10 mm), es habitual que el valor mínimo se da en el mismo

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescales

período en que se producen las lluvias. Sin embargo, para el resto de casos ese comportamiento no se da. Para las precipitaciones moderadas (35 mm) el mínimo se halla desplazado al caso en que el ciclón se detecta 6 horas antes que el período de lluvias. Para los dos casos más extremos (50 y 100 mm), el mínimo está desplazado a un desfase aún mayor: el ciclón con los valores mínimos se adelanta 12 horas.

Refiriéndonos a los casos de coincidencia con un período en el que se da precipitación y pertenece a un episodio de lluvias fuertes (aunque no es necesario que en ese periodo se den valores muy elevados, sino que puede ser un tránsito entre dos períodos que se encuentran temporalmente delante y detrás), hay diferencias con respecto al período en que se dan más ciclones, siendo en este caso mayor después de las precipitaciones (tanto 6 como 12 horas), aunque con diferencias mínimas. En este caso se observa como los valores mínimos de presión se han dado, como en los casos de lluvias que superaban los umbrales de 50 y 100 mm, 12 horas antes que se produjera la precipitación. Finalmente, cabe decir que en la mayoría de episodios se detectó un ciclón en la región en algún periodo 6-horario. En concreto, un 60% de los episodios verificaron esa condición. Para los episodios en los que no se ha identificado ciclón no ha sido posible encontrar ni un valor de precipitación ni un período del año que puedan servir de referencia como umbrales para indicar la posibilidad de la no existencia de la depresión.

Por lo que se refiere a la posición del ciclón en relación a la zona analizada, podemos considerar dos situaciones diferenciadas. En primer lugar, la que se corresponde con los episodios de lluvias fuertes (figura 4.11), pero también con los límites de precipitación más bajos (1, 10 y 35 mm), en los cuales se observa que la posición media del centro del ciclón tanto para los momentos coincidentes con las lluvias fuertes, como para los períodos previos posteriores y anteriores a aquellas, se sitúa cercana a la costa del centro del Golfo de Valencia. Sin embargo, para los casos con umbrales de precipitación más elevados la situación es diferente, ya que mientras la posición media del ciclón cuando se da en el mismo momento es muy parecida a la anterior, para el resto de casos se puede hallar muy alejada (desde el Mar de Alborán hasta las proximidades de Catalunya).

El último punto de este apartado se refiere a la identificación de ciclones de escala reducida que se situaron sobre el Mar Balear o bien ondulaciones secundarias que se situaron sobre Catalunya y que se deben al efecto orográfico de los Pirineos (figuras 4.12). Este trabajo se ha realizado a partir de los mapas del modelo FNL y del HIRLAM. De los episodios analizados (29 de los 43 posibles), un porcentaje del 52% contiene un pequeño ciclón que produce una variación (o un reforzamiento) del flujo del SE, contribuyendo a que se produzcan lluvias importantes. Sin embargo, el movimiento del ciclón también produjo el final del evento en muchos casos, al producir una variación del flujo entrante en niveles bajos (pasando a ser este más seco y frío). Los valores de precipitación en los episodios en los que se ha identificado un ciclón próximo son bastante elevados. Un ejemplo de ello es que la precipitación máxima en

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescales

24 horas supera los 100 mm en un 53% de los casos, pero de los restantes solamente 3 (un 17%) están por debajo de 90 mm en 24 horas.

		Episodios	P>1mm	P>10mm	P>35mm	P>50mm	P>100mm
Precipitación	N. franjas	431	1423	762	86	126	12
Ciclón 12 horas antes	N. franjas	67	176	116	45	23	2
	P _{med} (hPa)	1006.1	1006.6	1006.3	1004.8	1005.0	1006.8
Ciclón 6 horas antes	N. franjas	71	222	150	58	30	6
	P _{med} (hPa)	1006.4	1006.8	1006.4	1005.1	1004.7	1005.8
Coincidencia	N. franjas	77	234	165	66	37	4
	P _{med} (hPa)	1006.6	1006.5	1006.0	1005.3	1005.4	1006.0
Ciclón 6 horas después	N. franjas	80	214	149	61	34	1
	P _{med} (hPa)	1006.5	1006.8	1007.0	1007.3	1008.3	1008.7
Ciclón 12 horas después	N. franjas	80	185	118	45	25	4
	P _{med} (hPa)	1007.1	1007.0	1007.7	1007.8	1010.0	1009.5

Tabla 4.7. Características de los ciclones identificados en episodios de lluvias fuertes.

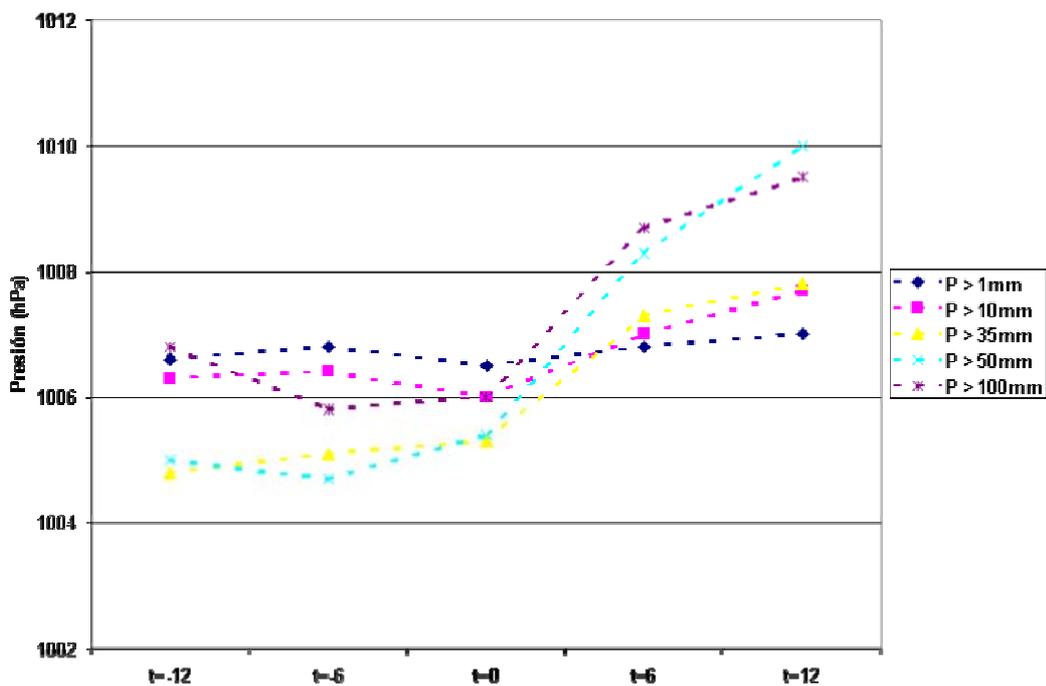


Figura 4.10. Evolución media de la presión en el centro de los ciclones para los días con diferentes tipos de precipitación acumulada.

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

Si los casos en los que se ha observado un ciclón en el mar Balear era aproximadamente la mitad del total, el porcentaje para las situaciones en las que se detecta una onda secundaria es sensiblemente superior (62%). Se debe citar el hecho que en un episodio es posible detectar ambos tipos de estructuras meteorológicas. Para este tipo de situaciones, los valores pluviométricos continúan siendo elevados, aunque ligeramente inferiores a los de la situación previa, ya que solamente en un 39% de los casos se superaron los 100 mm en 24 horas. Aunque los episodios más conocidos son aquellos que afectan durante los meses de julio a septiembre a la Costa Central, también se han detectado casos durante otros meses (por ejemplo, en diciembre se identificaron tres casos).

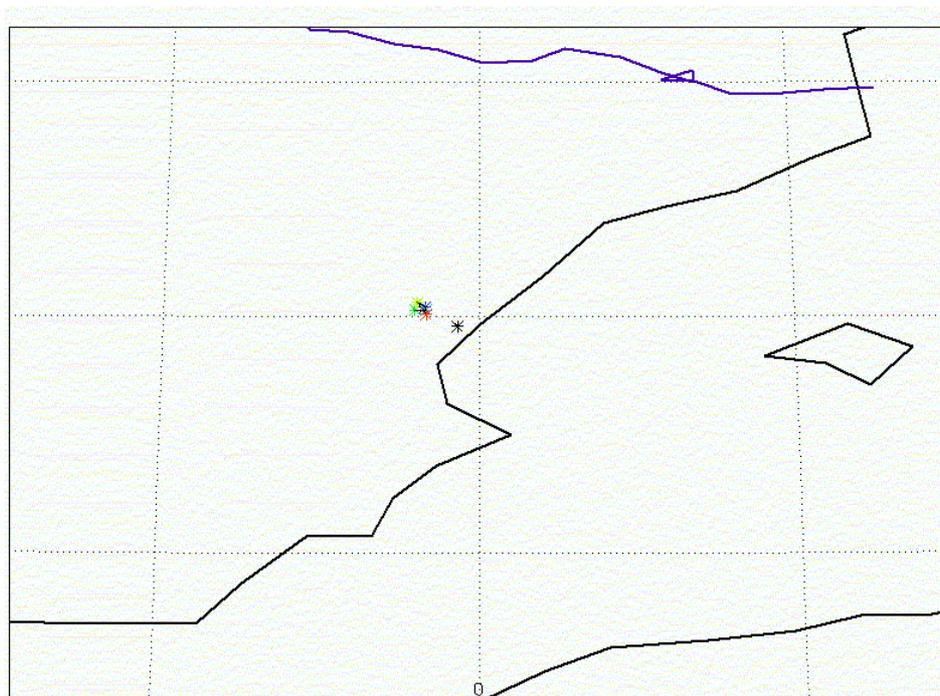


Figura 4.11. Posición media del centro del ciclón para los diferentes tipos de días con precipitación.

4.3.2. Análisis subjetivo mesoescalar a escala- α

Como ya se ha comentado en el capítulo anterior, el re-análisis mesoescalar realizado de forma manual pretende detectar aquellas estructuras que por sus dimensiones son difícilmente identificables por parte de los diferentes modelos numéricos a nivel operacional. En el presente trabajo se han reanalizado cuatro episodios que se han considerado de gran interés, por los elevados valores de precipitación registrados y su impacto mediático. En este apartado se ha

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

intentado buscar puntos comunes y diferencias que faciliten el conocimiento de cuales son las características propias de episodios de lluvias fuertes que afectan a la cuenca del Besòs, aspecto recogido dentro del proyecto CICYT en el que se incluye esta tesis.

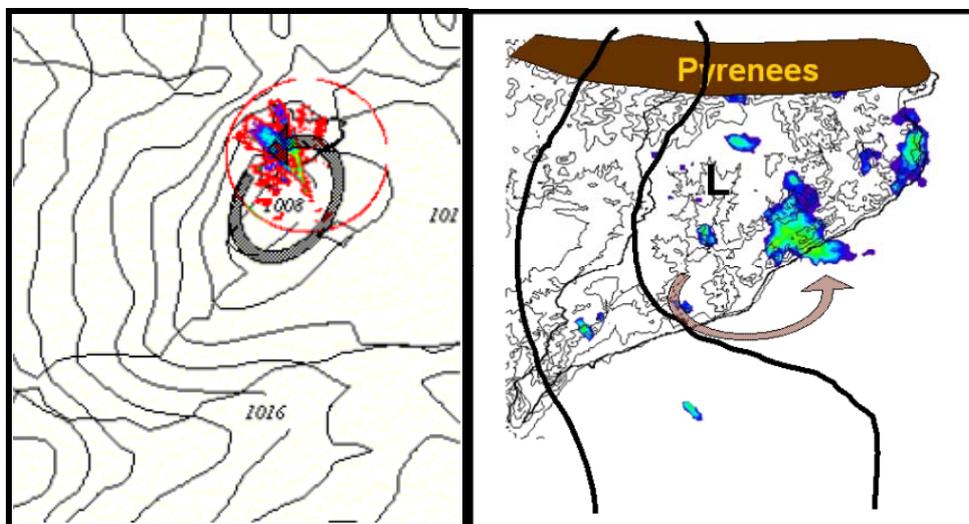


Figura 4.12. Modelos de ciclogénesis mediterránea (izquierda) y mesobaja de dipolo orográfico (derecha) en episodios de lluvias fuertes en Catalunya.

Uno de los aspectos que ya se ha citado en el punto anterior, pero que aquí todavía queda más detallado y que, además, resulta fundamental, es la posición del centro de la baja mediterránea. Si bien en el punto anterior se situaba la posición media de los ciclones que afectan a Catalunya en episodios de lluvias fuertes, puede decirse que el modelo típico para que se produzcan lluvias fuertes en la cuenca del Besòs es el siguiente:

- Posición y movimiento de la depresión: normalmente tiene su centro (depende también del tamaño) al NO de Mallorca, produciendo una clara entrada paralela a la línea de la costa en superficie de un flujo cálido y húmedo sobre la costa Central. En el episodio de diciembre de 2000 (el único en el que no se superaron los 60 mm en la cuenca analizada) ninguna advección llegó a afectar la zona considerada. Es más, cuando se ha superado los 100 mm (junio de 2000 y octubre de 1996) ha sido cuando la depresión ha pasado más cercana a la costa, con una dirección NNE. El último caso es una situación intermedia, con la depresión acercándose a la zona pero alejándose hacia el mar a medida que avanzaba hacia el N (hecho que también se puede apreciar en los valores de precipitación acumulada, que se concentran más en la zona costera)
- Valor de la presión en el centro del ciclón: dejando aparte el episodio de octubre de 2000, en el resto de situaciones el valor del centro de la depresión (de forma

aproximada, ya que se sitúa sobre el mar y es una aproximación) se encuentra entre los 998 y los 1004 hPa, aunque lo más importante es que parece existir una relación entre el momento de máxima profundización del ciclón y el período de mayor acumulación de precipitación.

- Otros elementos importantes: debido a la configuración en superficie impuesta por la depresión, es bastante habitual encontrar una línea de convergencia que sirve como claro elemento disparador de la convección (realmente espectacular es la del episodio de junio de 2000). Además, el máximo de humedad se sitúa en toda la zona de la costa central catalana, como consecuencia de la entrada de aire marítimo.

4.3.3. Características de la mesoescala- β

En este punto se muestran tres casos diferentes en los que se observan características en superficie diferentes, debido a los tipos de estructuras que se dieron en cada episodio. Los episodios escogidos son el de enero de 1996, en el cual se registró una posible supercélula (sus características en cuanto a tamaño y estructura vertical parecen así indicarlo, pero no es posible confirmarlo al no disponer de los datos del modo Doppler), octubre de 1996 (con una gran cantidad de precipitación acumulada en la zona central de Catalunya producida por la entrada de una estructura de precipitación procedente del mar que se fue reactivando y que estaba asociada a una depresión que avanzó desde el mar de Alborán hasta el mar Balear y terminó desplazándose hacia Córcega), y diferentes episodios en los que se registraron estructuras convectivas con un elevado grado de organización lineal, las cuales se desplazaron desde el oeste hacia el este y de sur a norte (agosto de 1996, septiembre de 1999 y junio de 2000).

Según las características presentadas previamente, las supercélulas suelen presentarse en zonas de elevada humedad, con un flujo cálido entrante procedente de la izquierda (según la dirección del movimiento), unas dimensiones bastante considerables y, en ciertos casos, una elevada cantidad de precipitación y fenómenos severos.

Por lo que se refiere al entorno húmedo, éste se detectó en la región afectada (figura 4.13), donde se produjo un máximo. Además, las dimensiones de la estructura identificada (superior a los 40 Km. en su eje mayor) y su duración (identificada por el radar durante más de 5 horas, aunque a partir de la tercera se encontraba a más de 160 Km.) también dan más sentido a la posibilidad de que fuese una supercélula. También se confirmó el movimiento (flecha verde en la figura 4.14) ligeramente hacia la derecha del vector medio (flecha negra) y la entrada de aire por su flanco trasero derecho (flecha roja). Desgraciadamente, no existe constancia de la presencia de granizo o tornados en la zona donde se detectó la posible supercélula. Sin embargo,

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

se registró un valor superior a los 73 mm de precipitación acumulada en 3 horas en un pluviómetro.

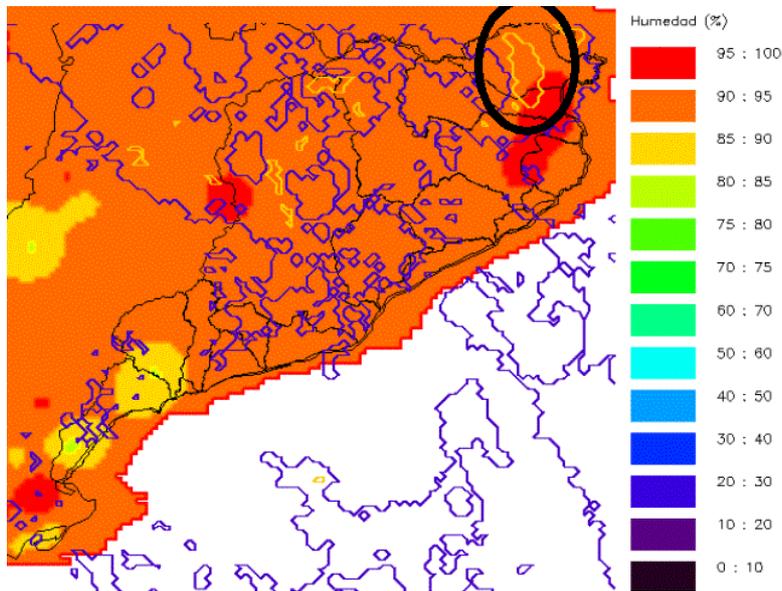


Figura 4.13. Interpolación del campo de humedad a partir de los datos de las estaciones XAC para el 28 de enero de 1996 a las 06 UTC. Se superponen las estructuras de precipitación obtenidas por el radar meteorológico.

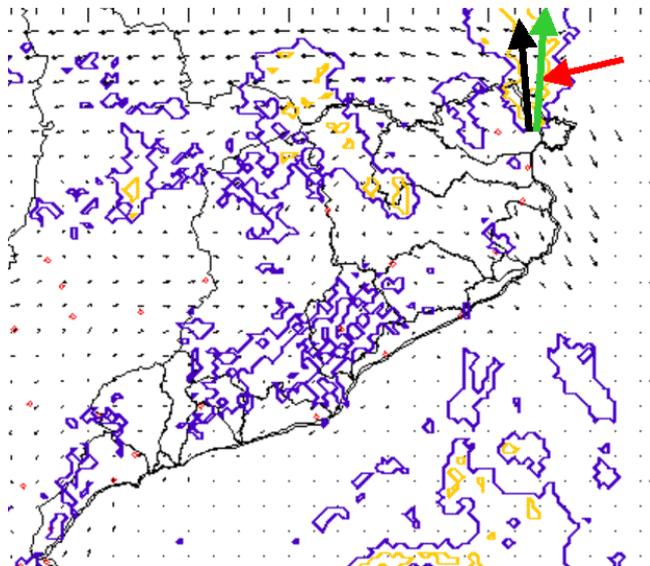


Figura 4.14. Igual que en figura 4.13 pero con el campo de vientos

En la figura 4.15 se puede apreciar claramente el descenso de temperaturas en la costa central y la zona del centro de Catalunya entre las 17:00 UTC y 4 horas después es mucho más

Capítulo 4: Características pluviométricas y mesoescalares

acusado que en los extremos de la zona analizada. Precisamente, estas zonas apenas se vieron afectadas por la precipitación y, además, las intensidades fueron muy bajas. Por lo tanto, el efecto de la evaporación fue bastante intenso en la zona afectada, porque, además, debe considerarse que se produjo una entrada de aire húmedo marítimo que era más cálido.

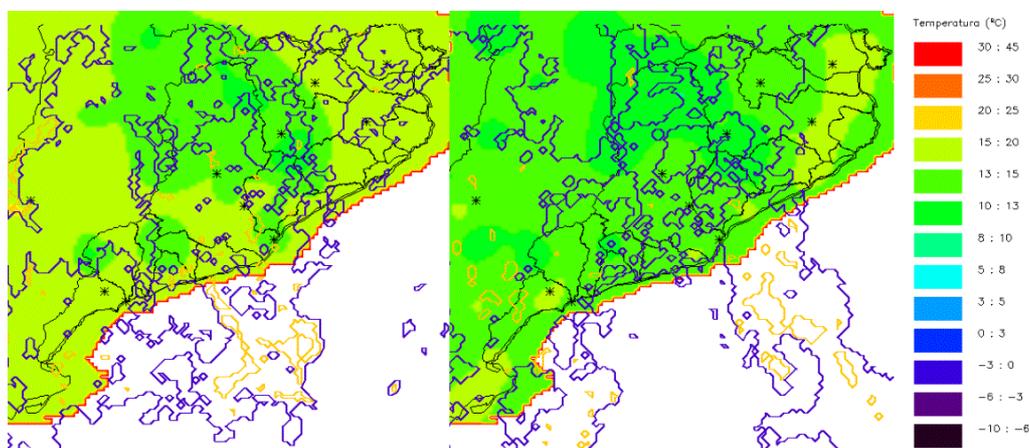


Figura 4.15. Campos de temperatura para el episodio de septiembre de 1999.

Por último, se analizan conjuntamente los tres casos en los que se identificaron estructuras convectivas bien organizadas linealmente, que podían tener dimensiones considerables, a partir de la definición de Parker y Johnson presentada en el capítulo 2, como para ser un Sistema Convectivo Mesoescalar (episodios de agosto de 1996, septiembre de 1999 y junio de 2000) o bien ser simples líneas de turbonada. Por lo que se refiere a la humedad, se observa un máximo (en la figura 4.16 se pueden ver ejemplos para las 17:00 UTC del día 19 de septiembre de 1999 y de la 01:00 UTC del día 10 de junio de 2000) debajo del SCM, mientras que tanto por detrás (debido a la precipitación registrada) y por delante se aprecian mínimos.

Por lo que se refiere a la temperatura, se aprecia un máximo de temperatura en la parte más activa del SMC (23:00 UTC de 8 de agosto de 1996 en la figura 4.17), producido por una advección de aire cálido y húmedo en bajos niveles (01:00 UTC del día 10 de junio de 2000), que se produce por el flanco derecho de la estructura convectiva. Además, puede apreciarse en la misma figura como se detecta, por medio de la red de estaciones en superficie, los flujos salientes en la parte delantera y trasera del sistema. Incluso, en ciertos casos (episodio del 10 de junio de 2000, a las 03:00 UTC, no mostrado), ha sido posible identificar un movimiento ciclónico por detrás del SCM, asociado a la "cold pool" citada por muchos autores que han estudiado estas estructuras. Por último, cabe citar que la causa principal del movimiento de los SCM se debe a la entrada del flujo cálido y húmedo en niveles bajos, apreciado en la figura anterior, y que tiene su mayor (y puede decirse que única) aportación en el mar Mediterráneo en conjunción con un reforzamiento del flujo por una depresión situada sobre el Mar Balear.

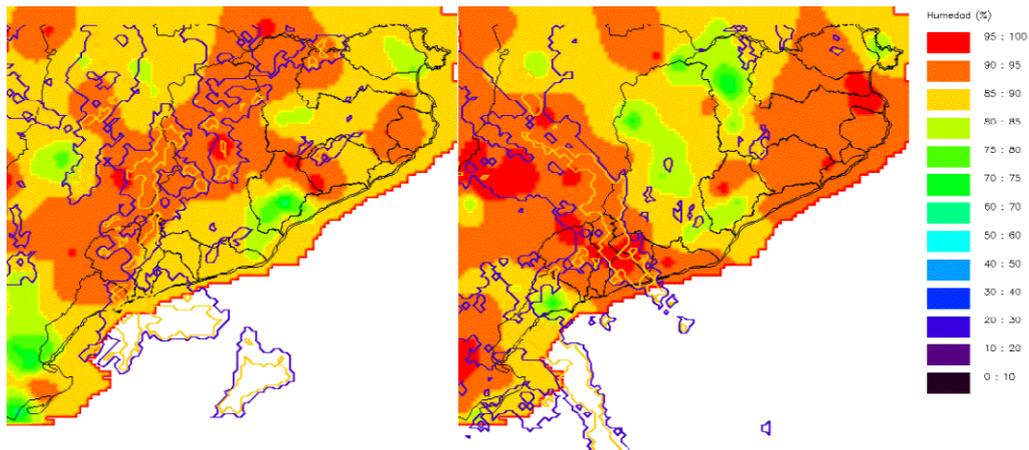


Figura 4.16. Campos de humedad para las 17:00 UTC del día 19 de septiembre de 1999 y de la 01:00 UTC del día 10 de junio de 2000

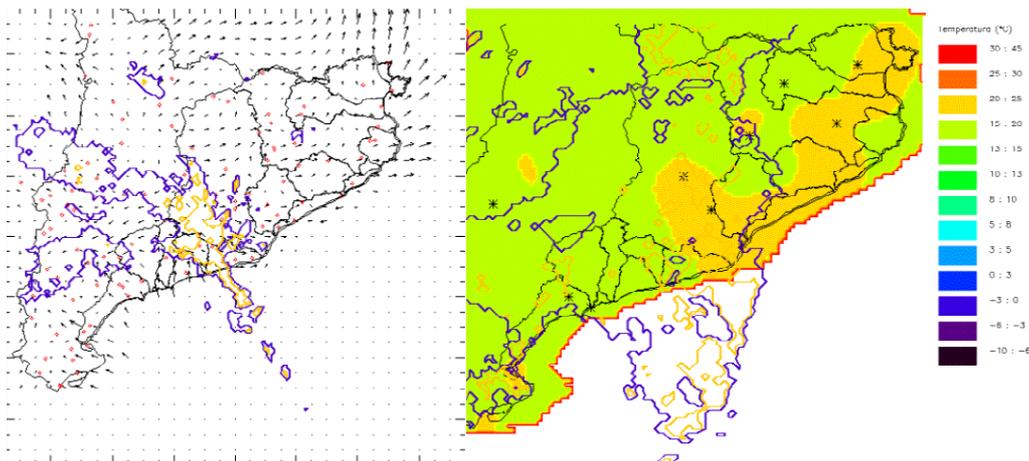


Figura 4.17. Campo de temperatura a las 23:00 UTC de 8 de agosto de 1996 (derecha), y campo de vientos para la 01:00 UTC del día 10 de junio de 2000 (izquierda)

Se puede concluir que con una red de estaciones meteorológicas automáticas que proporcione datos en tiempo casi real (aproximadamente cada 30 minutos) y que tenga una densidad importante se puede realizar un seguimiento de las características en superficie, además de permitir conocer algún aspecto a muy corto plazo de ellas (como por ejemplo, si se observa una tendencia a disminuir la fuente de humedad, se podrá asegurar con un elevado porcentaje de éxito que la estructura tenderá a su desaparición). Obviamente, la información disponible no es suficiente, ya que no se tiene conocimiento de los niveles atmosféricos, pero puede ayudar en la mejora de una predicción.