

### 6.3.11 Episodio 11: Día 10 de Octubre de 1994

En este episodio se observa en superficie, ya desde las 18:00h del día 9, un frente cálido estacionado al Sur de Cataluña, no asociado a ninguna depresión en superficie. En 500hPa, la Península se halla situada en la parte delantera de una vaguada (figura 6.73). Los sistemas nubosos que recorren Cataluña durante todo el día dejan abundante lluvia de tipo convectivo.

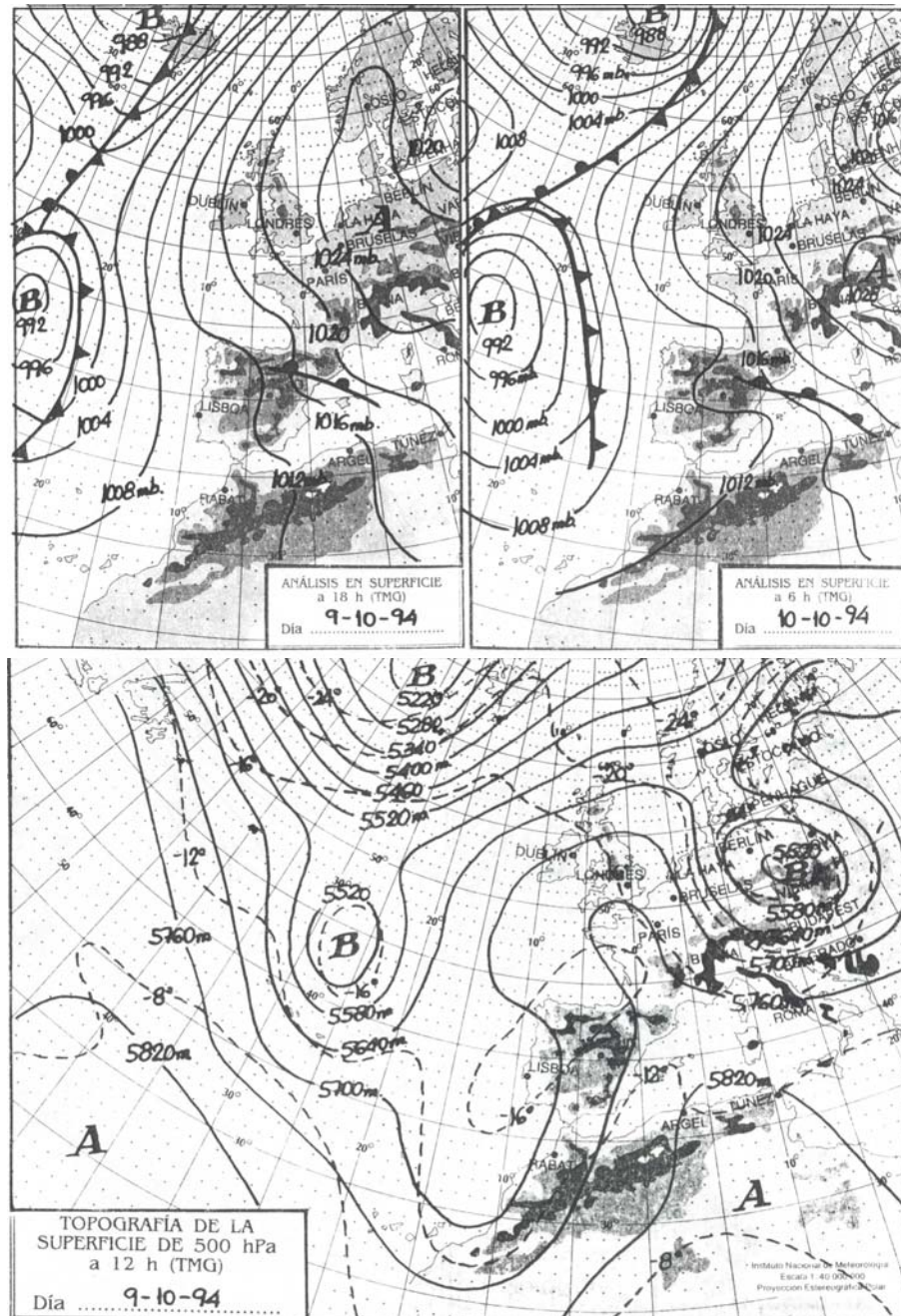
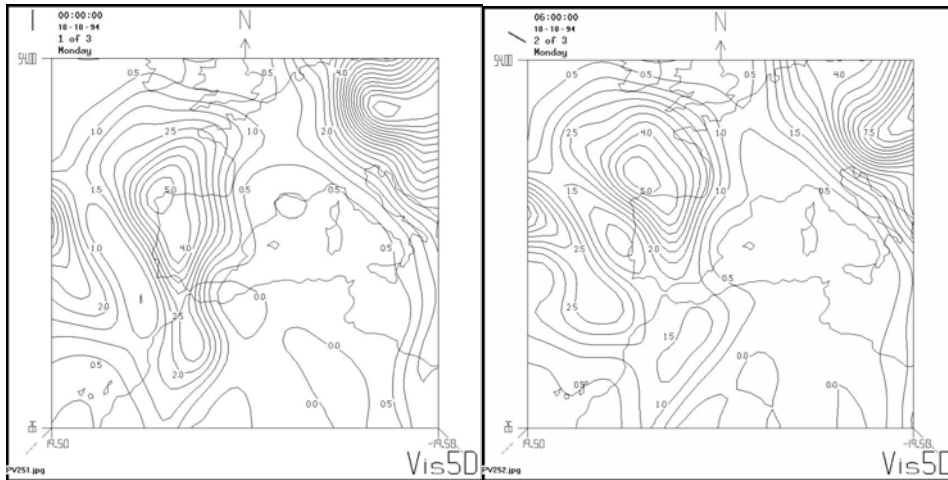


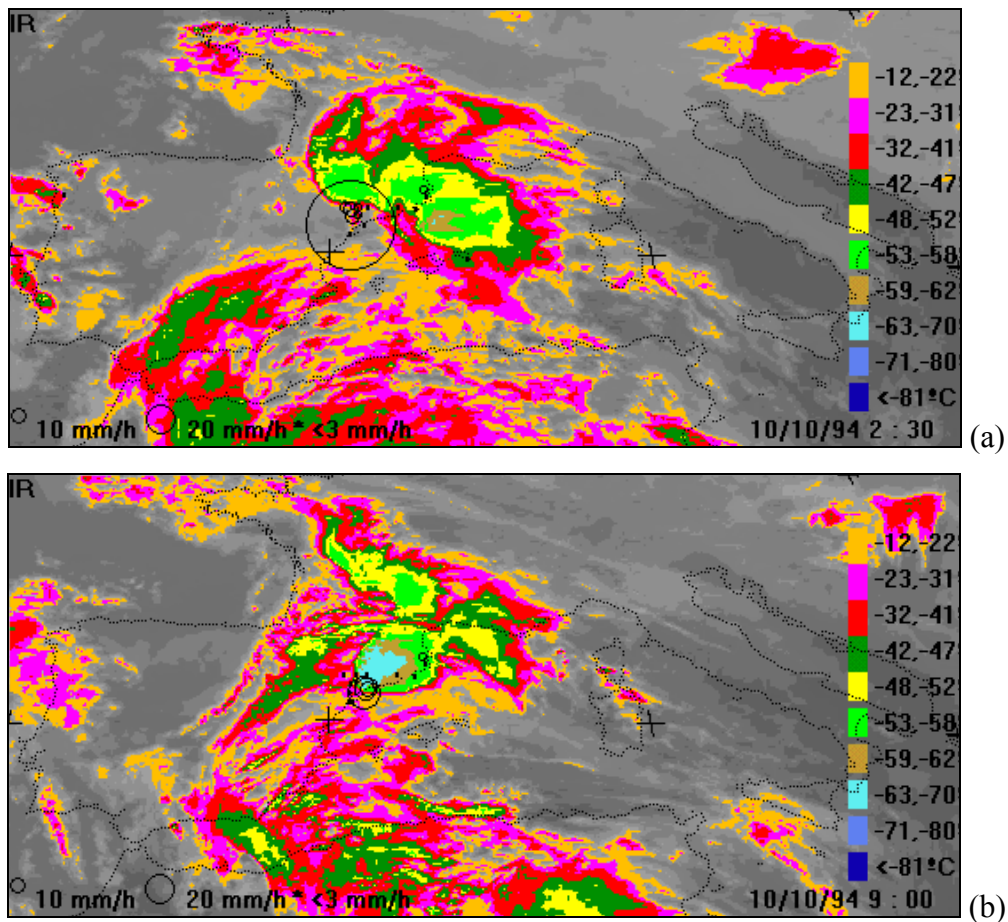
Figura 6.73.- Análisis en superficie y en altura del episodio 10.10.94 (INM, 1994).

En la figura 6.74, se muestran las vorticidades potenciales en la superficie de 250hPa a las 00:00h y a las 06:00h.



**Figura 6.74.-** Vorticidades potenciales en la superficie de 250hPa del episodio 10.10.94.

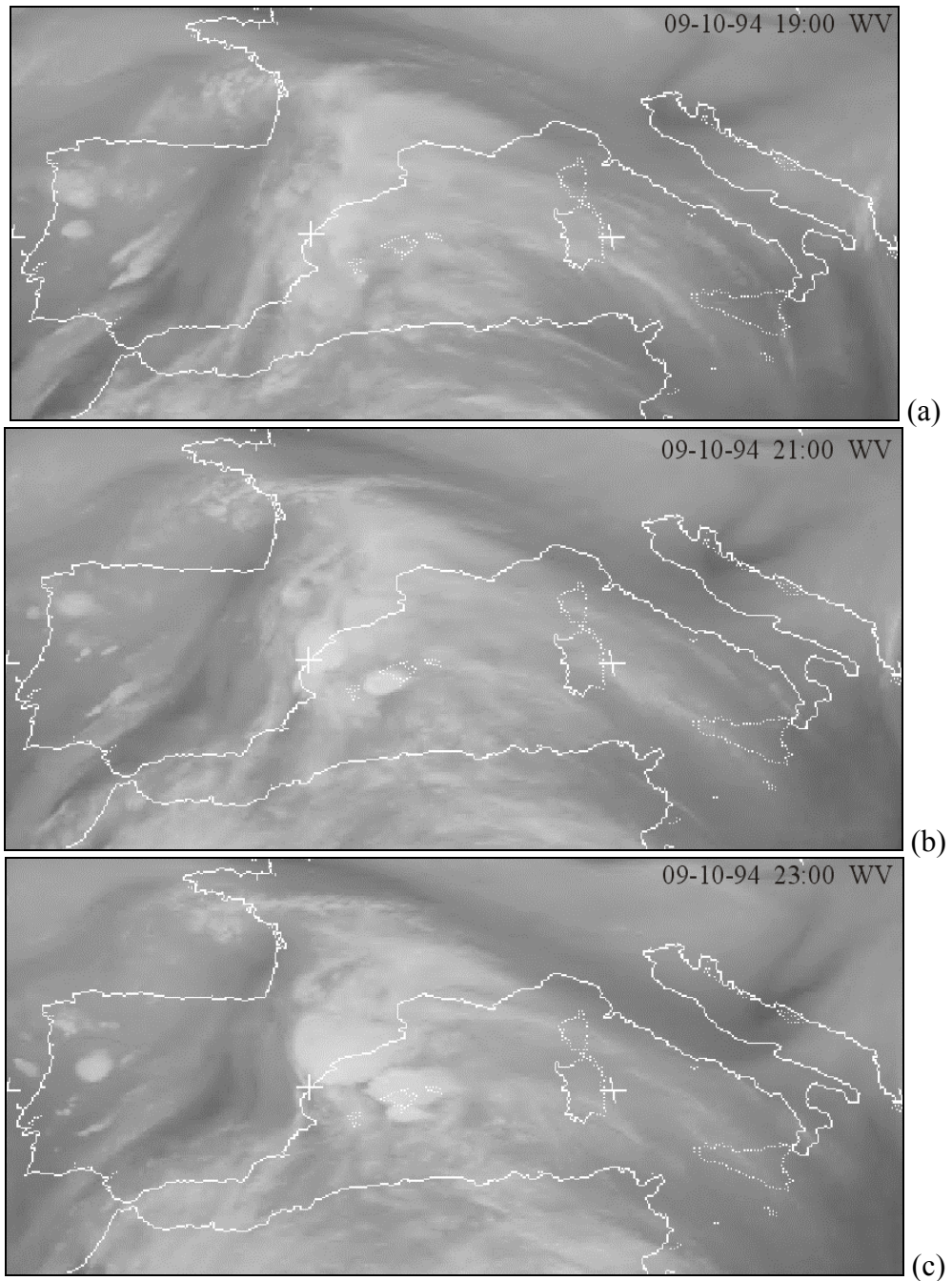
La figura 6.75 muestra la distribución de los sistemas nubosos del día 10.10.94 sobre la Península con la aplicación del escalado.



**Figura 6.75.-** Sistemas nubosos del día 10.10.94 (Canal IR Meteosat)  
(a) 02:30, (b) 09:00h.

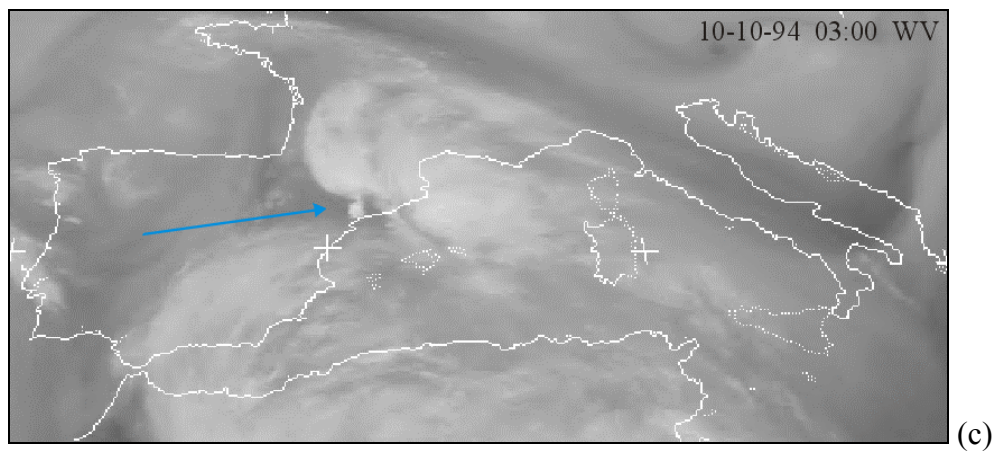
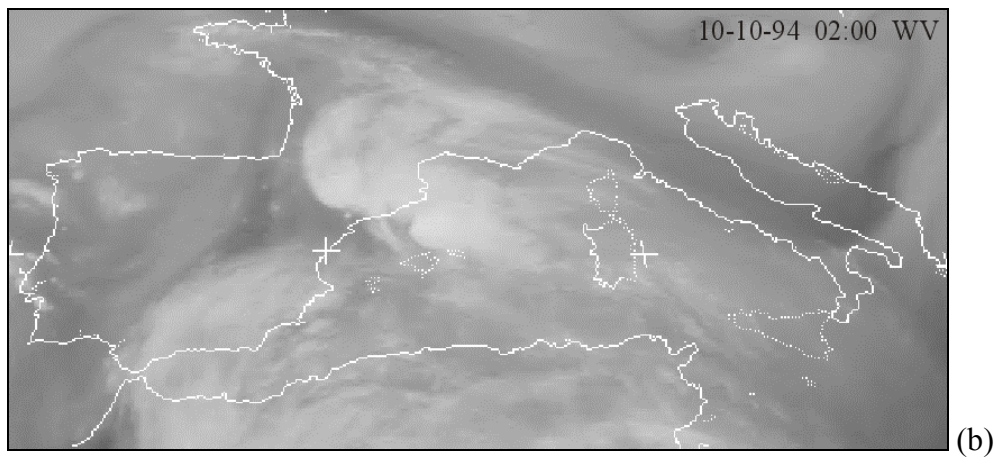
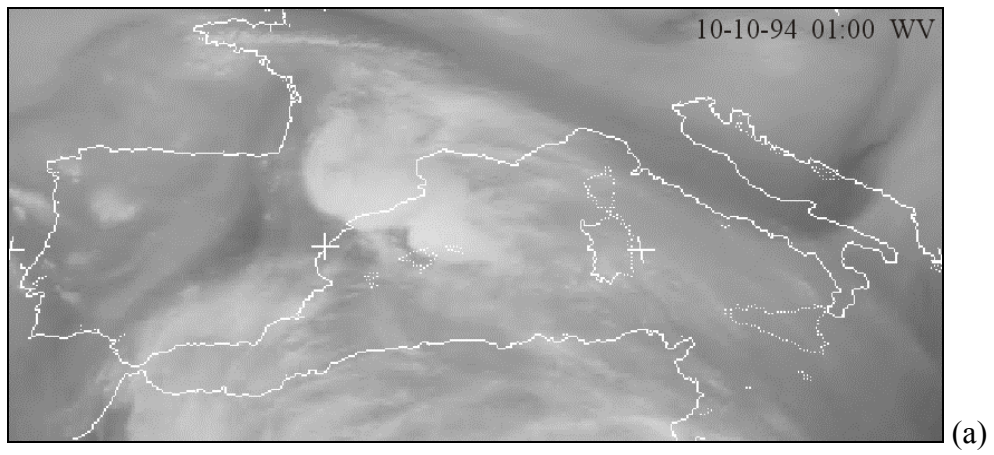


Se muestran también una serie de slots del canal WV del Meteosat correspondientes a este día en los cuales se pueden apreciar claramente indicios de ciclogénesis. Se aprecia desde las 19:00h del día 9 (figura 6.76a) en la zona señalada con la flecha de la figura 6.77c, una zona oscura con ondulación ciclónica, en correspondencia con la vorticidad potencial en 250hPa, que se acerca al sur de Cataluña. La proximidad de esta zona coincide con el desarrollo de sistemas de gran envergadura que dejan lluvias muy importantes.



**Figura 6.76.-** Imágenes del canal WV del día 09.10.94.  
(a) 19:00h, (b) 21:00h, (c) 23:00h.





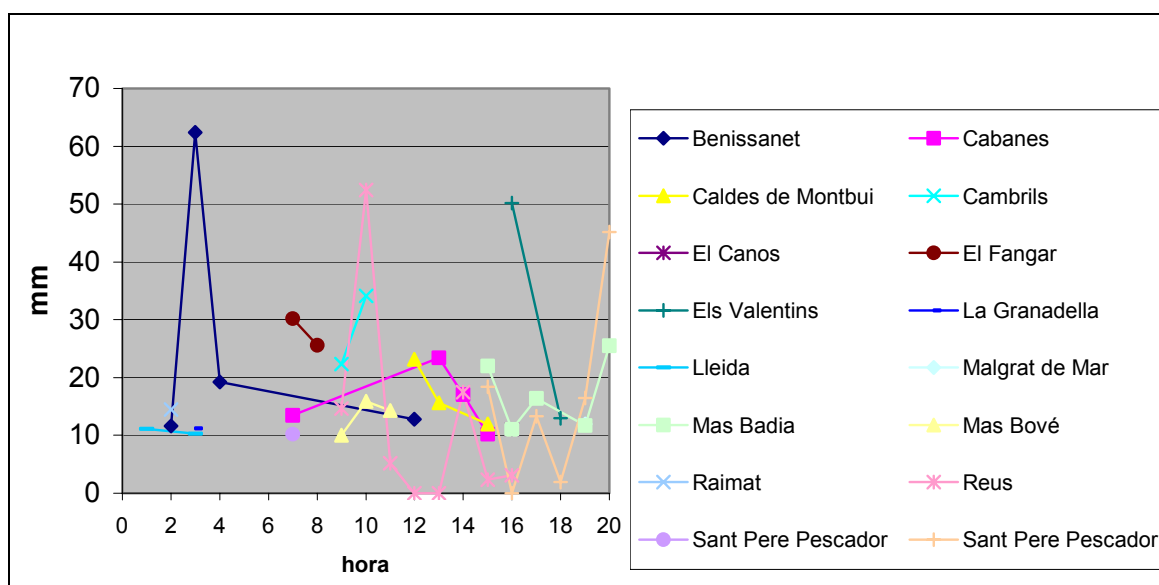
**Figura 6.77.-** Imágenes del canal WV del día 10.10.94.  
(a) 01:00h, (b) 02:00h, (c) 03:00h.

Las series de lluvias de que se dispone para este día se recogen en la tabla 6.30.

**Tabla 6.30.-** Lluvias registradas el día 10.10.94.

Observatorio	P (mm)	$\Delta t$ (h)	$R_{max}$ (mm/h)
Benissanet	106	4	62.4
Cabanes	64.2	4	23.4
Caldes de Montbui	50.8	3	23.2
Cambrils	56.4	2	34.1
El Canós	11	1	11
El Fangar	55.8	2	30.2
Els Valentins	63.2	2	50.2
La Granadella	11.2	1	11.2
Lleida	21.4	2	11.1
Malgrat de Mar	12	1	12
Mas Badia	86.6	5	25.5
Mas Bové	40.2	3	15.9
Raimat	14.5	1	14.5
Reus	95.6	9	52.4
Sant Pere Pescador	10.2	1	10.2
Sant Pere Pescador	95.3	6	45.2

La evolución horaria de las lluvias se muestra en la figura 6.78.



**Figura 6.78.-** Lluvias horarias registradas el día 10.10.94.

Los valores de los parámetros sinópticos correspondientes a las horas previas a las lluvias o a la observación de sistemas nubosos cercanos se recogen en la tabla 6.31.

**Tabla 6.31.-** Parámetros sinópticos del episodio 10.10.94.

<b>Parámetro sinóptico e información del satélite</b>	<b>Cataluña: 00:00h</b>	<b>F/D</b>
<b>GRH</b>	150	F
<b>CAPE</b>	1500 En la zona de donde provienen los sistemas	F
<b>IK</b>	50	F
<b>LI</b>	-2 En la zona de donde provienen los sistemas	F
<b>Divergencia 500hPa</b>	0	NS
<b>Divergencia 850hPa</b>	-0.5 En la zona de donde provienen los sistemas	F
<b>Vorticidad potencial 250hPa</b>	Máximo cercano	F
<b>Vorticidad potencial 500hPa</b>	0.4	NS
<b>HR Sup.-500hPa</b>	80, 90%	F
<b>PW</b>	40	F
<b>Divergencia de vapor de agua Sup.-800hPa</b>	-400	F
<b>Viento en 850hPa</b>	10 Del Sur y aporta aire húmedo a la zona.	F
<b>Vaguada en 500hPa</b>	Si	F
<b>Indicio de ciclogénesis en las capas altas (canal WV)</b>	Sí	F
<b>Tipo de movimiento de los sistemas nubosos (canal IR)</b>	Estacionados en la misma zona desde las 19:00h, con intensas regeneraciones	F

F/D: Favorable o desfavorable

NS: No significativo

- : No disponible

El análisis de los datos anteriores permite deducir que todos los parámetros sinópticos, excepto la vorticidad en 500hPa, son favorables al desarrollo y mantenimiento de sistemas nubosos.

La localización geográfica de los máximos de vorticidad potencial, sobretudo en la superficie de 250hPa, coincide con las bandas oscuras que aparecen en las imágenes del canal WV. Dichos máximos de vorticidad potencial están situados a distancias de hasta unos 1000km ó 1500km corriente arriba de la zona de desarrollo de los sistemas nubosos, coincidiendo con lo observado en los episodios de los días 27.09.94 en Valencia, 23.09.93 en Cataluña, 24.09.93 en los Alpes, 25.09.91 en Cataluña y 28-29.09.94 en la zona Mediterránea.

### **6.3.12 Resumen de los episodios y predicción con 3h de antelación**

En la tabla 6.32 se resumen las características de cada uno de los episodios analizados con lluvias de tipo convectivo y en la 6.33 las de los episodios con lluvias de tipo estratiforme, en ambas tablas los episodios están ordenados según las intensidades horarias de lluvias registradas, de mayor a menor.

Las ciclogénesis en altura se han detectado también en una serie adicional de 7 episodios con abundante desarrollo convectivo de los que no se dispone de información sinóptica y que se detallan en la sección 6.5.



**Tabla 6.32.-** Resumen de las características de los episodios de lluvias convectivas.

Parámetro	10.10.94 Cataluña	28-29.9.94 Mediterr.	27.9.94 Valencia	25.9.91 Cataluña	23.9.93 Cataluña	27.9.94 Bilbao	23.9.93 Alpes	28.9.94 Bilbao-Santander	24.9.93 Alpes	4-5.12.91 Canarias	2.2.93 Valencia	19.4.91 Cataluña	27.9.94 Baleares
GRH	F	F	F	F	F	NS	F	NS	F	F	F	NS	NS
CAPE	F	F	F	F	F	NS	F	F	F	F	F	NS	F
IK	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	NS	F
LI	F	F	F	F	F	NS	F	F	F	F	F	D	F
Divergencia en 850hPa	F	F	F	F	F	NS	F	D	F	F	F	NS	NS
PV250	F	F	F	NS	F	F	F	F	F	F	F	F	F
PV500	NS	NS	NS	F	F	F	F	F	F	F	NS	NS	NS
HR	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	NS	D
PW	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	NS	NS	F
WVFD	F	F	F	F	F	F	F	NS	F	F	F	NS	F
Viento 850hPa	F	NS	NS	F	F	NS	F	NS	F	NS	F	NS	NS
Vaguada en 500hPa	F	F	F	F	F	NS	F	F	F	F	NS	NS	F
Zona oscura WV	F	F	F	-	-	F	-	F	-	-	-	-	F
Tipo de movimiento	F	F	F	-	F	NS	NS	F	F	F	NS	NS	D
Intensidades de Lluvia	Int.	Int.	Int.	Int.	Int.	Int.	Int.	Int.	Int.	Mod.	Mod.	Mod.	Nulas

F: favorable, D: desfavorable, Int: Intensas, Mod: Moderadas, NS: No significativo, -: No disponible

**Tabla 6.33.-** resumen de las características de los episodios de lluvias estratiformes.  
Parámetros sinópticos \*.

<b>Parámetro</b>	<b>5.3.91 Centro</b>	<b>19.2.91 Centro</b>	<b>19.2.91 Cataluña</b>	<b>5.3.91 Cataluña</b>
GRH	F	F	F	F
CAPE		NS	F	NS
IK	F	F	F	F
LI	NS	D	F	D
Divergencia en 850hPa	F	NS	D	D
PV250	NS	F	NS	NS
PV500	NS	NS	NS	NS
HR	F	F	F	F
PW	F	F	F	F
WVFD	F	F	F	D
Viento en 850	NS	NS	F	F
Vaguada	NS	NS	NS	NS
Zona oscura WV	-	-	-	-
Tipo de movimiento	D	NS	NS	D
Intensidades de lluvia	Moderadas	Moderadas	Nulas	Nulas

**F:** favorable, **D:** desfavorable, **Int:** Intensas, **Mod:** Moderadas, **NS:** No significativo, **-:** No disponible

Como se observa en el resumen de los datos de la tabla 6.32, en todos los episodios en que han tenido lugar lluvias intensas (excepto el 27.09.94 y 28.09.94 en Bilbao y Santander), la situación atmosférica en las horas previas, estaba representada por las siguientes condiciones:

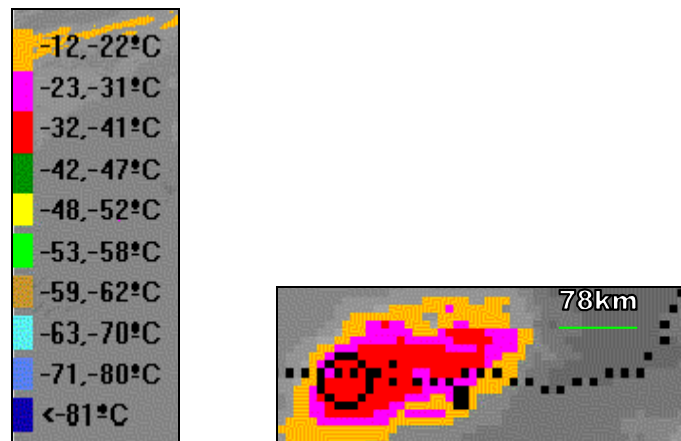
- Helicidad positiva ( $GRH > 0$ )
- CAPE mayor o igual a  $750 \text{ J kg}^{-1}$
- Índice IK mayor o igual a  $20^\circ\text{C}$
- Índice LI menor que  $0^\circ\text{C}$
- Convergencia en 850hPa
- Situación de la zona que registra lluvias, en la parte delantera de una vaguada en la superficie de 500hPa
- Humedad relativa media entre la superficie y 500hPa a partir del 70%
- Masa de agua precipitable en toda la troposfera a partir de 20mm
- Convergencia de vapor de agua en niveles bajos
- Máximos de vorticidad potencial en 250hPa ó en 500hPa acompañados de bandas oscuras con ondulación ciclónica, visibles en el canal WV del Meteosat.

Los máximos de vorticidad potencial se producen preferentemente en 250hPa, están situados a distancias de hasta unos 1000km ó 1500km corriente arriba de la zona de desarrollo de los sistemas nubosos en las horas previas a dicho desarrollo y van acompañados de bandas alargadas de aire seco estratosférico provocado por el hundimiento de la tropopausa. Este aire seco estratosférico es transportado hacia la zona donde posteriormente se desarrollarán los sistemas convectivos, detectándose con varias horas de antelación al desarrollo de los sistemas nubosos como bandas muy oscuras en el canal WV del Meteosat.

Las excepciones a este conjunto de condiciones corresponden al día 27.09.94 en Bilbao y al 28.09.94 en Bilbao y Santander. Analicemos cada uno de ellos: en el sistema del episodio del día 27.09.94 en la zona de Bilbao, en el que los datos de lluvia registrada indican lluvias intensas, se tiene para las horas previas a la lluvia que ni la helicidad (0) ni el CAPE ( $250 \text{ J kg}^{-1}$ ) ni el índice LI (0) ni la divergencia en 850hPa en

la zona son favorables al desarrollo de sistemas nubosos de importancia. Por otra parte, en las imágenes del canal IR previas a las 00:00h del día 27 y en las correspondientes a la lluvia no aparecen sistemas nubosos en la zona; entre las 04:00h y las 05:00h, por ejemplo, tan sólo se aprecia en los alrededores, un pequeño conjunto de 15 píxeles con temperaturas aparentes en el canal IR entre  $-12^{\circ}\text{C}$  y  $-22^{\circ}\text{C}$  y un píxel entre  $-23^{\circ}\text{C}$  y  $-31^{\circ}\text{C}$ . Todo ello hace pensar que en realidad los datos de lluvia de que se dispone pueden ser erróneos debido principalmente a la inexistencia de un sistema nuboso apreciable en las imágenes.

En el sistema del episodio del día 28.09.04 en la zona de Bilbao y Santander, la helicidad (0) y la divergencia en 850hPa no son favorables a la aparición de sistemas nubosos de importancia; incluso la divergencia en 850hPa es algo desfavorable. En cambio, la observación de las imágenes en el canal IR permite apreciar el desarrollo de un sistema nuboso claramente formado, que a las 06:00h ha alcanzado temperaturas aparentes de  $-32^{\circ}\text{C}$  a  $-41^{\circ}\text{C}$ . La explicación a la falta de concordancia de las divergencias con respecto al resto de situaciones con lluvias intensas puede estar en una resolución horizontal insuficiente de los mapas del ECMWF utilizados. En la figura 6.79 se aprecia el tamaño del sistema y la resolución horizontal de los mapas del ECMWF utilizados, 78km en dirección Oeste-Este.



**Figura 6.79.-** Sistema nuboso del día 28.09.94 a las 06:00h en la zona de Bilbao y Santander (canal IR con escalado).

En el episodio de los días 4 y 5 de Diciembre de 1991 en Canarias, también se da el conjunto de parámetros favorable para las lluvias intensas y se ha clasificado éste como episodio de lluvias moderadas. Se ha de hacer notar, no obstante, que sólo se

dispone de datos del observatorio de Fuerteventura, en el que se registró una serie de lluvia de 78.5mm en 17h.

Respecto de la antelación con la que se efectúa esta predicción, la misma se hace con un mínimo de 3h en todos los casos, excepto en el episodio del día 10.10.94 que es de 1h ya que no se dispone de datos con suficiente antelación. Parece bastante probable, a juzgar por el ritmo con que varían los parámetros a escala sinóptica, que también en este caso la predicción se hubiera podido realizar con 3h de antelación de disponerse de los datos.

En todos los episodios restantes, en los que no hubo lluvias intensas, alguno de los parámetros anteriores no alcanzó el valor considerado como favorable. En el episodio del día 2.2.93, el parámetro que no llega a alcanzar los valores que se consideran como favorables es la masa de agua precipitable, con un valor de 18mm, muy inferior al que toma en los episodios con lluvias intensas, que está entre 30mm y 45mm.

En el episodio del 19.4.91 en Cataluña no llegan a alcanzar los valores favorables: la helicidad; el CAPE; el índice K; el índice LI, la divergencia en 850hPa, así como la humedad relativa, la masa de agua precipitable y la divergencia de vapor de agua en niveles bajos.

En la situación del 27.09.94 en Baleares, del conjunto de parámetros necesarios no son favorables la helicidad ni la divergencia en 850hPa; es desfavorable la humedad relativa, con un valor de un 50%, muy por debajo del resto de episodios que sí dieron lluvias intensas, (con una humedad relativa por encima del 70%). La masa de agua precipitable, aunque es superior al valor que se ha considerado como valor mínimo, también es bajo en comparación con el resto.

En el episodio del día 5.3.91 en la zona centro de la Península, no son favorables para el desarrollo de sistemas convectivos intensos ni el CAPE ni el índice LI.

En el episodio de día 19.2.91, también en la zona centro de la Península, no son favorables ni el CAPE ni la distribución de divergencias y el índice LI es desfavorable. En la zona de Cataluña, el único parámetro desfavorable es la distribución de divergencias. Como ya se indicó, los sistemas se forman en una zona del Mediterráneo donde las condiciones sí son adecuadas para ello, pero al llegar a la costa de Cataluña se debilitan y se deshacen debido a que en la zona existe divergencia en 850hPa y, además,



el resto de parámetros no facilita el que los sistemas se mantengan o intensifiquen ya que falta aporte de humedad y el CAPE y el índice LI no son favorables.

Por lo que respecta al episodio del día 5.3.91 en Cataluña, del conjunto de parámetros, sólo son favorables la helicidad, el índice K, la humedad relativa y la masa agua precipitable.

Por lo tanto, se puede considerar el conjunto de condiciones expresadas en la página 153 como representativo de episodios que producen lluvias intensas.

Adicionalmente, también se obtienen las siguientes conclusiones:

- El índice LI no es significativo en situaciones de tipo estratiforme, lo cual concuerda con su definición, en la que no se tiene en cuenta un posible intercambio de calor con el ambiente, cosa que sí ocurre en los procesos de tipo estratiforme al ser lentos.
- Las anomalías de vorticidad potencial, cuando están presentes, se acentúan más en 250hPa que en 500hPa, lo cual indica que la actividad ciclogénica se produce con más intensidad cerca de la tropopausa que en los niveles medios de la troposfera.
- En los episodios con lluvias intensas, el nivel de divergencia nula se sitúa preferentemente algo por debajo de los 500hPa.