

7. Conclusiones

De los análisis realizados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. No existe relación, que permita establecer un modelo matemático objetivo, entre la cantidad de lluvia caída en un observatorio durante una hora y los parámetros de imagen en los canales IR y WV del Meteosat, medidos en la vertical del propio observatorio o en un círculo de radio fijo. Por tanto, para una predicción de lluvia, es más adecuado considerar los sistemas nubosos completos y las condiciones atmosféricas que rodean al observatorio en las horas previas. Sí se pueden extraer, no obstante, algunas conclusiones estadísticas.
 - Se observa que las lluvias elevadas, a partir de 20mm/h aproximadamente, se producen, con núcleos con temperaturas entre -40°C y -75°C , situados media hora antes de la lluvia alrededor del observatorio.
 - Valores de temperatura aparente en el canal IR inferiores a -40°C , aproximadamente, pueden corresponder a píxeles de zonas con entrada en la estratosfera y, por lo tanto indicar sistemas con gran actividad convectiva.
 - La distancia a la que se encuentran los núcleos más fríos respecto del observatorio media hora antes de la lluvia está comprendida entre 5 y 8 píxeles (entre 25km y 40km).
2. Considerando como episodio de lluvias intensas aquel que ha producido en algún momento una intensidad de 20mm/h o superior; o una serie de 50mm, o más, en 6h; o bien una serie de 100mm, o más, en 24h, se puede concluir que para que se produzcan lluvias intensas en un plazo de 3h en adelante, en una zona del orden de 100km de diámetro, se ha de dar en la zona el siguiente conjunto de valores para los diferentes parámetros sinópticos:
 - Helicidad positiva.
 - CAPE mayor o igual a 750 J kg^{-1} .
 - Índice IK mayor o igual a 20°C .
 - Índice LI menor que 0°C .
 - Convergencia en 850hPa.
 - Situación de la zona donde lloverá, en la parte delantera de una vaguada en la superficie de 500hPa.

- Humedad relativa media entre la superficie y 500hPa por encima del 70%.
 - Masa de agua precipitable en toda la troposfera por encima de los 20mm.
 - Convergencia de vapor de agua en niveles bajos.
 - Máximos de vorticidad potencial en 250hPa superiores a 3PVU ó en 500hPa superiores a 0.6PVU, indicadores de ciclogénesis y que van 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 mediante el canal WV del Meteosat con varias horas de antelación al desarrollo de los sistemas nubosos ya que aparecen como bandas muy oscuras.
3. El índice LI es poco 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 si ocurre en los procesos de tipo estratiforme al ser éstos lentos.
 4. En el seguimiento y localización de lluvias intensas mediante las imágenes de los canales IR y WV del Meteosat, se ha observado que: crecimientos de núcleos con temperaturas aparentes en el canal IR entre -42°C y -47°C a partir de 50km en media hora o de núcleos entre -53°C a -58°C del orden de 20km en media hora, son suficientes en algunas ocasiones para producir intensidades de lluvia entre 10 y 15 mm/h.
 5. En las zonas donde se producen mezclas de sistemas aumenta considerablemente la probabilidad de lluvias intensas.
 6. La permanencia durante varias horas ($>10\text{h}$) de sistemas nubosos con temperaturas aparentes en el canal IR del Meteosat inferiores a -32°C son suficientes en algunas ocasiones para producir lluvias de intensidades superiores a los 15mm/h.
 7. El tamaño de los sistemas nubosos no es un factor importante en cuanto a la intensidad de las lluvias. Se han observado lluvias muy intensas (46 mm/h) con un sistema aislado de unos 80x40km de tamaño. Lluvias mayores se han registrado aún con sistemas bastante más pequeños, aunque en el contorno (outflow boundary) de

otros sistemas mayores. Se han hallado valores similares de intensidades de lluvia con sistemas del orden de 300 ó 400km de diámetro

8. En los sistemas convectivos intensos, la utilización conjunta de los canales IR y WV del Meteosat permite la detección de entradas en la estratosfera (overshooting) que pueden enmascarar los núcleos fríos de las imágenes IR, debido al calentamiento que experimentan las zonas que entran en la estratosfera y, por tanto, permite localizar las zonas de intensa actividad convectiva con más precisión que la sola utilización del canal IR. Las entradas en la estratosfera se producen a partir de los -40°C de temperatura aparente en el canal IR, haciéndose más intensas alrededor de los -60°C.
9. Para el seguimiento y localización de intensidades de lluvia altas, superiores aproximadamente a 17mm/h, sobretodo en aquellos sistemas convectivos de gran desarrollo, es más adecuada la observación y medición de las entradas en la estratosfera que la medición de las áreas de los núcleos fríos de los sistemas nubosos y sus variaciones de tamaño en el canal IR. Se ha comprobado para numerosos casos que las intensidades de lluvia superiores a los 17mm/h, aproximadamente, se producen cuando existe overshooting en las cercanías en la hora, o en la media hora, previa a la caída de la lluvia. Esta condición es necesaria pero no es suficiente ya que puede haber falta de humedad o que el sistema viaje demasiado deprisa.
10. La magnitud del overshooting, medida ésta como diferencia de temperaturas aparentes entre los canales WV y IR del Meteosat, supera en ocasiones los 10K, aunque se producen lluvias intensas con overshootings menores.
11. Se han clasificado los overshootings en cuatro tipos según la relación entre la temperatura IR de los píxeles con overshooting y la de los píxeles de los alrededores. Los tipos de overshooting predominantes en las situaciones de lluvias intensas analizadas son del tipo I y del tipo II, lo cual indica que los alrededores de las zonas de overshooting están cercanos a la tropopausa.
12. Para un seguimiento adecuado de los sistemas convectivos intensos, es necesario utilizar las imágenes, tanto en el canal IR como en el WV, con una resolución temporal de media hora, como mínimo, ya que dichos sistemas experimentan cambios apreciables en ese periodo de tiempo, por ejemplo las entradas en la estratosfera.

Como perspectivas futuras, y con el objeto de mejorar la predicción de las lluvias intensas, es conveniente volver a realizar los análisis del presente trabajo con un mayor número de episodios de los que se disponga de: datos de lluvia con una resolución espacial y temporal mayor (30 ó 15 minutos) y más uniforme; de imágenes en los canales IR y WV del Meteosat cada 15 minutos (disponibles próximamente con el Meteosat Second Generation) y de mapas sinópticos con la mayor resolución posible ($0.6^\circ \times 0.6^\circ$ en los mapas actuales del ECMWF).