

FENÓMENOS DE RETROGRESIÓN ESTIVALES EN EL ÁMBITO MEDITERRÁNEO: DESARROLLOS CICLOGENÉTICOS, SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOSCALA Y LLUVIAS INTENSAS. EL EPISODIO DE 27 DE SEPTIEMBRE A 7 DE OCTUBRE DE 1986

Jorge Olcina Cantos

RESUMEN

Los fenómenos de retrogresión que acontecen en los meses finales del período estival sobre la cuenca del Mediterráneo Occidental suponen el desarrollo de atmósferas baroclínicas sumamente inestables que activan los mecanismos de transferencia energética (calor latente) en dicho ámbito. La formación de sistemas convectivos de mesoscala reconocibles en las imágenes infrarrojas de los satélites meteorológicos se acompañan de precipitaciones muy intensas, elemento natural de los meses finales del verano de la región mediterránea peninsular. Los efectos catastróficos del episodio de finales de septiembre y primeros días de octubre de 1986 son buen ejemplo de las consecuencias pluviométricas a menudo asociadas a estas situaciones atmosféricas.

ABSTRACT

The retrogression phenomena which occur within the last summer months over the western mediterranean basin presuppose the development of highly unstable barocline pressures which activate the mechanisms of energy transference (latent heat) in said area. The formation of mesoscale convective systems, clearly seen on the infra-red images sent by the weather satellites, are linked with heavy rains, natural element of the late summer months in the peninsular mediterranean area. The catastrophic consequences of the episode corresponding to end september-first days of october 1986 is a good example of the pluviometric consequences often associated to these atmospheric situations.

1. Los fenómenos atmosféricos de retrogresión

Las circulaciones de tipo retrógrado sobre las latitudes peninsulares, implican la apari-

ción de unas vaguadas ¹ en cuyo seno los flujos circulatorios adoptan sentido noreste-suroeste. Literalmente hablando una onda retrógrada es aquella que se desplaza en dirección opuesta a la corriente básica en la que se encuentra incluida —Circulación General del Oeste—. (Ascaso Liria y Casals Marcén 1986; p. 328). De este modo se establece una configuración dinámica en las capas medias y altas de la troposfera que es denominada por algunos autores como circulación zonal inversa (Casco Marañón 1982; p. 102).

Estas vaguadas de evolución retrógrada encuentran fundamento en la ecuación de Rossby para las ondas largas (Medina 1976; pp. 247 y ss.) que atribuye los fenómenos de retrocesión a la caída en la velocidad de traslación hacia el este de las ondas, motivada por una disminución significativa del viento zonal a 700-500 hPa, con los cambios de longitud de onda implícitos en las configuraciones de presión dibujadas. En definitiva, el establecimiento de circulaciones del noreste formaría parte de los estadios superiores de los procesos circulatorios de bajo índice de la alta troposfera. Así, de manera teórica, se podría hablar, en un primer momento, de la sustitución de la Circulación del Oeste (de componente zonal o paralela) por una circulación norte-sur caracterizada por la presencia de crestas (bloqueo) y valles con longitudes de onda en progresiva reducción, con amplitudes cada vez mayores y con ejes establecidos en clara disposición meridiana. Éste sería el esquema dinámico básico motivado por las expansiones de aire polar y ártico hacia latitudes peninsulares (bloqueo meridiano). Una caída mayor del índice de circulación zonal de las corrientes del Oeste (vid. Naya 1984; pp. 240-41) provoca la adquisición de un sentido NE-SW en los ejes de crestas y valles, con acumulaciones de aire cálido en altas latitudes y de aire frío en bajas latitudes y cuyo resultado final es la aparición de mecanismos de bifurcación en el Jet polar con presencia de zonas de entrada y zonas de delta (Scherhag)², entre las que se configuran campos de presión cerrados en disposición de dipolo (alta y baja).

Se pueden establecer algunas características básicas de las estructuras retrógradas. En primer lugar, la magnitud de las crestas y valles planetarios desarrollados que, en estos últimos, requieren amplitudes muy elevadas para poder desplazar masas de aire continentales europeas hacia latitudes ibéricas. Otro aspecto destacable es la permanencia en el tiempo en las capas altas de la troposfera de estos campos de presión. Rex, en sus trabajos sobre las configuraciones de bloqueo en la media troposfera, indicó que el modelo de «contours» del bloque debía presentar una continuidad, por lo menos, durante un período de diez días. Sin llegar a estas duraciones, las configuraciones de evolución retrógrada encontradas en cinco años de análisis (1980-84)³, han tenido una duración media de 4-5 días y sólo en un caso la circulación en la media troposfera ha presentado una misma vaguada de evolución retrógrada sobre el área mediterránea a lo largo de diez jornadas. (Mayo de 1980). Por último, un aspecto dinámico de señalada importancia es la estrecha relación existente entre las evoluciones de tipo retrógrado y el desarrollo de depresiones frías en el seno de las vaguadas del noreste. En efecto, la propia estructura de la configuración dinámica formada es particularmente idónea para la gestación de depresiones frías en el seno de las vaguadas, puesto que su sector más meridional constituyen un «fondo de

1 Las latitudes peninsulares (hasta el norte de África y Canarias) suponen el límite meridional de ubicación de los sectores de salida de las vaguadas formadas en las evoluciones de tipo retrógrado. Por encima de ellas (en general, sobre latitudes superiores a los 45-50° latitud norte) se desarrollan potentes dorsales de bloqueo, que suponen la llegada de aire cálido (tropical marítimo) a latitudes subpolares, estableciéndose, de este modo, la simetría de las estructuras de dipolo gestadas en los procesos de bloqueo por bifurcación.

2 Vid. MEDINA ISABEL, M.: *Meteorología básica sinóptica*. Ed. Paraninfo. Madrid. 1976. pp. 95-97.

3 Vid. OLCINA CANTOS, J.: *Estudio sinóptico del verano en la provincia de Alicante: situaciones atmosféricas y tiempos asociados*. (Memoria de Licenciatura). Inédita. Alicante. 1991.

saco» (Medina Isabel 1976; pp. 138-146) de escasa longitud de onda, donde se acumula el aire frío provocando seclusiones de las superficies equipotenciales de menor valor, visible en las topografías a 500 hPa. El análisis de las jornadas que han presentado estructuras retrógradas en la serie de años analizada demuestra que esta afirmación tiene verdadero fundamento. Así, 38 de las 54 jornadas (70%) con esta configuración en altitud han presentado una depresión fría en el seno de las vaguadas del noreste.

Rex, ha descrito, asimismo, algunos efectos de la acción de bloqueo sobre el tiempo europeo. Las más destacadas serían ⁴:

- Precipitaciones en Escandinavia e Islas Británicas por debajo de lo normal (posición del alta de bloqueo).
- Precipitaciones en forma de lluvia por encima de lo normal en la vertiente atlántica de la Península Ibérica.
- Temperaturas en Escandinavia central y meridional superiores (2 a 6 °C) a lo normal, e inferiores 2 °C en la Península Ibérica.

Empero, estas características sinópticas generales de las estructuras retrógradas no siempre se cumplen, como tampoco los efectos en el tiempo expresados por Rex para la Península Ibérica. En efecto, en numerosas ocasiones las estructuras de dipolo no llegan a formarse o bien los campos de presión cerrados de alta y baja (alta de bloqueo y bajas desprendidas) no aparecen merced a evoluciones rápidas de la dinámica atmosférica. Por su parte, los efectos en los elementos del tiempo, para las tierras alicantinas, son muy variados dependiendo de razones circulatorias (intensidad y posición del eje de las vaguadas del noreste), geográficas (posición del observatorio) y cronológicas (mes del semestre estival en que se instale un proceso de bloqueo en altitud).

Un aspecto esencial es el establecimiento de las características de la masa de aire que entra en juego en las circulaciones zonales inversas.

Las circulaciones de altitud de tipo retrógrado imponen, como se ha señalado, una circulación de flujos del primer cuadrante en las capas medias y altas de la troposfera (circulación del NE). Por lo tanto, siguiendo los esquemas tradicionales de ubicación de los hogares o fuentes de las diversas masas de aire, la masa que entra en acción en este tipo circulatorio respondería a los principios de un aire polar continental, puesto que la zona de entrada de masas de aire en las circulaciones retrógradas que nos afectan, se encuentra, efectivamente, en el sector nororiental u oriental del continente europeo. Este hecho es cierto en las circulaciones del NE que acontecen en la época invernal y que somenten a la Península Ibérica a tiempos de frío riguroso (las mal llamadas «olas de frío») ⁵. De este modo, en la época invernal, el calificativo de polar (e incluso ártica, según la intensidad de la advección) corresponde con propiedad a la masa de aire que interviene en las circulaciones de tipo retrógrado. Más problemática resulta la descripción de caracteres de esta masa de aire en el período estival. Petterssen (1976; p. 297) habla, para esta época del año, de una fuente polar continental que abarcaría un cinturón estrecho (entre 50-70° latitud Norte) ubicado en el continente euroasiático, entre el mar Báltico y la meseta de Siberia Central. Al oeste de esta fuente, sobre Europa, y con límite occidental en el Atlántico existiría una zona de afluencia de masas de aire de distinta naturaleza, donde, justamente, los caracteres

4 Vid. NAYA A.: *Meteorología Superior*. Espasa Calpe. Madrid. 1984. pp. 248-249.

5 La expresión es particularmente desafortunada si atendemos a razones sinópticas puesto que, efectivamente, la disposición de superficies equipotenciales en los episodios de este tipo poco tiene que ver con la forma de una «ola». El nombre de «períodos de frío riguroso» parece que le correspondería con mayor propiedad.

GRÁFICO 1

Caracteres térmicos medios de la masa de aire continental europea con vaguadas y depresiones frías en altitud de evolución retrógrada situadas sobre el Mediterráneo occidental durante el semestre estival.

físicos originarios de estas masas sufrirían profundas modificaciones. Es lo que Barry y Chorley (1980, p. 186), siguiendo los trabajos del propio Petterssen y de Crowe, denominan zona de «aire mezclado». Cascos Maraña, en su trabajo sobre los tipos de tiempo en los veranos de Valladolid (1982, pp. 102-3), analiza las depresiones frías en altitud formadas por aislamiento de las vaguadas en circulación zonal inversa, y afirma que el aire componente de estas depresiones frías de altitud, si bien, en principio pudo ser polar marítimo, con mayor o menor grado de desnaturalización, al insertarse en una circulación del nordeste experimenta cierto enfriamiento y un incremento de su inestabilidad, merced a los flujos rápidos sobre norte de Europa.

Se trataría, de este modo, de una masa de aire sometida a cambios físicos y termodinámicos durante su trayectoria sobre el continente europeo. No parece, por tanto, acertado calificar de «polar» la masa de aire que intervendría, durante el verano, en las circulaciones de tipo retrógrado, porque, en efecto, esta masa no presenta las peculiaridades típicas del aire polar continental invernal que se define como una masa muy fría, seca y, en origen, estable. Pedelaborde (1982; p. 145) indica que la masa de aire polar continental estaciona-

da en el continente europeo durante el verano se caracteriza por ser un aire cálido y seco. Font Tullot (1983, p. 106) no considera la presencia estival de una masa de aire polar continental, a la que califica, por otra parte, de aire «típicamente invernal». No obstante, sobre el continente europeo, en verano, se instala un cuerpo aéreo, con unas características frías-frescas, que podría catalogarse de aire «continental europeo estival» para diferenciarlo del polar continental europeo de invierno. Algunos autores hablan, en este sentido, de un aire polar continental cálido (Pcw) (Barry y Perry, 1973, p. 180). Denominación que se encuentra también en el trabajo de Castillo Requena sobre el clima de Andalucía (1989, pp. 68-70) donde, siguiendo el esquema de Biel Lucea, se distinguen dos variedades de aire continental europeo: Ártico continental y Polar continental. Esta última masa poseería en verano unas características físicas totalmente distintas a las presentadas durante la temporada invernal, de manera que podría catalogarse como masa autónoma y diferenciada.

Admitida la existencia de una masa de aire continental europea, resulta necesario analizar las características que presenta dicha masa de aire en nuestras latitudes. La Oficina Meteorológica Británica, en su estudio sobre el tiempo en el Mediterráneo, ofrecía en 1963 una serie de valores térmicos e higrométricos para el aire polar continental en verano sobre el Mediterráneo. Así, para la superficie equipotencial de 1000 hPa esta masa tendría una temperatura media de 26 °C, con una proporción de mezcla de 16,1 g/Kg; en 850 hPa la temperatura media descendería hasta 13 °C, y en 500 hPa llegaría hasta -14 °C con una proporción de mezcla de 0,9 g/Kg. Estos datos indican que el aire continental europeo de verano es una masa, en origen, fresca que al llegar al Mediterráneo sufre una ganancia de humedad, sobre todo en niveles bajos, y un aumento térmico. En el gráfico 1 se indican los caracteres térmicos medios de esta masa de aire sobre el ámbito mediterráneo para el conjunto de los meses del semestre estival.

Las circulaciones de tipo retrógrado determinan la aparición de distintos tipos sinópticos en función de la propia ubicación de las vaguadas del noreste, lo que determina efectos en el tiempo atmosférico, asimismo, diversos. En efecto, el eje de las estructuras de dipolo (es decir, el meridiano que atraviesa el corazón de los núcleos de alta y baja presión formados) varía en función del índice de circulación, ubicando estos campos de presión en distintas latitudes, de manera que la llegada de aire continental europeo no es uniforme para el conjunto peninsular en todas las evoluciones retrógradas que ocurren en la troposfera. Se pueden reconocer, para la Península Ibérica y el Mediterráneo Occidental, cuatro tipos sinópticos básicos en función de la distinta posición del eje de la vaguada del noreste y de la ubicación general de ésta en el contexto peninsular:

- vaguadas y depresiones frías de circulación retrógrada situadas en el Mediterráneo Occidental.
- vaguadas y depresiones frías de circulación retrógrada centradas en la Península Ibérica.
- vaguadas y depresiones frías de evolución retrógrada ubicadas al norte de la Península (Cantábrico y noroeste o, suroeste de Francia y Pirineos).
- vaguadas y depresiones frías de evolución retrógrada desarrolladas hacia el suroeste de la Península.

Cada una de estas situaciones supone dinámicas atmosféricas diversas en relación con la propia ubicación geográfica de la provincia de Alicante pero, en general, se caracterizan por el desarrollo de atmósferas baroclínicas y condiciones de tiempo generalmente inestables. De todas ellas son las vaguadas y depresiones frías en altitud situadas al suroeste de

la Península y sobre el Mediterráneo Occidental las de mayor repercusión pluviométrica para las tierras de la fachada mediterránea peninsular por la posibilidad de favorecer desarrollos ciclogénéticos no alpinos (depresiones de Argelia) de tanta importancia en las configuraciones sinópticas que acompañan los episodios de lluvia torrencial de finales de verano en este ámbito.

2. Situaciones de retrogresión sobre el Mediterráneo Occidental

Las evoluciones dinámicas de tipo retrógrado encuentran, en numerosas ocasiones, en el Mediterráneo Occidental su límite de expansión, donde se dibuja una vaguada del noreste cuyo sector más occidental llega a envolver la fachada mediterránea de la Península Ibérica. Esta configuración sinóptica supone la aparición de fuerte baroclinidad en dicho sector, cuyo resultado final es el desarrollo de condiciones ciclogénéticas, génesis de sistemas convectivos y precipitaciones intensas, fenómenos atmosféricos que encuentra en el período final del semestre estival la época idónea (a favor las particulares condiciones que presenta el mar Mediterráneo) para su aparición.

Se trata, por tanto, de vaguadas del noreste instaladas sobre el Mediterráneo a favor de procesos de retrogresión y, en definitiva, de fenómenos de bloqueo que quedan inscritos al continente europeo situándose la zona de salida (delta) entre los meridianos 10-15° L Este. De este modo, si llegan a conformarse anticiclones de bloqueo y bajas desprendidas, estas figuras de presión en 500 HPa se posicionan en el sector comprendido entre 0 y 20° L este, con eje de dipolo entre 5 y 10° L. este. El anticiclón de bloqueo se ubica, en estos casos, sobre tierras europeas, por encima del paralelo 45° (si bien la dorsal anticiclónica dibujada en superficie llega a afectar a la mitad occidental de la Península Ibérica), mientras que la vaguada retrógrada y la baja desprendida gestada en su seno (si llega a formarse) quedan por debajo de dicha latitud, entre la costa mediterránea francesa y el norte de África. Las estructuras de dipolo dibujadas en 500 HPa. se suelen formar en la segunda o tercera jornada después de iniciarse el proceso de retrogresión y, en ocasiones, la fuerza de las expansiones de las masas continentales y subtropicales que actúan en valles y crestas se observa en el propio diseño de altas y bajas que aparecen desplazadas dextrógiramente respecto al eje de dipolo.

Las depresiones frías desarrolladas en el seno de estas vaguadas retrógradas mediterráneas tienen dimensiones y ubicación variable. Por lo común, la superficie equipotencial cerrada que forma la baja desprendida no suele exceder de 500 y 300 Km respectivamente en sus ejes mayor y menor, si bien no son desconocidas expansiones más potentes del noreste que han llegado a configurar bajas desprendidas de 1.800 y 700 Km en los ejes mayor y menor de la isohipsa que marca la frontera entre la depresión fría y la vaguada envolvente en 500 HPa. Por su parte, la ubicación de las mismas se dispone al este del meridiano 5° L este (el ápice abarca Córcega, Cerdeña, Italia y Túnez), si bien, en las expansiones más potentes del noreste indicadas, las depresiones frías llegan a situarse sobre tierras argelinas. Las temperaturas en su corazón, variables según el mes del semestre estival en que se han presentado, han oscilado entre -12 y -20 °C.

Es interesante resaltar la relación que existe entre la instalación de una onda de aire frío de evolución retrógrada sobre el Mediterráneo Occidental y la génesis de desarrollos ciclogénéticos tanto alpinos como no alpinos en dicho ámbito. En efecto, la presencia de una masa de aire fría en las capas medias y altas de la troposfera aumenta, como se ha indicado, las condiciones de baroclinidad mediterráneas y la diferenciación de núcleos de vorticalidad térmicas en los distintos niveles atmosféricos favoreciendo la aparición de

«depresiones de Génova»⁶ —desarrollo ciclogénético alpino cuya explicación se basa en las ideas de Radinovic y Sutcliffe sobre ciclogénesis— y de «depresiones de Argelia, cuyo desarrollo cobra capital importancia en el desencadenamiento de procesos de lluvia torrencial en la fachada mediterránea peninsular»⁷.

La instalación de vaguadas y depresiones frías de evolución retrógrada sobre el Mediterráneo Occidental deriva tanto de situaciones estables o inestables instaladas durante las jornadas previas sobre el solar peninsular. En ocasiones, la presencia de una depresión fría de origen retrógrado en la cuenca mediterránea se ha debido al desplazamiento meridional de una baja desprendida de la misma evolución retrógrada ubicada en las jornadas previas al noreste de la Península lo que ha originado cambios en el tiempo diario de ambas jornadas. No ha sido infrecuente la presencia previa de una dorsal de aire subtropical marítimo, en cuyo sector inferior había instalada una vaguada afectando al norte de África y cuyos ejes han ganado latitud llegando a situar la vaguada del noreste (o la depresión fría, si se ha gestado en su interior) sobre el Mediterráneo. Por su parte, aunque con una frecuencia mucho menor, la instalación de una vaguada de aire polar marítimo al norte de la Península ha sido el paso previo al desarrollo de una evolución dinámica retrógrada que ha ubicado la vaguada del noreste sobre el Mediterráneo Occidental.

Por su parte, las evoluciones de estos retrógrados mediterráneos pueden implicar tanto profundizaciones de las vaguadas del noreste que llegan a abrazar bajo su radio de acción al conjunto peninsular, o bien retraimientos de amplitud de onda que han desembocado en la instalación de una baja desprendida retrógrada mediterránea al noreste de la Península, o asimismo tránsitos dinámicos menos frecuentes hacia circulaciones de tipo zonal.

3. El episodio de 27 de septiembre a 7 de octubre de 1986

En los últimos días del mes de septiembre y primeros de octubre de 1986, el desarrollo de un proceso circulatorio retrógrado provoca un episodio de lluvias torrenciales con inundaciones que afectaron a la provincia de Alicante, con particular intensidad en las comarcas septentrionales. Sin caer en ensalzamientos desmesurados se puede afirmar que esta situación atmosférica es una de las mayores subversiones meteorológicas que han azotado la fachada mediterránea peninsular en el último decenio. No obstante, se trata de un episodio olvidado por la investigación climática, deslustrada ante las catastróficas consecuencias asociadas a las riadas de octubre de 1982 (rotura de Tous e inundaciones en la Ribera) o noviembre de 1987 (inundaciones en el Bajo Segura). Empero, tanto el análisis de las causas atmosféricas como la exposición de sus consecuencias pluviométricas convierten su estudio en elemento indispensable a tener presente en cualquier intento de ordenación territorial (planificación urbana, planes de riesgo de Protección Civil).

6 Vid. JANSÁ CLAR, A.: *Inestabilidad Baroclina y Ciclogénesis en Mediterráneo Occidental*. I.N.M. Madrid. 1988.

7 Vid. JANSÁ CLAR, A.: «Non alpine mediterranean cyclogenesis. Argelian sea cyclogenesis» en *La Meteorologie*. Núm. spécial. N.º 34. Septiembre 1983. Actes de la conférence «Eau verte, eau bleue». Marseille (6-8 Septembre 1983).

MAPA 1

Evolución sinóptica en las jornadas de lluvias intensas de 28 septiembre-7 octubre 1986.

a) *Antecedentes: el verano de 1986*

El período estival⁸ de 1986 fue un semestre cálido en el cuadrante suroriental peninsular que coincidió, sin embargo, con unos valores pluviométricos elevados. Dejando al margen el agostado mes de junio y el asimismo cálido mes canicular de agosto, el mes de julio había dejado buena prueba de los efectos pluviométricos asociados a las dinámicas atmosféricas meridianas en altitud con el desarrollo del episodio de lluvias torrenciales de 25 de julio que afectó a numerosas comarcas interiores de Murcia, Alicante y Valencia así como a las provincial de Albacete, Cuenca, Teruel, Zaragoza y el conjunto de Cataluña. En efecto, un potente sistema convectivo de mesoscala, asociado al sector difluente de una pequeña onda polar con eje en torno a 10° L. Oeste, barrió de suroeste a noreste la mitad oriental de la Península. El análisis de la evolución horaria del sistema convectivo de mesoscala a través de las imágenes infrarrojas del Meteosat muestra uno de los mejores ejemplos de efecto de succión de un «streak» o ramal del Jet polar que, situado sobre la fachada mediterránea peninsular, incrementa los efectos inestables asociados a la presencia de campos de divergencia en altitud. La acumulación de calor sensible de las jornadas previas, los mecanismos de transferencia energética marina en unos flujos del segundo cuadrante circulando bajo un régimen de marasmo y los efectos friccionales orográficos se encargarían de incrementar, en superficie las condiciones de inestabilidad atmosférica absoluta.

b) *Las jornadas iniciales del episodio*

Este episodio, junto al ocurrido a mediados de septiembre por efectos de circulación meridiana norte-sur motiva que la temperatura superficial marina sobre el sector argelino sea algunas décimas inferior los meses de agosto y septiembre respecto al mismo período de los años 1985 y 1987. No obstante, la temperatura registrada del mar a partir de las imágenes del NOAA fue de 24,2° C en este sector argelino, el más cálido del Mediterráneo Occidental. El factor de inestabilidad de superficie (temperaturas marinas elevadas y colchón de aire cálido y húmedo sobre ellas) necesario en los procesos de inestabilidad tardoestivales en el ámbito mediterráneo está, por tanto, dispuesto ante cualquier situación de baroclinidad provocada por invasiones meridianas de masas de aire frío.

En efecto, tras unos jornadas muy cálidas (días 20 a 24 de septiembre) originadas por la presencia de una cresta poco acusada de aire tropical continental en altitud sobre la mitad meridional peninsular, la situación atmosférica deviene inestable por la progresiva profundización de una onda de aire frío que, ubicada al norte de la cuenca occidental mediterránea los días 25 y 26 experimenta un proceso de retrogresión por la acusada mengua del índice zonal que sufre la circulación atmosférica de latitudes medias en el Atlántico norte y Europa Occidental. La presencia de esta onda favorece el desarrollo de las primeras lluvias del episodio por la génesis de núcleos convectivos que, anclados sobre las alineaciones del Prebético de la Marina Alta, llegan a descargar cantidades superiores a 20 mm

8 Los estudios climáticos del verano en la fachada mediterránea peninsular y, en concreto, de su mitad meridional deben rechazar, por sistema, los rígidos límites de la división estacional astronómica, puesto que la propia ubicación geográfica de estas tierras y su estrecha imbricación con la propia evolución térmica del Mediterráneo Occidental favorece la prolongación de los rasgos de tiempo estival, tanto en el momento de inicio como de cese de los mismos. Ello sin desconocer que la sensación popular de entrada y salida del verano varía anualmente en relación con la aparición de unas u otras situaciones sinópticas y en definitiva, con la llegada de masas de aire de naturaleza diversa a este ámbito.

MAPA 2

Evolución sinóptica en las jornadas de lluvias intensas de 28 septiembre-7 octubre 1986.

en Alcalalí, Gata y Denia.

Se instala así, el día 27 una vaguada relativamente profunda, con eje SW-NE con escasa longitud de onda y gran amplitud con seno sobre el Mediterráneo Occidental, al tiempo que una potente dorsal invade las tierras de Europa Occidental con eje en dirección noreste provocando la instalación, en superficie, de un extenso anticiclón de bloqueo con ápice sobre Bretaña (1.028 HPa) que impone un régimen de levante sobre la fachada mediterránea peninsular (mapa 1). Durante esta jornada descargan cantidades importantes en las estaciones más septentrionales de la Marina Alta (Denia 59 mm, Javea 31 mm) si bien las lluvias son generales en toda la comarca.

La situación de inestabilidad atmosférica se agrava en día 28 por la profundización, por una parte, de la onda retrógrada sobre el Mediterráneo Occidental en cuya rama descendente circula un «streak» desgajado del Jet polar visible en 300 HPa y, por otra parte, por la potenciación del alta de bloqueo que con ápice bicéfalo (1032 HPa) —uno sobre Bretaña, Normandía y suroeste de Inglaterra y otro sobre Alemania y Polonia— agudiza el régimen de levante por el aumento del gradiente horizontal de presión (mapa 1). Ambos factores favorecen la formación de células tormentosas, aún sin jerarquía, que imponen lluvias generalizadas en la provincia con máximos más destacados (superiores a 50 mm) en las comarcas septentrionales. Uno de estos núcleos convectivos provoca la descarga de 208 mm en el área de Beniarrés.

c) *Los días centrales (29 y 30 de septiembre). La formación de un potente sistema convectivo de mesoscala*

Los dos jornadas finales del mes de septiembre concentran los mayores volúmenes de lluvia precipitada del conjunto del episodio en toda la provincia. La situación atmosférica (mapa 2), en efecto, registra los índices más elevados de inestabilidad y ello debido a los siguientes factores:

- desarrollo de una depresión fría, en el seno de la vaguada retrógrada, reconocible en altitud desde los 700 HPa —con nivel de isocero a 3.120 m— que se ubica sobre la cuenca argelina del Mediterráneo Occidental. El ramal desgajado del Jet polar (vid. supra) bordea la depresión fría en 300 HPa contribuyendo a animar la vorticidad ciclónica. La topografía relativa 500/1.000 HPa marca, en efecto, esta depresión con el cerramiento de dos equiescalares⁹ el día 30. (mapa 3).
- el panorama sinóptico en superficie presenta el régimen de levante generado en las jornadas previas, si bien el día 29 son las altas presiones del potente anticiclón de bloqueo europeo¹⁰ las que imponen esta circulación superficial de vientos marítimos, mientras que el día 30 el régimen de levante se ve animado por la formación de una depresión argelina centrada en el sector de Alborán a 18 h. Aunque la situación atmosférica no es la paradigmática para su gestación, se puede hablar de la formación de un desarrollo ciclogénico no alpino o depresión de Argelia tal como la ha definido Jansa Clar, puesto que las causas genéticas (aumento de baroclinidad, diferenciación de núcleos de vorticidad) están presentes.

⁹ Vid. LLASAT BOTIJA, M. C.: *Gota fría*. Ed. Boixareu Universitaria. Barcelona. 1991, p. 71.

¹⁰ En la jornada del 29 se puede hablar de «situación de gota fría» en la acepción acuñada por Scherhag en 1937.

MAPA 3
Topografías relativas 500/1.000 HPa de los días 28, 29 y 30 de septiembre 1986.

Los índices de inestabilidad manejados¹¹ reflejan la probabilidad elevada de desarrollo de tormentas fuertes¹² hecho que se ratifica al contemplar las imágenes satelitarias de ambas jornadas. En efecto, en estas condiciones atmosféricas de inestabilidad la espiral ciclónica argelina anima la formación de importantes células nubosas que exceden el rango de la tormenta convectiva y constituyen auténticos complejos o sistemas convectivos de mesoscala. En efecto, cuando las condiciones atmosféricas reúnen los factores esenciales para el desarrollo de un proceso inestable (inestabilidad en las capas altas, aire cálido y húmedo en superficie) los efectos que de ellos se derivan se resumen en la formación de estructuras nubosas energéticas, merced al establecimiento de gradientes térmicos en la vertical elevados y de evoluciones pseudoadiabáticas del aire ascendente desde bajos niveles. El resultado es la génesis de células tormentosas que aumentan progresivamente de tamaño y terminan por agregarse unas a otras formando sistemas de mesoscala animados por la propia liberación de calor latente producida por las condensaciones copiosas que en ellos operan. El meteorólogo R. Madoxx ha acuñado la expresión «Complejo Convectivo de Mesoscala» para referirse a una gran área nubosa de varios centenares de kilómetros de diámetro máximo identificable a través de las imágenes infrarrojas de los satélites meteorológicos y asociados a lluvias intensas. Para el ámbito mediterráneo es más propio hablar, como afirma Riosalido, de «Sistemas Convectivos de Mesoscala» de tamaño menor a los anteriores aunque con diámetros máximos que alcanzan los 300 kilómetros.

Las imágenes infrarrojas del Meteosat de los días 29 y 30 presentan, no obstante, un potente sistema convectivo de mesoscala sobre el Mediterráneo Occidental que comienza a generarse a mediodía del día 29 y que alcanza magnitud de complejo a primeras horas del día 30. En efecto a los 10 h. T.M.G. de esta jornada el complejo nuboso cubre la práctica totalidad de la cuenca occidental mediterránea lo que da una idea de los activos procesos de transferencia energética desarrollados. Resulta impresionante contemplar en las imágenes de satélites el movimiento de arrastre de aire sahariano en niveles bajos que arranca del mismo Golfo de Syrte en Libia. Como en el episodio de lluvias torrenciales de octubre de 1982, se reúnen de nuevo las condiciones para la aparición de un Low Level Jet o Chorro de bajos niveles de aire muy cálido y húmedo que alimenta los intensísimos procesos de evaporación en la cuenca mediterránea. En estos casos las abundantes condensaciones desarrolladas en el sistema y los energicos movimientos ascensionales que se operan dentro de los cumulonimbos generan techos de nube con temperaturas inferiores a -32°C en los sectores periféricos llegando a rebasar los -64°C (temperaturas de tropopausa) en las zonas de mayor actividad.

El análisis de la evolución estos sistemas convectivos de mesoscala permite delimitar el ámbito de los efectos pluviométricos de las células tormentosas, teniendo presente aspectos tan importantes como los efectos friccionales asociados a los relieves costeros de la fachada mediterránea peninsular. En el episodio que nos ocupa, las lluvias resultan intensísimas en la jornada del 29 en toda la provincia (vid. cuadro 1), siendo la Marina alta y puntos de los valles de Alcoy los que recogen totales en 24 h. más elevados (volúmenes superiores a 100 mm en todos los observatorios de estas comarcas septentrionales), y ello por el anclaje que sufren los núcleos tormentosos en los relieves de las comarcas septen-

11 Debo mostrar mi agradecimiento a la Sección de Explotación del Instituto Nacional de Meteorología por permitirme la consulta de los radiosondeos de la estación de Palma de Mallorca en las jornadas del episodio.

12 El índice K a 00 h. del día 30 nos da un valor de 26 (probabilidad de tormentas entre 60-80%). Por su parte, el índice total de totales del día 29 a 00 h. da un valor de 50 y de 51 a 00 h. del día 30 (signo de fuertes tormentas). El índice Castejón, por último, da valores superiores a 26 (28,1 y 30 a 00 h. de los días 29 y 30, respectivamente) lo que evidencia la posibilidad de desarrollo de tormentas.

Cuadro 1
ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN LAS ESTACIONES PROVINCIALES
ANALIZADAS DURANTE LOS DÍAS 28-30 DE SEPTIEMBRE DE 1986

Estación	P. máx. 24 h. día central	P. Total mensual	P. Total anual	% sobre total mensual	% sobre total anual
Marina Alta					
Denia	217,0	352,5	929,9	62	23
Pego	132,8	232,9	621,4	57	21
Vall de Laguart Fontilles	175,0	288,0	761,0	61	23
Benisa	176,0	361,2	753,9	49	23
Pedreguer	231,0	375,0	897,0	62	26
Vergel	147,2	345,5	664,8	43	22
Alcalali	220,0	407,0	1.041,0	54	21
Marina baja					
Callosa Ensarria	200,0	264,0	750,0	76	27
Sella	136,5	240,9	480,0	57	28
Tarbena	241,1	503,7	915,2	48	26
Campo de Alicante					
Alicante C. Jardín	75,3	104,1	380,2	72	20
Tibi Pantano	78,0	143,3	353,7	54	22
Bajo Segura					
Pilar Horadada	53,5	144,3	493,9	37	11
Orihuela C.H.S.	32,4	46,8	249,9	69	13
Laguna Torrevieja	39,3	91,7	357,1	43	11
S. Miguel Salinas	30,0	69,5	—	43	—
Almoradí C.H.S.	58,0	73,4	327,9	79	18
Rojales	63,5	82,4	—	77	—
Callosa Segura	47,0	60,7	278,1	77	17
Alto Vinalopó					
Villena	67,0	139,6	426,7	48	16
Medio Vinalopó					
Novelda	70,0	126,0	359,5	56	19
Pinoso C.H.S.	28,0	51,5	265,6	54	11
Bajo Vinalopó					
Elche	84,2	91,8	327,0	92	26
Aerop. el Altet	62,5	91,6	336,2	68	19
Valles de Alcoy					
Alcoy Juan XXIII	350,1	565,5	1.118,5	62	31
Almudaina	204,0	413,0	976,8	49	21
Hoya de Castalla					
Ibi	185,0	337,0	746,0	55	25

Fuente: Centro Meteorológico Zonal de Valencia-Viveros.
Centro Meteorológico Zonal del Sureste.
Observatorio de Ciudad Jardín (Alicante).
Elaboración propia.

Evolución atmosférica de los días 29 y 30 septiembre.

trionales de la provincia. Núcleos de granizo llegan a precipitarse en algunos puntos de la Marina Alta (Denia, Gata de Gorgos) a primeras horas de la tarde. Igualmente el día 30 las cantidades recogidas son muy elevadas registrándose, junto a los cuantiosos volúmenes que siguen descargándose en el sector septentrional de la provincia —superiores a 75 mm en todos los casos—, un aumento en la intensidad de las lluvias caídas en las comarcas meridionales (Campo de Alicante)¹³, (Medio y Bajo Vinalopó y Bajo Segura) por la mayor extensión del sistema convectivo de mesoscala que llega a abarcar bajo su radio de acción el ámbito de las provincias de Murcia y, con menor intensidad en sus efectos, de Almería. Para el conjunto de ambas jornadas, las marcas de precipitación más elevadas en 24 h. se registran en Tormos (259 mm), Agres (233 mm), Denia (231 mm), Gata de Gorgos (223 mm), Jalón (220 mm) pero, por encima de ellos Alcoy (con 350 mm el día 29 a los que hay que sumar los 195 mm del día 30).

Los efectos estrictamente pluviométricos de estas jornadas centrales quedan perfectamente resumidos en las anotaciones que el observador de Aspe realiza en la ficha mensual de precipitaciones del mes de septiembre: «En los días 27 al 30 de septiembre, ha llovido más que de enero a estas fechas. Sigue el tiempo bien nublado».

d) *La evolución atmosférica de los días finales de episodio*

La situación de inestabilidad atmosférica continúa durante los primeros días de octubre, si bien la actividad tormentosa se reduce y los volúmenes caídos no adquieren el carácter diluviano de los días previos.

La depresión fría en altitud sigue ubicada sobre la cuenca argelina los días 1 y 2 (mapa 2), a la vez que la llegada de aire cálido y húmedo del mediterráneo desencadena algún chaparrón en diversos puntos de la provincia, más intensos el día 1. Los núcleos convectivos organizados por la rotación ciclónica pero carentes ya de la estructura de sistema convectivo aparecen anclados en los relieves de las comarcas septentrionales provocando la precipitación de máximos superiores a 50 mm en algunos sectores de la Marina Alta y Baja. El dato de lluvia máxima, para ambas jornadas, lo registra Altea (154 mm el día 1).

El aparente estado menguante de la subversión atmosférica torna su faz y la situación sinóptica deviene más inestable los días 3 y 4. En efecto, una onda polar atlántica abraza la Península realimentando la depresión fría de origen retrógrado que ahora aparece ubicada al suroeste de la Península Ibérica (día 3), desplazándose hacia el mar de Alborán el día 4. El régimen superficial de marasmo de estas jornadas favorece el arrastre del aire mediterráneo en virtud de la circulación ciclónica general de la atmósfera en este sector, lo que provoca el desarrollo de un nuevo sistema convectivo de mesoscala que adquiere su máxima energía a última hora del día 3 (21 h. T.M.G.). Sus efectos pluviométricos ya no son, sin embargo tan acusados, dada la pérdida energética sufrida por el Mediterráneo en la cuenca argelina desde el comienzo del episodio. Las cantidades mayores se recogen, en este caso, en las poblaciones del sur de la provincia, por la propia evolución del sistema nuboso (vid. gráfico). San Miguel, Orihuela, Almoradí recogen más de 30 mm en 24 h., pero es El Pilar de la Horadada la que registra un máximo de mayor volumen (70 mm). Las lluvias son, por lo demás, generales en toda la provincia, si bien las cantidades no superan los 30 mm (mapa 4).

¹³ Resultan interesantes las observaciones que anotan los observadores de Tibi en las fichas mensuales de precipitación. Así, el de la «casa Taleca» anuncia «desbordamiento del río Verde, pantano lleno», mientras que el del pantano avisa «en el pantano está a punto de saltar el agua por el aliviadero».

Evolución del sistema convectivo de mesoscala a lo largo del episodio.

MAPA 4

Evolución sinóptica en las jornadas de lluvias intensas de 28 septiembre-7 octubre 1986.

Tras una jornada de «relativa» tranquilidad tormentosa (día 5), la dinámica atmosférica experimenta un nuevo proceso de retrogresión de ondas el día 6, que cobrara máxima intensidad a partir del día 8. Durante estas jornadas finales el panorama sinóptico de superficie ofrece invariablemente una situación de pantano barométrico con muy débiles gradientes horizontales de presión y circulación de vientos del segundo cuadrante. La vorticidad ciclónica de la depresión fría situada sobre la mitad meridional de la Península y mar de Alborán favorece la llegada de flujos cálidos y húmedos originando algunos núcleos convectivos con estructura anárquica que no trascienden la jerarquía de cúmulo. Las tormentas desatadas no provocan la precipitación de grandes cantidades (inferiores a 20 mm en toda la provincia) si bien el panorama de cielos cubiertos y algo grado de humedad en el ambiente continúa caracterizando el tiempo de estas jornadas.

Las lluvias persistirán en las tierras alicantinas durante toda la primera quincena del mes de octubre pero a partir del día 10 la situación atmosférica causante de las mismas ya no tendrá los mecanismos de retrogresión como agente causante, sino que deberán su génesis a los efectos de una advección de aire polar marítimo sobre la Península Ibérica.

e) Conclusiones: las consecuencias del episodio

El análisis de las consecuencias de estos episodios de lluvias intensas nos sitúa ante dos realidades contrapuestas. En primer lugar, los naturales efectos pluviométricos asociados a estos procesos de inestabilidad tardoestivales en el ámbito mediterráneo, que constituyen un elemento inherente de sus rasgos climáticos. Los mecanismos de reajuste del balance energético en latitudes medias van asociados en los meses finales de verano a la aparición de estas subversiones meteorológicas en el Mediterráneo Occidental, hecho que justifica plenamente el calificativo de «época paroxismal» acuñado por Durand-Dastes para referirse a los procesos de reajuste circulatorio equinocciales.

El mapa de las lluvias acumuladas en los observatorios provinciales y el cuadro de localidades con volúmenes totales superiores a 300 mm con ser expresivos no difieren, en su concepción, de cualquier otro que pudiera aportarse en el comentario de los sucesivos procesos de precipitación torrencial que han azotado la fachada mediterránea peninsular en la década de los 80. Lo verdaderamente significativo en ellos es la localización de las áreas más afectadas puesto que ello se asocia a la segunda realidad condigna a estos episodios: las catastróficas secuelas que dejan estas lluvias intensas en las actividades humanas tanto por el desencadenamiento de fenómenos de inundación por desbordamiento de ríos y barrancos, como por el propio encharcamiento de terrazgos y sus efectos en los cultivos.

En el sector agrícola, resulta significativo, en este episodio, la relación inversa que existe entre pérdidas de cosecha y volúmenes totales de lluvia caídos. En efecto, aquellas comarcas que se vieron más afectadas por las intensidades pluviométricas registran pérdidas menores de sus cosechas y en ello influye, junto a la naturaleza del terreno o el trazado de los terrazgos, el propio ciclo de cultivo. En efecto, el «Informe sobre daños ocasionados en la agricultura por las tormentas registradas en la provincia de Alicante» en estas jornadas ofrece una valoración de pérdidas, en la comarca de los Valles de Alcoy, la que mayores lluvias recoge, que no ascienden en su conjunto a 50 millones de pesetas, puesto que los cultivos de frutal de área de la montaña ya estaban recogidos cuando acontece el episodio siendo los más afectados los cultivos hortícolas circundantes al río Serpís. Mayores perjuicios sufrió el campo en aquellas comarcas de la provincia donde las tormentas descargaron menores cantidades, si bien elevadas si se tienen en cuenta su medias anuales (Medio y Bajo Vinalopó y Bajo Segura). En estas dos últimas, las pérdidas en cultivos

OBSERVATORIOS PROVINCIALES CON PRECIPITACIONES TOTALES ACUMULADAS SUPERIORES A 300 mm. EN EL CONJUNTO DE JORNADAS DEL EPISODIO (26 SEPTIEMBRE-7 OCTUBRE 1986)

ESTACIÓN	P. TOTAL EPISODIO	P. MÁXIMA 24 h.	DÍA
MARINA ALTA			
DENIA	436,8	217,0	29
BENISA	437,8	176,0	29
PEDREGUER	497,0	231,0	29
VERGEL	344,0	147,2	30
PEGO	330,0	133,0	29
ALCALALI	493,0	220,0	29
JALON	591,0	223,0	29
GATA DE GORGOS	442,0	185,0	29
TORMOS	479,5	259,0	29
MARINA BAJA			
CALLOSA ENSARRIA	507,2	216,7	30
BOLULLA	430,0	175,0	29
TARBENA	571,9	241,1	29
ALTEA	382,0	154,0	1 OCT
E. GUADALEST	555,0	198,0	30
VALLES DE ALCOY			
ALCOY JUAN XXIII	642,0	350,0	29
ALMUDAINA	478,0	204,0	29
AGRES	559,0	233,0	30
P. BENIARRES	500,0	209,0	29
GORGA	517,0	232,0	30
HOYA DE CASTALLA			
IBI	380,0	185,0	29
ALTO VINALOPÓ			
BAÑERES	467,0	123,0	30

FUENTE: Centro Meteorológico Zonal de Valencia-Viveros.
Elaboración propia.

hortícolas y en algodón, por daños directos o por pudrición supera los 250 millones. Pero son, empero, los daños en la uva de mesa del Medio Vinalopó los que ofrecen las cantidades más elevadas. Las pérdidas estimadas ascienden, en este caso, a mil setecientos sesenta millones, por efecto de la pudrición de granos de uva Italia embolsada y Aledo embolsada

14 El observador de Aspe hace notar estos efectos en las observaciones de la hoja mensual de precipitaciones del mes de octubre: «Muy Srs. míos: Debido a las abundantes lluvias de este mes y el anterior, se pudre la uva de mesa embolsada con grandes pérdidas económicas».

*Lluvias acumuladas en los observatorios provinciales en el conjunto del episodio
(27 septiembre-7 octubre 1986).*

por la presencia dominante de *Botrytis cinerea*¹⁴.

Y pese a este volumen total de pérdidas no se concibió ningún plan de ayudas al campo como los desarrollados en octubre de 1982, noviembre de 1987 o septiembre de 1989.

No ocurre lo mismo en el terreno de las infraestructuras viarias y viviendas afectadas por el desbordamiento de colectores (Serpis, Gorgos, Girona, Algar-Guadalest y barrancos de las comarcas meridionales) donde volúmenes de lluvia y pérdidas totales van, aquí, parejas. Así, la política de ayudas de la Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y

Transportes, supone un conjunto de subvenciones para el área más castigadas, Alcoy, que asciende a 409 millones de peseta, mientras que para el resto de la provincia no alcanza los 150 millones.

Las recomendaciones propuestas por la Organización Meteorológica Mundial en su «Guía de prácticas agrometeorológicas» sobre la necesidad de efectuar estudios de los fenómenos atmosféricos que afectan las actividades humanas con el fin de elaborar programas de actuación no deben considerarse como una mera declaración de buenas intenciones. El análisis de los efectos económicos y de las consecuencias territoriales es, por tanto, esencial en cualquier estudio de subversiones atmosféricas puesto que sólo a partir de él es posible delimitar áreas no sólo de riesgo potencial sino de catástrofe y así poder adelantar propuestas de ordenación de áreas de cultivo o localización óptima de viviendas e infraestructuras.

Bibliografía

- ASCASO LIRIA, A. y CASALS MARCÉN, M.: *Vocabulario de Términos Meteorológicos y Ciencias afines*. I.N.M. Madrid. 1986.
- BARRY, R. G.; PERRY, A. H.: *Synoptic Climatology. Methods and Applications*. Methuen and Co. Ltd. London. 1973.
- BARRY, R. G. y CHORLEY, R. J.: *Atmósfera, tiempo y clima*. Ed. Omega. Barcelona. 1980.
- CASCOS MARAÑA, C.: *Contribución al estudio de los tipos de tiempo en los veranos de Valladolid*. Institución Cultural Simancas. Valladolid. 1982.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, A. et alt.: *Los efectos de la meteorología sobre la economía nacional*. I.N.M. Madrid. 1987.
- FONT TULLOT, I.: *Climatología de España y Portugal*. I.N.M. Madrid. 1983.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J.: *El Clima en Castilla y León*. Ed. Ámbito. Valladolid. 1986.

- GARCÍA-MOYA, J. A.; JANSÁ, A.; DÍAZ-PABÓN, R. y RODRÍGUEZ, E.: «Influencia de la orografía y la condensación en la Ciclogénesis de Argelia» en *Primer simposio nacional de predictores del I.N.M.* Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 1989. pp. 179-187.
- GIL OLCINA, A.: «Causas climáticas de las riadas» en *Avenidas fluviales e inundaciones en el Mediterráneo.* Instituto Universitario de Geografía y Caja de Ahorros del Mediterráneo. Alicante. 1989.
- I.N.M.: *Calendario Meteorológico.* Años 1987 y 1988.
- JANSA CLAR, A.: *Inestabilidad Baroclina y Ciclogénesis en el Mediterráneo Occidental.* I.N.M. Madrid. 1988.
- LÓPEZ GARCÍA, M. J.: *La temperatura del mar Balear a partir de imágenes de satélite.* Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Valencia. 1991.
- LLASAT BOTJA, M. C.: *Gota fría.* Ed. Boixareu Universitaria. Barcelona. 1991.
- MEDINA ISABEL, M.: *Meteorología Básica Sinóptica.* Ed. Paraninfo. Madrid. 1976.
- NAYA, A.: *Meteorología superior.* Espasa Calpe. Madrid. 1984.
- PEDELABORDE, P.: *Introduction a l'etude scientifique du climat.* Sedes. Paris. 1982.
- PETTERSSSEN, S.: *Introducción a la Meteorología.* Espasa Calpe. Madrid. 1976.
- QUEREDA SALA, J.: *Ciclogénesis y gotas frías en el Mediterráneo Occidental.* Excma. Diputació Provincial de Castelló. Castellón. 1989.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A. y MARTÍN LEÓN, F.: «Desarrollo de un sistema convectivo de mesoscala durante la campaña Previmet Mediterráneo-87» en *Primer simposio nacional de predictores del I.N.M.* Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 1989. pp. 67-83.
- RIOSALIDO, R.: «Caracterización mediante imágenes de satélite de los sistemas convectivos de mesoscala durante la campaña Previmet Mediterráneo 89» en *Segundo simposio nacional de predicción del I.N.M.* Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 1991. pp. 135-148.
- SCORER, R.: *Investigación de las nubes por satélite.* Ed. Omega. Barcelona. 1989.