

*Estudio y casos reales de fenómenos meteorológicos severos ocurridos en la costa e islas del Mediterráneo español*

# Meteorología adversa

## en el área del Mediterráneo

*Alfredo Vizcaíno Aragón, Cde. MD80. Dirección de investigación de accidentes, Área de Seguridad del COPAC.*

**E**n los meses de septiembre y octubre se producen en el Mediterráneo una serie de cambios climáticos por todos conocidos y cuya severidad, en algunos casos, debemos tener muy en cuenta a la hora de planificar nuestro vuelo. A continuación se describen los fenómenos más importantes denominados técnicamente sistemas nubosos mediterráneos, y que incluyen movimientos convectivos (células tormentosas), DANA (Depresiones Aisladas en Niveles Altos) y precipitaciones intensas de escasa convección, o lluvias cálidas.

### MOVIMIENTOS CONVECTIVOS

El término convección profunda hace referencia a aquellas regiones de fuertes corrientes ascendentes (superiores a 10m/sg) que se extienden por la mayor parte de la troposfera, con una sección horizontal entre 10 y 100 Km<sup>2</sup>, y que pueden llevar asociadas fuertes vientos, tormentas, precipitaciones intensas, granizo, tornados y gran actividad eléctrica.

Según la interpretación del radar del centro meteorológico, se clasifi-

can en células simples, multicélulas y supercélulas.

- Células simples:

Consisten en dos corrientes (ascendente y descendente), que se desarrollan en entornos de débil o nula cizalladura vertical del viento, por lo que la corriente descendente interacciona rápidamente con la ascendente, reemplazándola. La duración aproximada es de 30 a 50 minutos.

En su etapa madura el aire descendente, cercano a su nivel de saturación, se mezcla con aire más seco al alcanzar niveles inferiores en la troposfera, produciéndose fuertes evaporaciones que lo enfrían y aceleran estas corrientes. En algunas ocasiones, éstas llegan a ser intensas produciéndose reventones o "downbursts". Finalmente, el aire llega a la superficie, donde se dispersa en todas las direcciones, apareciendo el primer frente de racha.

La actividad eléctrica de estas células se desarrolla en niveles cuyas temperaturas oscilan entre los -15°C y -20°C. Aunque estadísticamente no suelen producir un tiempo severo, pueden contener algo de granizo y precipitación de corta duración y muy localizada.

- Multicélulas:

Están formadas por conjuntos de células en distintas fases de desarrollo con moderada cizalladura vertical del viento. Las ascensiones y descendencias no están tan localizadas como en las células simples, ya que presentan grandes áreas, y pueden prolongarse varias horas.

Están constituidas por una célula madre que genera unas corrientes descendentes y un microfrente de racha en superficie que favorece la intensificación de ascensiones, originando la formación de una nueva célula. Ésta se convierte en una equivalente a la anterior, repitiéndose el proceso.

El efecto en superficie puede ser severo, con vientos fuertes, lluvias localmente intensas, especialmente si su movimiento es lento, granizo, y muy excepcionalmente algún tornado.

Su estructura está muy ramificada, originando rayos intranube (IC) y hacia tierra desde su centro (CG).

- Supercélula:

Es una gran e intensa corriente ascendente cuasiestacionaria y en rotación. Se forma en entornos de fuerte cizalladura vertical del viento y alta inestabilidad.

La supercélula alcanza su grado de madurez a los 90 minutos de su inicio, y a diferencia de las multicélulas, las corrientes ascendentes se intensifican, siendo capaces de sostener mayor cantidad de precipitación.

Se está gestionando en la actualidad un acuerdo de colaboración entre el COPAC y el INM, para impartir seminarios sobre distintos temas meteorológicos, dada la importancia que tiene para nuestra operación diaria

## Estudio de áreas a través del satélite

Los servicios de predicción de los centros meteorológicos analizan los sistemas convectivos con imágenes digitales semihorarias del METEOSAT. Su estudio y diagnóstico se basa en parámetros como la temperatura mínima, media, mediana, moda y desviación típica, isoterma, posición más fría de la nube, etc.

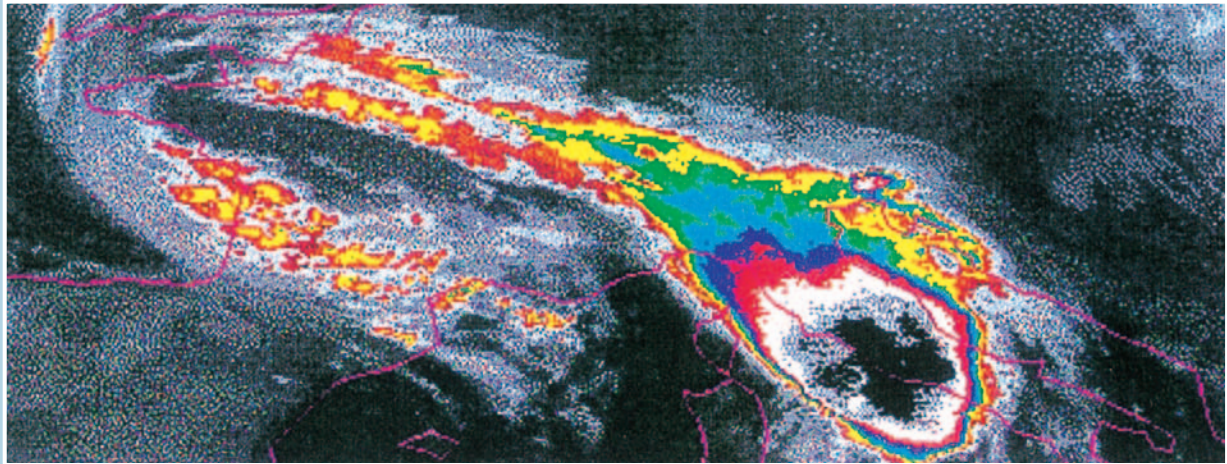
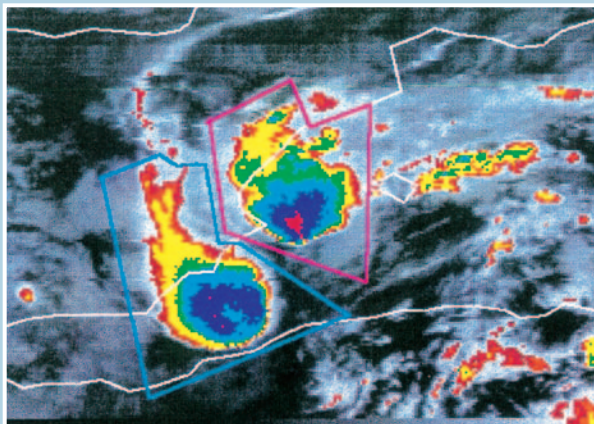
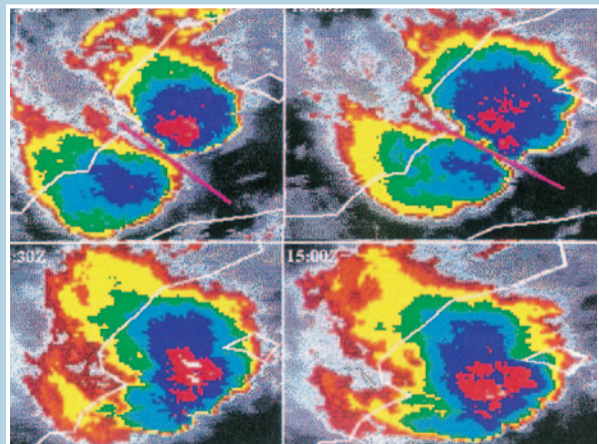


Imagen original IR Meteosat de un SCM



Polígonos generados interactivamente para la selección del área a estudiar



Ejemplo de fusión entre dos SCM

Son clasificadas en supercélulas de baja, alta precipitación o clásicas, si ésta es moderada.

En superficie siempre van acompañadas de tiempo muy marginal, con granizo de grandes dimensiones debido a las fuertes corrientes ascendentes, y la mayoría de tornados más violentos son originados por este tipo de células. El tornado se hace visible como una especie de tubo que prende de la base de la nube, y se produce donde se localiza la entrada de aire cálido en niveles bajos.

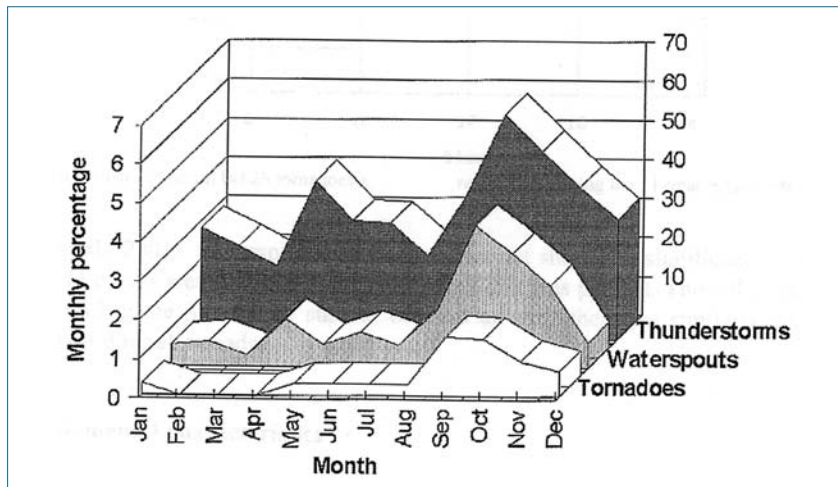
La distribución de carga eléctrica de la supercélula se conoce muy poco, aunque es la más activa de todas las tormentas.

COLOR	INTERVALO DE TEMPERATURAS
rojo oscuro	-32°C >= T > -36°C
marrón claro	-36°C >= T > -40°C
amarillo	-40°C >= T > -44°C
verde	-44°C >= T > -48°C
cian	-48°C >= T > -52°C
azul	-52°C >= T > -56°C
rojo	-56°C >= T > -60°C
blanco	-60°C >= T > -64°C
gris	-64°C >= T > -68°C
negro	-68°C >= T > -72°C

*Nota: La interpretación de colores utilizados por los satélites y radares meteorológicos no es la misma que los usados a bordo de las aeronaves.*

### TORNADOS Y TROMBAS MARINAS EN EL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

Entre 1989 y 1999 se registraron 27 tornados y 54 trombas marinas en las Islas Baleares, siendo septiembre y octubre los meses de mayor actividad. Se han realizado diversos estudios de estos meteoros con los datos obtenidos en esos 11 años, analizando su localización, formación, trayectoria y propiedades físicas, como los perfiles de temperatura y humedad, y clasificando su intensidad según la escala de Fujita. La dimensión de los tornados observados ha sido en un 75% similar a los producidos en el estado de Texas (EE.UU) y considerados en un 60% de intensidad moderada (F0 y



Porcentaje mensual de tornados y trombas marinas entre 1989 y 1999

F1) y en un 30% muy fuertes (F2 y más alto).

En un estudio realizado por M. Gayá, del Centro Meteorológico de Baleares, en Palma de Mallorca, se observó que la situación meteorológica sinóptica de los tornados desarrollados en Baleares era muy similar a aquellas que provocan fuertes lluvias en todo el área del Mediterráneo español, predominando una situación de baja presión en las capas medias de la troposfera con vientos del Suroeste.

La mayoría de tornados de fuerte intensidad fueron generados por supercélulas y tormentas rotativas. En muchos casos no se dispone de imágenes de radar, por lo que su velocidad se ha calculado según la regla de Davis&Johns, que analiza los perfiles verticales de los vientos.

Los estudios concluyen que las Islas Baleares presentan una tendencia importante de generación de tornados y trombas marinas. Trabajando con una base de datos reducida se puede señalar que los tornados identificados en Baleares tuvieron una dimensión aproximada de 4 Km, con movimiento Noreste y una intensidad máxima de F1 y F2 de la escala de Fujita, desencadenándose principalmente durante la tarde y noche de los meses de septiembre y octubre.

### TORMENTA DE ALICANTE EN 2003

En la madrugada del 5 de Septiembre de 2003 una estructura tormentosa de tipo supercelular situada

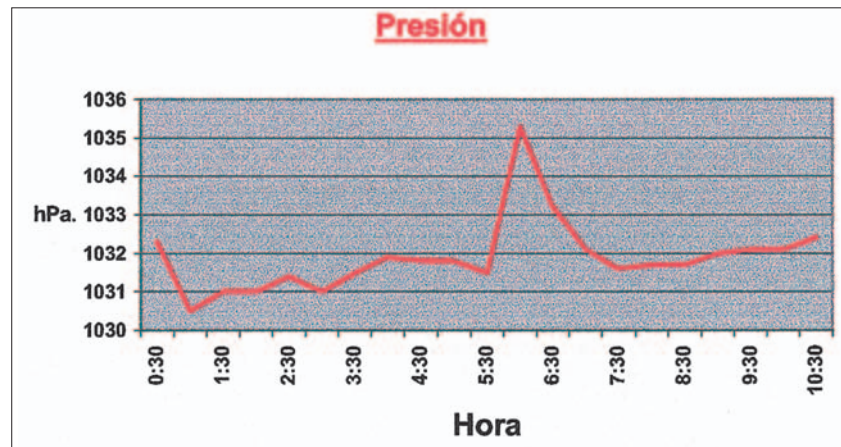
al Norte de la provincia de Granada fue captada por los radares meteorológicos de Cullera y Murcia. Esta formación fue desplazándose hacia la Comunidad Valenciana por la provincia de Alicante, descargando

intensas precipitaciones y granizo en la zona de Alcoy-Cocentaina.

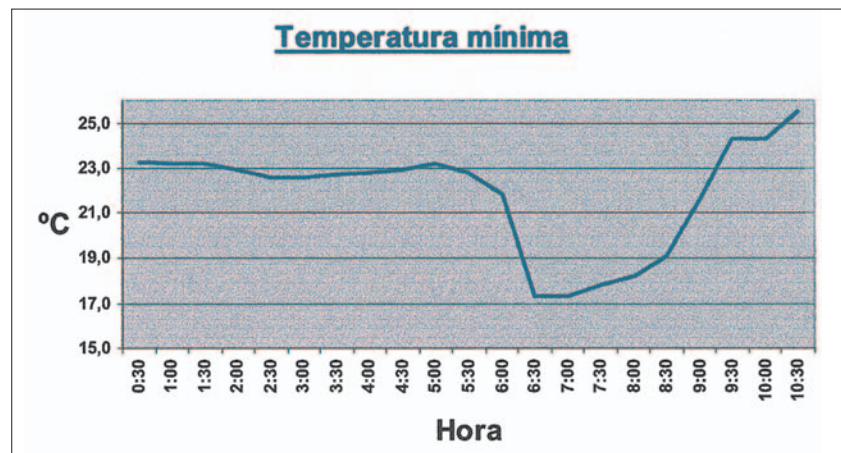
La masa de aire superficial del área era, debido a la influencia del Mediterráneo, mucho más cálida y húmeda, y por tanto menos densa que la supercélula situada tierra adentro. El núcleo más activo llegó a la línea de costa de Denia con una alineación Oeste-Este, adentrándose en el mar Mediterráneo. Esta misma estructura alcanzó las islas de Ibiza y Mallorca, dejando una víctima mortal, y disipándose en los alrededores de Menorca.

De la observación meteorológica se desprende que, aunque las estaciones pluviométricas en la zona registraron cantidades poco importantes, éstas se produjeron en un breve intervalo de tiempo, de 5 a 10 minutos, por lo que se estimaron precipitaciones máximas entre 130 y 150 l/m<sup>2</sup>/hora.

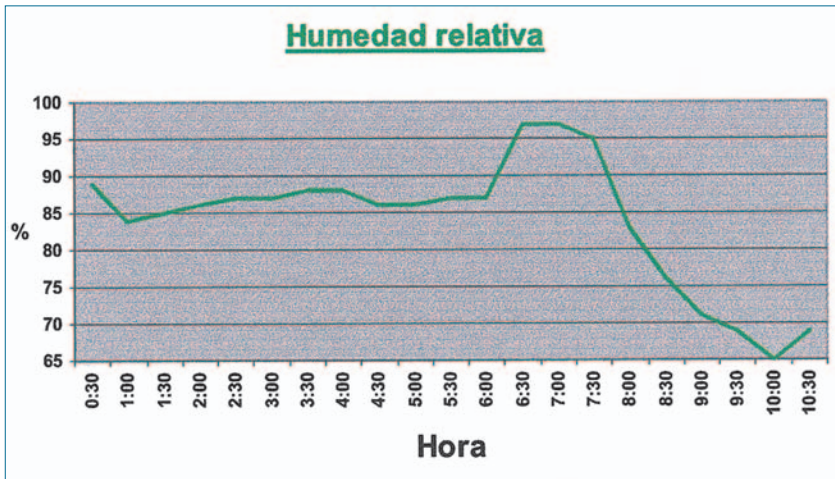
La estructura tormentosa se desarrolló en un entorno de moderada



La presión aumentó 4 hPa al paso de la tormenta, descendiendo posteriormente.



La temperatura descendió bruscamente 5° a su paso, subiendo más suavemente después.



La humedad relativa del día anterior y de la noche de la tormenta era del 85%, alcanzando a su paso valores de saturación próximos al 97%, y descendiendo posteriormente de manera más suave.

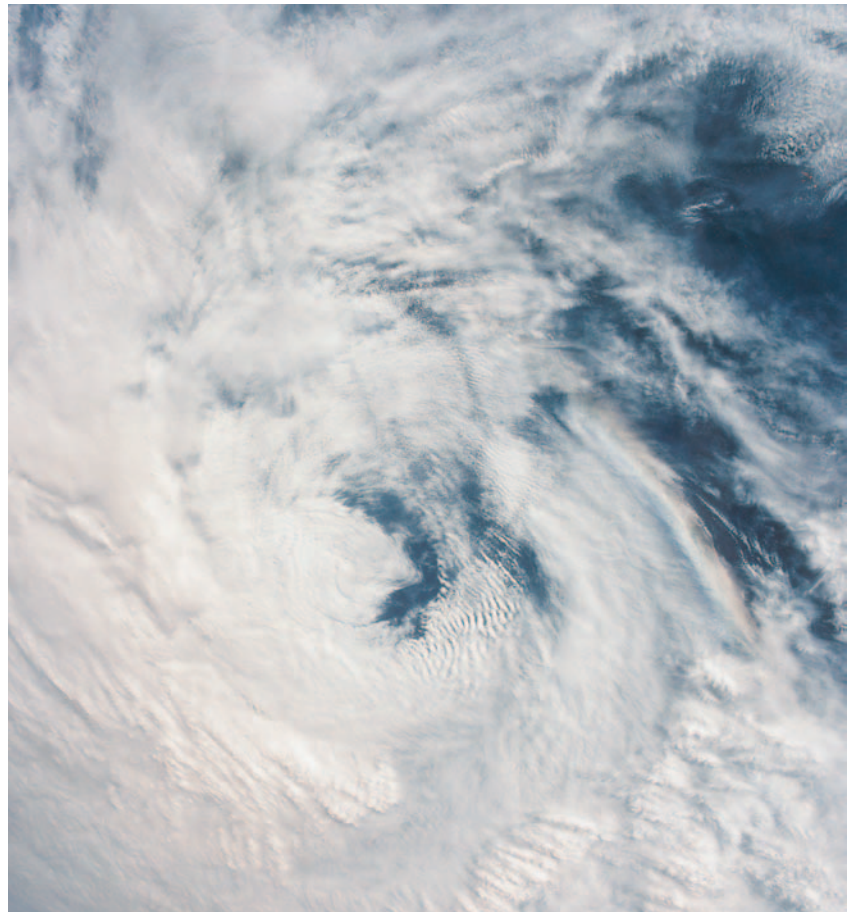
cizalladura y alta inestabilidad, lo que apunta a una supercélula con desplazamiento oeste-este. A su paso los vientos alcanzaron valores altos, dejando precipitaciones intensas acompañadas de granizo.

A pesar de la alta probabilidad no fueron detectados fenómenos más severos como tornados, aunque el contraste de aire frío y denso en las capas medias, con el cálido y húmedo procedente del Mediterráneo, hizo que la masa se desplomara a gran velocidad, provocando un reventón frío, y produciendo numerosos daños materiales en la comarca de Alicante, con vientos que ocasionalmente alcanzaron los 170Km/h, y similares a los de un tornado tipo F1 según la escala de Fujita.

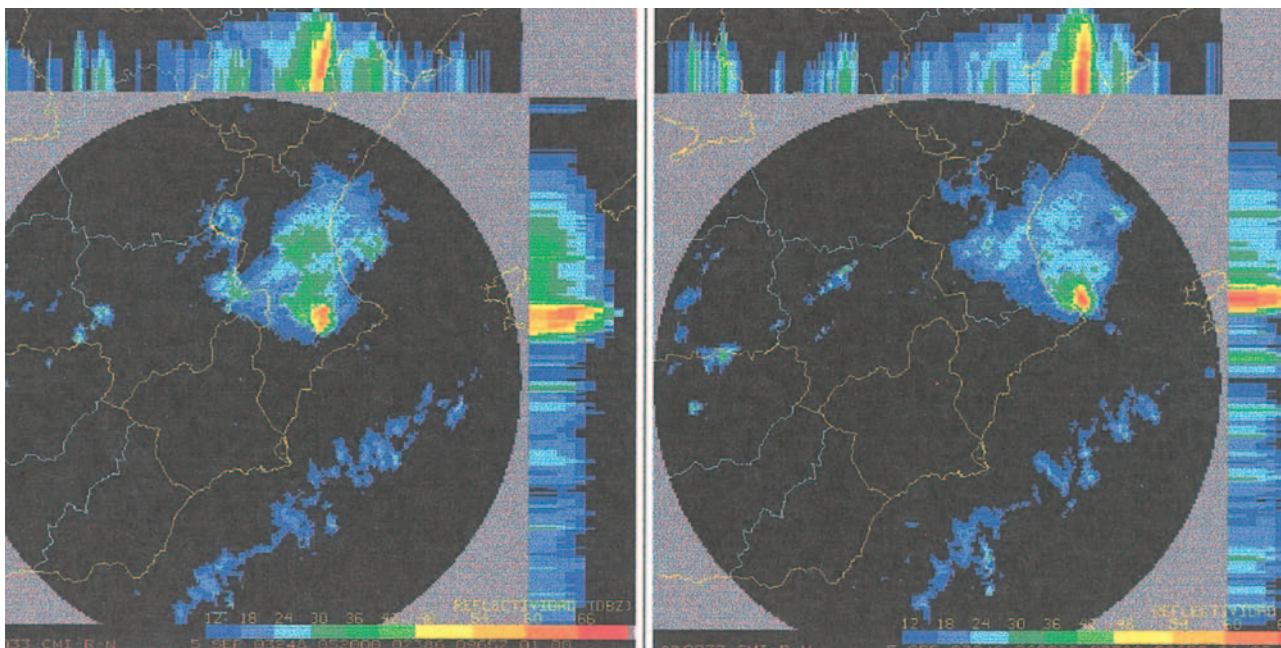
#### TORNADO QUE AFECTÓ EL ESTE PENINSULAR EN 1999

El 28 de agosto de 1999 una violenta tormenta con un tornado categoría F3 se desarrolló durante la tarde entre Teruel y Castellón. La situación meteorológica presentaba una baja térmica sobre la Península Ibérica con aire cálido y húmedo en superficie, mientras que un frente frío a niveles altos cruzaba España de Oeste a Este. Las diferencias de temperatura y densidad originaron una supercélula tormentosa acompañada de un tornado, agravando la situación el aire húmedo que procedía del Mediterráneo y la orografía típica del Sistema Ibérico y Pirineos. La convectividad es fre-

cuenta en esa zona en los meses de septiembre y octubre, con una media de 12 tormentas severas identificadas con gran aparato eléctrico, intensas precipitaciones y granizo.



La vigilancia meteorológica efectuada por los satélites es vital para conocer con antelación la formación o el rumbo de huracanes, tifones, diluvios y otros fenómenos climáticos catastróficos. En la imagen, tifón fotografiado desde el espacio (foto NASA).



La trayectoria Oeste-Este puede apreciarse con claridad en la imagen.

térmica con aire cálido y húmedo en el Mediterráneo con dirección Este, que alcanzaba el Sistema Ibérico, el Valle del Ebro y los Pirineos.

Esta configuración altamente inestable favoreció los movimientos convectivos y la cizalladura vertical que dio origen al desarrollo de las dos células tormentosas en el área, cuyo potencial desencadenó el tornado.

#### DANA Y GOTA FRÍA

El término gota fría ha sido utilizado históricamente como un “comodín” para identificar de manera equivocada cualquier fenómeno meteorológico asociado a violentas tormentas, lluvias y efectos desastrosos que provocan importantes pérdidas materiales y a veces humanas. Hoy en día, a pesar de que este término ha sido progresivamente abandonado por las diferentes escuelas de meteorología, sigue utilizándose en España y Alemania.

A continuación se exponen de manera más científica los fenómenos que se originan en los niveles altos de la atmósfera, denominados DANA, que no van asociados a sistemas frontales comunes, y entre los que se incluyen las gotas frías.

El origen de la gota fría aparece en 1886 en la escuela Alemana y

según su definición se trata de “una marcada depresión en altura, sin reflejo en la superficie, en cuya parte central se encuentra el aire más frío”. Por tanto, esta escuela resalta dos elementos básicos: uno, perturbación en altura (a partir de 5.500m) sin reflejo aparente en superficie, y otro, aire frío en niveles medios de la troposfera.

A pesar de esto, las nuevas teorías de la meteorología dinámica se-

### Los fenómenos más severos se localizan delante de la gota, en cuyo interior se producen intensas precipitaciones

ñalan que las depresiones en altura siempre tienen reflejo en niveles bajos y en superficie y se manifiestan en cambios de presión, temperatura, estabilidad y viento.

Los estudios desarrollados en 1976 por el meteorólogo Mariano Medina destacaban que la gota fría es un elemento de niveles altos, desgajado y aislado de la corriente en chorro (como se verá poste-

riormente), en el que el descenso de ese aire frío aumenta la inestabilidad y humedad en superficie.

Respecto al vuelo, hay que tener en cuenta que los fenómenos más severos se localizan delante de la gota, con altos cumulonimbos (sobre todo en zonas montañosas) ocultos por estratos y nimbos estratos, en cuyo interior se producen intensas precipitaciones acompañadas de granizo, pedrisco y fuerte engelamiento.

Por otro lado, conviene aclarar la asociación que se establece entre gota fría y chorro. El chorro polar es el que más afecta al hemisferio Norte, y por tanto a la Península Ibérica y Baleares. La dirección de este chorro es zonal con circulación Oeste-Este y fuertes vientos que pueden superar los 180 Km/h. El lado izquierdo y más cercano al Polo Norte es el más frío, y su parte derecha, más meridional, contiene aire cálido. Cuando el chorro se intensifica toma una componente Norte-Sur y se ondula, dando lugar a un proceso de estrangulamiento. Estas circulaciones a veces se alejan de su zona de origen y llegan a cerrarse sobre si mismas. Cabe destacar que el mismo proceso se produce en el chorro subtropical en latitudes más bajas y alturas entre los 11.000 m y 13.000 m.

Por tanto las DANA's sufren un

proceso de ondulación, separación, ruptura y aislamiento, con una circulación ciclónica cerrada de movimiento independiente y a veces estacionario, invirtiendo su trayectoria en algunas ocasiones a Este-Oeste, que se refleja en los 300 y 500hPa.

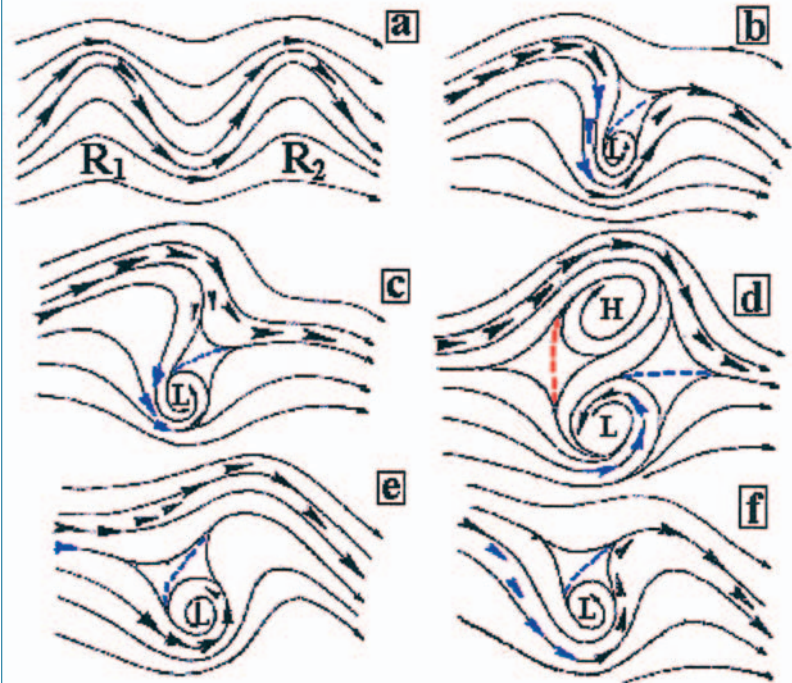
De esta manera, el concepto de DANA se refiere a las circulaciones intensas, mientras que la gota fría se basa en el núcleo de temperatura fría de la depresión cerrada.

#### LLUVIAS "CÁLIDAS" EN EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

El Grupo de Predicción y Vigilancia del Centro Meteorológico de Valencia ha venido observando en los últimos años, unos episodios caracterizados por la generación de lluvias muy intensas asociadas a sistemas nubosos de escasa convectividad, que han sido denominados como lluvias cálidas o advectivas. Estas, de difícil detección y predicción, presentan topes nubosos con temperaturas templadas, descargando únicamente precipitación líquida que oscila de moderada a torrencial en algunas ocasiones.

Estas lluvias, tienen lugar también al final del verano y durante el otoño. Las corrientes situadas en niveles troposféricos bajos advectan la masa de aire inestabilizada por el contacto del agua del Mediterráneo, cuya temperatura oscila

#### PROCESO DE FORMACIÓN DE UNA DANA



a) Ondulación de la circulación en chorro

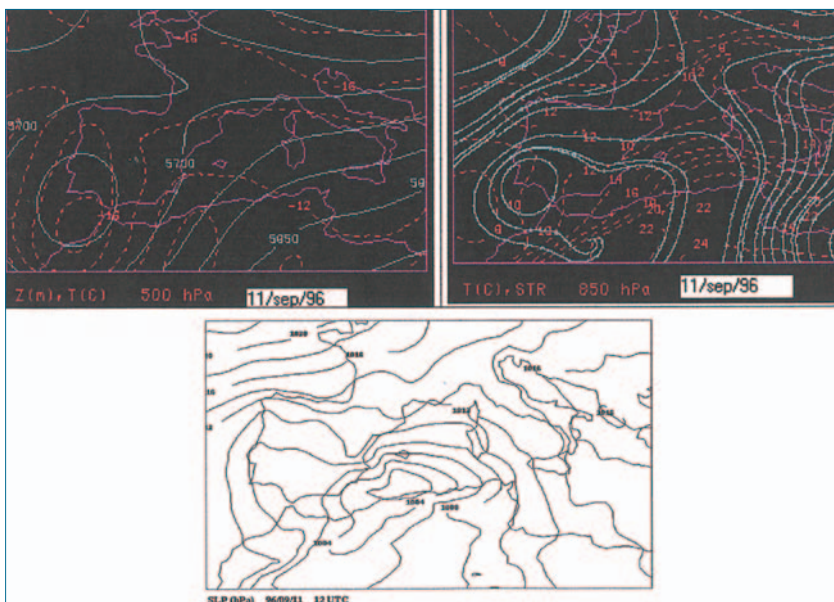
b) Estiramiento meridional Norte-Sur. L representa la DANA en sus momentos iniciales

c) Aislamiento inicial. La circulación independiente de la DANA la aleja de la circulación "madre"

d) Aislamiento total. La DANA se separa por completo de la circulación original. A veces se desarrolla en su parte Norte una dorsal o región de altas presiones (H)

e) Inicio de la absorción. Una rama del chorro tiende a absorber la DANA.

f) Estiramiento Sur-Norte y absorción completa.



Análisis del día 11 de septiembre de 1996 a las 12 según el modelo HIRLAM

en esa época entre los 22° y 24°. Este contraste térmico se produce entre la superficie y los 800 metros.

Las formaciones nubosas aparecen lejos del núcleo de la baja, en capas medias, sin entrar en contacto con las bolsas frías situadas a mayor altura.

La inestabilidad es alta y el espesor de las nubes pequeño, con topes bajos y escasa o nula cizalladura del viento. La actividad eléctrica es bastante baja, y las imágenes del satélite observan que los topes fríos en el canal de infrarrojo no son tan llamativos como los asociados a un movimiento convectivo.

#### LLUVIAS TORRENCIALES DE 1996

La situación meteorológica entre el 8 y 12 de septiembre venía marcada por el aislamiento y descolgamiento

## Efemérides

- 22 de septiembre de 1971. Fuertes inundaciones en Barcelona, provocan 16 víctimas.
- 18 de octubre de 1982. Fuerte temporal de lluvias en Alicante.
- 19 de octubre de 1982. Catastróficas y trágicas inundaciones con 40 víctimas en la provincia de Valencia, Alicante, Albacete y Murcia. El día 21 100.000 personas son evacuadas. Se derrumba la presa de Tous.
- 20 de octubre de 1982. En una sola hora se registran 110 l/m<sup>2</sup> en Alicante.
- 4 y 5 de noviembre de 1987. Inundaciones en Valencia por el desbordamiento del Júcar. Hay víctimas mortales y cuantiosas pérdidas materiales.
- 15 de octubre de 1989. Fuerte temporal de lluvias en Murcia.
- 28 de octubre de 1989. Inundaciones en Cataluña.
- 5 de septiembre de 1989. Tromba de agua en la provincia de Valencia. Se producen cuantiosas pérdidas materiales en Murcia y Castellón.
- 6 de septiembre de 1989. Catastróficas inundaciones en Baleares, que provocaron dos víctimas en Ibiza y un desaparecido en Mallorca.
- 4 de octubre de 1991. Fuerte tormenta sobre el litoral de Valencia, que alcanza en algunos puntos los 200 l/m<sup>2</sup>.
- 25 de agosto de 1992. Temporal en el Noreste de la península, causa dos muertos en Cataluña. Se pierden las cosechas de Gerona, Lérida y Tarragona.
- 10 de octubre de 1994. Lluvias torrenciales en Cataluña. En algunos puntos se llegó a los 300 l/m<sup>2</sup>.
- 24 de septiembre de 1997. Se registra la caída de 27.574 rayos.
- 25 de septiembre de 1997. Caen durante la noche 23.579 rayos, 14.000 de ellos en Mallorca.
- 30 de septiembre de 1997. Se registran en Alicante 270 l/m<sup>2</sup> en solo seis horas, causando cinco víctimas mortales. La intensa tormenta también afectó a Valencia y Murcia.
- 9 y 10 de noviembre de 2001. Las inundaciones en Argelia provocan 700 muertos y 23.000 personas sufren la destrucción parcial o total de sus hogares.
- 12 de noviembre de 2001. Una perturbación de baja presión en Baleares provoca cuatro víctimas y el derribo de 200.000 árboles.

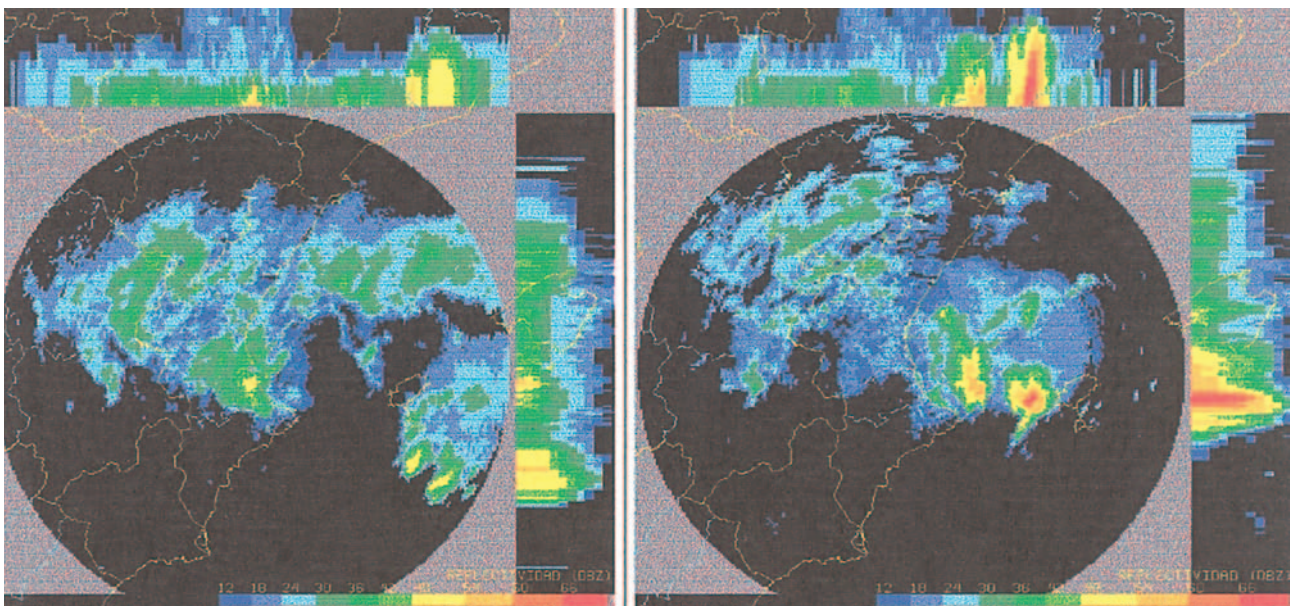
(Fuente: Instituto Nacional de Meteorología)

de una borrasca en las capas medias, localizada en el Golfo de Cádiz, con dirección hacia el Este de la Península Ibérica y con influencia de flujo marítimo del Mediterráneo en capas más bajas. El gradiente de presión fue aumentando a lo largo del día, con vientos intensos en las costas mediterráneas y caída de presión en superficie. El punto de rocío alcanzó 20°, con una saturación importante del aire.

Las lluvias, de carácter torrencial y persistente, afectaron principalmente a la Safor y región Sur de Valencia durante la mañana y en horas centrales. Ya por la tarde se formó un sistema convectivo próximo al cabo de San Antonio, inicialmente con toques no muy altos, debido a la influencia del aire del mar y a la orografía de la Comunidad Valenciana.

En el análisis de mesoescala se observa una masa de aire más fría al Norte y una más cálida y húmeda al Sur. El movimiento rápido de este sistema alcanzó al conjunto de las Islas Baleares y el giro del viento, debido al contraste de ambas masas, formó un sistema de gran desarrollo vertical e importante aparato eléctrico.

A lo largo del día se observaron hasta seis tornados, fuertes vientos que afectaron a la población, puertos y operaciones aeroportuarias, con pérdidas materiales que sobrepasaron los 6 millones de euros.



Producto ZMAX del radar de Valencia. 11 de septiembre de 1996 a las 11:30 Z (izq.) y a las 16:40 Z (dcha.)

## El Instituto Nacional de Meteorología (INM) es una de las organizaciones mejor equipadas de Europa, con una red de servicios al alcance tanto de pilotos como de operadores y sin coste económico

En esos días, por lo tanto, se produjeron dos fenómenos distintos; uno que afectó a la región de Valencia con poco desarrollo vertical y fuertes precipitaciones, y otro en Alicante e islas Baleares, con alta convectividad y actividad eléctrica, y donde se generaron también intensas lluvias. La diferencia de temperaturas de las masas situadas al Norte y Sur, la orografía y la influencia del Mediterráneo dieron lugar dos procesos distintos, pero ambos de consecuencias desastrosas.

### PLANIFICACIÓN DE VUELO Y RECURSOS DISPONIBLES

Habitualmente la información meteorológica que recoge la documentación de vuelo contiene METAR, TAFOR, SIGMET, mapas significativos, etc, todo ellos muy importantes y esenciales para nuestra operación, pero no dejan de ser productos de predicción, con sus respectivas limitaciones.

Para mejorar la calidad de nuestra planificación es necesario tener acceso a todos los recursos disponibles en este área, a la vista del tipo de climatología tan marginal que nos podemos encontrar durante la época otoñal.

El Instituto Nacional de Meteorología (INM) es una de las organizaciones mejor equipadas de Europa, con una red de servicios al alcance tanto de pilotos como de operadores y sin coste económico.

El INM puso en marcha el plan PREVIMET Mediterráneo con objeto de prevenir fenómenos meteorológicos adversos en esta región. Así, desde 1989 se facilita la vigilancia y el estudio de manera que el Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (STAP) archiva y estudia los datos obtenidos de las imágenes de infrarrojo del METEOSAT. El procesado de éstas, se realiza gracias a las

facilidades interactivas del sistema McIDAS (Man-computer Interactive Data Access System), original de la Universidad de Wisconsin (EE.UU.).

En la página [www.inm.es](http://www.inm.es), se puede obtener información muy diversa y actualizada, como mapa de rayos, radar, precipitación, radiación UV, etc.

Además, en colaboración con el Servicio de Desarrollo y Mantenimiento Informáticos, en abril de 2003 se inauguró el Autoservicio Meteorológico Aeronáutico, que ofrece información mucho más precisa y avisa de cualquier fenómeno adverso. Por ejemplo, un programa informático busca los rayos detec-

tados con una actualización de dos minutos en un radio de 25Km del aeropuerto, emitiendo distintos tipos de alerta en función de su adversidad. Para acceder es necesario presentar una solicitud al INM.

En caso de no disponer de Internet en el despacho de vuelos se recomienda obtener esta información del servicio MET de los aeropuertos. Además, el observador de servicio puede incluso acceder a más información en la intranet del INM, que aunque no es de uso público, dispone de datos que pueden ser de gran ayuda.

### AGRADECIMIENTO

El autor de este artículo y el COPAC quieren agradecer el asesoramiento de Manuel Palomares, del Departamento Internacional del INM, Fermín Elizaga, Jefe del Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción del INM, Agustín Jansá y Miguel Gayá, del Centro Meteorológico de Baleares en Palma de Mallorca.

### Bibliografía

- "Climatología satélite de sistemas convectivos de mesoescala en las proximidades de la península Ibérica: Aplicación a la predicción de lluvias torrenciales". Memoria de investigación, proyecto CICYT CL195-1776, Ricardo Riosalado, Fermín Elizaga, Olinda Carretero, Francisco Martín. Instituto Nacional de Meteorología.
- "Diagnóstico y predicción de la convección profunda". Nota técnica STAP nº 35. Francisco Martín, Fermín Elizaga, Olinda Carretero, Ismael San Ambrosio. Instituto Nacional de Meteorología.
- "Tornadoes and waterspouts in the Balearic Islands: Phenomena and environment characterization". Atmospheric Research 56 (2001)253-267. M.Gayá, V.Homar, R.Romero, C.Ramis. Centro de Meteorología de Baleares. Departamento de Física de la Universidad de las Islas Baleares. 2000.
- "A synoptic and mesoscale diagnosis of a tornado outbreak in the Balearic Islands". V.Homar, M.Gayá, C.Ramis, Centro de Meteorología de Baleares. Departamento de Física de la Universidad de las Islas Baleares. 2000.
- "Estudio preliminar de la situación meteorológica del 5 de septiembre de 2003 en la comarca de Marina Alta (Alicante)". Instituto Nacional de Meteorología. Centro Territorial de Valencia. 2003
- "Tornadoes over complex terrain: An analysis of the 28th August 1999 tornadic event in eastern Spain". Atmospheric Research 67-68(2003)301-317. V.Homar, M. Gayá, R. Romero, S. Alonso. Centro Meteorológico de Baleares. Universidad de las Islas Baleares. 2003.
- "Las gotas frías y DANA's. Ideas y conceptos básicos". Francisco Martín León. Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción del Instituto Nacional de Meteorología.
- "Algunas consideraciones sobre lluvias intensas en el Mediterráneo occidental: Revisión de un episodio en la Comunidad Valenciana". Jesús Riesco Martín, Víctor Alcocer Ronda. Centro Territorial de Valencia.
- "Aviation weather". Peter F. Lester, Jeppesen. 1997