

## ESTUDIO DE UNA SITUACIÓN METEOROLÓGICA EL 23 DE MAYO DE 2007 QUE ORIGINÓ UNA SUPERCÉLULA EN LA MANCHA CENTRAL

Darío Cano Espadas <sup>(1)</sup>; Ignacio Palacio <sup>(1)</sup>; Eugenio Ayensa <sup>(1)</sup>

(1) CMT Madrid y Castilla La Mancha . INM [dario@inm.es](mailto:dario@inm.es)

### Descripción sinóptica.

Una depresión aislada en niveles altos (DANA), posteriormente transformada en baja fría, se instala al oeste de la Península Ibérica y permanece casi estacionaria desde los días 21 al 25 de mayo de 2007. Durante todo el episodio, varios fenómenos adversos relacionados con la convección ocurren en el interior de la Meseta Meridional. De especial interés es la aparición el día 23 de una supercélula severa en la localidad de Alcázar de San Juan (Ciudad Real).

El día 21 a las 00 horas se aprecia una dorsal al oeste de Baleares y una vaguada de gran amplitud situada al oeste de la península con varios vórtices y sus correspondientes ejes de vaguada forzada por un chorro meridiano trasero de 90 kts, otro delantero de 80 kts sobre Canarias y otro mucho más al norte de 90 kts. En superficie, un centro de bajas presiones de 1008 mb con un pseudofrente casi estacionario sobre el interior peninsular y líneas de convergencia en el norte y oeste peninsular. A las 18 horas se ha formado ya una circulación cerrada dando origen a la DANA al oeste de la península con una amplia zona fría y un centro de -22 °C al oeste de Galicia. Se inicia una clara advección húmeda en capas bajas al SW con un chorro de 70 kts y misma dirección.

El día 22 aparece plenamente configurada la DANA al oeste de Portugal forzada por un chorro posterior del norte de 100 kts y un núcleo frío de -25 °C. Hay una vaguada al NW de Canarias con chorro delantero al SW de 100 kts que llega hasta el Atlas apuntando a la península con una fuerte difluencia sobre la misma. Asociado al primer vórtice hay un chorro de 80 kts del Sur sobre Portugal. Estas dos estructuras se encuentran unidas mediante una línea de deformación. En superficie hay bajas presiones de 1008-10 mb en el sur con una línea de convergencia con actividad convectiva.

A las 12 horas la península se sitúa entre la zona delantera de la depresión en su flanco este, y el área de deformación sobre el Cantábrico. Los vientos delanteros de la baja se introducen desde el sur hasta la meseta sur donde frenan y divergen. Las

isotermas en 500 hPa se muestran perturbadas en el área peninsular con una temperatura de -17 °C sobre Madrid y una vaguada térmica desde Cádiz hasta el Sistema Ibérico. La zona presenta pues una significativa inestabilidad baroclina.

Las imágenes de vapor de agua muestran una estructura en forma de pluma que se elonga desde Canarias hasta la península y adopta forma de S absorbiendo aire desde la ZCI (Figura 1). En el borde polar de esta pluma se observa una línea muy seca que se introduce hasta el centro de la península donde se mezcla. Esta línea seca delimita las dos masas de aire principales de esta estructura sinóptica: la masa polar organizada en torno a la DANA y la masa subtropical procedente del sur. La convección aparece en la zona oscura y en la zona anticiclónica de la masa subtropical.

En superficie hay una amplia zona de bajas presiones que abarca la mayor parte de la península toda y el norte de África. La isobara de 1012 envuelve estas dos zonas con mínimos de presión de 1008 mb. En la península la circulación es de vientos de levante. En 850 hPa hay un fuerte contraste térmico y de humedad. La dorsal de la temperatura potencial del termómetro húmedo (TPH) en 700 hPa se introduce desde el este hacia el interior de la “pluma del vapor de agua”.

A las 18 horas la DANA se ha convertido en una baja fría y al mismo tiempo han aparecido nuevos vórtices en su seno, uno de ellos en el Estrecho. La línea de inestabilidad se desplaza hacia el norte. Hay forzamiento dinámico en la meseta y fuerte inestabilidad térmica debido al calentamiento diurno. En superficie el flujo es de componente este de flojo a moderado.

El día 23 a las 00 horas la baja fría con un núcleo de -26 °C está aislada al este de Madeira con un chorro zonal de salida de 100 kts al norte de Canarias y anomalía fría de -22 °C que deja bajo su influencia a gran parte de la Península con inestabilidad térmica y forzamiento dinámico. Dorsal en el Mediterráneo y línea de deformación

en el Cantábrico (Figura 1). Advección de humedad del este sobre el centro peninsular.

A las 12 horas la baja continúa prácticamente estacionaria. La vaguada térmica se ha pronunciado y cruza la península de SW a NE ocasionando mayor inestabilidad baroclina. La vaguada dinámica aparece nítidamente en 300 hPa y claramente dibujada en 500 hPa. (Figura 2)

Continúa la pluma, más seca que el día anterior, en el canal del vapor de agua. El punto de inflexión se sitúa sobre Marruecos y en torno a él no se aprecia convección. En el lado anticiclónico de la masa subtropical se ve la entrada de una masa seca desde el desierto de Argelia hasta Tarragona. En los niveles más bajos esta masa entra por Albacete

En superficie hay una baja al este de Madeira con un sistema frontal asociado que roza el norte de Canarias y otro mínimo de presión más al norte con otro sistema frontal que afecta a la península sobre la que hay escaso gradiente de presión. Líneas de inestabilidad y núcleos convectivos.

La baja permanece prácticamente estacionaria durante todo el día.

El día 24 la baja fría comienza a desplazarse ligeramente y se sitúa entre Madeira y el cabo de San Vicente con chorro de salida del WSW de 100 kts desde Canarias hasta Marruecos y de entrada de 80 kts del ENE sobre el Atlas. Hay varios centros de vorticidad en la estructura sinóptica, la mayoría de ellos en su zona más septentrional, en la península. Ésta queda entre -17 y -19 °C.

El área de bajas presiones asociada a la baja en altura es muy amplio con varios mínimos, dos al norte de Canarias, otro sobre Extremadura y otro sobre Baleares. Inestabilidad en toda la península con advección de humedad. Frente ocluido en el norte.

El día 25 la baja fría, cuyo centro se ha desplazado hasta la península, presenta varios vórtices y un extenso núcleo frío en niveles medios. Presenta fuerte circulación en su entorno con chorro delantero desde Canarias hasta el sur de Baleares y una fuerte difluencia principalmente en el norte.

La baja como tal aparece por última vez a las 00 horas del día 26 sobre la meseta y durante ese día va desapareciendo en forma de vaguada al desplazarse hacia el este. Al día siguiente se establece una circulación moderada del NW con una baja en Irlanda.

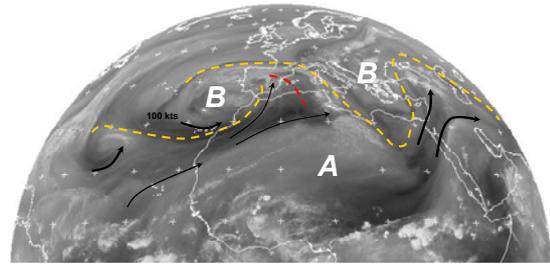


Figura 1. Imagen canal WV de METEOSAT del día 23 de mayo de 2007 mostrando la estructura de la pluma en el vapor de agua.

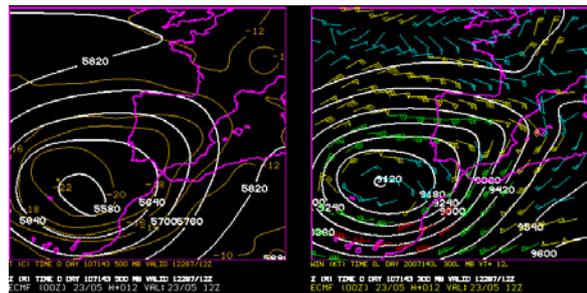


Figura 2. Campos de geopotencial y temperatura en 500 y de geopotencial y viento en 300 hPa. Análisis ECMF de las 00 horas del 23 de mayo de 2007.

El diagnóstico se realiza a partir del modelo conceptual de “pluma en el vapor de agua” y de “línea seca”, para lo cual se analizan las características de las masas de aire que entran en juego. El análisis se lleva a cabo mediante distintos productos desarrollados en el SAF NWC para medir el agua precipitable por capas (LPW) y la clasificación automática de masas de aire (MA).

### Diagnóstico de masas de aire

Para el diagnóstico del contenido de agua que “entran en juego” en los distintos fenómenos meteorológicos que tienen lugar este día en el interior de la Península Ibérica vamos a comenzar por el diagnóstico de las imágenes de vapor de agua. Las imágenes de vapor de agua son una de las herramientas más importantes en el seguimiento de situaciones convectivas organizadas.

*Las imágenes de vapor de agua pueden considerarse como radiografías de la atmósfera. Su análisis permite hacer un diagnóstico del transporte de vapor de agua, tanto horizontal como vertical, y de la conexión entre los distintos sistemas atmosféricos. (F. Elizaga, 1999).*

*Especial importancia tienen los límites entre masas de aire. Se observan como bandas oscuras, asociadas a zonas de deformación, máximos de*

viento,... En algunos casos, estas fronteras son tan consistentes que no permiten la conexión entre las masas de aire que separan, actuando como una barrera impenetrable. En otros, las fronteras dejan de ser nítidas, se difuminan y pueden llegar a desaparecer. (B. Téllez, 2004).

La localización de estas últimas fronteras entre masas de aire en la zona difluente constituye un primer paso fundamental para un pronóstico adecuado de la aparición y organización de la convección. Es importante tratar las imágenes con una visión tridimensional y deshacerse de la idea de que las imágenes de vapor de agua dan sólo información de los niveles altos.

Cuando la masa de aire tiene sólo humedad en los niveles bajos, la señal del canal WV es diferente de aquella otra masa seca en todos los niveles. Podemos decir, que en cielos despejados, la señal del canal de WV puede dar información de los niveles bajos. Especialmente útil para este caso se muestran las imágenes del canal 7.

Las masas con agua sólo en los niveles bajos entrañan inestabilidad potencial que puede ser disparada si se la obliga a ascender suficientemente. Se trata de una masa muy habitual en el sur y este de la Península cuando hay una advección de aire del Desierto sobre el Mediterráneo o el Golfo de Cádiz. Según que la advección de aire seco desde el Sahara tenga mayor o menor recorrido marítimo, esta masa llega a la Península más o menos húmeda por los niveles bajos. Se trata pues de una masa estable de procedencia Tropical de carácter marítimo Tm o continental Tc. Las fronteras entre éstas, marítima y continental, pueden ejercer como "líneas secas" (dry lines) y disparar y organizar la convección.

Como en el diagnóstico de todas las imágenes de satélite, el movimiento de las estructuras meteorológicas es debido por una parte a la traslación de los sistemas y por otra al flujo relativo. Todo esto, además, hay que entenderlo en su dimensión tridimensional, esto es, la componente vertical del viento se puede y debe diagnosticar. La cizalladura vertical y horizontal, la divergencia vertical y la vorticidad térmica pueden diagnosticarse con estas imágenes hasta escalas meso beta.

Un elemento muy importante en la organización de la convección es el aire seco. En la convección organizada está presente un chorro trasero seco (Rear Inflow Jet) que desciende desde 5 Km y sobre el que se eleva el aire potencialmente inestable. Las zonas oscuras en el canal WV son las fuentes que aportan este aire seco. También son indicativas de máximos de viento que son otro elemento inestabilizador del aire.

## La pluma del vapor de agua.

Se trata de una estructura poco brillante en forma de S que suele estar delimitada con bordes oscuros. Realmente se trata de la visión de un "conveyor" cálido (WCB) que no produce nubosidad pero da señal en el vapor de agua. Aparece cuando una masa tropical sube de latitud y se eleva en una zona estable difluente. Esta situación se produce en el borde de ataque, al Este, de las DANAS. El modelo conceptual de champiñón (F. Martín, 1998) es una excelente herramienta para el diagnóstico en los niveles medios y altos. La pluma aparece en el lado anticiclónico de la circulación de niveles medios cerca del punto de difluencia de los niveles altos y se elonga hacia el norte curvándose anticiclónicamente adoptando una forma de hoja baroclina. Del lado tropical de la pluma en el WV se eleva un aire tropical desde los niveles bajos y se dirige hacia el este, hacia el interior de la pluma. Del lado polar llegan oleadas de frentes fríos de aire polar que descienden desde los niveles medios. Es frecuente observar la aparición de mesovórtices en el lado polar de la pluma, en el punto de inflexión donde aparece la divergencia.

La presencia de plumas en el vapor de agua en la península Ibérica está relacionada con un gran número de situaciones meteorológicas adversas, especialmente de convección organizada con todo tipo de organización: SCM, supercélulas, organización en línea o multicelular, etc.

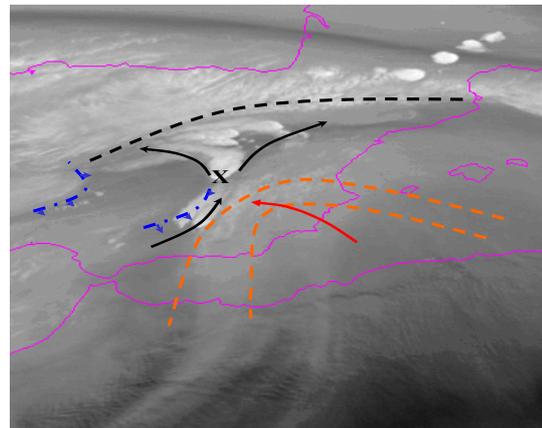


Figura 3 Imagen del canal WV. Del 23 de Mayo de 2007 a las 15 UTC con diagnóstico sobre ella. Las flechas negras indican la circulación de niveles altos y medios y la flecha roja representa la circulación de niveles bajos. La línea discontinua negra es una línea de deformación de niveles altos y la discontinua naranja la dorsal cálida de la temperatura potencial del húmedo en niveles bajos. También se diagnostican los frentes fríos de niveles medios bajos.

Se trata de un área con cizalladura vertical con advección cálida por los niveles bajos y perturbada

térmicamente por los niveles medios por la aparición de los mesovórtices. Los mesovórtices aparecen a la izquierda de la frenada de los chorros de niveles medios que pueden ser fácilmente identificados en las imágenes de WW. Generalmente se encuentran en el lado polar de la pluma delimitándola claramente y frenan en el punto de inflexión donde cambia la curvatura de ciclónica a anticiclónica. Estos mesovórtices no disponen de muchas posibilidades de éxito para desarrollarse y mantenerse por ser de escala tan pequeña (meso gama) pero la aparición de convección organizada ayudará en el proceso de forma decisiva.

La advección cálida de niveles bajos y su grado de penetración en el interior de la pluma determinará el grado de organización. A mayor penetración de la dorsal cálida más cizalladura y más viento térmico. El campo de temperatura potencial del termómetro húmedo sobre la imagen de vapor de agua es un excelente herramienta para pronosticar fenómenos adversos.

Al tratarse de masas estables, en los niveles bajos la orografía juega un importante papel en la generación de bajas dipolares a sotavento de las montañas que ejercerán de germen de ciclogénesis.

El principal elemento inestabilizador del aire potencialmente inestable es la presencia de chorros en niveles bajos que advecten aire seco por encima del aire húmedo de los niveles bajos, ya que entonces “el viento térmico produce advección de aire seco” (J.V.Iribarne. 1996).

La orografía juega aquí un papel decisivo. Cuando el aire tropical marítimo del este es retenido por montañas y se acelera por los portillos orográficos por donde permite además la penetración de la influencia marítima de los niveles bajos. Las bajas secas a sotavento proporcionan también unos mínimos de humedad que inestabilizan el aire si se advectan por encima del aire húmedo o si éste se advecta por debajo de la baja seca de sotavento. La inestabilidad es mayor si estas advecciones son dirigidas por máximos de viento.

Otro elemento importante para la organización de la convección es la cizalladura vertical que, como es lógico, está garantizada en el área de la pluma del WW.

### Disposición de las masas de aire en una pluma del vapor de agua

Si ninguna de las masas de aire tuviera inestabilidad potencial, probablemente no se produciría convección importante ni se desarrollarían los

mesovórtices. La situación meteorológica no pasaría de algunas nubes altas o, incluso, cielos despejados. Pero cuando está presente la masa tropical marítima, la convección está asegurada, y ésta será más profunda y organizada cuanto más se adentre la masa Tm (o masa mediterránea).

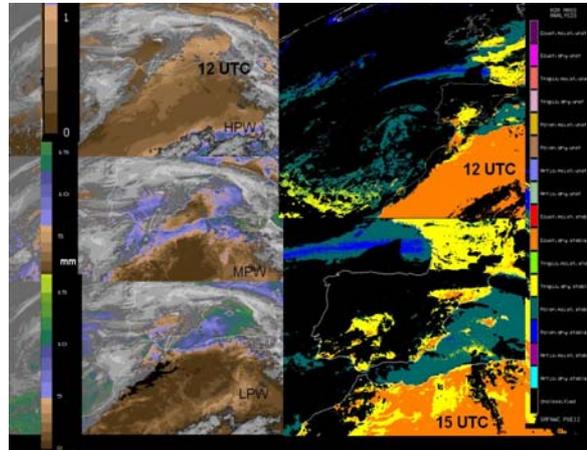


Figura 4. A la izquierda el agua precipitable en mm a las 12 UTC en niveles bajos, medios y altos LPW, MPW, HPW. A la derecha clasificación automática de masas de aire claro a las 12 y 15 UTC.

En ocasiones el aire tropical seco que procede del sur adquiere también influencia marítima por los niveles bajos, como este aire está sobrevolado por chorros secos que delimitan la pluma, este aire puede también inestabilizarse, apareciendo la convección antes de llegar a la línea de penetración del flujo de levante. El aire situado entre el frente polar en superficie y el frente en altura del frente partido, también puede ser potencialmente inestable si en los niveles bajos tiene cierto contenido de humedad por influencia marítima, ya que en los niveles medios está sobrevolado por aire seco

Las imágenes del agua precipitable por capas (Figura 4) muestran la principal característica de la masa tropical, que es que la cuenca mediterránea humedece la masa por debajo haciéndola potencialmente inestable. Los límites de esta masa sobrepasan la banda oscura del vapor de agua y se adentran cientos de kilómetros hacia el interior del continente provocando convección.

La imagen de clasificación de masas de aire automática (Figura 4) da carácter tropical a casi toda la masa del continente Europeo pero creemos que es un error. La masa Mediterránea Tm es clasificada como polar estable húmeda. En lo que sí acierta este producto es en clasificar como estables todas las masas que entran en juego en los límites del Mediterráneo y en distinguir la seca de la

potencialmente inestable aunque creemos que no sea afortunado en la nomenclatura.

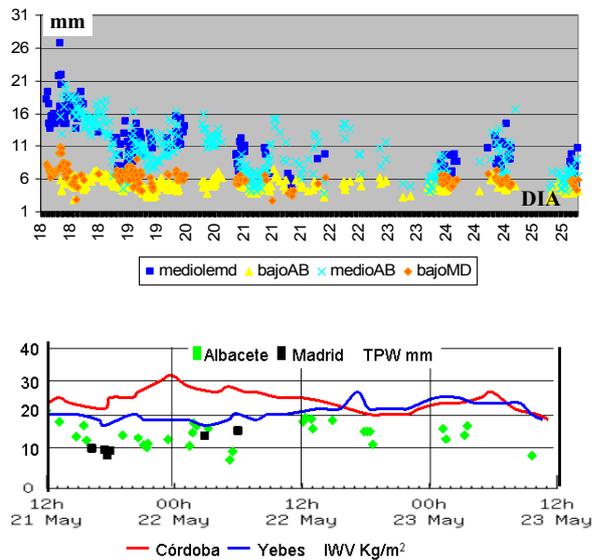


Figura 5. Arriba. Agua precipitable medida por el sensor SEVIRI del MSG en niveles medios y bajos en Madrid (MD) y Albacete (AB). Abajo. Datos de agua precipitable medido por GPS en Córdoba y Yeves y su comparación con los anteriores.

En la figura 5 se puede hacer un seguimiento del agua precipitable en distintos puntos de interés en los días del episodio estudiado medida por el satélite MSG y por GPS, y con ellos queremos significar la importancia de utilizar estos productos para conocer el contenido de humedad atmosférico, elemento fundamental en el diagnóstico y pronóstico de la convección.

Parece ser que los datos GPS se adaptan mejor que los de satélite al contenido de humedad medido por el sondeo convencional.

**Diagnóstico mesoescalar. Características geográficas.**

Al tratarse de masas estables las que entran en juego, aunque una de ellas sea potencialmente inestable, la convergencia en superficie y en los niveles bajos está determinada y modelada por la orografía.

El flujo de levante entra en la Meseta meridional por dos portillos orográficos de dimensiones mesobeta, el Portillo de Albacete al Sur, que conecta la región con el Mediterráneo, y el del Henares al Norte, que conecta la cuenca del Tajo con la del Ebro. La convergencia de estos dos chorros de bajo nivel es una zona seca ya que la humedad quedó retenida en las montañas.

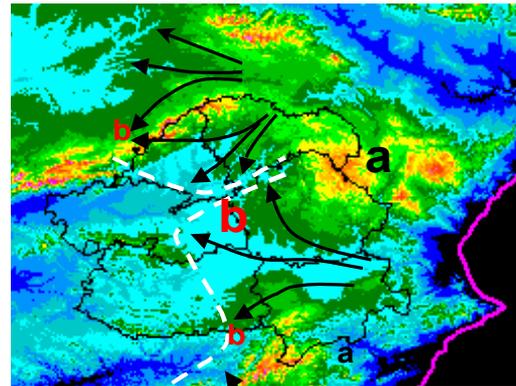


Figura 6. Esquema de circulación de los vientos de levante en el interior de la Meseta sobre una imagen de la orografía regional. Las letras a y b representan la distribución de altas y bajas de los dipolos orográficos y la línea discontinua blanca representa la zona de convergencia a sotavento.

Hay un importante portillo en el interior de la región que conecta las cuencas del Tajo y del Guadiana. Se trata del “Portillo de la Mancha” entre los Montes de Toledo y los altiplanos de La Alcarria. El chorro de Albacete se encamina por el portillo de La Mancha, donde vuelve a acelerarse, e invade el valle del Tajo.

La masa mediterránea  $T_m$ , penetra cada vez más hacia el interior y se adentra en Andalucía y en la Meseta Norte. No obstante, la convergencia orográfica, la baja a sotavento del Sistema Ibérico, continúa inmóvil. Se trata de una zona seca con mucho gradiente en el contenido y la advección de humedad. La convección que esta línea de discontinuidad provoca en el aire potencialmente inestable permanecerá anclada en ella.

**Modelo conceptual de “dry line”**

Las líneas secas son sistemas mesoescalares que se sitúan en el sector cálido de un sistema frontal y separan masas de aire con diferentes características siendo una de ellas potencialmente inestable  $T_m$ . Esta frontera puede estar provocada por el encuentro de dos masas de distinta procedencia, una  $T_m$  y otra  $T_c$ , o por el desecamiento, a sotavento de un sistema montañoso, de una masa  $T_m$ .

**Día 23 de mayo.**

**Ambiente preconvectivo**

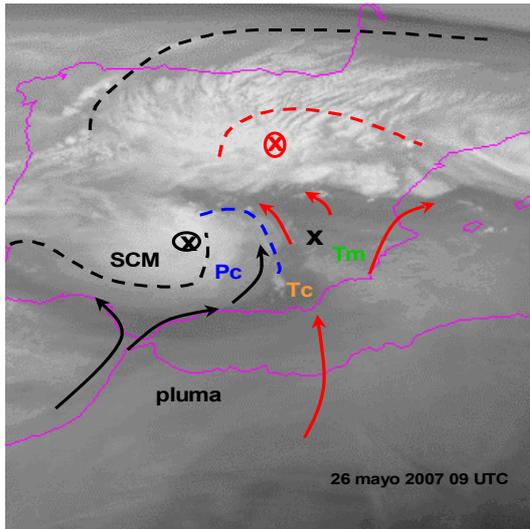


Figura 7. Diagnóstico mesoescalar en todos los niveles sobre la imagen de WV. Las flechas son el flujo relativo o térmico en los niveles medios; las rojas representan la circulación del aire tropical y las negras la del aire polar. Con una línea discontinua negra y roja las fronteras en niveles medios. Las aspas inscritas en un círculo son los centros de vorticidad de niveles medios en negro y altos el rojo. SCM es un Sistema convectivo de mesoescala y la línea discontinua azul es un frente de racha. Las letras de colores representan las masas de aire.

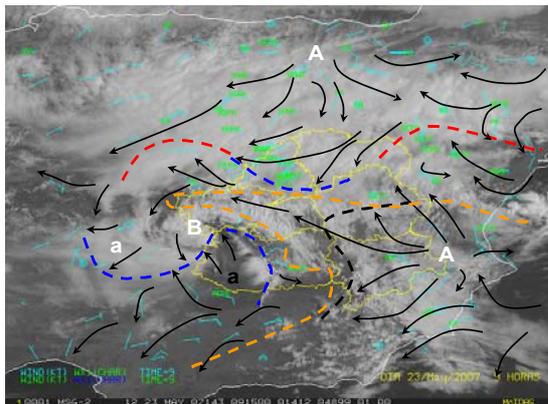


Figura 8. Diagnóstico en superficie sobre imagen VIS. Las flechas negras son las líneas de corriente en superficie. Se representan con letras minúsculas b o a las bajas y altas ligadas a la orografía. La B es la posición del mesovórtice del SCM y las líneas discontinuas azules los frentes de racha. La línea discontinua negra es la zona de convergencia del levante y la discontinua naranja delimita el área invadida por la masa tropical marítima.

Un frente de racha procedente de un SCM que estuvo activo durante la noche al oeste de Toledo, avanza como una corriente de densidad hacia el este. El aire que se va encontrando delante es seco Tc. La convección asociada es de poca profundidad aunque está organizada en un arco. El verdadero peligro para la aparición de la convección severa se haya más al este, cuando el frente de racha se encuentre con la masa potencialmente inestable Tm. En esa zona además se encuentran los “puntos

débiles” de las fronteras de masas. Se trata de áreas de divergencia en los niveles medios y altos con facilidad para generar mesovórtices por la fuerte cizalladura.

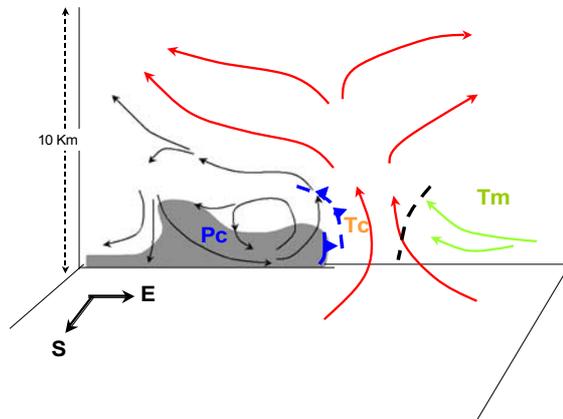


Figura 9. Esquema de un corte vertical oeste-este de la corriente de densidad. Las flechas rojas representan la circulación divergente en niveles medios y altos. Las flechas verdes representan la circulación de levante.

El esquema de circulación en superficie obedece a la convergencia de dos flujos estables con componente Este, un Noreste que advecta una masa polar y un Sureste que advecta una masa tropical mediterránea. El Flujo con componente norte viene procedente de las precipitaciones que están ocurriendo en la Meseta Norte debidas al sistema frontal de la baja de 300 mb. Este flujo es retenido por el Sistema Central y penetra a la Meseta Sur por Guadalajara, bordeando Gredos, y por Guadalajara; bordeando Somosierra.

El Flujo del Sureste, entra por el Portillo de Albacete, atraviesa el portillo de La Mancha y se dirige hacia la fractura del Alberche, penetrando incluso en la Meseta Norte.

La Masa situada al oeste es clasificada por el producto AM de SAFNC como masa estable tropical seca, sin embargo, en los productos de agua precipitable observamos que esta masa tiene humedad en los niveles medios a diferencia de la masa procedente del Mediterráneo que sólo la tiene en los niveles bajos.

Poco antes de las 6 UTC los registros de Almagro muestran una interrupción del flujo del este por rachas del sur de unos 20 Kts. En ese momento, la temperatura sube unos 2° C, el punto de rocío baja, la presión sube y la humedad relativa baja de 90% a menos de 70%. Todas las variables vuelven a restablecerse rápidamente en media hora. La media hora siguiente, la presión se mantiene y la temperatura y la humedad aumentan. Las horas siguientes, la temperatura sigue subiendo, la humedad baja rápidamente y la presión disminuye.

Por delante del frente de racha circula un chorro de nivel bajo de 20 Kts que advecta aire del sur seco. Detrás del frente de racha se desplaza en superficie una corriente de densidad de un aire polar seco que cayó por el oeste desde las zonas de precipitación del viejo SCM. Como a partir de aquí empieza el calentamiento del sol, y el oeste del frente de racha está despejado, la masa pegada a tierra que forma la corriente de densidad empieza a calentarse pero continúa secándose manteniendo así una densidad relativa más elevada que la masa de delante. Esta diferencia de densidad va debilitándose a no ser que se encuentre con la masa mediterránea y dispare la convección.

### Comienzo de la convección.

El frente de racha llega a la masa mediterránea.

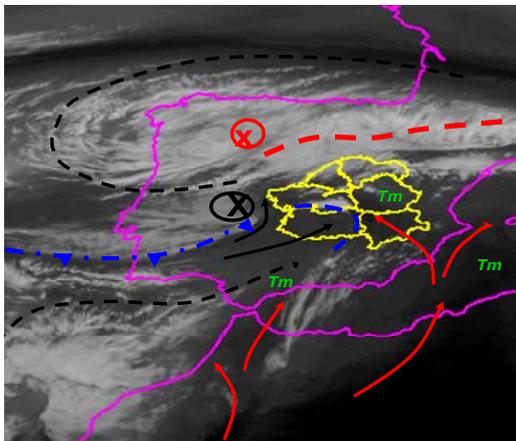


Figura 10. Imagen METEOSAT canal 7. Las flechas son el flujo relativo en niveles medios y altos; las rojas representan la circulación del aire tropical y las negras del aire polar. Las aspas inscritas son los centros de vorticidad; el rojo en niveles altos y el blanco en niveles medios son los restos de lo que fue un SCM. Las líneas discontinuas negras son las fronteras de las masas de aire en niveles medios y altos y la azul el frente de racha.

Del SCM sólo queda un vórtice de nivel medio en Extremadura. El flujo en niveles bajos sigue respondiendo al patrón de convergencia de un flujo estable del E penetrando en el interior de la meseta. Por los portillos de Albacete y del Henares.

En la imagen de vapor de agua vemos cómo se introduce una zona oscura desde el SE hasta el interior de La Mancha por el portillo de Albacete. Esta zona oscura indica que los niveles medios son muy secos.

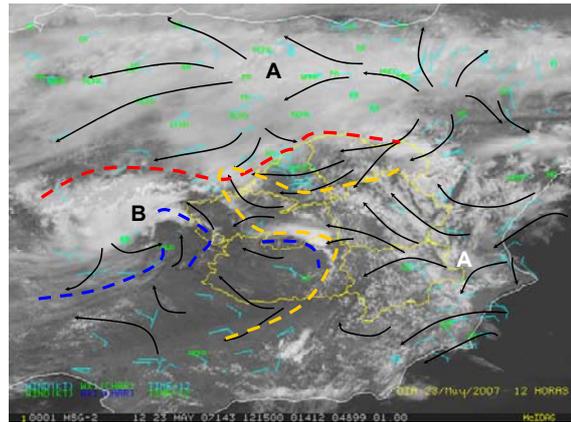


Figura 11. Sobre la imagen VIS SEVIRI 12 UTC se pinta un diagnóstico de niveles bajos medios. Las flechas son las líneas de corriente en superficie. También se dibujan los frentes fríos en azul, el frente cálido en superficie y la línea en amarillo que delimita la masa tropical mediterránea.

Tenemos pues, que el chorro de nivel bajo de Albacete advecta una masa  $T_m$  por los niveles bajos y una masa  $T_c$  por los niveles medios. Esta señal oscura, tan clara en WV7, no es captada por los productos de aire claro precisamente por que la influencia marítima de los niveles bajos forma nubes. La pista puede seguirse hasta las costas de la Península desde el Mar de Argelia en estos productos; hay una fuerte advección de aire seco en los niveles medios.

El flujo mediterráneo penetra ahora por el Henares y converge con la rama de Albacete al Sur de Madrid

Las plumas o penachos de la convección sobre la línea seca se dirigen hacia el oeste, hacia Toledo. La célula convectiva que se forma cerca de Alcázar de San Juan tiene ya signos de severidad en los productos RADAR.

### Los perfiles verticales de las 12 UTC.

Desafortunadamente no se cuenta con el radiosondeo de Madrid a esta hora. Sin embargo la densidad es suficiente para sondear cada una de las masas tropicales.

El sondeo de Murcia representa la masa mediterránea, con humedad en niveles bajos y seca en niveles medios separadas por una inversión térmica y de humedad. Tiene un CAPE=140, un LI = -2. y el índice Total de totales vale 53.

El sondeo de Gibraltar representa la masa  $T_c$  tiene CAPE=0 y LI = 4,5, los niveles medios son húmedos. y el TOTL vale 52.

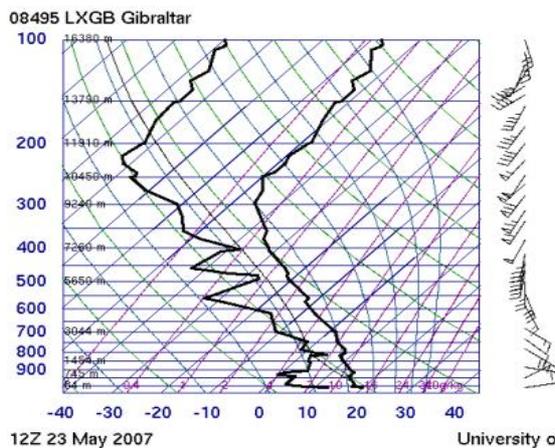
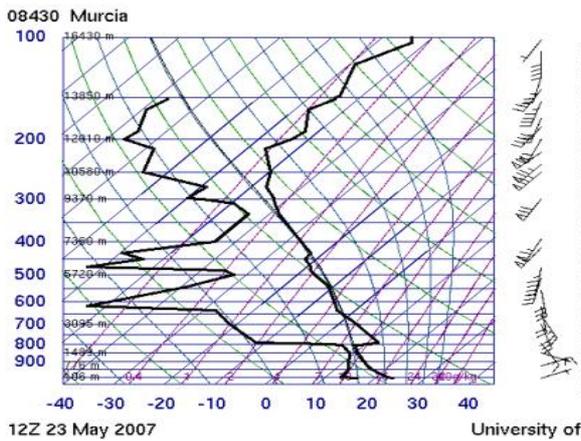


Figura 12. Sondeos Murcia (arriba) y de Gibraltar (abajo) a las 12 UTC.

La distribución del viento con la altura es similar en ambos sondeos, levante en los niveles bajos, sur en los niveles medios y suroeste en los altos.

El sondeo de Murcia mide 22 mm de agua precipitable y el de Gibraltar 17mm. que son valores semejantes a los sondeados por el GPS de Albacete y algo mayores que los medidos por SEVIRI. Como la masa que entra desde Murcia tienen toda su humedad en los niveles bajos, como queda claro en las medidas de satélite, podemos decir que los 22 mm de agua están retenidos debajo de la inversión.

### Organización de la Convección

La masa mediterránea penetra cada vez más hacia el este, dejando atrás la línea seca de convergencia a sotavento que permanece anclada en una línea que va de Jaén a los embalses del alto Tajo pasando por Alcázar de San Juan.

Una manera de detectarla es por la nubosidad que va formando a su paso por la provincia de Ciudad Real. A las 15 UTC se forman altocúmulos organizados en bandas que se adentran hacia Badajoz. También se puede ver un gran aumento en

los registros de humedad como el de Almagro que a las 14 horas que sube de 50% al 70% en media hora.

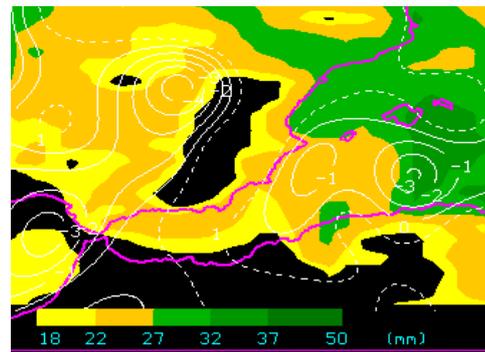


Figura 13. Análisis HIRLAM 12+00. Convergencia de humedad en 850 hPa y total de agua precipitable.

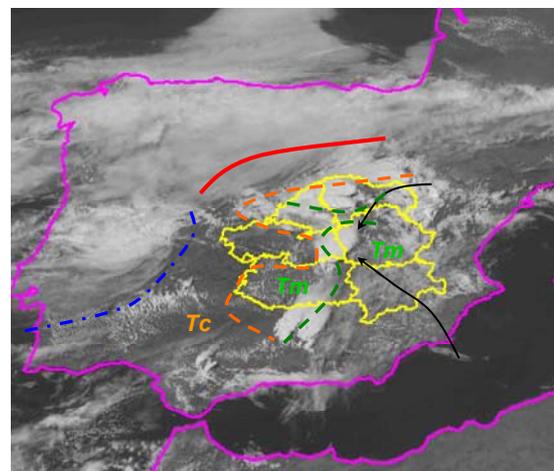


Figura 14. Imagen VIS 15:00 UTC. Las líneas discontinuas verdes representan la convergencia seca a sotavento. La línea discontinua naranja es el límite de la masa mediterránea y la masa tropical continental. También se representa un frente frío y uno cálidos .

Los penachos de los cumulonimbos de la Mancha se dirigen ahora hacia el norte y los de Madrid siguen dirigiéndose hacia el oeste. Esto es un claro indicio del aumento de la cizalladura vertical. Además, en las imágenes del Radar de Madrid se observa cómo las líneas de chubascos se curvan en arcos que adoptan la curvatura opuesta según estén al norte o al sur del paralelo que pasa por Aranjuez. La señal del radar Doppler de viento radial hace sospechar que hay varios puntos donde se están produciendo giros de viento de tamaño microescalar achacables a la presencia de tornados.

Hay que destacar que también en la zona norte se produjeron fenómenos meteorológicos adversos como en Colmenar de Oreja. En la supercélula de Alcázar se midieron 120 mm de 12 a 24 horas con el Radar de Madrid. Las células convectivas del

norte de Aranjuez produjeron más de 80 mm en el mismo periodo.

### Seguimiento RADAR

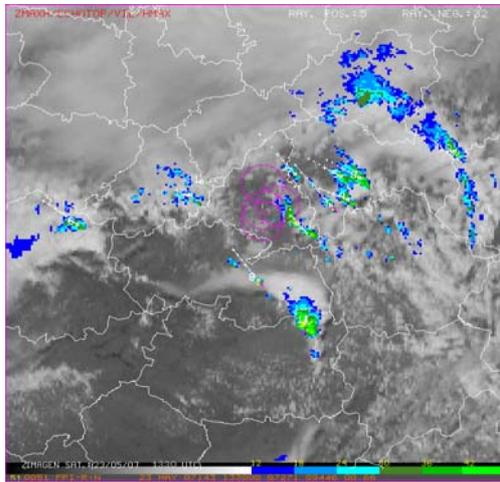


Figura 15. Imagen VIS y reflectividad PPI 13:30 UTC.

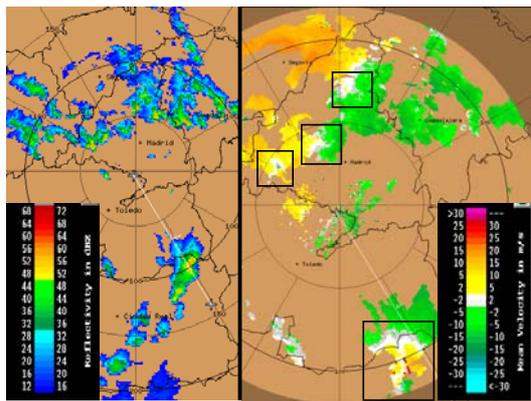


Figura 16. A la izquierda PPI y a la derecha viento Doppler a las 15:10 UTC. En la imagen Doppler, los cuadrados indican las zonas de presuntos tornados.

El radar de Madrid se encuentra situado a 100 km de Alcazar de San Juan y debido a que la exploración más baja se realiza a  $0.5^\circ$  y que el haz se eleva con la distancia, los primeros ecos que detecta el radar en la vertical de la localidad están aproximadamente a unos 1200 metros de altura. No se tiene información por lo tanto de más abajo. La resolución del radar en modo normal es de  $2 \times 2$  km y en modo doppler de  $1 \times 1$  km.

La figura 15 nos muestra los datos de reflectividad a las 13:30 horas y se puede apreciar los altos valores de reflectividad no solamente en Alcázar. Podemos distinguir dos zonas: al sur, en la zona de La Mancha, y las provincias de Madrid y Guadalajara que se corresponden con la entrada de

los principales chorros de procedencia mediterránea. La convección se organiza en líneas de chubascos todas ellas curvadas en el mismo sentido, excepto la situada en el sureste de la provincia de Madrid. Todas ellas se desplazaron siguiendo el flujo medio del sureste menos la que se aprecia en el límite de las provincias de Ciudad Real y Toledo que permaneció estacionaria.

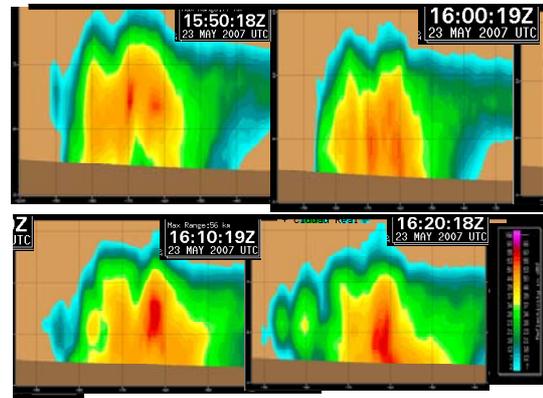


Figura 17. Corte vertical reflectividad.

La estructura convectiva comienza a acercarse a Alcázar de San Juan a las 11:20 y a las 12:30 ya se aprecia en el radar en las coordenadas de la localidad. Así permaneció prácticamente estacionaria hasta las 17:30, es decir durante cinco horas. Durante ese tiempo la célula cuasi estacionaria se alimenta debido a su grado organizativo que está indicado por la persistencia de ecos intensos, por encima de 55 db (Figura 16) y elevados ,echotop de 12 km, e indirectamente por la inclinación de los máximos ecos de reflectividad. En ese periodo la coincidencia en el tiempo y en el espacio de todos los elementos estudiados contribuyeron a mantener una perfecta organización en el desacople de las corrientes ascendentes y descendentes en el seno de la célula tormentosa permitiendo la eficiencia de la precipitación (Figura 17).

En la figura 18 se ve la reflectividad a distintas alturas, desde los 2.5 km hasta los 9.5 km. Se observa cómo los máximos de reflectividad según se asciende se van desplazando hacia el SE, justamente por donde se alimenta en niveles bajos la célula tormentosa. En los últimos CAPI's los máximos ecos se encuentran sobre la zona en la que en superficie no hay ecos o son muy débiles. Es la evidencia de que se trata de una zona abalconada, consecuencia del desacoplamiento de las corrientes ascendentes y descendentes.

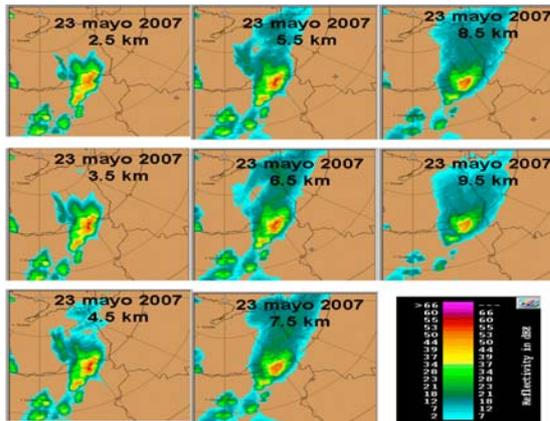


Figura 18. CAPPI's a diferentes alturas.

Según el producto de acumulación radar en el intervalo de tiempo en que se mantuvo la célula tormentosa sobre Alcázar de San Juan se recogieron 120 mm (Figura 19).

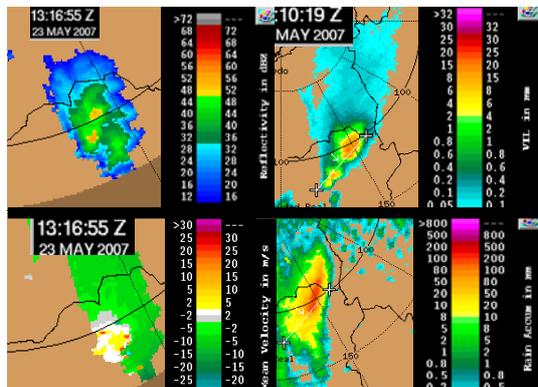


Figura 19. Imagen radar célula Alcázar: reflectividad, VIL, viento doppler y acumulación en 6 horas

La tormenta en algunos momentos adopta la forma de V, evidencia de la interacción del viento en niveles medios y altos y sus fuertes valores. Cuando los vientos son menores la estructura adquiere una forma redondeada.

Las condiciones de viento en capas bajas son fundamentales para promover las condiciones favorables al desarrollo y organización de fenómenos convectivos. Éstas se concretan en dos: existencia de un chorro en niveles bajos y cizalladura tanto en dirección como en módulo. Tanto en los sondeos como en la imágenes doppler se comprueba la existencia de ambos: chorro de 30 kts del SE en niveles bajos y fuerte cizalladura. La disposición de los chorros de niveles altos y bajos debió producir un acoplamiento de los mismos favoreciendo con esa configuración el mantenimiento de las corrientes ascendentes. En la zona además había inestabilidad latente acusada, inestabilidad potencial y convergencia de humedad. Ingredientes fundamentales para la convección.

Aunque la estructura de mesovórtice hay que buscarla en las imágenes doppler, en las imágenes de reflectividad se observa una forma de gancho en la horizontal en el PPI y en los primeros CAPPI's. hasta el 5.5, por lo que según esto la profundidad del mesovórtice sería de 3 km. Se aprecia la zona de eco débil, indicio de gancho en la vertical. Los ganchos en la vertical y horizontal nos indican que en la célula hay fuertes corrientes ascendentes y descendentes desacopladas y alertan de la posibilidad de un mesociclón. En las imágenes de reflectividad del doppler al tener una resolución mayor las estructuras en forma de gancho se observan mucho mejor (Figura 20)



Figura 20. Imagen PPI reflectividad modo doppler

Las salidas de los modelos confirman que sobre la zona había una fuerte cizalladura vertical en módulo y dirección lo cual como se ha dicho facilita mucho los entornos convectivos

La estructura convectiva presenta en el PPI más bajo (Figura 20) y en los primeros CAPPI's zonas con notable gradiente de reflectividad que coincidiría con la convergencia en superficie, por donde se alimenta la estructura celular.

Para confirmar la existencia de un mesociclón es necesario el uso de los datos de viento doppler. El campo de viento radial se analiza teniendo en cuenta que los colores cálidos se alejan del radar y los fríos se acercan (Figura 19). La presencia de mesovórtice está implícita en la definición de supercélula y a su vez puede dar lugar a una forma de gancho el campo de reflectividad. En la imagen de las 13:16 (Figura 19) se aprecia cómo en la zona de Alcázar de San Juan hay dos máximos relativos opuestos: uno se aleja y otro se acerca, y su línea de unión es perpendicular a la línea imaginaria que los une con el radar. Este es el modelo conceptual en modo doppler que revela la existencia de un mesociclón en ese punto.

Hay que destacar que también en la zona norte (Figura 16) se produjeron fenómenos meteorológicos adversos como en Colmenar de Oreja (Madrid).

### Modelo conceptual de Supercélula severa.

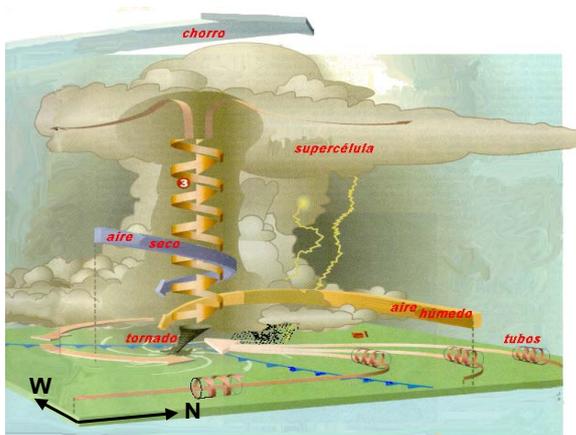


Figura 21. Modelo conceptual de supercélula severa.

En niveles altos zonas de frenado de chorros del SW provocan divergencia y aportan vorticidad. En niveles medios chorros del Sur de aire seco. En niveles bajos chorros del Este de aire húmedo que aportan vorticidad por inclinación si el chorro está ascendiendo.

Todos estos elementos se dan en la zona de Alcázar de San Juan con mucha frecuencia. Hay que añadir además la línea seca que se forma a sotavento del flujo convergente de levante.

### Conclusiones:

Se demuestra una vez más que la convección severa en la meseta meridional está relacionada con el paso de "plumas de vapor de agua".

El diagnóstico de masas de aire es de vital importancia en la predicción de la convección, especialmente las fronteras entre las masa tropicales de procedencia marítima y continental.

Los productos SAFNWC de agua precipitable por capas en aire claro ayudan a diagnosticar estas masas. El producto de clasificación de masas de aire claro tiene errores importantes, no detecta la masa potencialmente inestable. Las imágenes del vapor de agua describen bien estas masas.

### Referencias

**Convección estival en las comunidades de Madrid y Castilla La Mancha.** 2004. J. Ignacio Palacio et al. XXVIII Jornadas científicas AME Badajoz . <http://www.ame-web.org/JORNADAS/palacio.pdf>

**Análisis de situaciones típicas de la meteorología atlántica mediante imágenes de vapor de agua.** 2004. B. Téllez et al. XXVIII Jornadas científicas AME Badajoz. <http://www.ame-web.org/JORNADAS/tellez.pdf>

**Termodinámica de la atmósfera.** 1996. J. V. Iribarne. W. L. Godson .

**Layer precipitable water PGE07 SAFNWC.** <http://nwcsaf.inm.es/>

**Air mass análisis . PGE12 SAFNWC.** <http://nwcsaf.inm.es/>

**Imágenes del vapor de agua. Uso en el diagnóstico de niveles altos.** 1991. F. Elizaga et al. IV simposio nacional de predicción

**The manual synoptic satellite meteorology conceptual models and case studies.** Thomas Krennert et al. EUMETSAT

**Estudio de las zonas más favorables para la formación de tormentas en la Meseta Meridional.** 2001. P. Arias and D. Cano .El tiempo y el clima. 313 -324 ; AEC.

**Las configuraciones en champiñón en las imágenes de WV: usos y aplicaciones,** 1998. F. Martín et al.