

INFORME RELATIVO A LA SITUACIÓN DE VIENTOS INTENSOS SOBRE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE VALENCIA Y MURCIA DURANTE LOS DÍAS 12 Y 13 DE AGOSTO DE 2022

Juan Andrés GARCÍA-VALERO¹, Jose Ángel NUÑEZ MORA²,
Juan Pablo SIMARRO GRANDE² y Luis M^a BAÑÓN PEREGRÍN³

1. Departamento de Producción. Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción. AEMET
2. Delegación Territorial de AEMET en la Comunidad Valenciana
3. Delegación Territorial de AEMET en la Región de Murcia

1. Introducción

Durante los días 12 y 13 de agosto de 2022 se registraron intensidades de viento muy fuertes en amplias zonas de las provincias de Alicante, Valencia y Murcia, provocando daños materiales y humanos, tal y como sucedió durante el festival Medusa que estaba teniendo lugar en la madrugada del día 13 en la localidad valenciana de Cullera. El motivo de este informe es investigar sobre los posibles factores meteorológicos que provocaron dichos vientos, y determinar así las zonas más afectadas mediante el uso de la información registrada por diferentes instrumentos de la red observacional de AEMET.

El viento es una variable meteorológica con carácter vectorial pues se le caracteriza en función de su intensidad y dirección. Su medición se lleva a cabo con dos sensores, anemómetro y veleta, que deben cumplir con una serie de estándares, entre ellos su ubicación, que debe estar a 10 m sobre el terreno para resultar representativo del lugar. Ambos instrumentos hacen mediciones discretas cada pocos segundos, definiendo el viento en una determinada localidad como el promedio de todas las medidas durante un intervalo de 10'. Además del viento medio interesan otros parámetros observados en ese intervalo de tiempo como es su valor máximo, conocido también como racha, siendo éste en general la variable que más impactos suele ocasionar. Hay diferentes factores meteorológicos que pueden desencadenar vientos fuertes, presentando algunos de ellos una notable estacionalidad. En general, en verano sobre la Península Ibérica es relativamente frecuente la ocurrencia de vientos fuertes en situaciones de intenso calor y que coincide con el desarrollo de tormentas cuya base de las nubes se encuentra unos cuantos kilómetros por encima del terreno. En este caso, los vientos están provocados por la intensa evaporación que se produce en la capa por debajo de las nubes que hace que apenas llegue precipitación al suelo, en la mayoría de veces ni siquiera se observa precipitación alguna. Tras la evaporación, el aire por el que atraviesa la precipitación se enfría aumentando su densidad en relación con sus alrededores por lo que acaba descendiendo hacia la superficie generando así una corriente vertical descendente conocida como *downdraft* en su nomenclatura anglosajona. Si esta corriente acaba llegando hasta la superficie, estalla en todas direcciones provocando en ese momento fuertes vientos racheados, conociéndose a estos vientos como

reventones (*downbursts*¹ en su definición anglosajona). Por supuesto, la orografía y los obstáculos con los que este viento se encuentre terminarán por modularlo, produciendo su intensificación o debilitamiento.

Una de las características de estos reventones es que suelen tener una escala espacial muy pequeña, del orden de unos pocos kilómetros hasta centenares de metros, de modo que muchas veces escapan a la observación, resultando difícil su detección, a no ser que su radio de acción se sitúe sobre alguna estación medidora, o se produzcan sobre zonas pobladas, o bien que sus impactos sean visibles, como puede ser la caída de árboles de una determinada zona. Como ejemplo de las distintas escalas espaciales que pueden presentar los *downburst*, en la Figura 1 se muestra una imagen de un suceso real ocurrido sobre la localidad de Jumilla (Murcia) el día 2 de agosto de 2013. Al fondo de la imagen se observa la población de Jumilla, por detrás de la silueta de su castillo, y se aprecia una gran polvareda levantada tras el impacto contra el suelo de los *downdraft* que estaban afectando a un área de varios kilómetros cuadrados. En cambio, sobre la misma población de Jumilla se observa una polvareda con una extensión más reducida que es el resultado de otro reventón con una escala espacial mucho menor, del orden de pocos centenares de metros, y que en esos momentos afectó a la zona polideportiva municipal provocando un gran impacto en algunas de las personas que estaban allí presentes. Esta imagen constituye un ejemplo claro de la reducida escala espacial que pueden presentar estos reventones y de la dificultad de su detección por la red de observación.

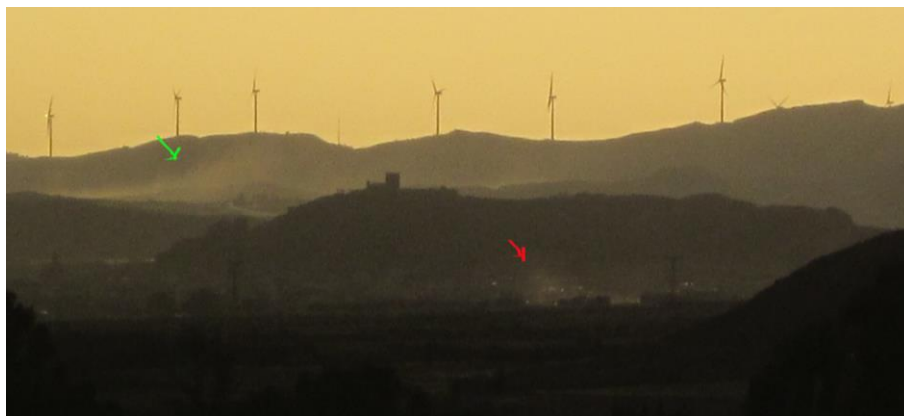


Figura 1. Ejemplo de reventones sobre la localidad de Jumilla (Murcia) el día 2 de agosto de 2013. La flecha verde señala un reventón de escala espacial mayor al que se produjo sobre la población de Jumilla (flecha roja). El polvo levantado por los reventones es uno de los impactos visuales que permite su observación. Imagen cedida por Fco. Javier Hernández Canals.

La mayoría de los reventones que llegan a observarse en la Península durante el verano presentan una formación como la que se describe más arriba, aunque también pueden tener un origen distinto. En la [nota técnica nº 28 de AEMET](#) se describe el origen de un reventón cálido

¹Fujita, 1985: The downburst, microburst and macroburst. SMRP Res. Paper No. 210 [NTIS No. PB85-148880], University of Chicago, 122 pp.

que se produjo en la ciudad de Almería. En este estudio se concluyó que la existencia de ondas de gravedad atrapadas en niveles medio-bajos de la atmósfera favoreció el descenso del aire existente en una profunda capa mezclada sobre la superficie que llegó a alcanzar el suelo provocando el reventón y un abrupto ascenso de la temperatura.

Para responder al objetivo planteado en el primer párrafo de esta introducción, este informe se ha estructurado en diferentes apartados. En el apartado 2 se describe la situación sinóptica atmosférica que condiciona en gran medida la ocurrencia de los fenómenos meteorológicos. En el apartado 3 se analizan observaciones derivadas de radiosondeos y estaciones automáticas de superficie. En el siguiente apartado se muestra un análisis de la información del radar en búsqueda de evidencias de precipitación, tipo de flujo presente y velocidades del viento. En la sección 5 se incluye una propuesta basada en las observaciones acerca de los valores máximos de viento que pudieron alcanzarse por la aparición de reventones, así como de las zonas sobre las que con mayor probabilidad pudieron haberse producido. A modo de ejemplo, y para destacar los desperfectos que uno de estos fenómenos puede ocasionar, en el apartado 6 se relatan los impactos que originó el reventón cálido que afectó a la localidad de Cullera (Valencia). Por último, se presentan las principales conclusiones de este informe.

2. Descripción sinóptica

En este apartado se describe la evolución de la situación sinóptica entre las 12 UTC² del viernes 12 de agosto y hasta esa misma hora del día 13. La guía técnica de niveles altos del viernes a las 12 reflejaba una estructura en omega con dos danas, una sobre Europa central y otra entre Azores y Portugal, separadas ambas por una circulación anticiclónica sobre el Báltico y el sur de Escandinavia y que se prolongaba a través de una dorsal hasta el sureste peninsular y norte de África (Figura 2). El flujo en altura sobre gran parte de la Península era de SW, flujo que al remontar la dorsal rolaba a NW sobre el área mediterránea. Un aspecto interesante a destacar en la imagen de vapor de agua que acompaña a la guía técnica es la existencia de nubosidad en los niveles medio-altos frente a las costas marroquíes que indicaba la formación de una pequeña hoja baroclina³ (marcada por un círculo verde en la imagen superior de la izquierda de la Figura 2) como consecuencia de la inestabilidad dinámica existente sobre esta región en la que se observa una circulación ligeramente difluente. En consonancia con esta situación de altura, en la guía técnica de superficie se muestra una región de bajo gradiente bórico con dominio de bajas presiones relativas al oeste y sur de la Península, reflejo de la vaguada en altura y una meso-alta en el este peninsular. Toda esta configuración provocaba un predominio general de la componente sur del viento y temperaturas muy elevadas por todo el interior peninsular.

² Para el horario de verano, Hora UTC = Hora Local – 2. Todas las horas indicadas en el informe son UTC.

³ [Glosario: Ondas baroclínicas - Definición \(aemet.es\)](https://www.aemet.es/glosario/ondas-baroclinicas)

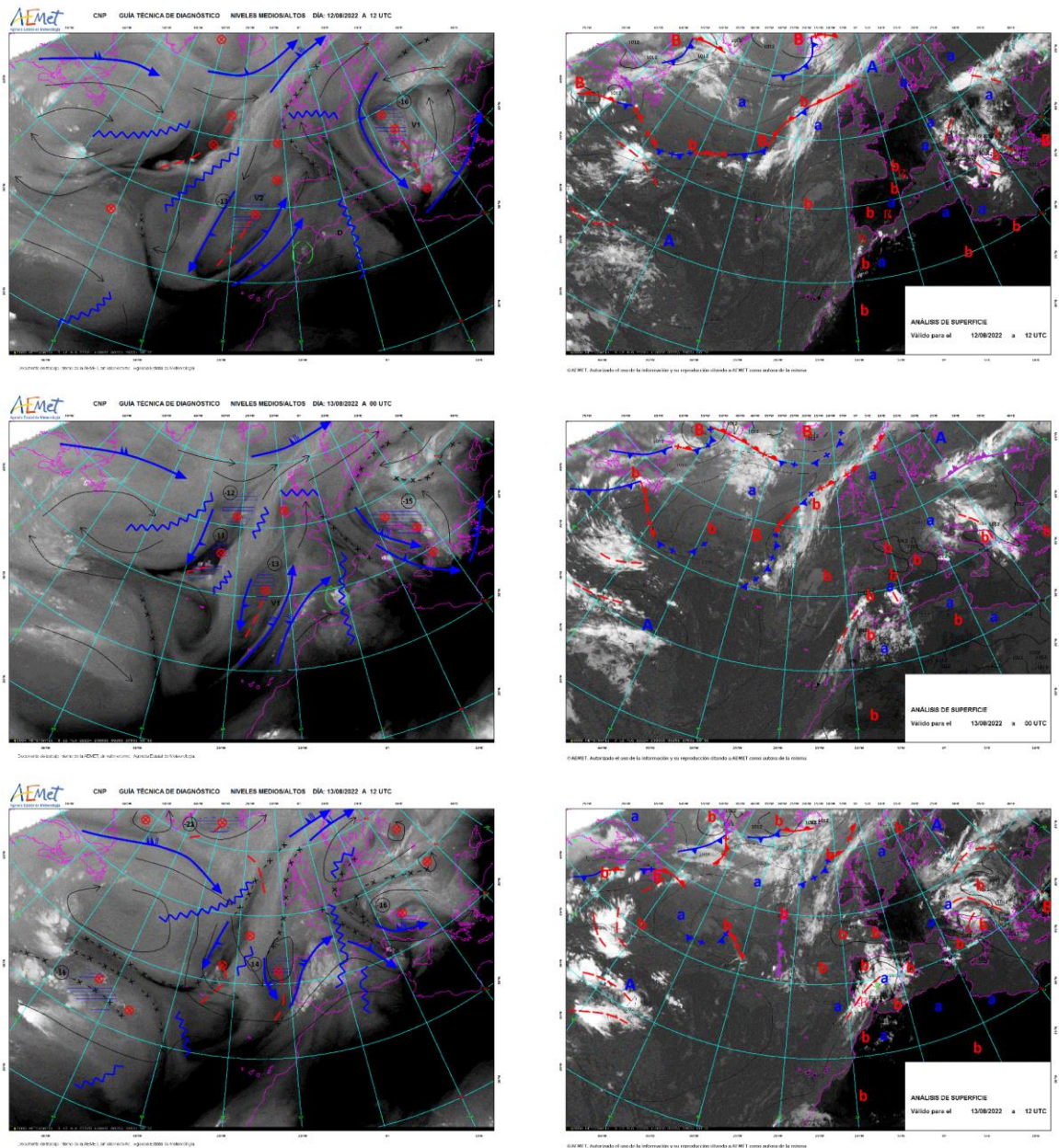


Figura 2. Guías técnicas de diagnóstico. En la columna de la izquierda/derecha se muestra la guía correspondiente a los niveles altos/bajos sobre las imágenes de IR6.2 micras (conocida como vapor de agua) e IR10.8 micras. Las filas se corresponden a las distintas horas de cada guía en intervalos de 12 horas, de modo que la fila superior se corresponde con las 12 UTC del día 12 de agosto y la inferior con las 00 UTC del día 12.

En la guía de las 00 UTC del día 13 se observa una situación muy similar a la de doce horas antes, aunque con alguna diferencia. En general, se produjo un desplazamiento de las estructuras dinámicas hacia el noreste, tanto de la DANA atlántica como de la dorsal mediterránea,

manteniéndose el flujo de SW sobre la mayor parte del territorio peninsular (Figura 2, segunda fila). No obstante, se apreciaba un mayor contenido de humedad en los niveles medio-altos, especialmente en el este peninsular y sobre las provincias objeto de este estudio. Analizadas las imágenes del canal IR7.3 de vapor de agua en el intervalo de 12 horas, entre las 12 y las 00 UTC, se distingue que esta nubosidad se correspondía con la banda baroclina localizada doce horas antes al oeste de las costas marroquíes, y que se fue trasladando por la circulación de SW hacia la región de interés (Figura 3) a la vez que se iba desarrollando convectivamente. En superficie, la guía técnica de niveles bajos mostraba la existencia de una línea de inestabilidad sobre la zona que estaba provocando la ocurrencia de tormentas de convección elevada, mientras que continuaba una configuración de presiones en superficie muy similar a aquella observada doce horas antes. La existencia de la dorsal en altura sobre la vertiente mediterránea supone un factor de forzamiento negativo sobre la hoja baroclina que se aproximaba hacia ella, contribuyendo a su debilitamiento. Además, la existencia de altas presiones en superficie y de bajas relativas hacia el Mediterráneo favorecía el flujo viento de componente W sobre toda esta zona.

Por último, la situación a las 12 UTC del día 13 mantenía el patrón sinóptico observado en las últimas 24 horas, con un desplazamiento lento hacia el noreste de las principales estructuras en altura, manteniéndose la circulación de SW, pero en este caso con un mayor contenido en humedad sobre gran parte de la Península. En superficie, y hacia la vertiente mediterránea peninsular, se apreciaba la intensificación y un desplazamiento hacia el norte de la meso-alta observada 12 horas antes, así como de las bajas presiones relativas sobre el Mediterráneo frente a la Península, configuración que favorecía vientos de componente oeste sobre las comunidades de Valencia y Murcia, los cuáles en general suelen presentar una importante canalización e intensificación por efectos orográficos.

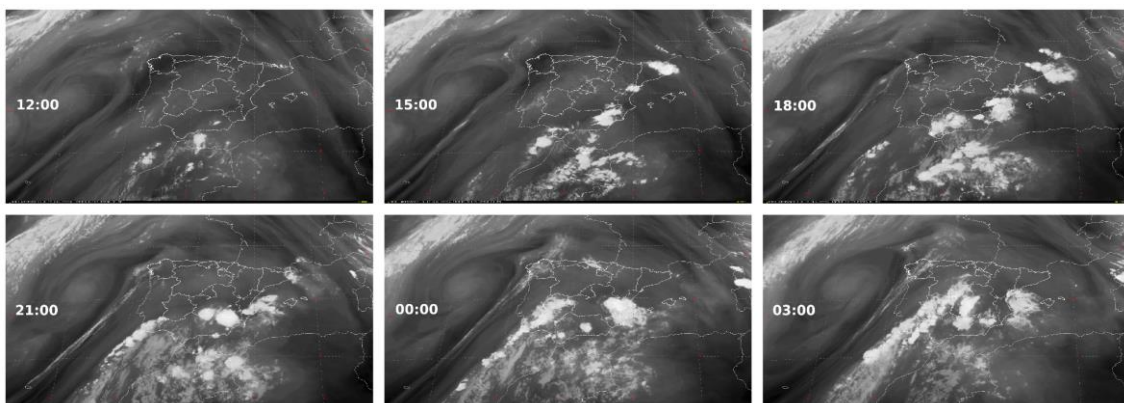


Figura 3. Imágenes del canal vapor de agua (7,3 micras) del satélite Meteosat. Secuencia trihoraria entre las 12 UTC del 12 de agosto y las 03 UTC del día 13.

3. Observaciones. Sondeo y estaciones automáticas de superficie

3.1. Sondeo atmosférico

El sondeo observado es una de las herramientas más útiles para determinar el grado de estabilidad atmosférica. El resultado arrojado por numerosos estudios relacionados con el análisis de situaciones durante reventones, presenta unos perfiles termodinámicos muy característicos de estas situaciones. Este perfil suele mostrar una capa de aire muy mezclada que abarca toda la troposfera baja y alcanza la troposfera media, presentando un espesor de entre 4 y 6 km. Por otro lado, las curvas de temperatura de rocío y de temperatura aparecen muy alejadas entre sí en toda esa capa reflejando una capa de muy bajo contenido en humedad. En el caso de los reventones secos de tipo cálido, en el sondeo suele presentarse una capa junto a la superficie más fresca y húmeda, y por encima de ésta una capa mezclada como la descrita anteriormente. En verano, la existencia de la capa fresca y húmeda es típica de las localidades próximas a la costa a causa de la brisa marítima, mientras que en zonas altas del interior, la capa junto a la superficie presenta temperaturas más altas y forma parte de toda la capa de mezcla que se extiende hasta los niveles medio-altos. En el caso de los reventones cálidos, cualquier descenso en el interior de la masa de aire que alcance el suelo deberá sobrepasar y vencer la inversión térmica que supone la capa más fresca junto a la superficie, provocando un fuerte incremento de la temperatura cuando este fenómeno sucede.

En la Figura 4 se representa el perfil termodinámico de las 00 UTC (izquierda) del día 13 de agosto registrado por el sondeo meteorológico lanzado desde el observatorio de AEMET en la estación de Guadalupe (Murcia). Como puede observarse, este perfil encaja con el descrito para situaciones de reventones, presentando una capa muy mezclada y de bajo contenido en humedad hasta el nivel de unos 600 hPa (aprox. 4.5 km). A partir de este nivel, el sondeo muestra una atmósfera inestable y saturada de vapor de agua prácticamente hasta los 12 km, confirmando la nubosidad de tipo convectivo que se observaba a esas horas en las imágenes de satélite (Figura 3) y que se corresponde con una masa de aire de características subtropicales, muy distinta a la observada por debajo del nivel de 600 hPa. Si comparamos este sondeo con el de 12 horas después, se aprecian algunos cambios. Por un lado, a las 12 se reduce considerablemente la humedad de los niveles altos, así como el grado de inestabilidad de las capas altas. Por otro, aunque continúa existiendo una capa de mezcla más o menos de la misma profundidad que la de doce horas antes, se observa a las 12 horas un perfil de capa baja algo más húmedo y una pequeña inversión térmica en niveles bajos.

En conclusión, ambos sondeos presentan un perfil compatible con la ocurrencia de reventones, aunque el perfil de la madrugada presenta un mayor potencial puesto que la mayor inestabilidad de capas altas y su mayor contenido de humedad permitirían procesos de condensación y evaporación más intensos. No obstante, la atmósfera en sus niveles medio-altos fue modificando su contenido de humedad durante el día 13 de

manera intermitente, tal y como se desprende de la información de satélite, por lo que a lo largo del día hubo momentos en los que el contenido de humedad fue mayor que el observado a la hora del sondeo de las 12. Este hecho se debió a la continua llegada de bandas nubosas desde el suroeste que eran advectadas por la circulación reinante.

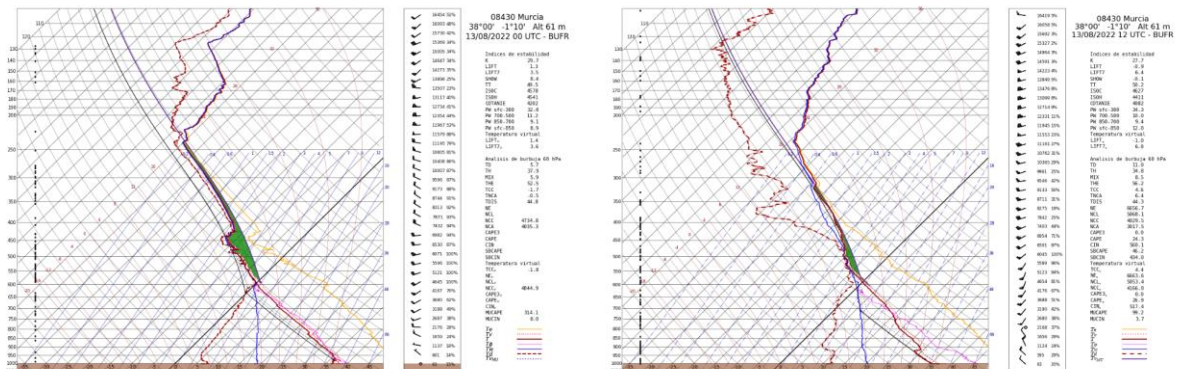


Figura 4. Perfiles termodinámicos de los sondeos de las 00 (izqda.) y 12 UTC (dcha.) obtenidos desde el observatorio de AEMET en Guadalupe (Murcia)

3.2. Datos observados con estaciones automáticas

En este apartado se muestran los datos registrados en un importante número de estaciones automáticas (emas, de aquí en adelante) pertenecientes a la red de observación de AEMET en las provincias de Murcia, Alicante y Valencia. En la Figura 5 se representan los valores de racha máxima, en km/h, observados en 24 horas durante los días 12 y 13. Estos mapas representan una aproximación a lo ocurrido, ya que los valores representados donde no hay observación directa se han obtenido mediante un proceso de interpolación estadística. No obstante, nos sirven como primera aproximación para determinar zonas donde los vientos fueron más intensos, así como de su carácter local o más extendido. En relación a esto último, observamos que el día 12 los vientos más intensos tuvieron lugar en la Región de Murcia, donde además se observa una amplia zona en su mitad centro-oriental con rachas del orden de 55 a 70 km/h y algún máximo más local, en este caso localizado sobre la población de Mula donde se registró un valor de 92 km/h. El día 13, el viento se intensificó especialmente en la Comunidad Valenciana, observándose en una gran parte del territorio rachas entre 55 y 70 km/h, y zonas más locales con valores por encima de los 70 y 80 km/h, evidenciando que el día fue especialmente ventoso y en el que dominaron los vientos de ponientes (vientos de origen terrenal en ambas comunidades autónomas).

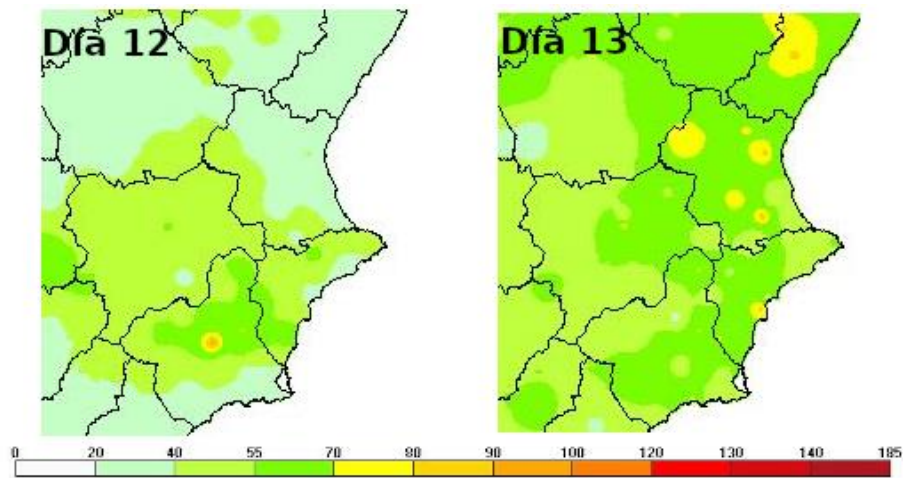


Figura 5. Mapas en los que se representa la distribución espacial de las rachas máximas observadas en 24h en las estaciones de AEMET. En los puntos donde no hay medida el valor se ha obtenido por interpolación estadística de las observaciones más cercanas al punto.

Si se analizan con más detalle ambos días, teniendo en cuenta los registros continuos de las diferentes estaciones, se observa que el día 12 las intensidades máximas de viento en la Región de Murcia se produjeron entre las 22 y las 00 UTC en muchas de las estaciones, observándose principalmente los valores más intensos en la franja central descrita en la Figura 5. Un ejemplo de ello lo tenemos en el gráfico de la Figura 6 (izquierda) donde se muestran los registros de viento y temperatura de la estación de Mula. En este caso, se aprecia como el máximo de viento coincide con un importante aumento de la temperatura. Como se explicará en el apartado siguiente, en este momento el radar detectaba precipitación sobre la zona, pero el pluviómetro de dicha estación no registró valor alguno de precipitación. Toda esta información cumple con el modelo conceptual explicado en la introducción sobre los reventones, en este caso se trató de un reventón cálido por el notable ascenso de temperatura observado. Otros dos ejemplos más se pueden ver en las observaciones de las estaciones de Guadalupe (Murcia) y del aeropuerto del Altet (Alicante) (Figura 6 - centro y derecha, respectivamente). Tal y como se ven en las gráficas de evolución en todas las estaciones se observaron importantes subidas de temperatura coincidiendo con la hora del máximo de viento observado. Además, el máximo de viento se produjo primero en la estación más occidental, Mula, y en orden cronológico se fueron produciendo más tarde en la estación de Guadalupe y por último en Alicante. Así, del análisis del resto de estaciones ubicadas en la zona central de la Región de Murcia y de la provincia de Alicante, se observa una sincronización de los máximos, de modo que primero se produjeron en las estaciones más occidentales y después en las más orientales, evidenciándose una relación en su ocurrencia y por tanto parece evidente que estuvieran conectadas de algún modo con el mismo fenómeno. En relación a esto, las estaciones murcianas presentaron máximos de oeste a este entre las 22:00 y las 23:30 UTC, mientras que en las alicantinas se observaron algo más tarde, entre las 00:00 y las 01:00 UTC del día 13.

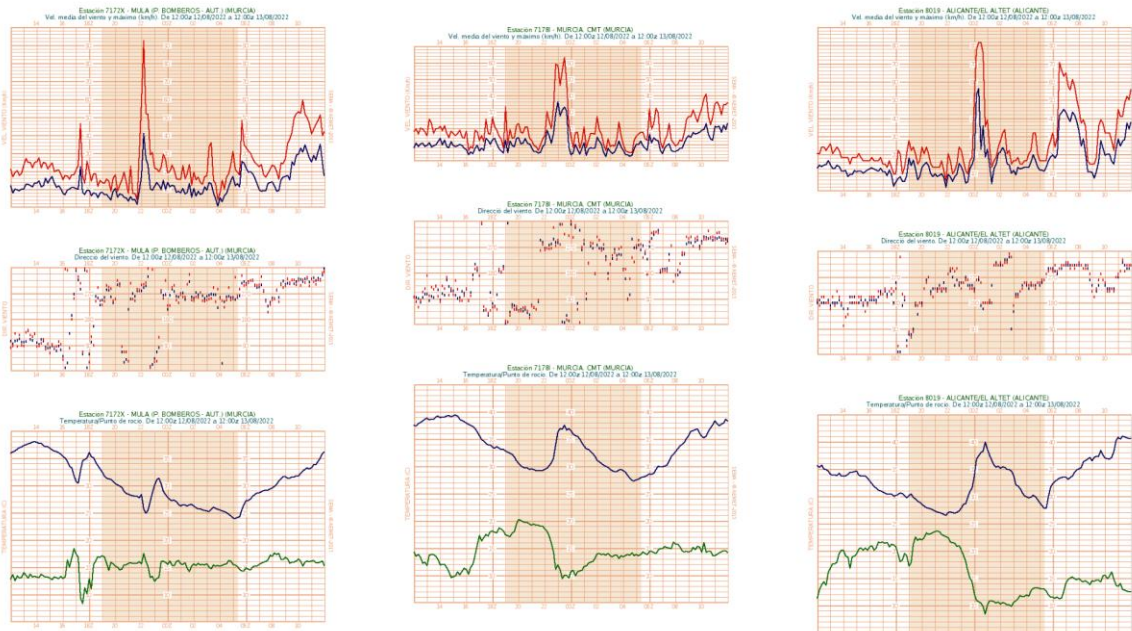


Figura 6. Registros de intensidad de viento (fila superior), dirección de viento (fila central) y temperatura (fila inferior) de las estaciones automáticas de Mula (Murcia) (columna izda.), Guadalupe (Murcia) (columna central) y Alicante/Altet (columna izquierda). En las gráficas de viento los valores rojos indican vientos máximos y los azules vientos medios en 10'. En el caso de la temperatura la curva azul es la temperatura del aire y la verde representa la temperatura del punto de rocío. Todas las gráficas están representadas en el mismo intervalo temporal, entre las 12 UTC del día 12 y las 12 UTC del 13.

Por otro lado, en la madrugada del día 13 se observaron también máximos de viento en el interior y zona litoral de la provincia de Valencia, apreciándose también una sincronización similar, afectando primero a las zonas occidentales y después a las comarcas orientales. Un ejemplo de esto lo podemos ver en la Figura 7, donde se representan los registros de las estaciones de Utiel, Xàtiva y Polinya, en la provincia de Valencia. Entre las 00 y las 02 UTC puede verse de nuevo el registro de valores máximos, en este caso el valor más alto se observó en Xàtiva, superándose los 80 km/h, así como un nuevo aumento notable de la temperatura, especialmente en Polinya, aunque en esta estación el valor de racha máxima de viento fue muy inferior al de Xàtiva.

De nuevo, entre las 06 y 08 UTC volvieron a observarse vientos muy intensos en puntos de la provincia de Valencia, y también en otros de las provincias de Alicante y norte de la Región de Murcia.

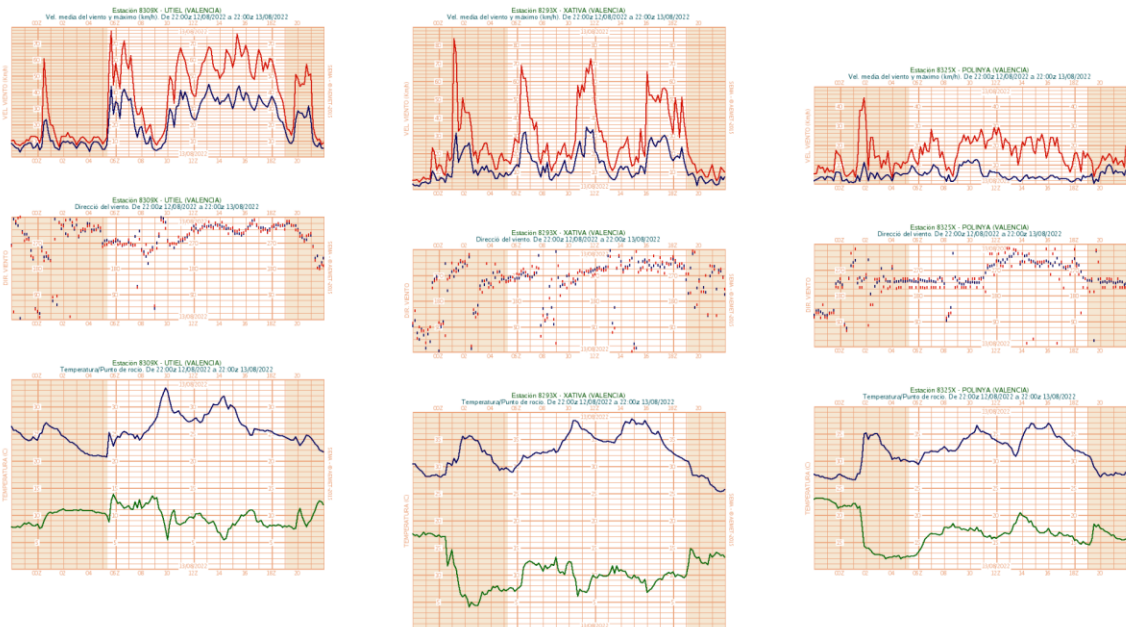


Figura 7. Igual que la Figura 6, pero para las estaciones de Utiel (izda.) Xàtiva (centro) y Polinyà (decha.). En este caso el período temporal es entre las 22 UTC del 12 y las 22 UTC del 13.

A lo largo de la mañana y gran parte de la tarde del día 13 volvieron a repetirse episodios muy intensos de viento en las dos comunidades autónomas, pero especialmente en las provincias de Valencia y Castellón. A diferencia de las rachas de viento de la noche anterior y de la madrugada, las observadas el día 13 parecen estar más en consonancia con la situación de vientos generalizados de poniente que suelen canalizarse orográficamente sobre esta región aumentando su intensidad. Además, también parecía estar actuando un intenso efecto *foehn* sobre la región, que mantenía unas temperaturas muy elevadas. Un ejemplo de ello se observa en los registros de la estación del aeropuerto de Valencia (Figura 8), donde se describe una dirección del flujo muy marcada y persistente desde la mañana del día 13. En este caso no se aprecian pulsos de vientos intensos de corta duración, como sí se ve en la madrugada, sino unos vientos máximos y medios distribuidos en períodos de tiempo más amplios. Además, tampoco se aprecian cambios tan bruscos en la curva de temperatura de rocío (línea verde en los gráficos de la Figuras 6, 7 y 8) como sí se observa durante la noche del 12 y madrugada del 13. Patrones muy similares a éstos se aprecian en la gran mayoría de estaciones de las diferentes provincias.

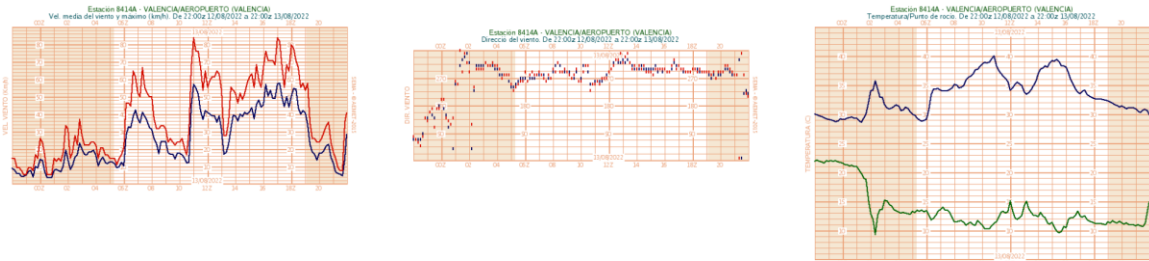


Figura 8. Registros de viento y temperatura observados en la estación del aeropuerto de Valencia el día 13.

Por último, en la Tabla 1 se muestra una decena de estaciones donde se observaron rachas iguales o superiores a 70 km/h. Se ha seleccionado el umbral de 70 km/h para simplificar, pues hay un gran número de estaciones en las que se superaron los 50 km/h. Como puede verse, en alguna de las estaciones, como la de Valencia/Aeropuerto, las rachas intensas se registraron a lo largo de diferentes momentos del día, y en otras como las de Mula tuvieron un carácter temporal más puntual.

DIA	HORA	MINUTO	NOMBRE	NOM_PROV	VMAX10M (km/h)	DMAX10M
12	22	10	MULA, P. BOMBEROS	MURCIA	92,52	302,00
13	1	10	XÀTIVA	VALENCIA	83,52	286,00
13	11	0	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	83,52	250,00
13	17	0	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	83,52	310,00
13	0	20	ALICANTE-ELCHE/AEROPUERTO	ALICANTE	81,72	270,00
13	0	30	ALICANTE-ELCHE/AEROPUERTO	ALICANTE	81,72	250,00
13	17	10	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	81,72	300,00
13	18	0	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	79,56	300,00
13	0	10	ALICANTE-ELCHE/AEROPUERTO	ALICANTE	77,76	260,00
13	7	40	BICORP	VALENCIA	77,76	247,00
13	18	10	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	77,76	300,00
13	5	40	UTIEL, LA CUBERA	VALENCIA	77,40	267,00
13	0	40	ALICANTE-ELCHE/AEROPUERTO	ALICANTE	75,96	180,00
13	11	10	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	75,96	260,00
13	11	20	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	75,96	250,00
13	16	10	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	75,96	290,00
13	15	20	UTIEL, LA CUBERA	VALENCIA	75,60	308,00
13	1	20	XÀTIVA	VALENCIA	75,24	283,00
13	18	30	MAZARRÓN/LAS TORRES	MURCIA	72,72	20,00
13	11	40	XÀTIVA	VALENCIA	72,36	292,00
13	0	10	ORIHUELA DESAMPARADOS	ALICANTE	71,64	15,00
13	18	20	MAZARRÓN/LAS TORRES	MURCIA	71,64	20,00
13	6	20	YECLA	MURCIA	71,28	277,00
13	6	40	UTIEL, LA CUBERA	VALENCIA	71,28	265,00
13	5	50	MOLINA DE SEGURA (LOS VALIENTES)	MURCIA	70,92	327,00
13	10	50	LURIA	VALENCIA	70,92	272,00
12	23	10	MOLINA DE SEGURA (LOS VALIENTES)	MURCIA	70,56	285,00
13	6	30	ALICANTE-ELCHE/AEROPUERTO	ALICANTE	70,56	300,00
13	16	20	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	70,56	290,00
13	16	30	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	70,56	310,00
13	16	40	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	70,56	330,00
13	18	20	VALENCIA/AEROPUERTO	VALENCIA	70,56	290,00

Tabla 1. Vientos máximos en 10' superiores a 70 km/h registrados durante los días 12 y 13 de agosto de 2022. En la 6ª columna se presentan los valores de intensidad ordenados de forma descendente.

4. Observaciones de teledetección

En este apartado se analizan las imágenes de los radares meteorológicos ubicados en las comunidades autónomas de Valencia y Murcia. Como se ha visto en la sección anterior, la mayoría de las observaciones de emas y la información del sondeo muestran la posible ocurrencia de reventones. Las mayores evidencias se observaron durante la tarde-noche del día 12 y durante la madrugada y primeras horas del día 13, de ahí que en este apartado se analiza la información aportada por los radares meteorológicos de AEMET en la Región de Murcia y Comunidad Valenciana en diferentes intervalos horarios dentro de esta franja temporal.

De esta información se deduce la llegada de dos sistemas convectivos que estaban provocando precipitaciones y presentaban actividad tormentosa. Uno de ellos alcanzó primero a las provincias de Murcia y Alicante, mientras que el otro llegó algo más tarde afectando fundamentalmente a la provincia de Valencia. A continuación, se muestra un análisis radar de ambos sistemas con el fin de obtener nuevas evidencias que apoyen la ocurrencia de reventones, así como de su posible intensidad y regiones afectadas.

4.1. Radar de AEMET en la Región de Murcia

Sobre las 21 UTC del día 12, un sistema tormentoso entró por el oeste de la Región de Murcia acompañado de aparato eléctrico que reflejaba la inestabilidad existente en capas medio-altas. En las siguientes dos horas, el sistema se desplazó de oeste a este, cruzando la Región de Murcia y alcanzando a la provincia de Alicante.

En las imágenes entre las 21:00 y 21:30 UTC (Figura 9) se observa que la banda de precipitación tenía una estructura de mayor reflectividad alineada en dirección norte-sur, lo que denota un signo de cierta organización en la convección. Según la altura de los ECHOTOP (mayor altura que alcanzan las reflectividades de 12 dBz), la parte más activa de esta línea de inestabilidad se observaba en su mitad centro-norte, afectando principalmente a las comarcas del Noroeste y Río Mula, zonas sobre las que se observan las mayores alturas de entre 10 y 12 km, así como los vientos radiales más intensos, cuyo sentido indicaba un desplazamiento de la precipitación hacia el este y hacia la posición del radar ubicada en la sierra de la Pila (centro de las imágenes de la Figura 9).

Otra evidencia más del decaimiento de la actividad convectiva es el menor número de descargas eléctricas observadas por la red de descargas de AEMET durante este período con relación al primero (Figura 11, imagen de la izquierda).

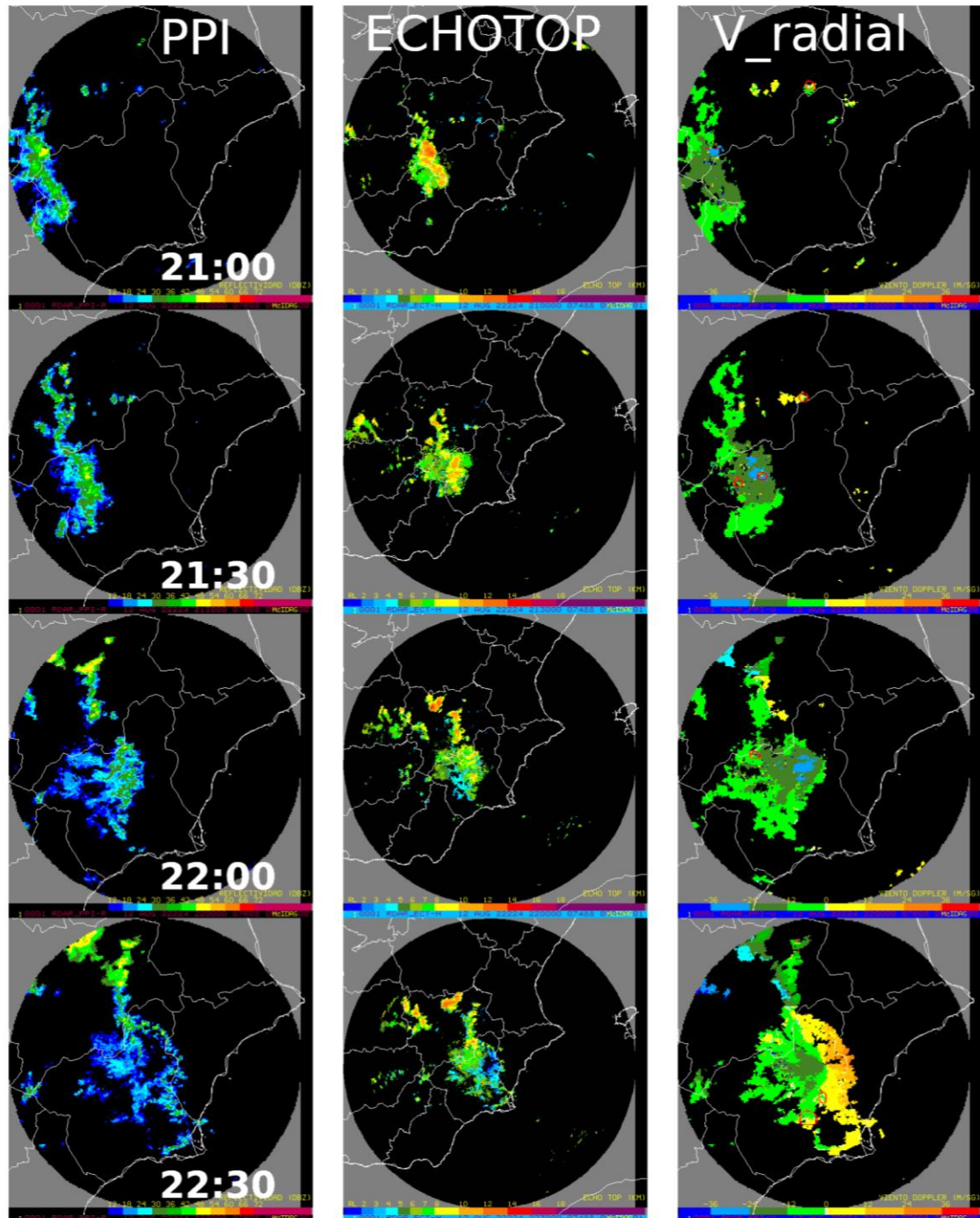


Figura 9. Composición semihoraria de productos radar entre las 21:00 y 22:30 UTC del 12 de agosto de 2022. En columnas de izquierda a derecha se muestran los siguiente productos: PPI (reflectividades radar de la exploración más baja), ECHOTOP (altura máxima de los ecos de reflectividad con intensidad de 12 dBz) y Viento Radial (intensidad del viento en dirección al radar).

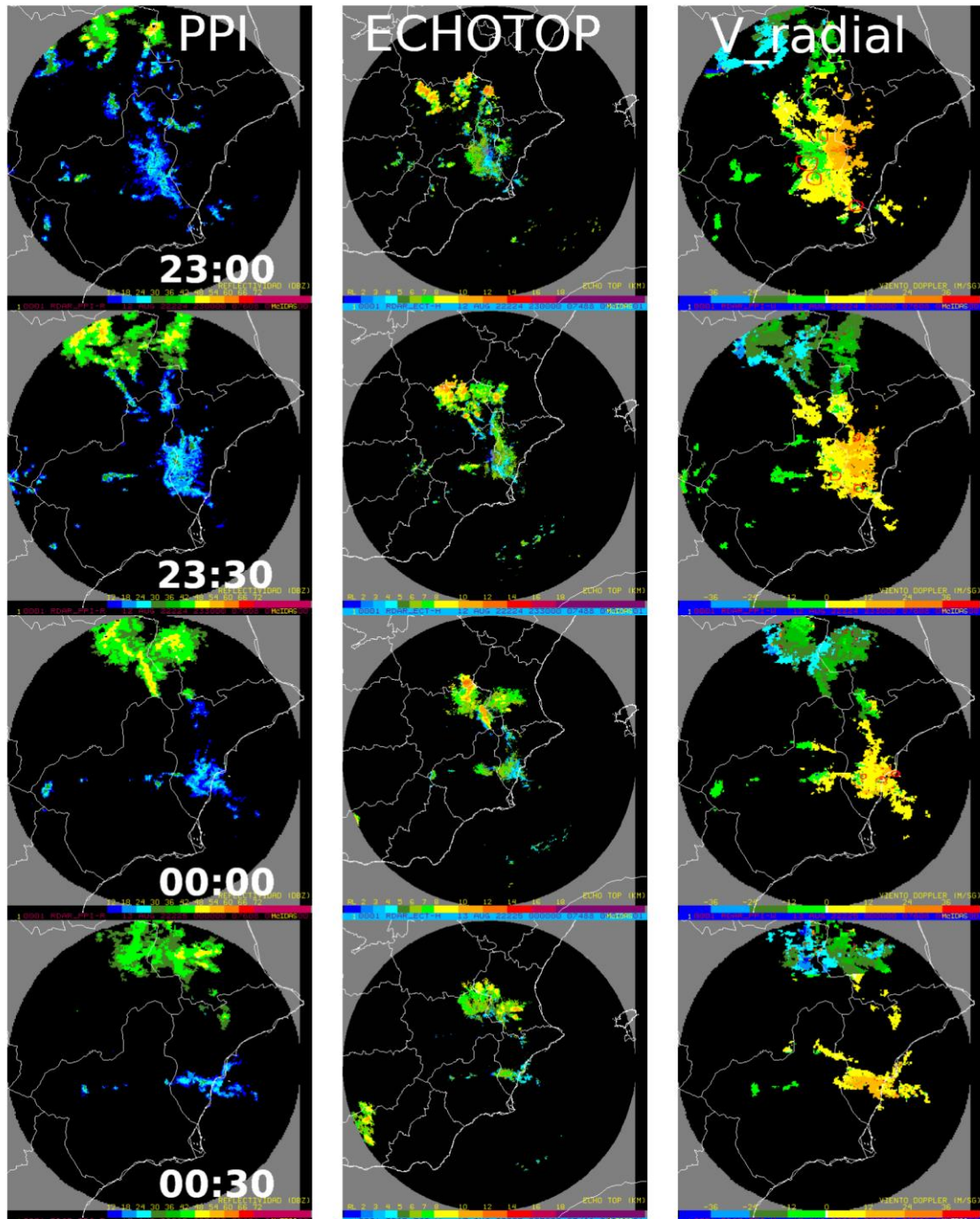


Figura 10. Igual que la Figura 9 pero para el intervalo temporal entre las 23:00 UTC del día 12 y las 00:30 UTC del 13 de agosto de 2022.

A partir de las 21:30 del día 12, se aprecia una disminución de la reflectividad (imágenes PPI), así como del área y de la altura máxima de los ECHOTOP, indicio de que las tormentas entraban en una fase de disipación. Esta misma evolución se confirma en las imágenes derivadas de la observación de otros radares próximos, como el ubicado en la provincia de Almería. La fase de disipación del sistema precipitante fue lenta y continua a medida que el sistema se desplazaba hacia el este y avanzaba hacia la provincia de Alicante, afectando a esta última de forma más directa entre las 23:00 UTC del día 12 y las 00:30 UTC del día 13 (Figura 10).

El análisis del producto del viento radial es interesante pues de él se pueden derivar características del flujo reinante, como su dirección e intensidad, la existencia de un flujo recto, difluente o confluyente, o bien la existencia de zonas con convergencia o divergencia del flujo y de posibles vórtices. Cada uno de estos factores puede servir para delimitar el tipo de fenómenos atmosféricos compatibles con el flujo de viento observado. Del análisis de este producto, se observa el predominio de vientos de componente oeste, así como un patrón de flujo difluente en la zona de precipitación. Esta última característica se aprecia claramente en la imagen de las 22:30 UTC del día 12 (Figura 9). La existencia de difluencia es signo de que el flujo de viento se abre en forma de abanico hacia otras direcciones alejándose de un eje central orientado en paralelo a la dirección general del flujo. En este caso, el eje de máximo de viento en la dirección del flujo se situaba bajo la zona más activa del sistema tormentoso ubicado al oeste de la posición central de la imagen radar de las 22:30. La limitación del radar en cuanto a su resolución espacial, del orden de 1 km, hace difícil encontrar flujos radiales divergentes de pequeña escala que pudieran estar relacionados con la ocurrencia de reventones de escala espacial inferior a esta resolución. Otra limitación más, y en concreto del radar de Murcia, es la altitud sobre el nivel del mar a la cual se encuentra (1,274 m), factor que limita cualquier posibilidad de ver lo que está sucediendo por debajo de su posición, especialmente en situaciones de inestabilidad como la que nos ocupa en este estudio. Teniendo en cuenta estas limitaciones, entre las 22:30 y las 00:00 UTC, se observan zonas (rodeadas con un círculo rojo sobre las imágenes del viento radial) relativamente amplias (del orden de decenas de km²) sobre las que aparece un patrón divergente, y donde es compatible que pudieran haberse producido reventones. Este hecho no excluye la ocurrencia de este fenómeno en otras áreas debido a las limitaciones anteriormente descritas.

Otro producto que proporciona información del viento es el producto VAD (velocity azimuth display) donde se representa el perfil del viento sobre la vertical del radar (Figura 11). En el momento del paso del sistema de precipitación por la vertical del radar (22:10 UTC) el VAD muestra un perfil de vientos de componente oeste con intensidades muy altas del orden de 50 kt (unos 93 km/h) en los niveles más bajos (1,300 m). Otro elemento interesante a destacar de este perfil es la existencia de vientos intensos en las capas más bajas en comparación con los vientos más débiles de niveles altos, lo cual es compatible con una atmósfera con flotabilidad negativa favorable a la subsidencia del aire (descenso en altitud).

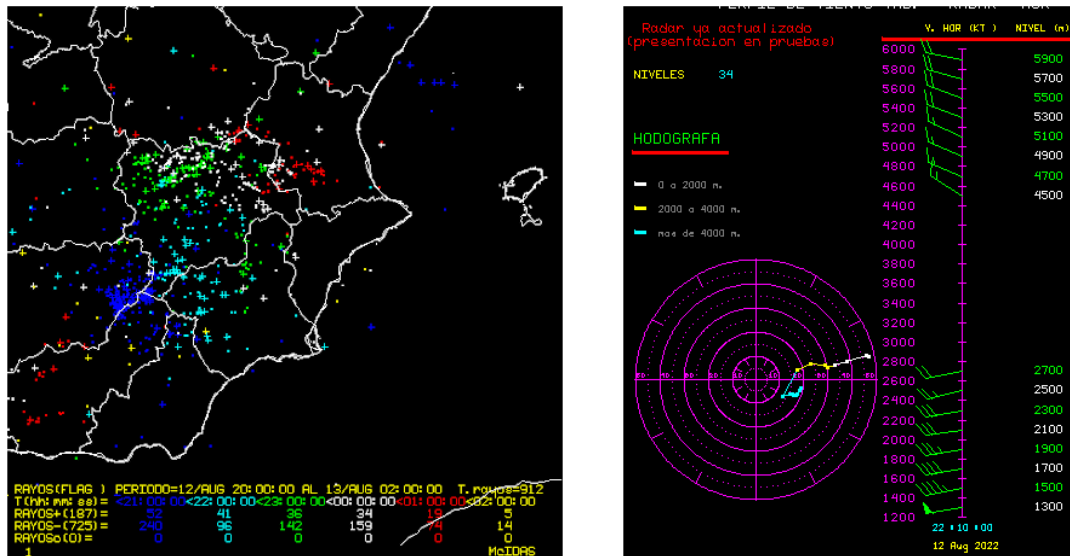


Figura 11. Descargas eléctricas (izquierda) y producto VAD (derecha) de las 22:10 UTC del radar de Murcia. La imagen de las descargas muestra la localización de los rayos observados entre las 20:00 del 12 y las 02:00 UTC del 13 de agosto de 2022.

4.2. Radar de AEMET en la Comunidad Valenciana

Para estudiar la posible ocurrencia de reventones en la provincia de Valencia, se ha empleado el radar ubicado en esta comunidad por su mejor observación de la precipitación en esta zona. Como puede verse en la Figura 12, alrededor de las 00 UTC del día 13, apareció por el oeste de la provincia un sistema precipitante que se desplazó lentamente entre las 00:00 y 02:00 UTC desde las comarcas del interior norte y sur de Valencia hacia las comarcas de los litorales sur y norte de la misma provincia. Este sistema estaba acompañado de notable aparato eléctrico y presentaba algunas características similares al que cruzó la Región de Murcia y la provincia de Alicante entre una y dos horas antes. En este caso, el sistema precipitante tenía señales algo más débiles: menos organización, menor extensión de los vientos radiales más intensos y reflectividades más bajas. Al igual que el sistema analizado en el punto anterior, éste se encontraba en fase de disipación durante su avance hacia el este de la provincia, donde prácticamente apenas se observan señales de reflectividad en la imagen PPI de las 02:00 UTC.

Las imágenes del viento radial nos indican la prevalencia de un flujo de oeste. En este caso, debido a la posición del radar respecto a los ecos de precipitación al este de éstos, así como a la menor extensión espacial de la precipitación, no se puede determinar la existencia de difluencia o confluencia del flujo. Al igual que en el apartado anterior, es posible vislumbrar zonas con divergencias (círculos rojos) en la dirección radial al radar, las cuáles se aprecian en la mayoría de las imágenes de viento de la Figura 12.

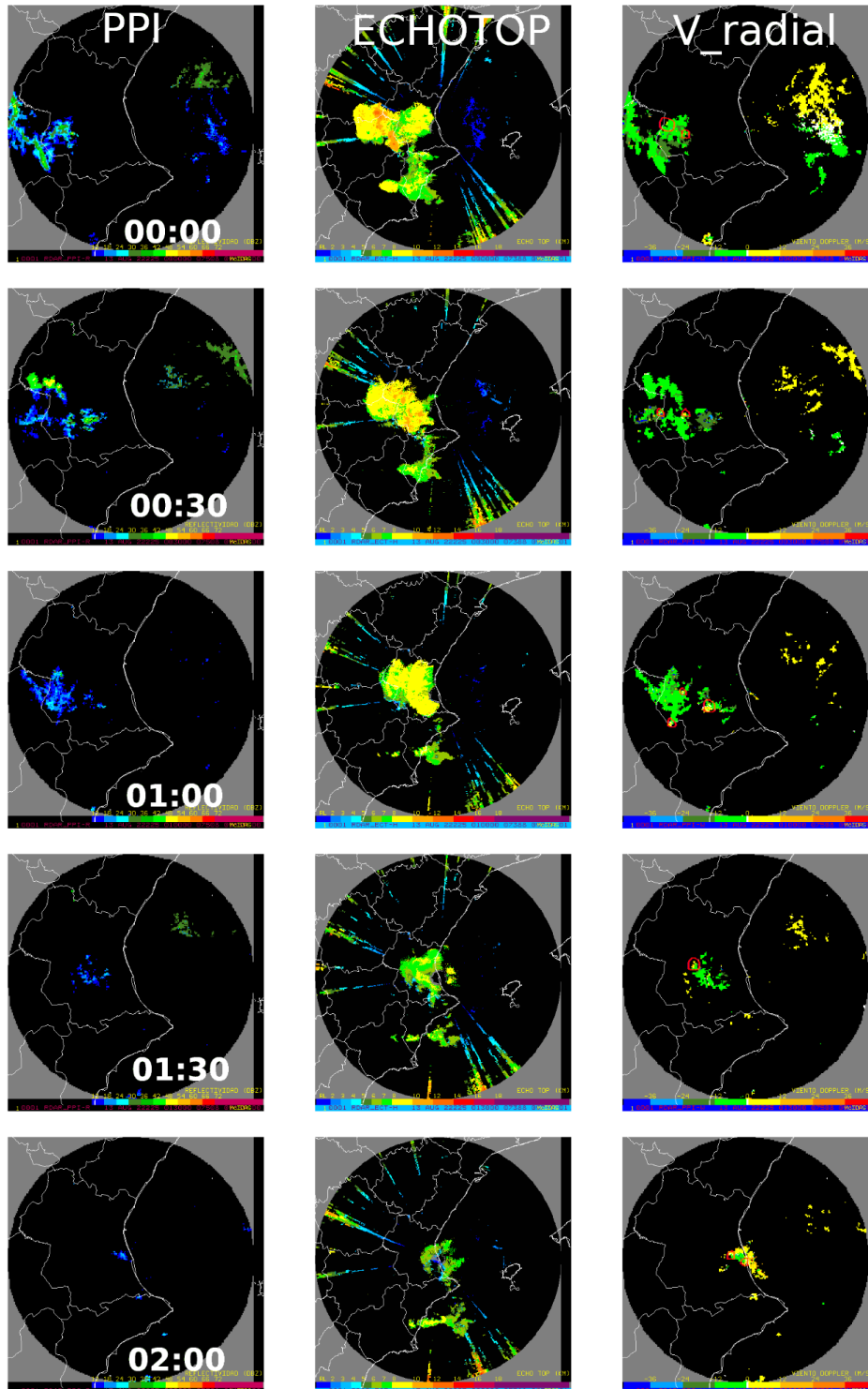


Figura 12. Composición semi-horaria de productos radar entre las 00:00 y 02:00 UTC del día 13 de agosto de 2022. Productos obtenidos con el radar de AEMET en la Comunidad Valenciana.

Por último, el producto VAD de las 01:40 UTC (Figura 13) muestra de nuevo un perfil vertical de viento similar al observado con el radar de Murcia, aunque en este caso las intensidades observadas en capas bajas son algo inferiores del orden de 35 kt (aprox. 65 km/h).

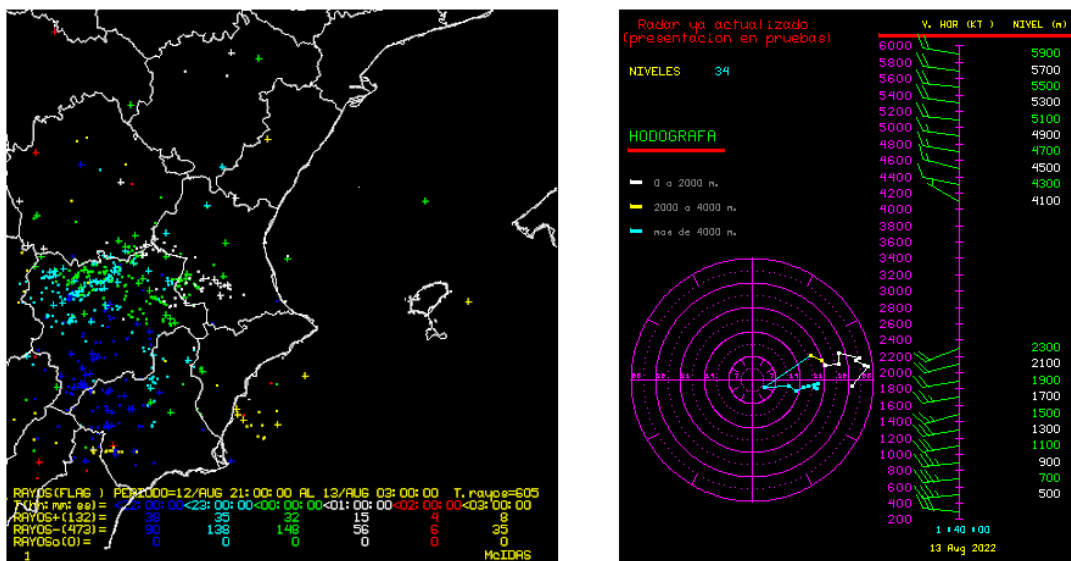


Figura 13. Idem que en la Figura 11 pero en este caso se muestran las descargas entre las 21:00 del 12 y las 03:00 UTC del día 13 y el producto VAD de las 01:40 UTC observado con el radar de AEMET en la Comunidad Valenciana.

5. Estimación de las zonas donde fue más probable la ocurrencia de reventones

Como se ha descrito en los apartados anteriores, muy probablemente en la noche del 12 y madrugada del 13 se produjeron reventones. Algunos de éstos pudieron ser medidos con nuestra red de observación, observándose valores máximos de viento entre 80 y 92 km/h. No obstante, a través de las observaciones de teledetección y por el perfil termodinámico que muestra el sondeo, muy probablemente estos reventones se produjeron en otros puntos de la provincia.

Atendiendo a las observaciones del radar y de las emas, en la Figura 14 se muestra una estimación de las zonas donde es probable que se hubiera producido algún fenómeno de reventón. Como puede verse, se muestran áreas con mayor y menor probabilidad, y éstas se extienden en general por amplias zonas de las comunidades de Valencia y Murcia.

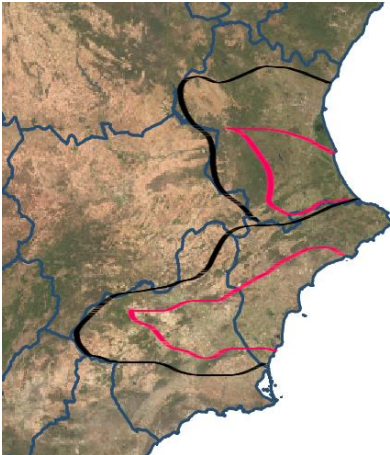


Figura 14. Zonas estimadas con probabilidad de ocurrencia de reventones. Las áreas rojas/negras indican una mayor/menor probabilidad de ocurrencia

La mayor probabilidad se ha asignado por encontrar un mayor número de evidencias observacionales compatibles con la ocurrencia de dichos fenómenos. Para ello, se han tenido en cuenta los siguiente indicios: *zonas donde alguna estación ha dejado registros compatibles como el aumento repentino del viento por encima de 50 km/h, y/o un fuerte ascenso de la temperatura y/o precipitación nula o casi*

inapreciable; zonas radar donde se observa que el sistema precipitante decae o desaparece; zonas con máximos de viento radar.

Por otro lado, y aunque pudo medirse la intensidad de los vientos provocados por algunos de estos reventones, como es el caso de la estación de Mula (Murcia), es posible que pudieran haberse producido reventones con intensidades mayores. Para inferir la potencialidad máxima de los vientos se ha hecho uso de los análisis de los modelos HARMONIE-AROME e IFS-HRES. A partir de éstos, se ha estimado el índice WINDEX⁴, para todos los puntos de rejilla de ambos modelos. Los resultados alcanzados muestran una potencialidad de vientos de hasta 100 km/h.

6. Ejemplo de uno de los impactos provocados por los reventones en la madrugada del día 13.

En esta sección se presenta a modo de ejemplo la descripción de los impactos que puede ocasionar un reventón, en este caso se describen aquellos ocasionados en el recinto del festival Medusa que estaba ubicado al sur de la localidad de Cullera (Valencia), entre la desembocadura del río Júcar y la playa de San Antonio. A consecuencia del fuerte viento se produjeron daños en las estructuras del festival, algunas de ellas fueron arrancadas y otras abatidas por el viento. Los daños provocaron una víctima mortal, alrededor de diez heridos graves y unos 30 leves.

La zona del festival se visitó por personal cualificado de AEMET en dos ocasiones con el fin de observar los daños ocasionados, recopilándose numerosos testimonios de los asistentes reco-

⁴ Índice empírico definido ideado para determinar la potencialidad de los vientos máximos del downburst. McCann, Donald W., 1994: WINDEX - A new Index for forecasting microburst Potential. Weather Forecasting, **9**, 532-541.

gidos en la prensa. Durante las dos visitas se prestó especial atención a los daños más significativos que se produjeron, especialmente la dirección de abatimiento de las estructuras dañadas por el viento, o la dirección de desplazamiento de los elementos que fueron arrancados.

Los daños más relevantes se sitúan en los puntos representados en el mapa de la Figura 15, y se corresponden sobre todo con la zona oeste del recinto, la más alejada del mar, que era la zona de procedencia de la tormenta. A pesar de ser un recinto de dimensiones relativamente reducidas los daños no fueron generalizados, siendo más débiles y dispersos en la zona este del mismo, la más próxima al mar. En la ribera del río Júcar, en el extremo sur del recinto, donde hay árboles de ribera, tampoco se observaron daños significativos.

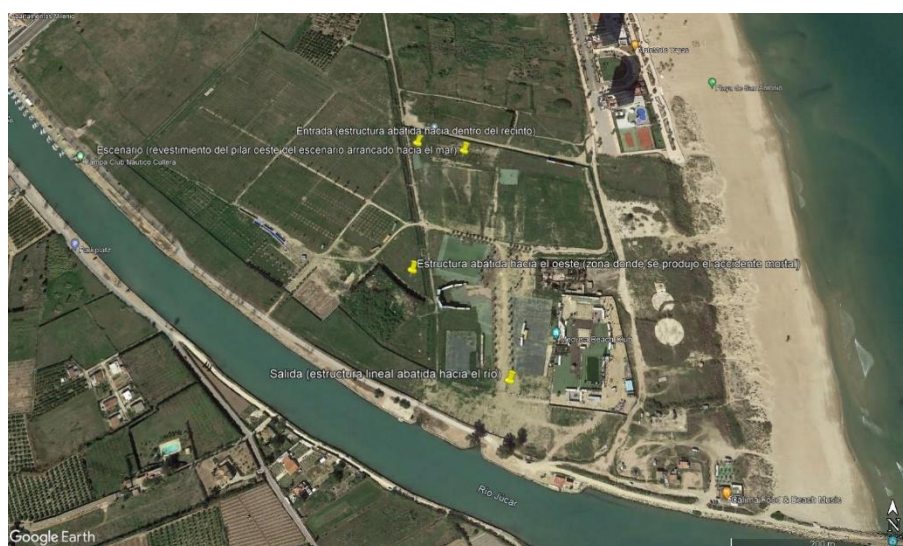


Figura 15. Recinto del festival Medusa, con los daños observados.

En el análisis de los daños no se aprecia una dirección única de abatimiento de las estructuras afectadas por el viento, aunque la dirección principal era hacia el este. Los testigos señalaron que el panel arrancado del pilar oeste del escenario principal fue arrastrado en dirección este, hacia el mar, por lo que el viento en ese punto sería del oeste. También la estructura donde se produjo el fallecimiento fue abatida en sentido hacia el este, sin embargo, las dos estructuras que eran la entrada al recinto por el norte, y la salida de emergencia por el sur, estaban abatidas hacia el sur-sureste, aunque hay que tener en cuenta que eran estructuras lineales instaladas con orientación oeste-este y la componente perpendicular del viento a esas estructuras pudo favorecer su abatimiento hacia el sur-sureste.

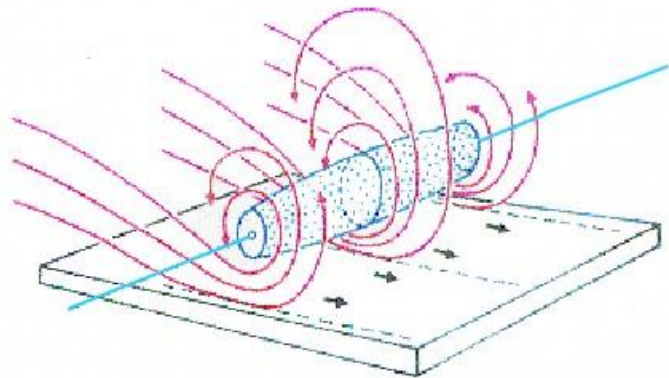


Figura 16. Zona principal de entrada al recinto, situada próxima al escenario principal, abatida hacia el sur-sureste.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta que estas intensas corrientes descendentes de aire, que se desplomaron desde una altitud aproximada de 3 km, se extienden horizontalmente una vez que alcanzan la superficie, y no sólo hay que considerar los efectos de la velocidad del viento horizontal, sino también los asociados tras el impacto contra el suelo, ya que se producen ascensos y descensos, rotores con el eje paralelo al suelo y que a veces producen “aplastamientos” de estructuras, y otras veces provocan empujes verticales ascendentes que llegan a arrancar las estructuras más frágiles, e incluso en zonas próximas se pueden producir velocidades de viento mucho más débiles más allá de la región de formación de esos microvórtices y de la zona de impacto del aire junto al suelo. Todo lo cual justifica los daños diferenciados dentro del recinto, significativamente más importantes en la zona oeste, la zona de procedencia de la tormenta.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta que estas intensas corrientes descendentes de aire, que se desplomaron desde una altitud aproximada de 3 km, se extienden horizontalmente una vez que alcanzan la superficie, y no sólo hay que considerar los efectos de la velocidad del viento horizontal, sino también los asociados tras el impacto contra el suelo, ya que se producen ascensos y descensos, rotores con el eje paralelo al suelo y que a veces producen “aplastamientos” de estructuras, y otras veces provocan empujes verticales ascendentes que llegan a arrancar las estructuras más frágiles, e incluso en zonas próximas se pueden producir velocidades de viento mucho más débiles más allá de la región de formación de esos microvórtices y de la zona de impacto del aire junto al suelo. Todo lo cual justifica los daños diferenciados dentro del recinto, significativamente más importantes en la zona oeste, la zona de procedencia de la tormenta.

Figura 17. Esquema de un “rotor” con eje horizontal asociado a un reventón tras el contacto del aire descendente con el suelo. Fuente: Fujita, T.T., 1985. Downburst: microburst and macroburst. Report of Projects NIMROD and JAWS.



Además del fuerte viento, los testigos presenciales del suceso relatan el brusco ascenso de temperatura, manifestando que “era como si el aire quemara”, indicando que hubo un brusco aumento de la temperatura y descenso de la humedad del aire, y también se refieren a que el fenómeno fue acompañado de polvareda, quizás provocada por el levantamiento de tierra de la zona oeste del recinto del festival, la situada entre el festival Medusa y el puente de la Bega, que es de terreno natural sin asfaltar y donde probablemente impactó el reventón con más intensidad.

7. Conclusiones

A la vista de lo descrito en los apartados anteriores, podemos afirmar que desde la noche del día 12 de agosto y hasta primeras horas del día 13 se produjeron vientos intensos en superficie compatibles con la ocurrencia de reventones. Los valores de racha máxima asociados a estos eventos se estima que pudieron alcanzar de forma puntual los 100 km/h, observándose los valores más altos del orden de los 93 km/h en la estación de Mula (Murcia).

La información derivada de la red de observación, principalmente emas y radar, muestra un mayor número de evidencias compatibles con la ocurrencia de este fenómeno en algunas zonas de la Región de Murcia y de la Comunidad Valenciana, aunque no se puede descartar su ocurrencia en otras zonas. La pequeña escala espacial de estos fenómenos hace imposible determinar con exactitud donde se produjeron, a excepción de aquellos que tuvieron lugar justo donde se ubicaba alguna estación medidora.

En cuanto a los vientos observados durante la mañana y tarde-noche del día 13, su comportamiento responde más a una situación de vientos de poniente. En estas comunidades, este viento presenta importantes modificaciones por factores orográficos, produciéndose localmente un aumento de su intensidad, y suele estar acompañado de un aumento de las temperaturas a consecuencia del efecto foehn característico de estas situaciones.