



INFORME

***“ESTUDIO DE 7 SITUACIONES SINÓPTICAS DURANTE EL AÑO 2002
UNIDAS A GALERNAS O PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LAS
MISMAS”***

Elaborado por:

GRUPO DE MEDIO AMBIENTE ATMOSFÉRICO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE BILBAO. UPV/EHU

Destinatario:

DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS
GOBIERNO VASCO – EUSKO JAURLARITZA

INDICE

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	.....	1
13 DE MAYO DE 2002	.....	2
20 DE MAYO DE 2002	.....	15
21 DE MAYO DE 2002	.....	27
24 DE MAYO DE 2002	.....	39
14 DE JUNIO DE 2002	.....	51
16 DE JUNIO DE 2002	.....	66
17 DE AGOSTO DE 2002	.....	79
CONCLUSIONES	.....	91

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El análisis de la generación y desarrollo de una serie de galernas típicas, nos ha mostrado la presencia de vientos intensos del SO a altitudes relativamente bajas, horas antes del desencadenamiento de una galerna típica de la época estival. Ahora se sabe además que el mecanismo de su generación y desarrollo incluye otros factores, como la advección de una masa de aire fría en la capa límite marina, que discurre paralela a la costa de O a E, en las horas previas y un foehn importante en la costa de la CAV, previo al mediodía solar. Estos resultados están contenidos en el documento “Informe de resultados del proyecto (2001-2002): análisis y diagnóstico de episodios de meteorología severa en el País Vasco”, entregado a la Dirección de Meteorología y Climatología (DMC) en Octubre del 2002. A partir de estos resultados, parece posible poder utilizar los datos meteorológicos de las estaciones de la costa y radar perfilador para establecer un esquema de evaluación de la capacidad de un micro-frente para profundizarse y generar una violenta galerna en su irrupción en la CAV.

Por tanto, se plantea aquí el objetivo de realizar un estudio pormenorizado de una serie de situaciones meteorológicas acontecidas durante el año 2002, seleccionadas por la Dirección de Meteorología y Climatología del Gobierno Vasco, en las que se dieron aparentemente los ingredientes para la generación de galernas. Sin embargo, no todas terminaron como fenómenos violentos, por lo que se trata de profundizar en las causas de las diferencias de comportamiento observado en cada caso, con el objetivo de mejorar la predicción operativa de estos fenómenos violentos y redefinir los criterios adecuados para una alerta temprana con la suficiente fiabilidad.

Las situaciones seleccionadas que serán motivo de análisis son las siguientes:

13/05/02 (galerna fuerte)

20/05/02 (galerna débil)

21/05/02 (galerna moderada)

24/05/02 (no hubo galerna)

14/06/02 (brisa fuerte)

16/06/02 (no hubo)

17/08/02 (no hubo)

Se analizan individualmente cada uno de los días y se describen los acontecimientos o ingredientes que dieron lugar a las galernas, las inhibieron o simplemente no existían de forma que nunca podrían haberse desarrollado.

13 DE MAYO DE 2002

Situación sinóptica

En los mapas de análisis del Instituto Nacional de Meteorología (INM), que se muestran en la Figura 1.1, se observa una baja profunda en la costa oeste de Irlanda (1200 UTC) coincidiendo con la irrupción de un galerna frontal (asociada a un frente sinóptico) en la CAV. La evolución de esta zona de bajas presiones es de SO a NE rodeando el anticiclón que se extiende por el Mediterráneo occidental y el oeste Europeo (Figs. 1.2 y 1.3). Las isotermas sobre la superficie de 850 hPa son prácticamente perpendiculares a la costa cantábrica y muestran una advección cálida del sur sobre las costas de Europa occidental y aire frío al oeste sobre el Atlántico y costas de Galicia, que se desplaza hacia el este empujado por el frente asociado a la baja presión en Irlanda. El resultado es un salto térmico de 6-7 °C sobre la superficie de 850 hPa en la dirección O-E, entre la costa atlántica gallega y la CAV. Idéntico gradiente se observa sobre la superficie de 1000 hPa a las 1800 UTC (Fig. 1.4). En la secuencia de imágenes IR del Meteosat se ha marcado con trazo continuo azul la posición del frente frío y en línea discontinua del mismo color la posición de otra zona frontal que precede a la anterior: los mapas de análisis del Met. Office Británico (Fig. 1.2), muestran inicialmente (0600 UTC) un frente frío doble que se sitúa en Galicia y luego un frente frío con una vaguada que le precede (1800 UTC). A juzgar por los datos de las estaciones de superficie y radar perfilador, es el primer frente (con línea discontinua en la Figura 1.3) el que provoca el máximo de viento y la bajada de temperatura, como veremos a continuación. Sólo en la estación de Gasteiz, se aprecia el paso del frente doble, con sendas bajadas de temperatura.

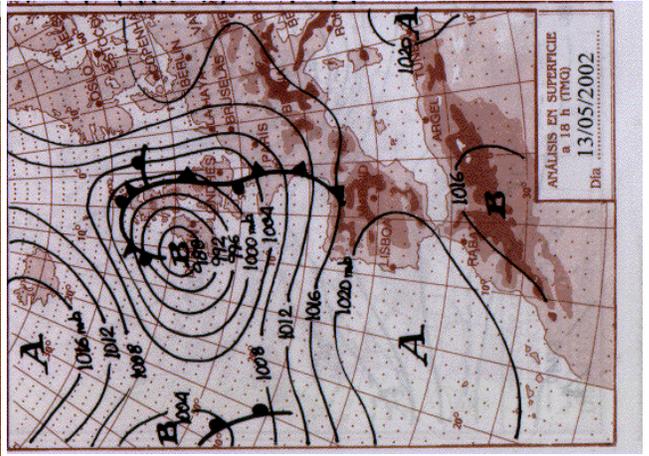
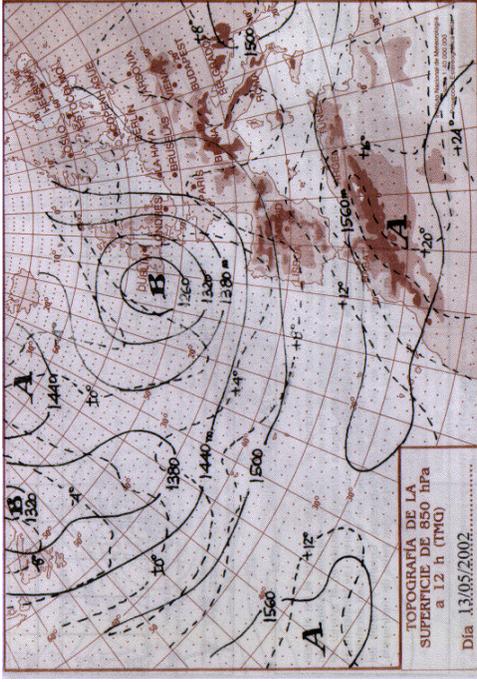
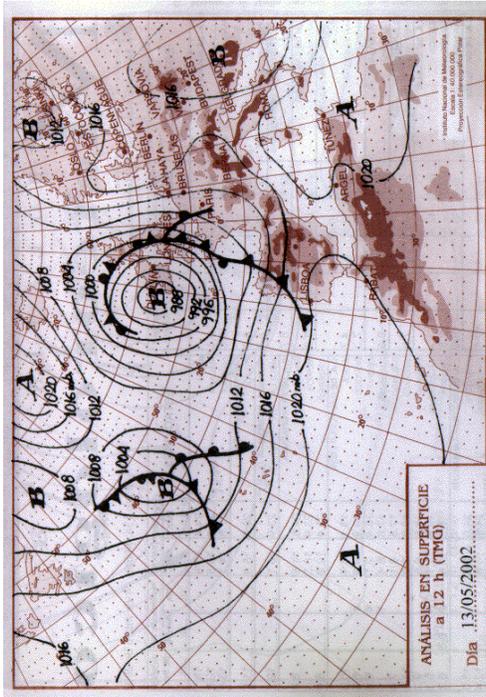


Figura 1.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 13 de Mayo del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

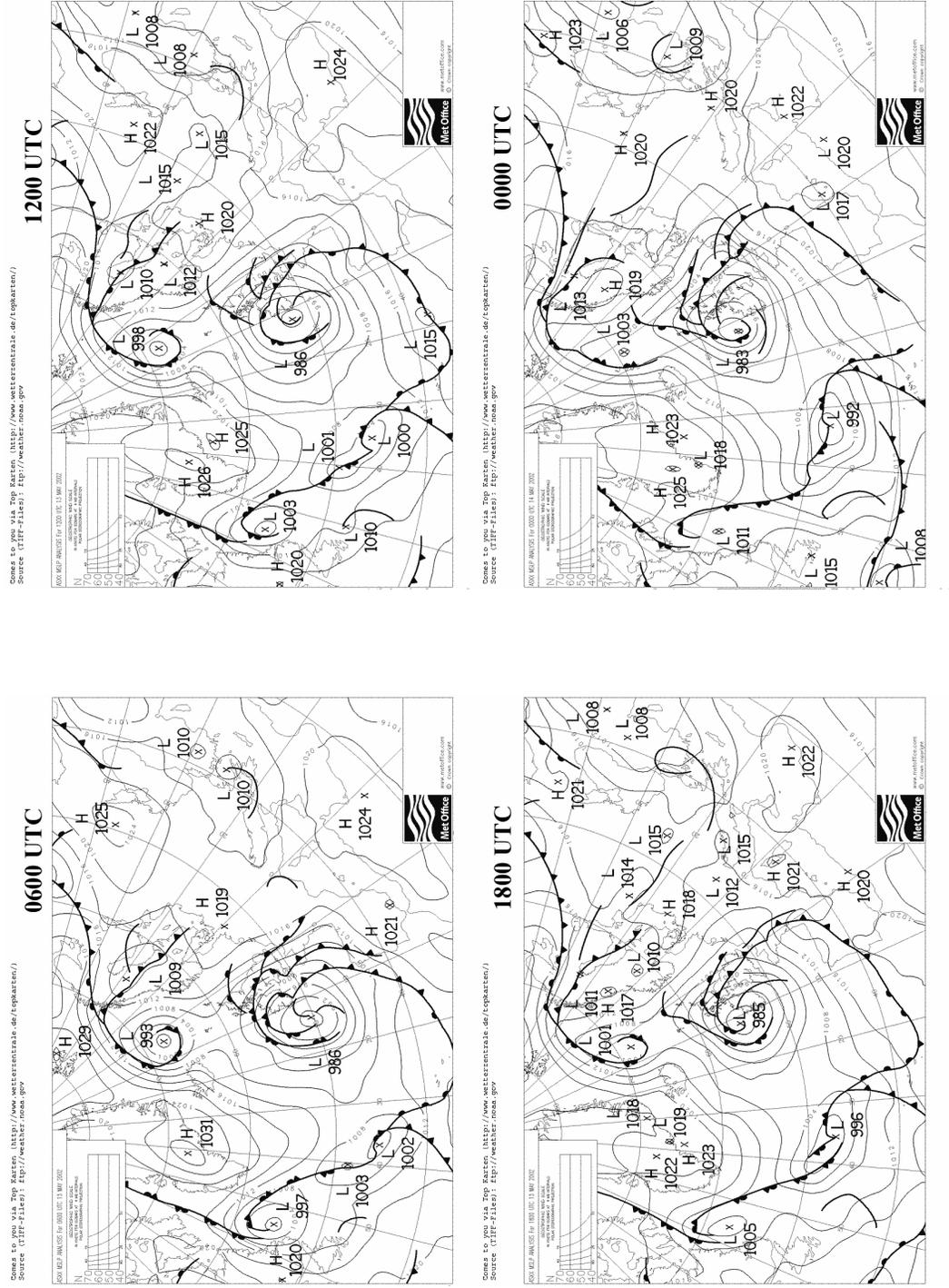


Figura 1.2: Análisis del 'Met Office' para las 0600, 1200 y 1800 UTC del día 13 y 0000 UTC del día 14 de Mayo de 2002

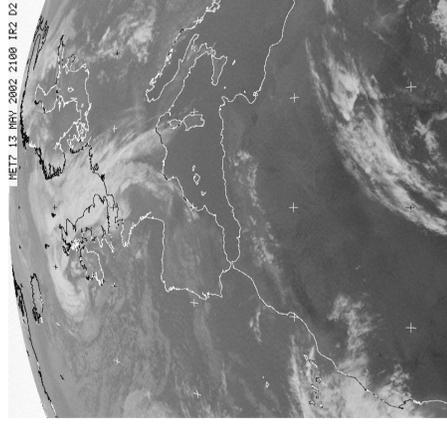
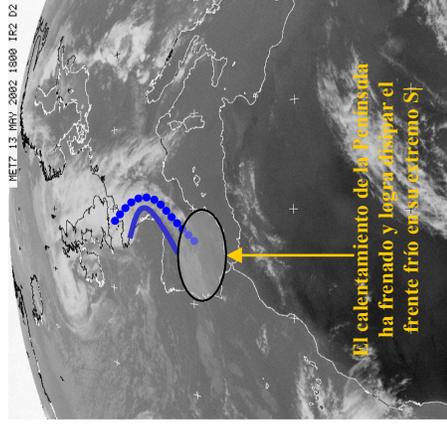
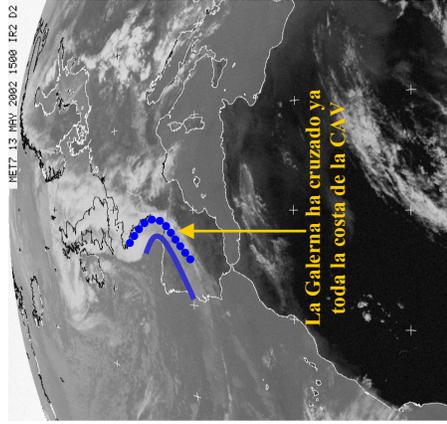
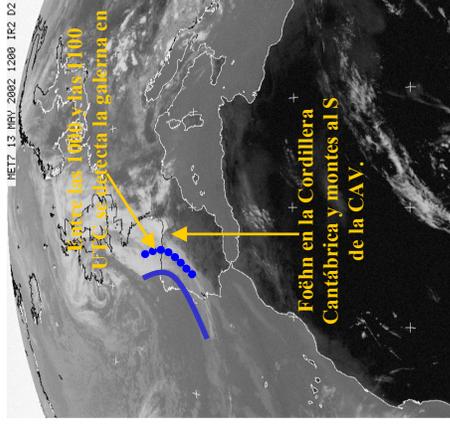
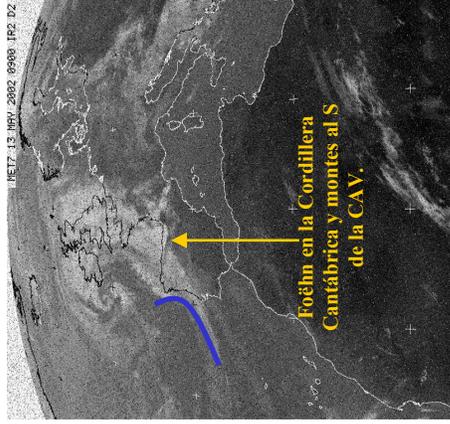
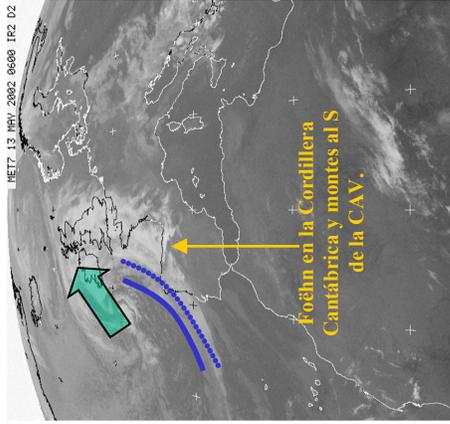


Figura 1.3: secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 UTC, 13Mayo2002. La línea azul de puntos representa la posición de la zona baroclina que origina la galerna. La línea azul continua es el segundo frente frío que apenas queda registrado en las estaciones de superficie costeras de la CAV (sí se observa claramente en Gasteiz). El Foehn en la Cordillera Cantábrica y montes al Sur de la CAV es visible en la discontinuidad de la cobertura nubosa (no siempre se puede observar). La flecha verde en la figura de las 0600 representa la evolución posterior de la zona de bajas presiones que lleva asociado el frente de galerna.

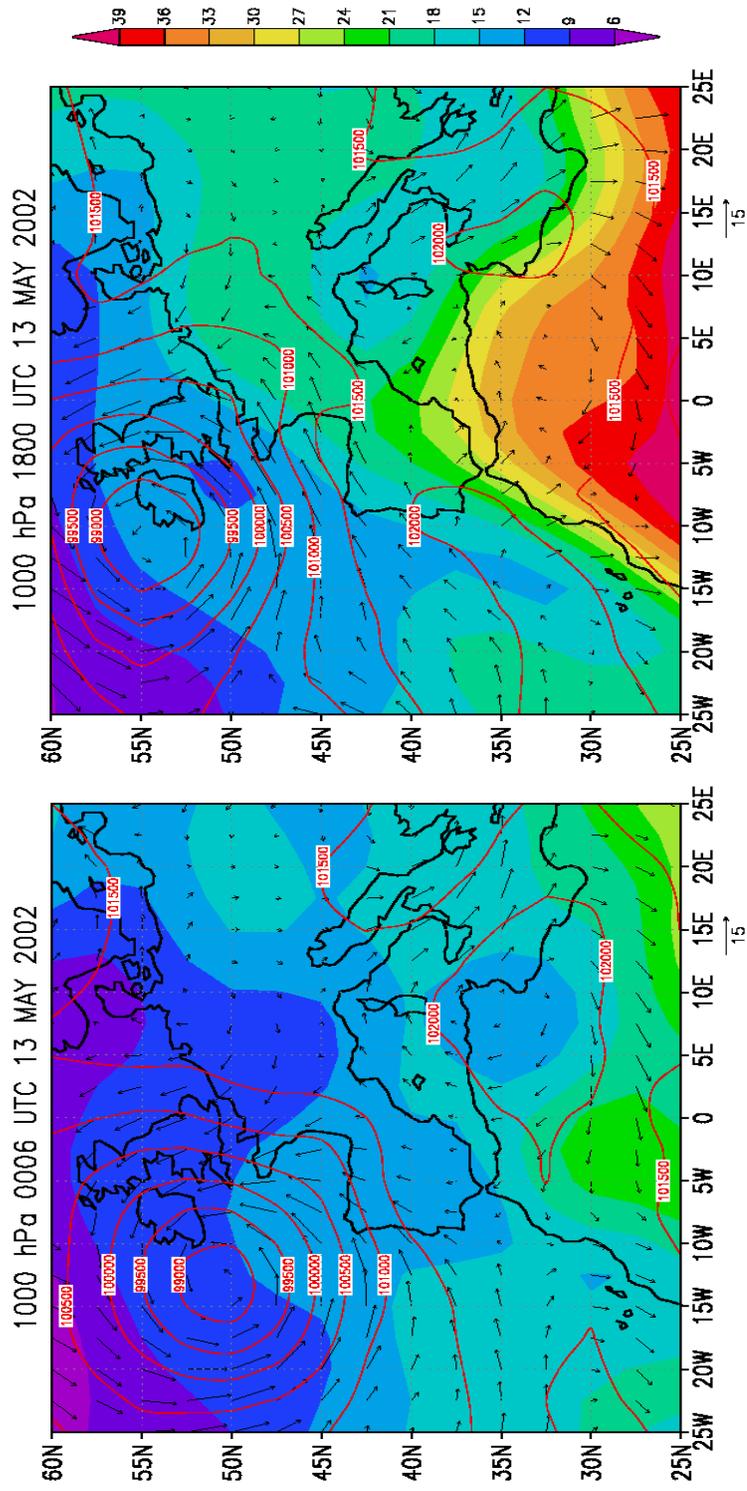


Figura 1.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 13 de Mayo de 2002. Se muestra la presión (Pa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 1.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. El modo bajo (a la izquierda) se ha representado junto con los datos de viento, racha máxima y dirección de la estación de superficie de Punta Galea, mientras que el modo alto (derecha) se muestra con la temperatura, humedad, presión y precipitación. Se ha marcado con un recuadro en negro, para ambos modos, la zona o lapso de tiempo en el que se debe vigilar la presencia de un viento del SO intenso (mayor a $10\text{-}12\text{ ms}^{-1}$: barbas de color azul claro, verdes, rojas o negras). En el informe de Octubre del 2002, ya se describía la necesidad de vientos intensos del SO en la vertical de la CAV, que en general deben crecer con la altura, tal y como sucede con el viento asociado a la aproximación de un sistema frontal. La irrupción de la galerna puede darse con más probabilidad en cualquier instante contenido dentro del periodo abarcado por el recuadro. Se ha marcado con una J, dentro de un círculo rojo, el instante de la irrupción de la galerna en la vertical del perfilador (entre las 1300 y 1400 UTC). Es importante observar que el flujo del SO está acoplado durante toda la madrugada: no existen inversiones de temperatura superficiales asociadas a flujos de drenaje en los valles costeros. Por lo que tenemos un foehn intenso con temperaturas relativamente elevadas en superficie en todo el litoral de la CAV. Para la galerna del 13 de Mayo, las temperaturas se mantienen casi estacionarias hasta el paso del frente de galerna; momento en el que se produce una caída de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al mismo tiempo, por encima de 1200 m se ubica un chorro de alta velocidad con vientos del SO superiores a 30 ms^{-1} (promedio de media hora). En el perfil de las 1330 UTC se aprecia el cambio de viento a NO, con promedios semi-horarios de 25 ms^{-1} . Simultáneamente la estación de superficie (Fig. 1.5) registra rachas de más de 35 ms^{-1} .

Estaciones de superficie

En las Figuras 1.6 y 1.7 se han representado los datos de una serie de estaciones costeras del DMC (Punta Galea, Zarautz y Jaizkibel), otra del interior (Gasteiz) y la estación costera de Avilés perteneciente a Puertos del Estado. Los datos de esta última son promedios horarios,

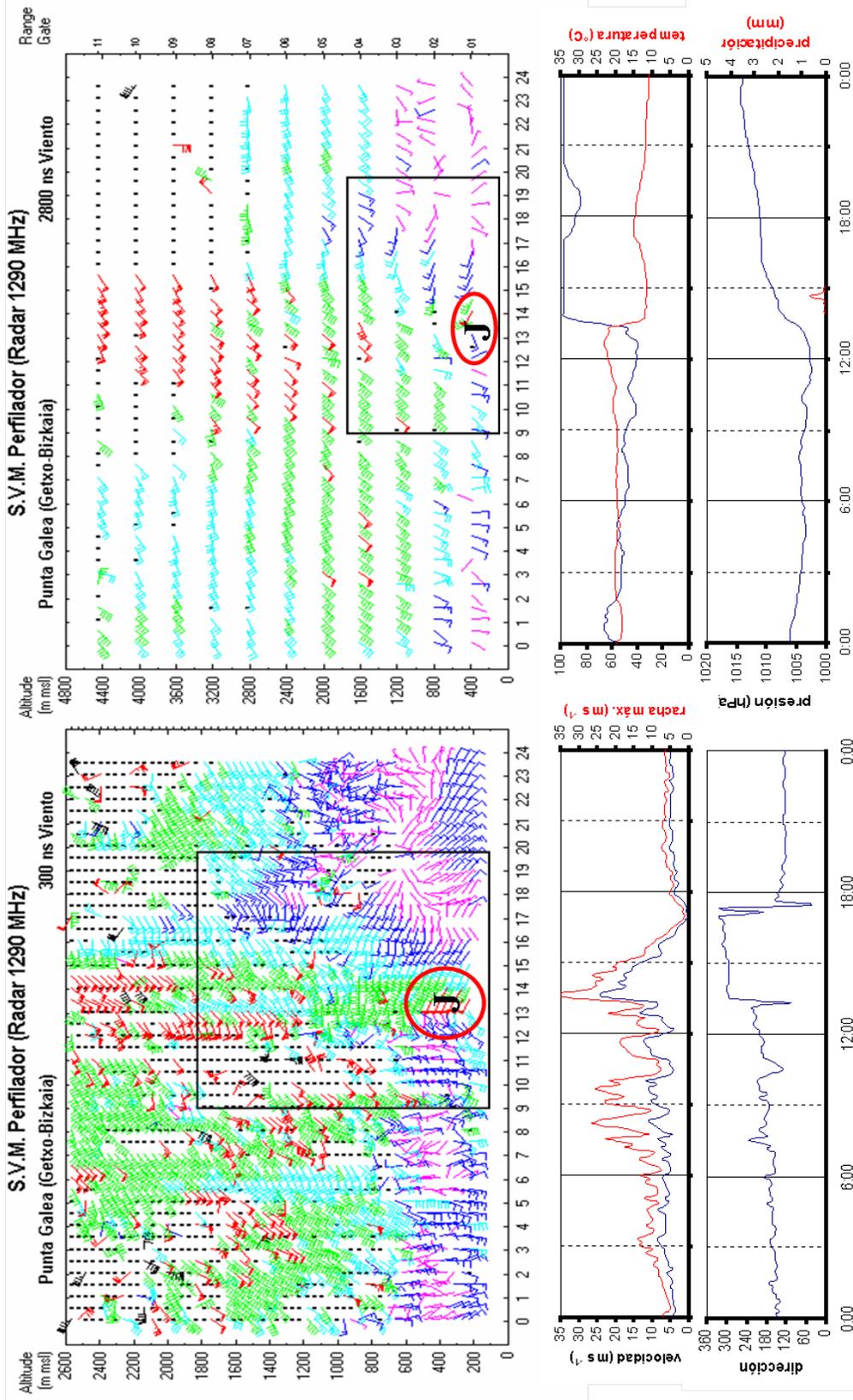


Figura 1.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 13 de Mayo de 2002. La región **J** muestra la irrupción de la galerna. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la 'zona de vigilancia' de galernas. Abajo se han representado los datos simultáneos de la estación de superficie en el mismo emplazamiento.

mientras que para las estaciones del DMC se han utilizado los promedios de 10 minutos. Además sólo se han podido obtener los registros de Avilés para el mes de Mayo, con lo que se ha cubierto la documentación de las 3 galernas de Mayo, pero de los 4 casos de no-galerna, sólo se puede mostrar el comportamiento de esta estación durante uno de ellos. El seguimiento de la evolución de los datos de una estación costera al oeste de la CAV se juzga ‘a priori’ como relevante para la alerta temprana de galernas. Los gráficos de las diferentes estaciones se han ordenado de arriba a abajo siguiendo su ubicación geográfica de oeste a este; de modo que la estación de Avilés es la primera que se representa en la parte superior del gráfico y la de Jaizkibel es la última en la parte inferior. De esta forma y bajo este tipo de representación, el paso de una perturbación de oeste a este vendrá representado de forma secuencial y ordenada.

Para los casos de galernas, como éste del 13 de Mayo, se han marcado 3 puntos significativos en los gráficos: el punto A identifica un cambio de dirección de viento en la estación de Avilés, desde el E ó SE flojo al O ó NO. Este tipo de cambio, sin que el resto de las variables atmosféricas de la propia estación se modifique de forma significativa se ha documentado sólo en la estación de Avilés, ya que en el resto de estaciones los cambios se producen casi de forma simultánea. El punto B marca el inicio de la caída de temperatura y el del aumento de presión que acompaña a la galerna además del aumento de la velocidad de viento y su cambio de dirección a componente N o NO, acorde con una entrada marítima súbita. El punto C el máximo en la intensidad del viento que se produce siempre cuando la temperatura ya ha bajado hasta su nivel mínimo o está muy próximo a él.

En la estación de Avilés, a las 0800 UTC el viento cambia de dirección de S a NO (punto A en la Figura 1.6). También puede apreciarse que en ese instante la temperatura deja de subir y permanece casi-estacionaria, cuando dada la hora del día, debería seguir subiendo. Sin embargo, el descenso de la temperatura no se inicia hasta las 1000 UTC (punto B, en la Fig. 1.7) con una caída de 8 grados en 2 horas. La presión aumenta simultáneamente 7 hPa en 3 horas, después de una caída de 5 hPa durante la mañana, pero que ha venido descendiendo progresivamente más de 10 hPa desde el día anterior. El aumento de presión va acompañado de un incremento de

velocidad desde una calma absoluta a más de 15 ms-1 en dos horas. Este máximo se produce a las 1200 UTC (punto C).

En Punta Galea al igual que en el resto de estaciones de la CAV, el cambio de dirección y velocidad de viento suceden simultáneamente, igual que los cambios de presión y temperatura. A las 1330 UTC, el viento S de entre 5 y 10 ms-1, rola a NO y aumenta su intensidad a la vez que se inicia el descenso de temperaturas (Punto B) y el aumento de la presión. Este incremento de presión pone fin a un descenso de más de 10 hPa desde el día anterior. Se alcanzan los 25 ms-1 con rachas superiores a 35 ms-1 (punto C). En menos de 20 minutos se produce todo el cambio de dirección y el aumento de velocidad hasta el máximo y el 90 % de la caída de la temperatura, que es de 12 °C, en 1.5 horas. El aumento de presión es de 3 hPa durante esos mismos 20 minutos y llega a 8 hPa en 3 horas.

En la estación de Zarautz la galerna llega 50 minutos después de su paso por Punta Galea. Se alcanzan velocidades similares y el cambio se produce con la misma rapidez. La temperatura desciende 13.5 °C en 20 minutos y el salto completo de 14 grados se produce en media hora. La perturbación pasa por Jaizkibel 10 minutos más tarde con vientos de idéntica intensidad y la caída de temperatura se produce con idéntica brusquedad. A las 1550, casi 2.5 horas después de pasar por Punta Galea, llega a Gasteiz, que pese a estar ubicada en su coordenada de longitud a continuación de Punta Galea, se detecta en último lugar, 1.5 horas después de haber barrido toda la costa de la CAV. Aquí el viento en lugar de aumentar de intensidad, disminuye. Pasa de SO de 5 a 10 ms-1 (Punto B) a componente N de intensidad inferior a 5 ms-1 (zona C en la Fig. 1.6). El cambio se produce en dos acontecimientos sucesivos que se aprecian más claramente en la señal de temperatura y humedad al igual que en la de presión (Fig. 1.7). La segunda bajada de temperatura se produce 3 horas después de la primera (a las 1830 UTC). Ambos saltos térmicos suman 11 °C en poco más de 3 horas y se dan simultáneos a un aumento de presión de 4 hPa en el mismo intervalo.

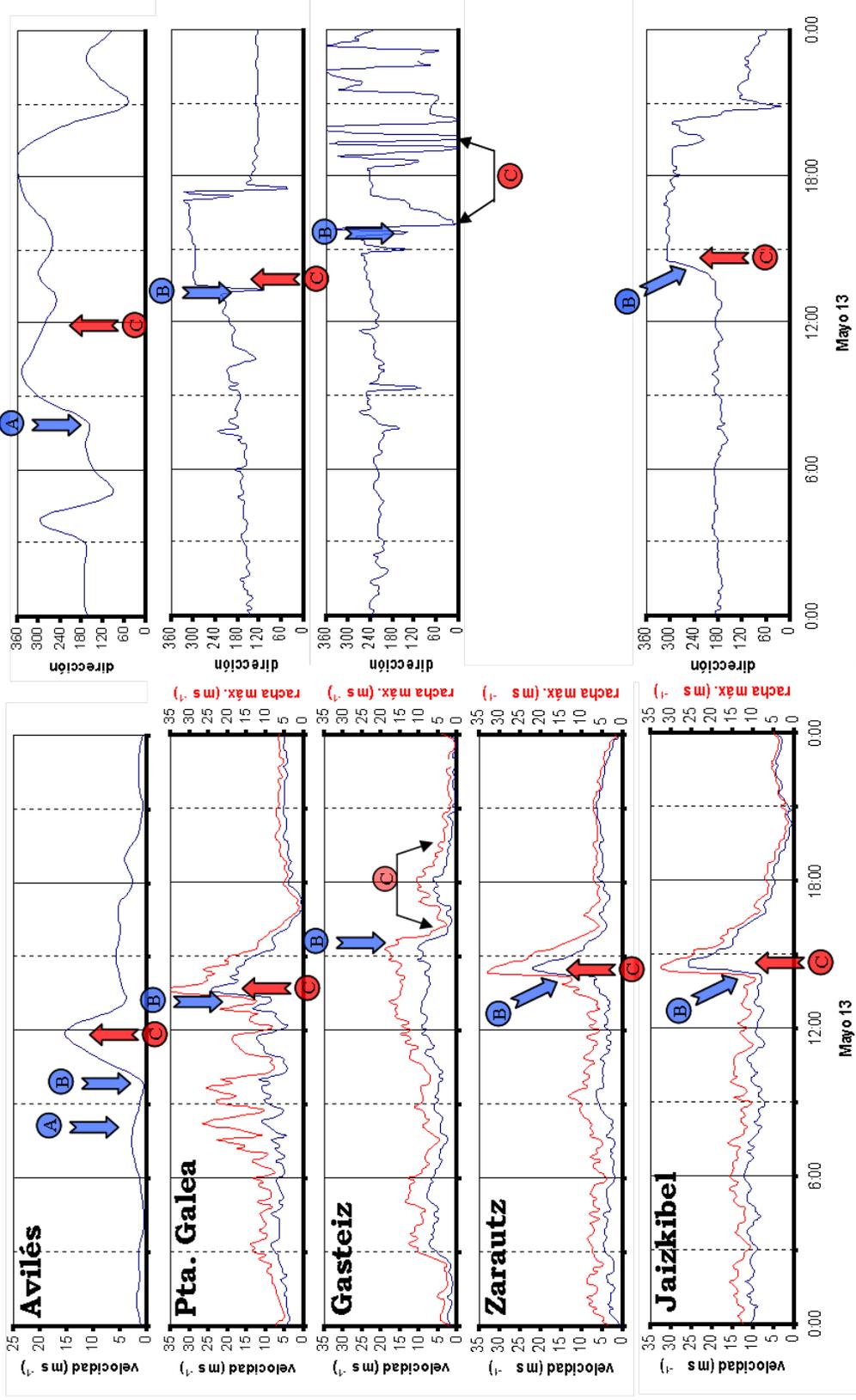


Figura 1.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos y racha máxima del DMC, durante el día 13 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

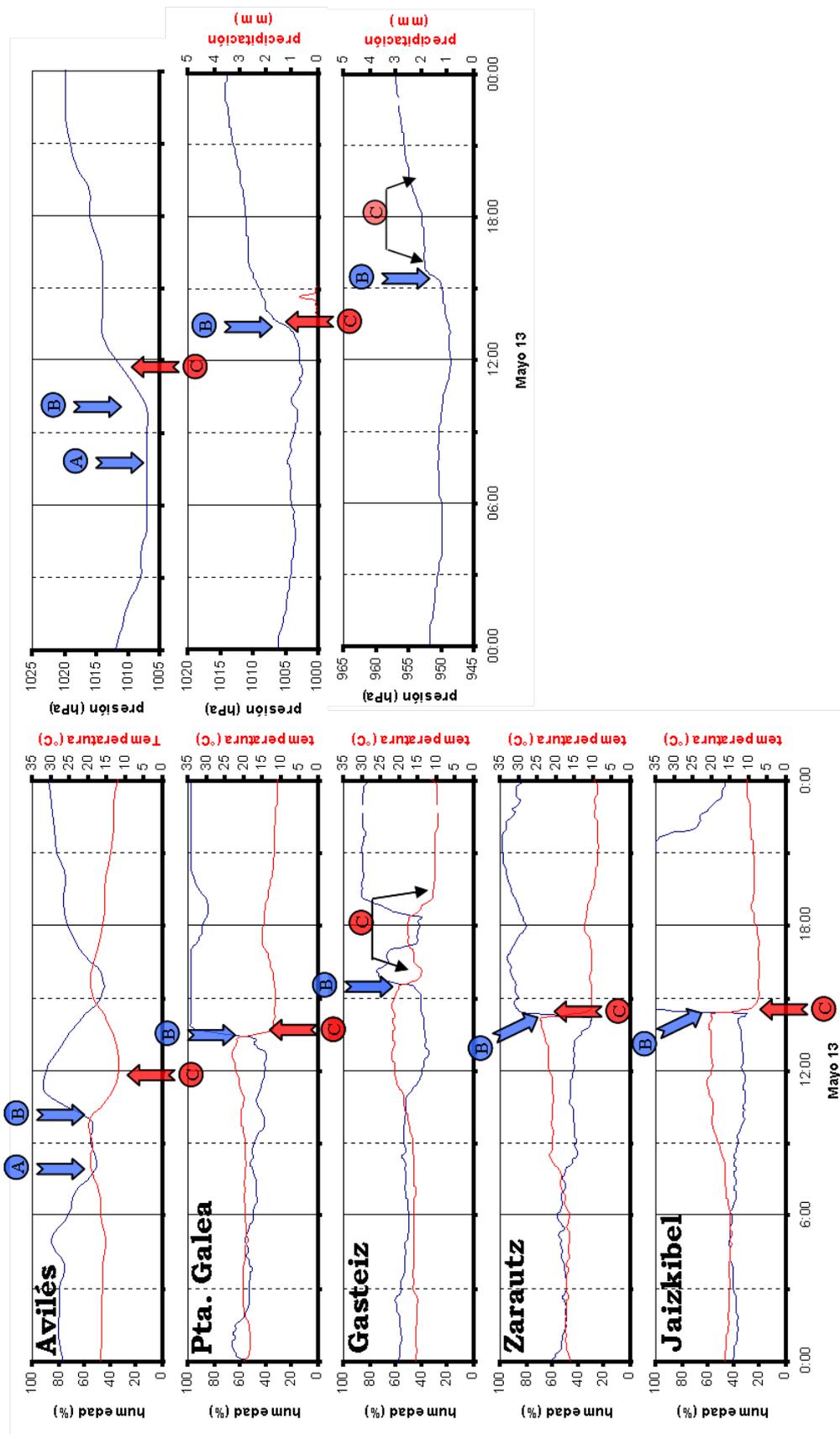


Figura 1.7. en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos de las precipitaciones del DMC, durante el día 13 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta.Galea y Gasteiz.

Resumen

La galerna registrada el 13 de Mayo viene asociada a una zona baroclina bien definida en los mapas sinópticos. La galerna, de fuerte intensidad, se produce en la parte delantera de la zona de hundimiento que acompaña al frente frío. No se da exactamente en la zona frontal que se traza en los mapas de análisis del INM y Met. Office sino por delante de ella. En este caso, la perturbación que acompaña a la galerna se ubica bajo la vaguada que se observa en las imágenes IR del Meteosat (línea de puntos) y que el Met. Office británico dibuja como una línea continua que precede al frente frío.

A juzgar por los datos de las estaciones de superficie, la perturbación que se detecta en Avilés 3 horas antes que en Punta Galea, posee una intensidad apreciable, comparable aunque ligeramente inferior, a la que se registra en la CAV (hemos considerado que la caída de temperatura y el aumento de velocidad en Avilés se produce a las 1030 ya que a las 1000 UTC no se aprecian cambios y sí a las 1100 UTC, sabiendo que se está cometiendo el error asociado a tratar con promedios de una hora). Dado que los promedios de 10 minutos de los registros de la CAV no son comparables de forma directa con los de la estación de Avilés, hemos estimado los datos promedios horarios de viento en Punta Galea: se obtienen 16 ms⁻¹ a las 1400 UTC y 17 ms⁻¹ a las 1500 UTC, que se dibujarían con un salto en escalón desde los 7.5 ms⁻¹ a las 1300 UTC. Estos valores son ligeramente superiores a los 15 ms⁻¹ que se dan en Avilés 3 horas antes (15 ms⁻¹ a las 1200 UTC y 10.5 ms⁻¹ a las 1100 UTC). Se observan circunstancias similares para los datos de presión, humedad y temperatura. Por tanto, se puede concluir que la perturbación tiene una intensidad apreciable en la zona de Avilés, a diferencia de lo que sucede en una galerna típica (no asociada a una perturbación frontal de escala sinóptica).

A nivel sinóptico, se aprecia una ralentización inicial y parada posterior del frente frío en su contacto con la Península Ibérica: entre las 1200 UTC y las 0000 UTC del día siguiente (Fig. 1.2 y 1.3) el frente se debilita por el Sur (corta a la costa Portuguesa al norte de Lisboa) y no avanza a través de la Península, mientras que en el Golfo de Bizkaia progresa rápidamente y parece que se intensifica la subsidencia en su parte trasera. La orografía de la Península y su calentamiento

durante las horas diurnas junto con un mar frío en el Golfo de Bizkaia son los causantes de estas diferencias de velocidad en la propagación del frente: la intensificación de la subsidencia sobre el Golfo en las horas de mayor insolación es una consecuencia de estas mismas diferencias térmicas y la coincidencia del paso frontal a la hora de mayor contraste térmico mar-tierra en el Cantábrico Oriental es una razón más para que el fenómeno haya sido especialmente violento en la CAV.

20 DE MAYO DE 2002

Situación sinóptica

Al igual que en el caso de la galerna del 13 de Mayo, en los mapas de análisis del Instituto Nacional de Meteorología (INM), que se muestran en la Figura 2.1, se observa una baja profunda en la costa oeste de Irlanda (1200 UTC). La evolución de esta zona de bajas presiones, marcada como B1, es de SO a NE rodeando el anticiclón que se extiende por el Mediterráneo occidental y el oeste Europeo (Figs. 2.2 y 2.3) y profundizándose desde 985 hPa a las 0600 UTC a 979 hPa a las 1200 UTC (Fig. 2.2). Las isotermas sobre la superficie de 850 hPa cortan en dirección N-S la costa cantábrica, con el aire cálido al Este: el salto térmico es de 6-7 °C sobre la superficie de 850 hPa en la dirección O-E, entre la costa atlántica gallega y la CAV (Fig. 2.1). Los gradientes son mayores (9 °C) sobre la superficie de 1000 hPa a las 1800 UTC (Fig. 2.4, derecha). En la secuencia de imágenes IR del Meteosat se ha marcado con trazo continuo azul la posición del frente frío y en línea discontinua del mismo color (2100 UTC) el tramo del frente que se ha estancado y debilitado: los mapas de análisis del Met. Office Británico (Fig. 2.2), muestran también una ralentización del avance del frente que avanza hacia la Península Ibérica: en su parte sur, sobre la costa de Portugal, se desplaza más lentamente que sobre el Golfo de Bizkaia.

A juzgar por los datos de las estaciones de superficie y radar perfilador que se muestran en los siguientes puntos, la galernilla del día 20 de Mayo se produce muy por delante de la posición del frente frío: a las 1500 UTC ha cruzado toda la costa de la CAV y se detecta en Jaizkibel. Sin embargo, el paso del frente frío no se registra en ninguna de las estaciones de superficie que se presentan aquí. La zona de bajas presiones B2 (Fig. 2.3, abajo a la derecha) se profundizará y se desplazará hacia la costa oeste irlandesa, durante el día siguiente. Su frente asociado provocará la galerna del día 21 de Mayo.

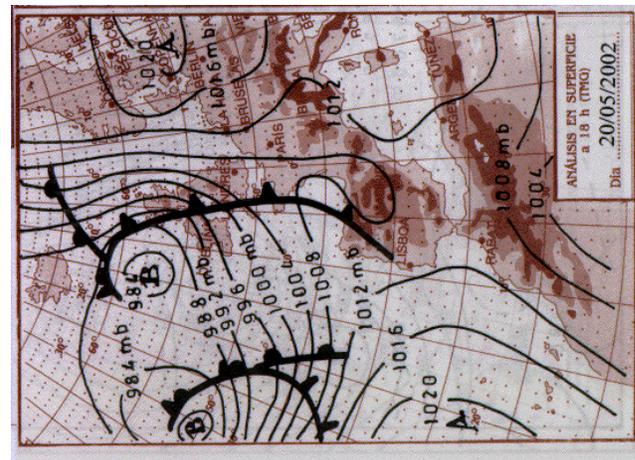
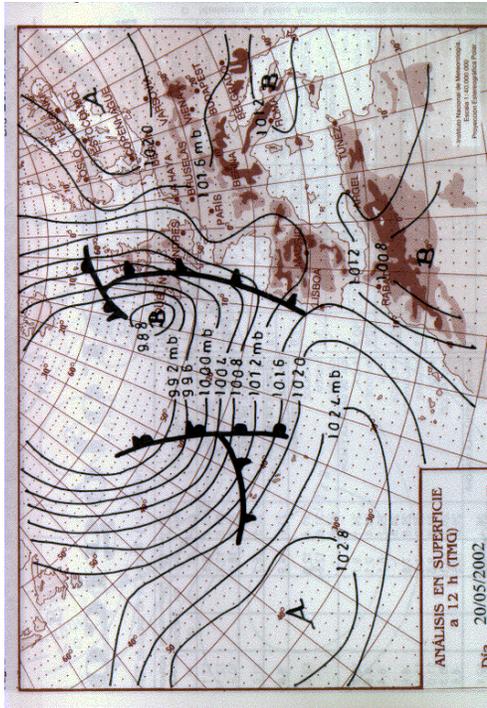
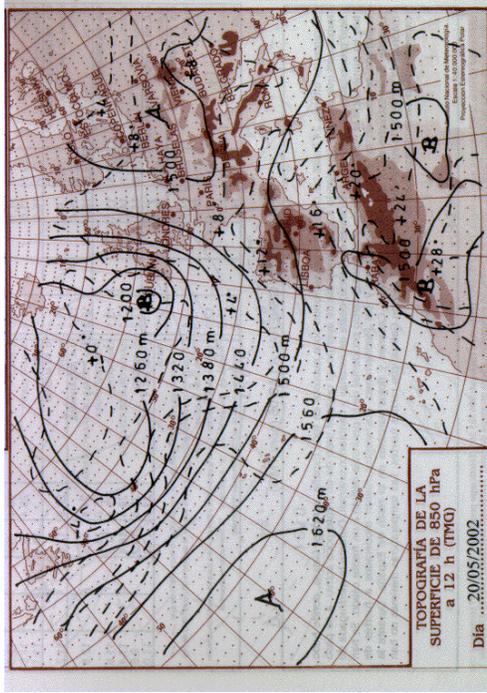


Figura 2.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 20 de Mayo del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

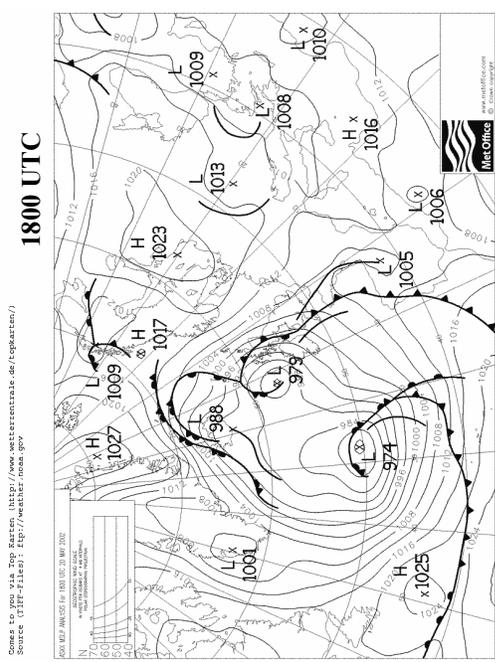
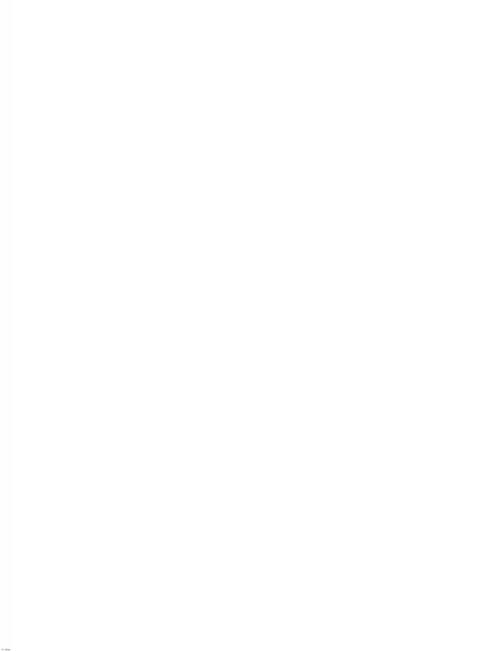
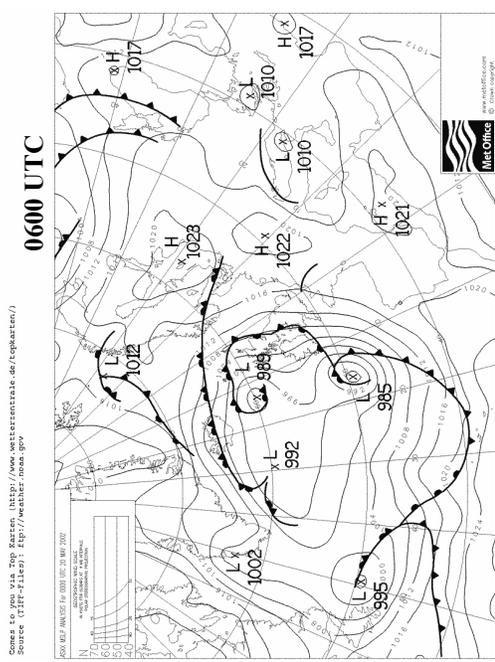
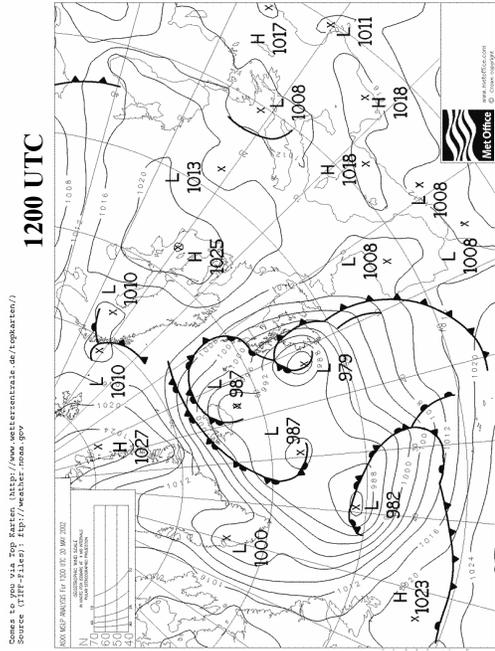


Figura 2.2: Análisis del 'Met Office' para las 0600, 1200 y 1800 UTC del día 20 de Mayo de 2002

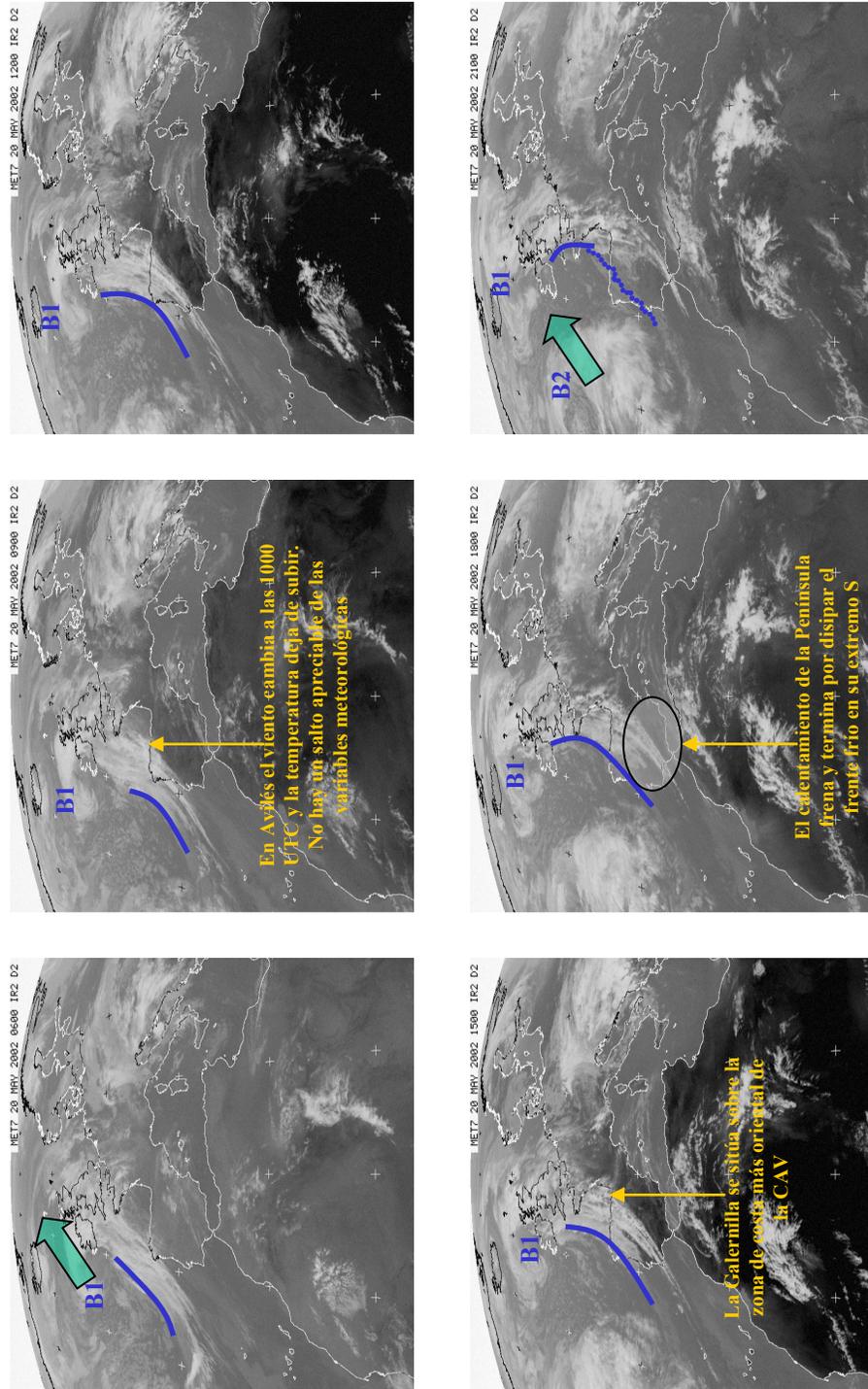


Figura 2.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 UTC, 20Mayo2002. El Foëhn en este caso no es visible a partir de discontinuidades en la masa nubosa que se desplaza sobre la Cordillera Cantábrica. La flecha verde en la figura de las 0600 representa la evolución posterior de la zona de bajas presiones B1 que lleva asociado el frente que provoca la galernilla del día 20 (en línea continua azul). La línea azul sinuosa a puntos de las 2100 marca el frente frío en proceso de disipación. A la misma hora se observa la zona de baja presión B2, que evolucionará hacia la costa occidental de Irlanda y forzará otro frente frío que provocará la galerna del día siguiente (21 de Mayo)

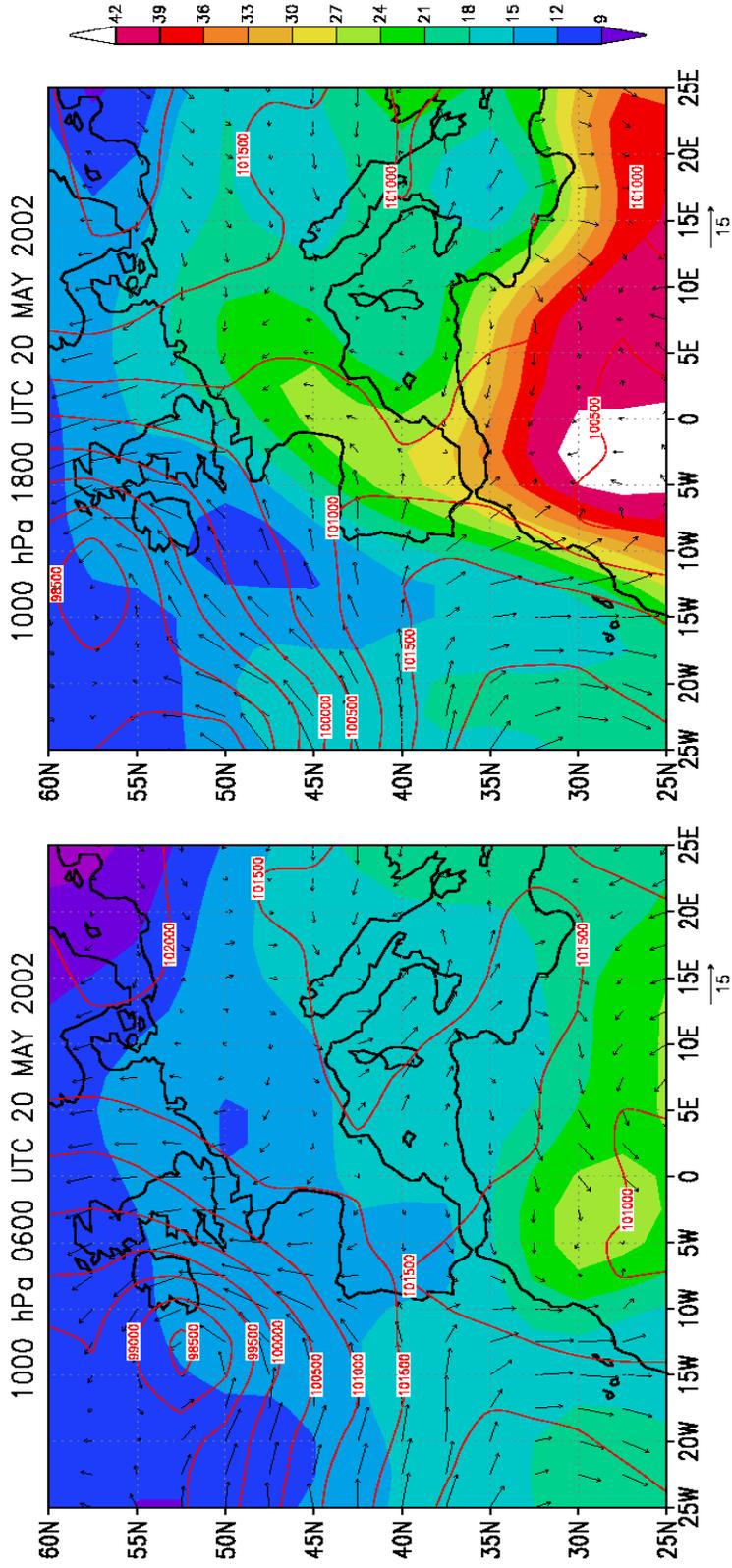


Figura 2.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 20 de Mayo de 2002. Se muestra la presión (Pa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 2.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Dado que la serie de datos de la estación de superficie de Punta Galea está incompleta durante este día, se ha utilizado la de Jaizkibel para documentar el paso de la perturbación a nivel de superficie. A igual que en la Fig. 1.5, el modo bajo (a la izquierda) se ha representado junto con los datos de viento, racha máxima y dirección de la estación de superficie, mientras que el modo alto (derecha) se muestra con la temperatura, humedad, presión y precipitación. El recuadro en negro, dibujado en ambos modos, como ya se describió en la galerna del 13 de Mayo es la zona en la que se debe vigilar la presencia de un viento del SO intenso ($\text{mayor a } 10\text{-}12 \text{ ms}^{-1}$) como elemento previo necesario para que se desencadene la galerna: durante toda la madrugada ha soplado un SO, con acoplamiento entre el viento a nivel superficial y en altura. El viento del SO tiende a aumentar con la altura y su velocidad previa a la irrupción de la galernilla (1400 UTC) supera los umbrales establecidos de $10\text{-}12 \text{ ms}^{-1}$ dentro de la zona de vigilancia (entre 800 y 1800 m), aunque en ningún caso llegan a alcanzarse las velocidades registradas en las galernas del 13 y 21 de Mayo. Se ha marcado con una J, dentro de un círculo rojo, el instante de la irrupción de la galernilla en la vertical del perfilador: en el perfil de las 1400 UTC, modo bajo, se registra ya un viento del NO con promedios de media hora próximos a 10 ms^{-1} , para los niveles más bajos. Sin embargo entre las 1100 y las 1300 el RASS documenta la entrada de aire frío sobre la costa (no se muestra), lo que constituye una irrupción ‘temprana’ y además con vientos moderados en altura: en el perfil del modo bajo de la Fig. 2.5 se aprecia ya un cambio en la dirección del viento para el primer nivel de las 1200 UTC, con lo que es probable que a nivel de superficie se haya producido un cambio de viento simultáneo a la irrupción de aire frío detectada por el RASS entre las 1100 y las 1200. La caída de temperatura en la estación de Jaizkibel, que se representa en la misma Fig. 2.5, es similar a la registrada en la misma estación para la galerna del 13 de Mayo, aunque ésta fue mucho más brusca. Por lo que se deduce que los saltos térmicos o gradientes entre el aire cálido por delante del frente y el frío que empuja por detrás no explican por sí solos la intensidad de una galerna. Como veremos, parece que la intensidad está más relacionada con la velocidad del viento del SO en altura, previo a la galerna (zona de vigilancia) y la hora de aparición de la perturbación en la costa de la CAV. Si bien es cierto que dada la configuración del

flujo, en toda galerna se producen importantes contrastes térmicos que en cualquier caso suelen superar los 10 °C.

Por encima de los 2000 m y a partir de las 1800 UTC se aprecia un chorro de alta velocidad que puede estar relacionado con el paso del frente frío descrito en la sección anterior y que no se detectó en las estaciones de superficie. El chorro del SO queda desacoplado de los procesos de suelo debido a la presencia de aire más frío aportado por la galernilla sobre la vertical de costa de la CAV: la zona de cizalladura de viento a 1500 m a partir de las 1400 UTC y hasta el final del día, indica la presencia de una inversión de temperatura que mantiene desacoplados ambos flujos.

Estaciones de superficie

En las Figuras 2.6 y 2.7 se han representado los datos de las mismas estaciones de superficie que se utilizaron para documentar la galerna anterior. Se utilizan también las mismas escalas a efectos de facilitar la comparación. De la estación de Punta Galea no hay datos de la primera mitad del día, por lo que no se ha podido documentar el paso de la perturbación.

En la estación de Avilés el cambio en la dirección de viento de SE a NO se da a las 0800 UTC (Punto A en Figs. 2.6 y 2.7). En ese momento la temperatura deja de crecer y la presión se estabiliza en un mínimo después de una bajada de 6 hPa durante toda la mañana. Hasta aquí la secuencia de acontecimientos es idéntica a la de la galerna del 13 de Mayo. El descenso de la temperatura es prácticamente inapreciable y coincide con el inicio del incremento de la intensidad del viento a las 0900 UTC (Punto B en las Figs. 2.6 y 2.7). A las 1000 UTC se da el máximo de viento de 4 ms⁻¹ (punto C) y a partir de ahí la velocidad decrece aunque se mantiene con una componente N y NO. En este caso no existe ni una intensidad de viento significativa, ni un aumento de presión ni una bajada importante de temperaturas durante el paso de ‘la perturbación’ por Avilés. La identificación de la perturbación se debe a:

- 1) el estancamiento de la presión después de una caída importante durante la mañana

- 2) la tendencia a la caída de la temperatura cuando debería de subir siguiendo su ciclo diurno.
- 3) el cambio de viento, desde componente S a N y/o NO.

En la estación de Zarautz la perturbación que ahora sí posee una intensidad apreciable para su consideración como galernilla, se registra 4.5 horas más tarde que en Avilés. Lo que implica un desplazamiento más lento que la galerna del 13 de Mayo. La temperatura baja 14 grados en 1.5 horas (desde B a C) y se alcanzan velocidades de 8 ms-1 con rachas de 13 ms-1. El paso por Jaizkibel se produce 1.5 horas más tarde que por Zarautz, con un descenso similar de la temperatura y con velocidades de 13 ms-1 y rachas de 15 ms-1. Por tanto no sólo la galerna tiene una intensidad notablemente inferior a la del 13 de Mayo sino que en su recorrido desde Avilés hasta Jaizkibel invierte 2 horas más (6 horas, frente a las 4 horas del día 13).

De nuevo la última estación en registrar la perturbación es Gasteiz: más de una hora después de pasar por Jaizkibel, comienza el descenso de temperatura (11 °C en 3 horas), el incremento del viento (similar a Zarautz) y el cambio de dirección característico de SO a N (Punto B). La presión en este caso sí registra claramente un incremento coincidiendo con el paso de la perturbación (punto B en Fig. 2.7): después de una caída de 10 hPa durante toda la mañana (5-6 hPa en las últimas 7 horas, similar al descenso registrado en Avilés), se registra un aumento de 2 hPa en 2 horas, mucho más moderado que el registrado en la galerna del 13 de Mayo.

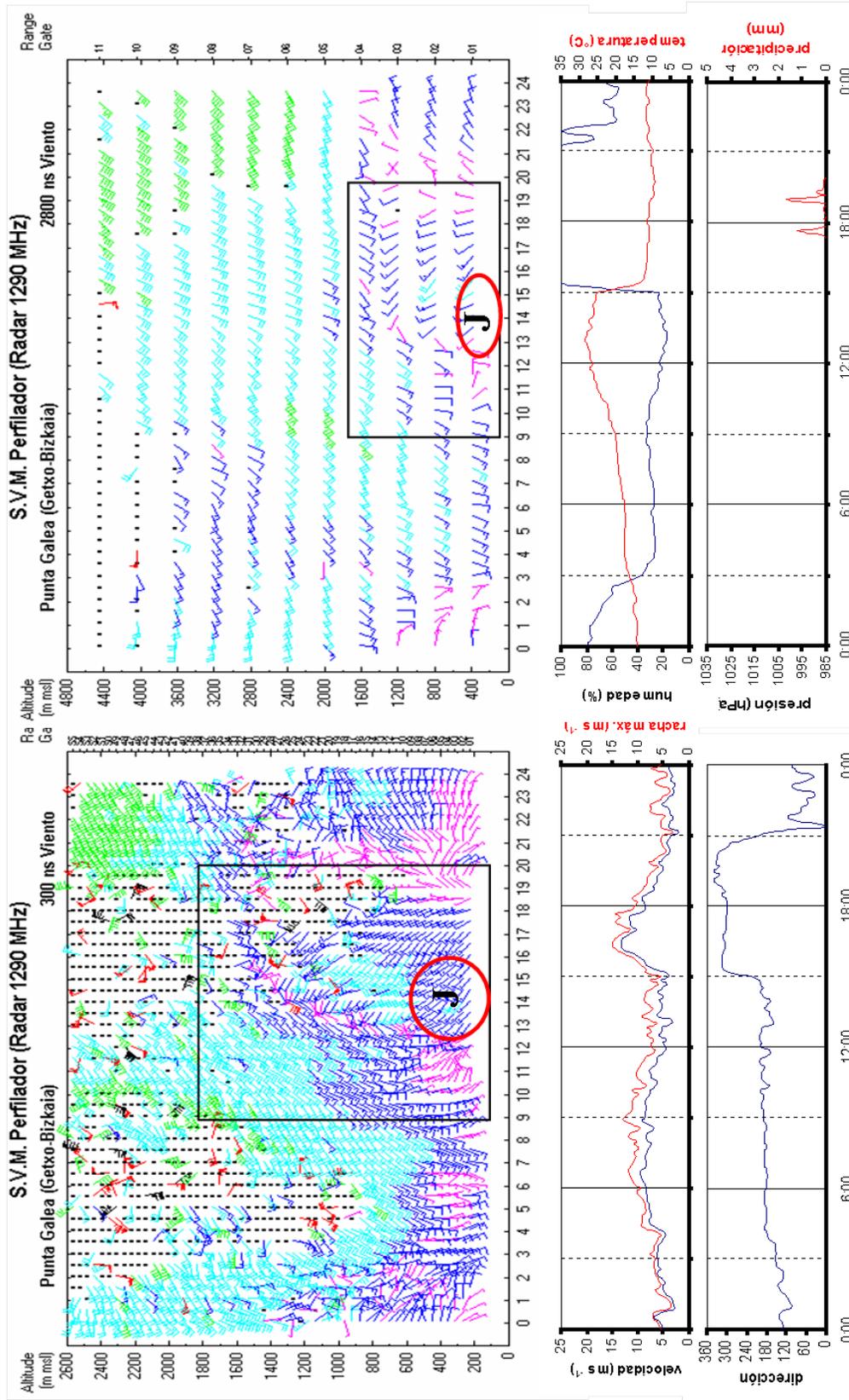


Figura 2.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 20 de Mayo de 2002. La región **J** muestra la irrupción de la galema. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la 'zona de vigilancia' de galemas. Abajo se han representado los datos simultáneos de la estación de superficie de Jaizkibel (la estación de Pta Galea no está operativa durante el paso de la galema).

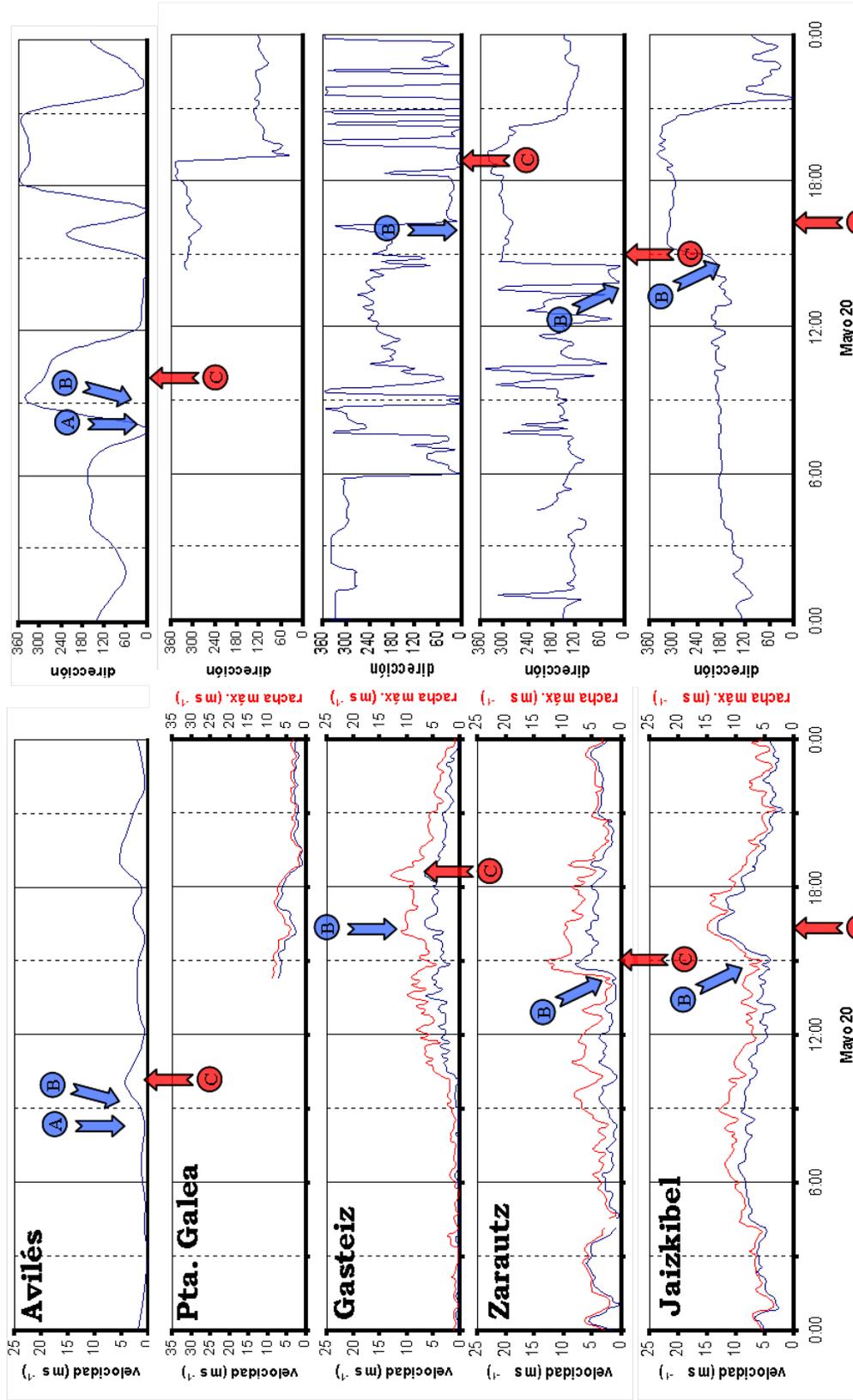


Figura 2.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos y racha máxima del DMC, durante el día 20 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

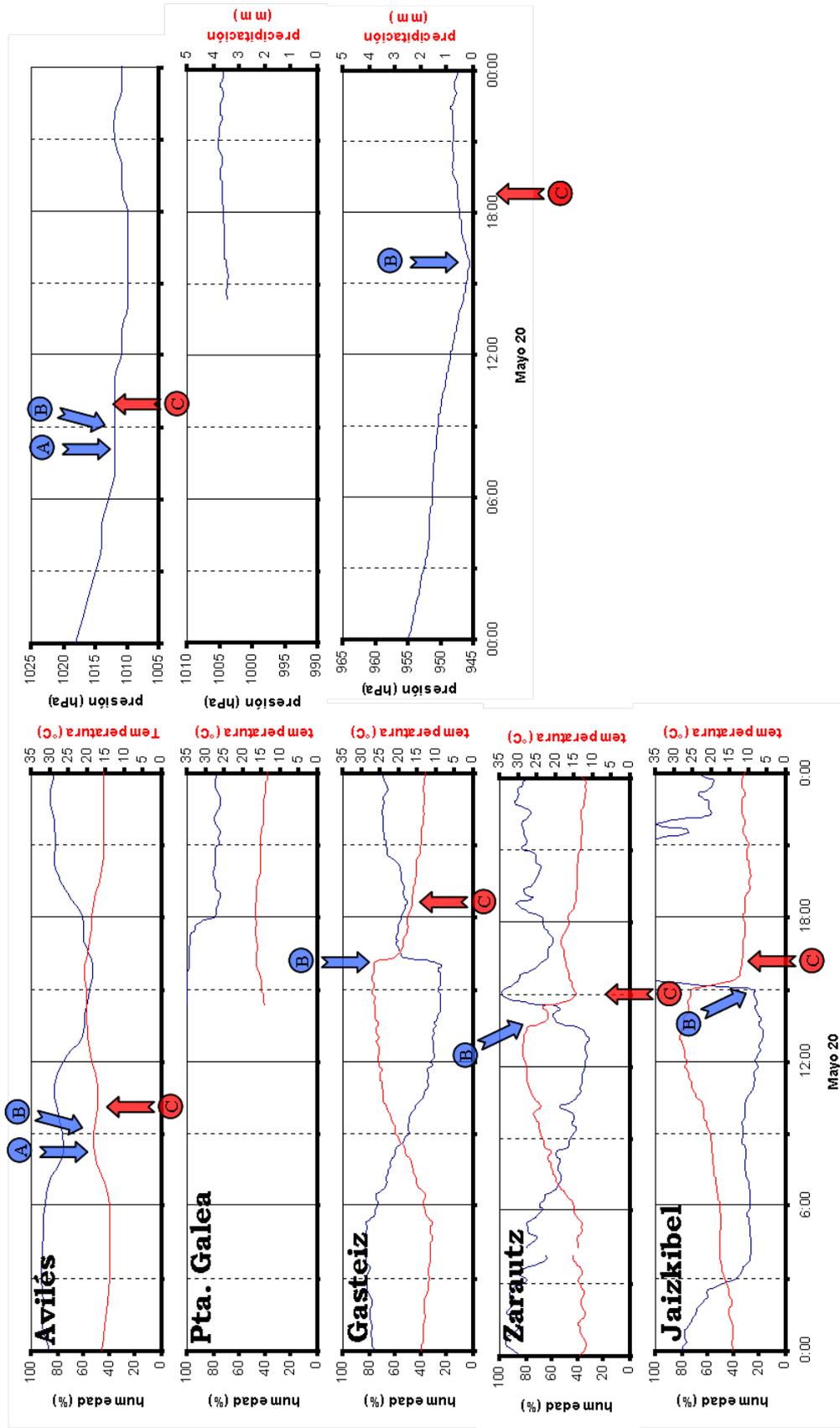


Figura 2.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 20 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz.

Resumen

De nuevo la perturbación que da origen a la galerna está causada por el empuje de un frente frío bien definido a nivel sinóptico, pero su irrupción en la CAV es anterior al paso del frente trazado por los servicios meteorológicos. De hecho este último no se detecta a nivel de superficie y su paso lo registra el perfilador a última hora de la tarde con un incremento de la velocidad del viento del SO en altura, que se desliza por encima de la inversión asociada a la advección del aire frío de la capa límite marina (CLM) aportada tras el paso de la galernilla. Se aprecia también, como en la galerna del día 13 de Mayo, una ralentización inicial y luego una disipación del frente frío en el tramo más sur que toca la península y coincidiendo con las horas de máxima insolación; mientras el avance continúa de forma sostenida en el Golfo de Bizkaia.

Con una configuración idéntica de los centros de altas/bajas presiones a las que se dieron durante el 13 de Mayo, una disposición similar de las zonas frontales y un gradiente de temperatura entre las costas de Galicia y la CAV superior al registrado para aquél día a nivel sinóptico (Figs. 2.4 y 1.4) pero similar en cuanto al salto térmico máximo-mínimo de temperaturas registrada a nivel local en las estaciones costeras de la CAV, la perturbación que atraviesa la costa vasca durante el día 20 de Mayo es mucho menos intensa. La diferencia fundamental está en la velocidad del viento de SO sobre la vertical de la CAV durante el paso de la perturbación (ver registros del perfilador en el intervalo de vigilancia). La intensidad del viento del SO, que antecede al frente, es una medida de su actividad, intensidad y capacidad para desplazarse de O a E. En el documento “Informe de resultados del proyecto (2001-2002): análisis y diagnóstico de episodios de meteorología severa en el País Vasco”, entregado a la Dirección de Meteorología y Climatología (DMC) en Octubre del 2002 se describe la relación entre la intensidad del viento del SO en la baja troposfera y la intensidad de la irrupción de la CLM tierra adentro. En el caso de la galernilla del día 20 de Mayo, no sólo su intensidad es menor, sino que se desplaza más lentamente: es razonable pensar que ante un contraste térmico local (diferencias entre el máximo y mínimo de temperatura en la irrupción súbita) muy similar en ambas galernas, sea la intensidad del viento del SO que sopla en altura el que condiciona no sólo la intensidad de la galerna sino su velocidad de desplazamiento.

21 DE MAYO DE 2002

Situación sinóptica

La baja presión de la costa oeste de Irlanda, cuyo sistema frontal asociado provocará la galerna, está más alejada de su costa que durante la galerna del 13 de Mayo y la del día anterior: ver análisis del INM de las 1200 UTC, imágenes IR del Meteosat (Fig. 3.3) y mapas del Servicio Meteorológico Británico (Fig. 3.2). La evolución de esta zona de bajas presiones, marcada como B2 y que ya se observaba en la imagen IR de las 2100 UTC del día anterior (Fig. 2.3), es de SO a NE como es el caso para todas las borrascas de las tres galernas descritas en este informe, pero alcanza la costa oeste de Irlanda entre las 1500 y las 1800 UTC. Esto implica un retraso de 3 a 6 horas respecto a la evolución de las borrascas que provocaron las otras dos galernas y es el motivo de la entrada tardía de la galerna de este día. En los mapas de análisis del Met. Office del día anterior (Fig. 2.2), a las 1800 UTC la zona de baja presión que provocará la galerna del día siguiente tiene 974 hPa y está muy alejada de la costa oeste de Irlanda. En su evolución hacia el NE, 24 horas después (Fig. 3.2: 1800 UTC), se ha profundizado a 968 hPa y está en la posición característica donde se han producido las 3 galernas descritas en este informe. En todos los casos, el anticiclón que se extiende por la Europa continental desde el Mediterráneo occidental hasta Escandinavia bloquea el movimiento de las borrascas, y el de sus frentes asociados, hacia el continente.

Prácticamente no hay gradiente de temperatura E-O entre la costa de Galicia y la CAV (la isoterma de 12 °C en el mapa de la topografía de la superficie de 850 hPa en la Fig. 3.1 es casi paralela a la costa del Cantábrico) y el análisis del NCEP (Fig. 3.4) muestra unas diferencias de sólo 6 °C sobre la superficie de 1000 hPa a las 1800 UTC, entre ambos extremos del Cantábrico. Sin embargo, como veremos en el análisis de las estaciones de superficie, el descenso de temperatura local en las estaciones de la costa de la CAV debido al paso de la galerna, es similar al observado en las dos galernas anteriores.

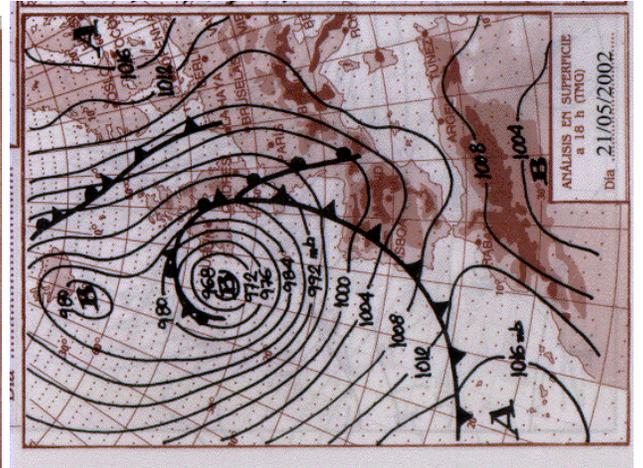
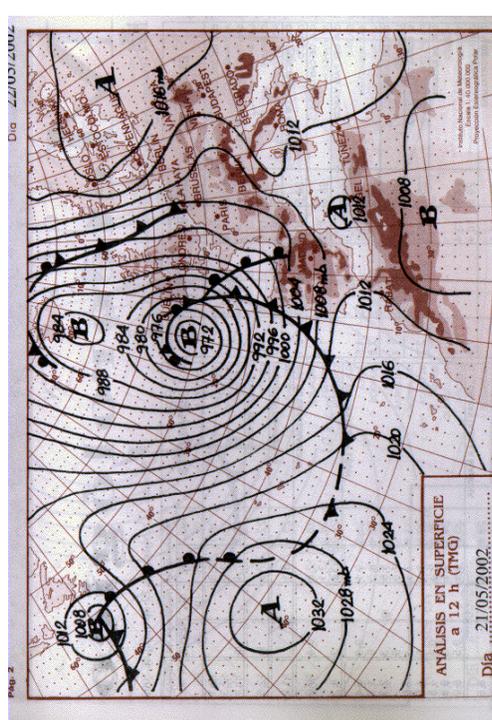
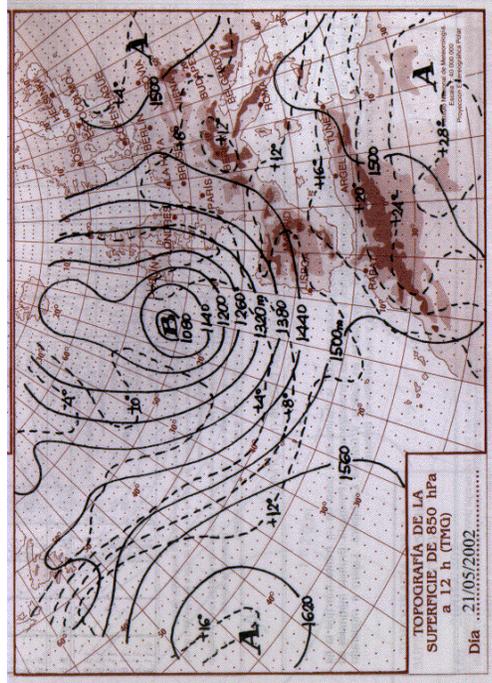


Figura 3.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 21 de Mayo del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

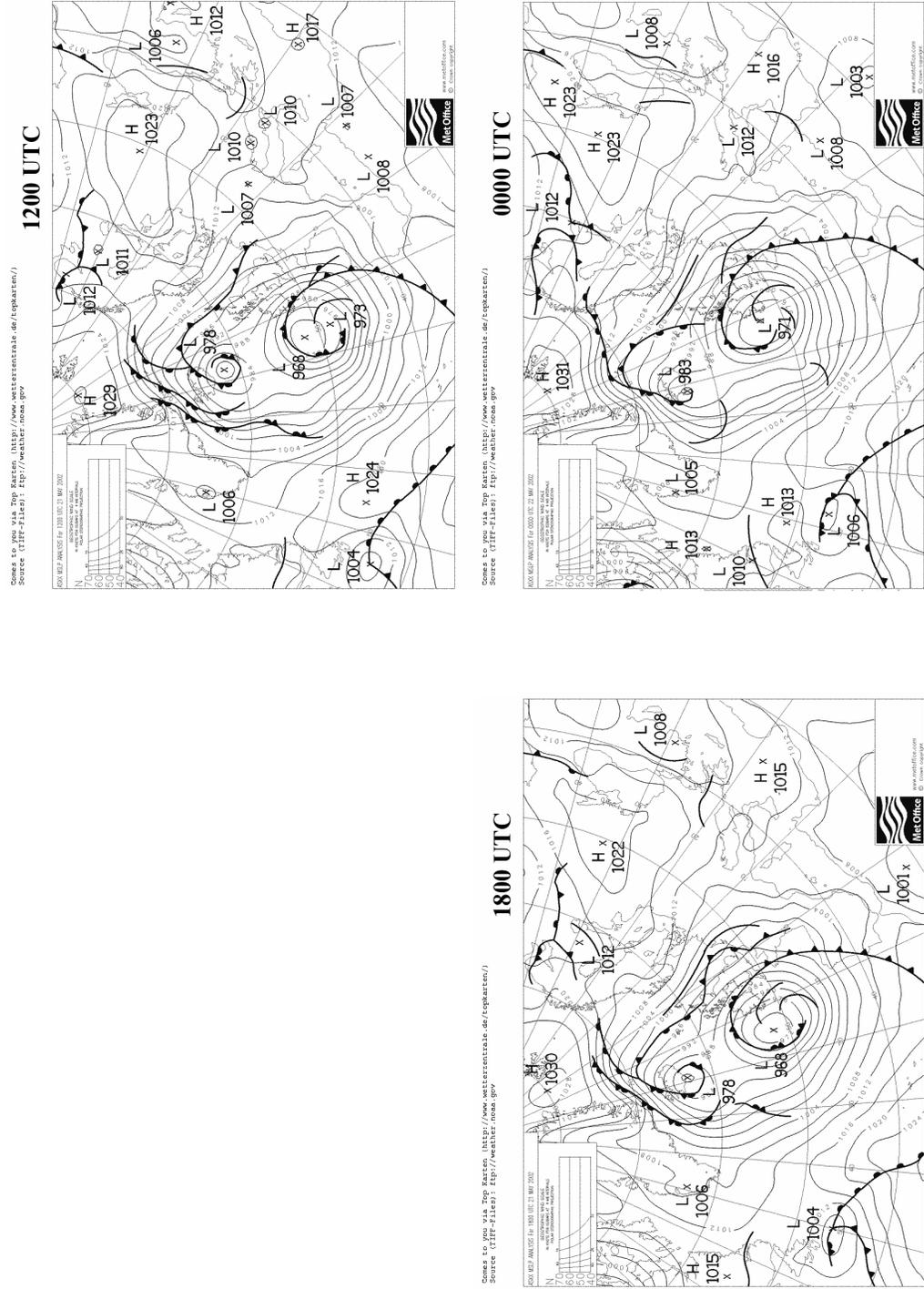


Figura 3.2: Análisis del 'Met Office' para las 1200 y 1800 UTC del día 21 y 0000 UTC del día 22 de Mayo de

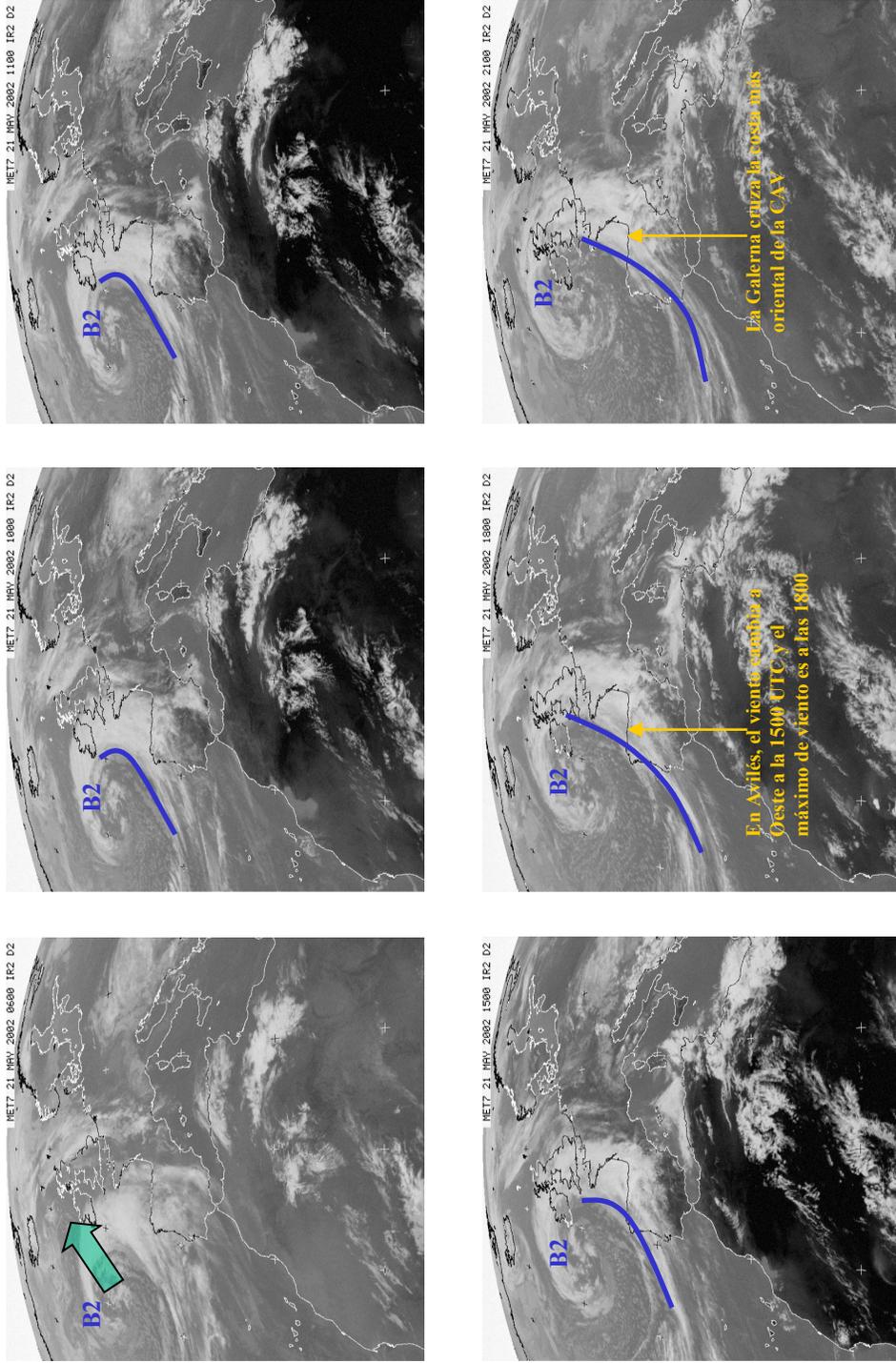


Figura 3.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0600, 1000, 1100, 1500, 1800, 2100 UTC, 21 Mayo 2002. La flecha verde en la figura de las 0600 representa la evolución posterior de la zona de bajas presiones B2 que se observaba en la Figura 2.3 . El frente asociado (en línea continua azul) provoca la galerna. A las 1800 UTC se da el máximo de viento en Avilés. En Punta Galea el máximo se da entre las 1900 y 2000 UTC y a las 2100 UTC ha cruzado la costa mas oriental de la CAV (ver estación de Jaizkibel)

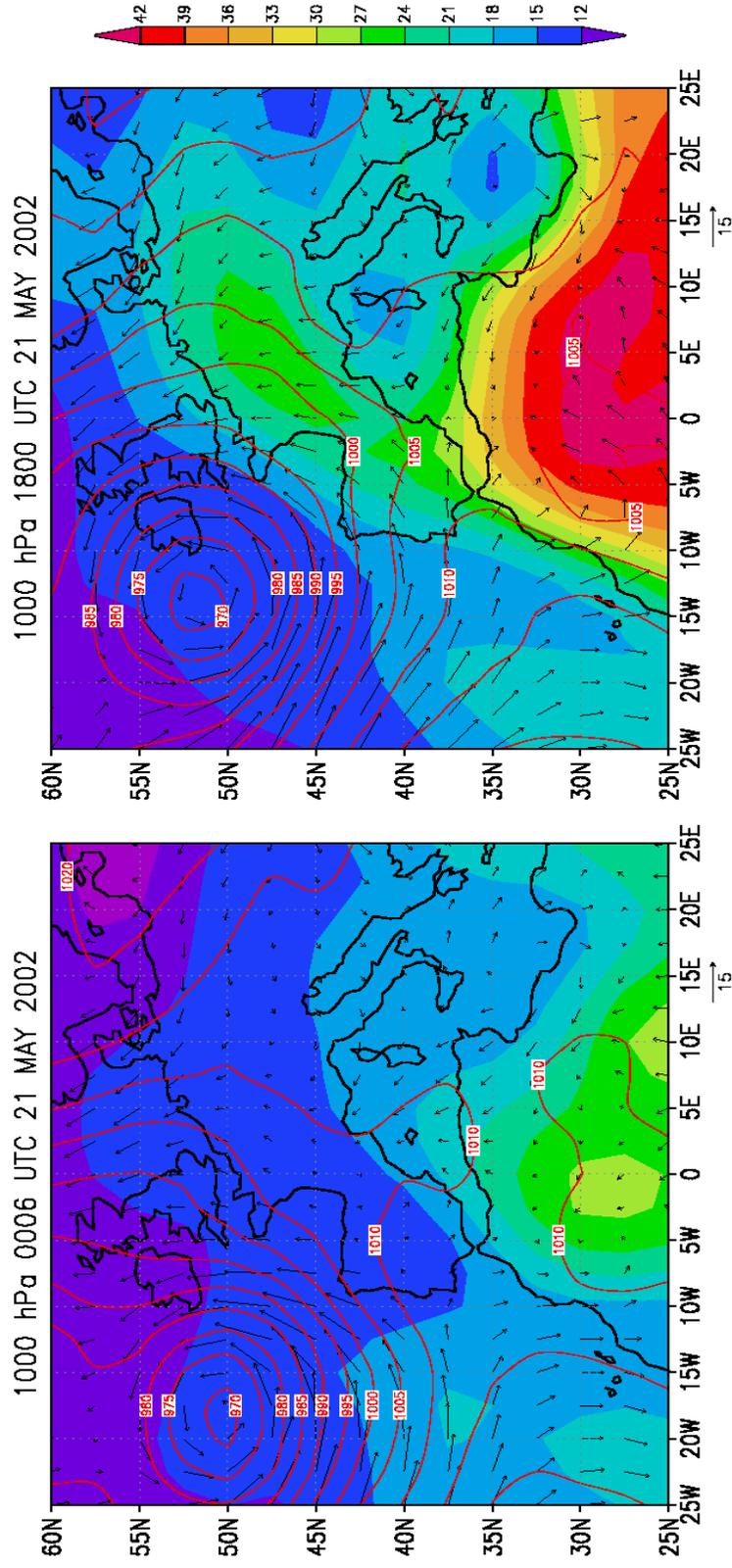


Figura 3.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 21 de Mayo de 2002. Se muestra la presión (hPa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

A juzgar por los datos de las estaciones de superficie y radar perfilador, la galerna del día 21 de Mayo es menos intensa que la del 13, pero mucho más intensa que la del día anterior y se produce también por delante de la posición del frente frío (Fig. 3.3): a las 1940 UTC cruza la estación de Punta Galea y 80 minutos después (2100 UTC) ha cruzado toda la costa de la CAV, detectándose en Jaizkibel.

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 3.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Se representan también los datos de la estación de superficie de Punta Galea (viento, racha máxima, temperatura, humedad, presión y precipitación). La zona de vigilancia de vientos intensos del SO, recuadrada en negro en ambos modos, presenta una configuración de flujo propicia para la formación de una galerna de intensidad fuerte. Este patrón de flujo junto con la detección de una CLM en progresión hacia el este, por delante de la Cordillera Cantábrica y que entre las 1600 y las 1700 UTC deja su impronta en la estación de Avilés, como veremos en la siguiente sección, es ya una señal clara de la formación de galerna en la CAV. Como es habitual en los sucesos de galerna analizados, el viento intenso del SO que sopla en altura previo a la irrupción de la CLM hacia el interior de la costa, está acoplado con los procesos de suelo (capa límite superficial sobre la tierra): no se aprecian cizalladuras asociadas a inversiones térmicas (no existen discontinuidades en los datos del RASS –no se muestran-) y en estos casos las diferencias de dirección con las capas más bajas se justifican por los procesos de canalización inducidos por la topografía. La intensidad de este viento en la zona enmarcada es comparable a la observada el día 13, con la particularidad de que su intrusión en los niveles bajos es más remarcada ahora, con vientos del SO de más de 25 ms⁻¹ en las capas más bajas (por debajo de 600 m).

Se ha marcado con una J, dentro de un círculo rojo, el instante de la irrupción de la galerna en la vertical del perfilador, que se produce al final del período de vigilancia: entre las 1930 y 2000 UTC en el modo bajo (Fig. 3.5, izquierda) se registran vientos del NO con promedios de media hora cercanos a 15 ms⁻¹, para los niveles más bajos. Los cambios de las variables

meteorológicas en las estación de superficie, representados en la misma figura, son simultáneos (máximo de viento de 16.5 ms^{-1} y rachas de 24 ms^{-1}). La caída de temperatura es similar a la registrada en la misma estación para las dos galernas anteriores, cuando ésta ha sido claramente menos intensa que la del 13 de Mayo pero mucho más intensa que la del día anterior. De nuevo tenemos la evidencia de que no es el gradiente térmico el factor que modula la intensidad de la galerna. Como explicamos en el apartado anterior, la intensidad de viento durante la irrupción de la galerna está relacionada con la velocidad del viento del SO en altura, previo a la galerna (zona de vigilancia) y la hora de aparición de la perturbación en la costa de la CAV. En este caso, la velocidad del viento SO en la zona de vigilancia es comparable a la del 13 de Mayo e incluso se encuentran velocidades mayores a cotas más bajas, pero la velocidad de viento durante la irrupción de la galerna es menor, aunque es muy elevada, posiblemente porque a esas horas de la tarde, la capa superficial sobre tierra es más estable que en las horas justo posteriores al mediodía solar. La estabilidad de la capa superficial sobre tierra controla la intensidad de los movimientos verticales del aire durante la intrusión de la CLM por debajo de ella y estos movimientos verticales junto con la velocidad de viento del SO controlan la intensidad de la intrusión.

Estaciones de superficie

En las Figuras 3.6 y 3.7 se han representado los datos de las estaciones de superficie seleccionadas. En la estación de Avilés, donde a primeras horas de la mañana y hasta el mediodía, el viento ha soplado de componente S, el comienzo del cambio en la dirección de viento se da a las 1500 UTC (Punto A en la Fig. 3.6). Una hora después comienza la caída de la temperatura ($5 \text{ }^\circ\text{C}$ en 2 horas: desde B hasta C) y el viento aumenta su intensidad para alcanzar un máximo de 9 ms^{-1} a las 1800 UTC. (Punto C de las Figs. 3.6 y 3.7). En ese mismo instante la presión deja de bajar, después de una caída de 15 hPa en 15 horas, y comienza a aumentar (2 hPa en las primeras 2 horas). La secuencia de acontecimientos es idéntica a la de la galerna del 13 de Mayo, pero el máximo de viento, incremento de presión y caída de temperatura son aquí inferiores.

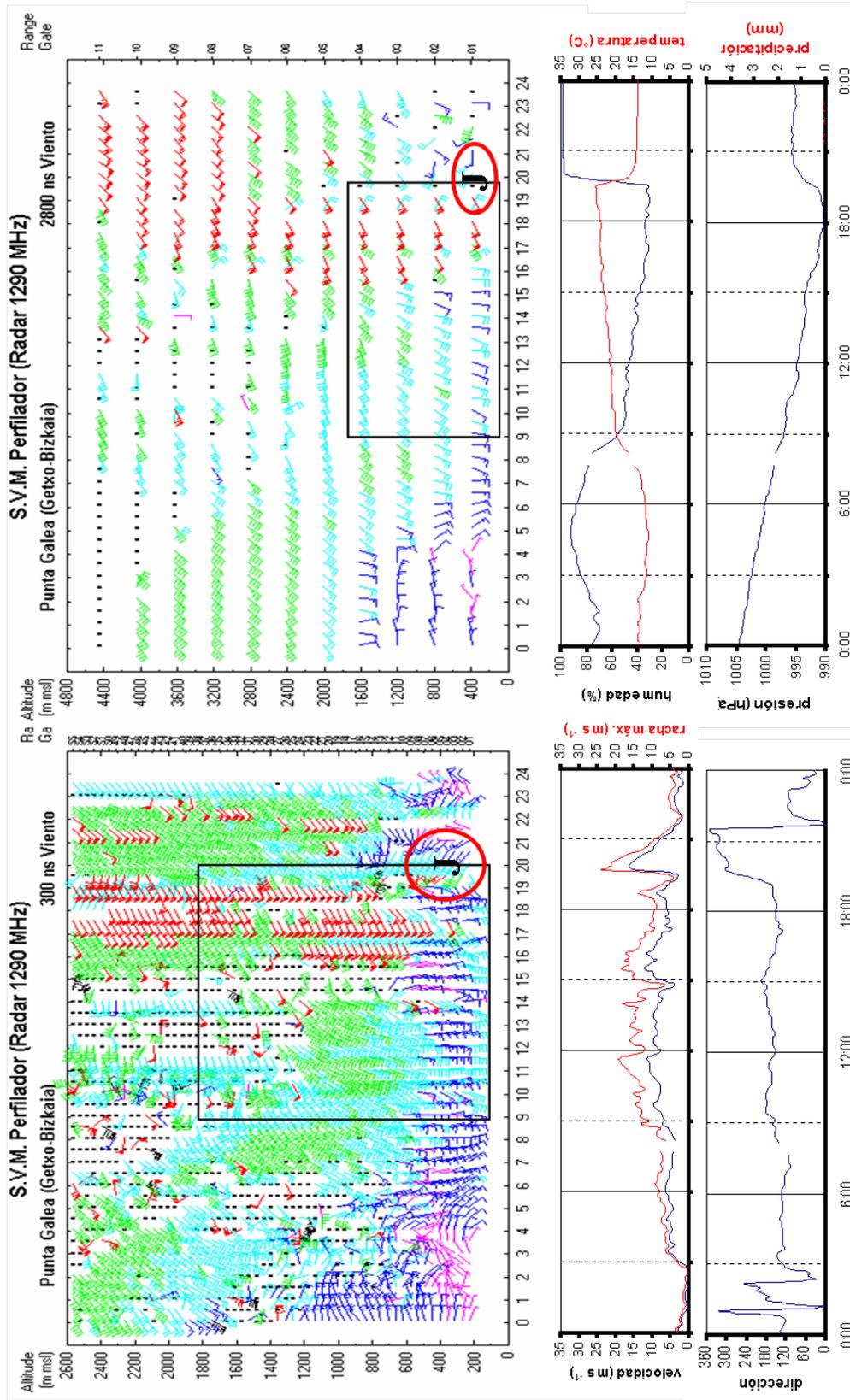


Figura 3.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 21 de Mayo de 2002. La región **J** muestra la irrupción de la galerna. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la 'zona de vigilancia' de galernas. Abajo se han representado los datos simultáneos de la estación de superficie en el mismo emplazamiento.

En Punta Galea al igual que en el resto de estaciones de la CAV, se observa de nuevo que el cambio de dirección y velocidad de viento suceden simultáneamente, igual que los cambios de presión y temperatura. A las 1930 UTC, el viento del SO de 3 ms⁻¹ (punto B en Fig. 3.6) rola a NO y aumenta su intensidad a la vez que se inicia el descenso de temperaturas (Punto B) y el aumento de la presión se hace más pronunciado. Hay un ligero aumento de presión que se inicia casi una hora antes, coincidiendo con una disminución de la velocidad del viento S, que corresponde a la fracción de la presión hidrodinámica que se genera en las proximidades del punto de estancamiento frontal de la advección fría (modelo de corriente de gravedad). Se alcanzan velocidades máximas de 16.5 ms⁻¹ con rachas de 24 ms⁻¹ (punto C). En menos de 20 minutos se produce todo el cambio de dirección y el aumento de velocidad hasta el máximo y el 80 % de la caída de la temperatura, que es de 11 °C, en 1.5 horas. El aumento de presión es de 2 hPa durante esos mismos 20 minutos y llega a 4 hPa en 3 horas. Todos los cambios son claramente inferiores a la galerna del 13 de Mayo, excepto la caída de temperatura que es similar (sólo 1 °C menos). Si la presión sube menos que durante el día 13 de Mayo y la fracción más importante de la subida de presión se debe al aumento de densidad del aire frío respecto al aire cálido, siendo esta variación idéntica en ambos días debido a un idéntico salto térmico, se deduce que debe suceder que el espesor de la CLM en advección sea mayor el día 13 que el 21, como así sucede si comparamos las Figuras 1.5 y 3.5: en el primer caso la CLM alcanza 1200 m a las 3 horas de la irrupción y en el segundo 800 m.

En la estación de Zarautz la galerna llega 70 minutos después de su paso por Punta Galea (2040 UTC). Se alcanzan velocidades de viento algo inferiores (debido a la ubicación del sensor): máximos de 11 ms⁻¹ con rachas de 19.5 ms⁻¹ y el cambio se produce con la misma rapidez. La temperatura desciende 10 °C en 20 minutos y el salto completo de 12.5 grados se produce en hora y media (sólo 1.5 °C menos que el día 13 de Mayo). La perturbación pasa por Jaizkibel entre 10 y 20 minutos más tarde con vientos de 15-16 ms⁻¹ y rachas de hasta 20.6 ms⁻¹. La caída de temperatura es ligeramente más pequeña que en Zarautz pero con idéntica brusquedad.

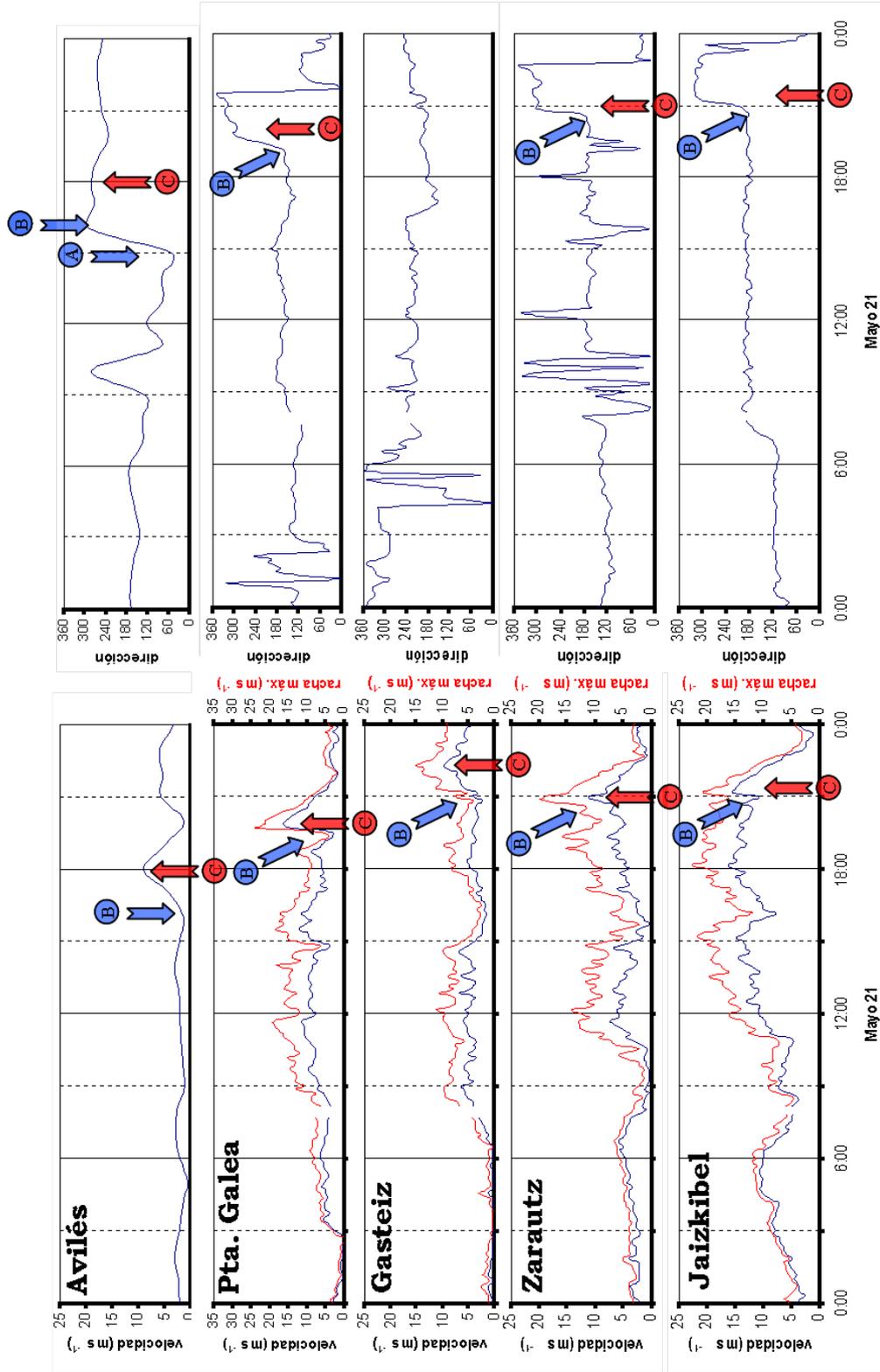


Figura 3.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos y racha máxima de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 21 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

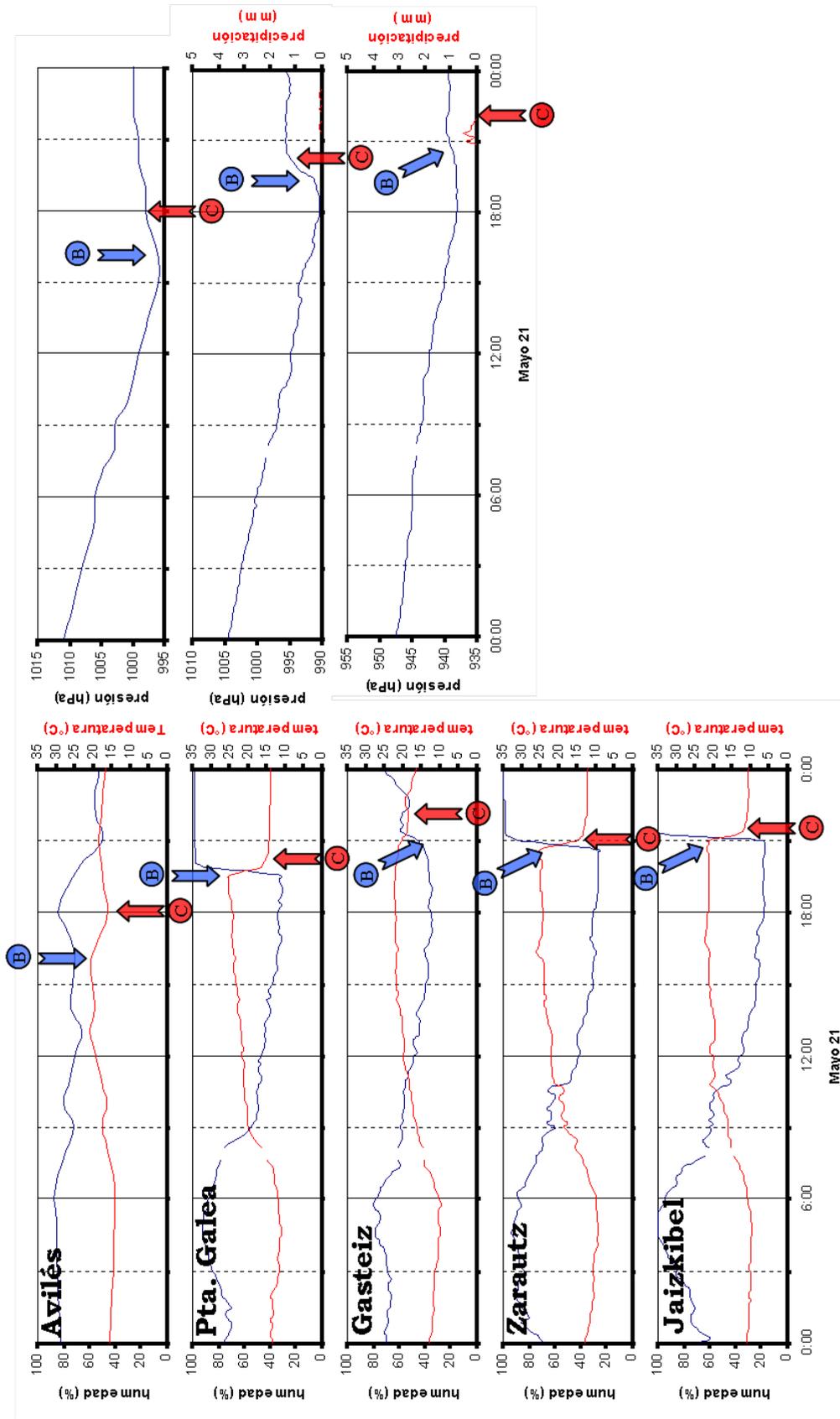


Figura 3.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 21 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz

La galerna tiene un impacto menor en la estación de Gasteiz. El punto B, que inicia el cambio de viento y de temperatura se produce casi simultáneamente a las estaciones más orientales en la costa de la CAV (poco antes de las 2100 UTC). Se detecta casi simultáneamente el cese del descenso continuado de la presión durante todo el día, para cambiar su tendencia hacia el aumento. Se detecta también al mismo tiempo un incremento súbito de la humedad y de la intensidad del viento, pero tanto la temperatura como la dirección del viento (sigue soplando del SO antes y después del evento) no presentan anomalías destacables durante el paso de la perturbación.

Resumen

La galerna frontal del 21 de Mayo se origina de nuevo por delante de un frente frío bien definido a nivel sinóptico. Su irrupción en la CAV es la más tardía de entre las descritas en este informe, pero no es una excepción, puesto que en un estudio previo ya habíamos identificado galernas con una irrupción similar (a última hora de la tarde) que se dieron en años anteriores. Su intensidad es apreciable aunque inferior a la del 13 de Mayo y superior a la del día anterior. Pese a que el viento del SO que detecta el perfilador en la zona de vigilancia es comparable en intensidad al observado el 13 de Mayo, la galerna no adquirió aquella intensidad posiblemente debido a su evolución tardía: la hora de irrupción viene condicionada en este caso a la evolución ‘tardía’ de un centro de bajas presiones que se mueve hacia la costa occidental de Irlanda. Como consecuencia, la llegada de la advección fría de la CLM sobre la costa de la CAV, empujada por el frente asociado a aquella borrasca, se encuentra con una capa límite superficial sobre tierra más estable que en el caso de una irrupción más próxima al mediodía solar. En este caso las corrientes verticales en la zona de colisión son menos intensas, por lo que las velocidades compensatorias horizontales características de la entrada marina, serán también menos intensas. El espesor vertical de la galerna es también inferior a la del día 13 de Mayo, posiblemente por el mismo motivo. Esto provoca también, como hemos demostrado en la sección anterior, que el aumento de presión que acompaña a la galerna sea inferior.

24 DE MAYO DE 2002

Situación sinóptica

La baja presión de Irlanda, característica de las 3 galernas frontales descritas anteriormente, no está ubicada en el sitio preciso (sobre la costa oeste irlandesa) durante las horas de mayor insolación: entre el mediodía solar y unas pocas horas después. A las 0600 UTC se localiza ya sobre la costa oeste de Irlanda y a las 1200 UTC se ha desplazado a su costa norte, fuera de la ubicación ‘adecuada’, siguiendo la migración característica (hacia el NE) observada en los casos anteriores (Figs 4.2, 4.3 y 4.1), rodeando la alta presión relativa que se extiende por toda la costa oeste del continente Europeo. Además, en su evolución se observa que se está ‘rellenando’ y pasa de 974 hPa a las 0600 UTC a 980 hPa a las 1800 UTC (Met. Office Británico). Aunque el INM muestra valores distintos, pero presenta igualmente un debilitamiento de la zona de baja presión desde 980 hPa a las 1200 UTC a 984 hPa a las 1800 UTC (Fig. 4.1). El frente frío asociado a esta baja, al igual que en los casos anteriores, se debilita y frena a su paso por la Península Ibérica durante las horas diurnas, mientras que transcurre más rápido en su tramo norte, sobre las costas francesas del Golfo de Bizkaia y Canal de la Mancha (Figs 4.1, 4.2 y 4.3). A juzgar por los datos de las estaciones de superficie y radar perfilador, el frente frío cruza la CAV a últimas horas del día (entre las 2000 UTC y la medianoche) y no se observa ninguna galerna.

No hay gradiente de temperatura E-O entre la costa de Galicia y la CAV, sobre la superficie de 850 hPa (la isoterma de 8 °C en la Fig. 4.1 es paralela a la costa del Cantábrico) y el análisis del NCEP (Fig. 4.4) muestra unas diferencias de tan sólo 6 °C sobre la superficie de 1000 hPa a las 1800 UTC, entre ambos extremos del Cantábrico.

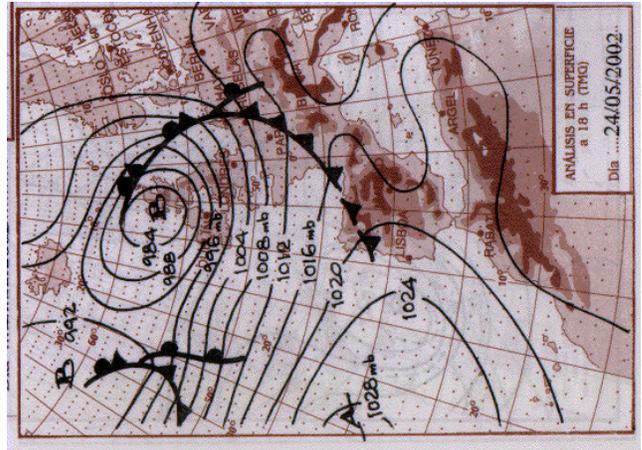
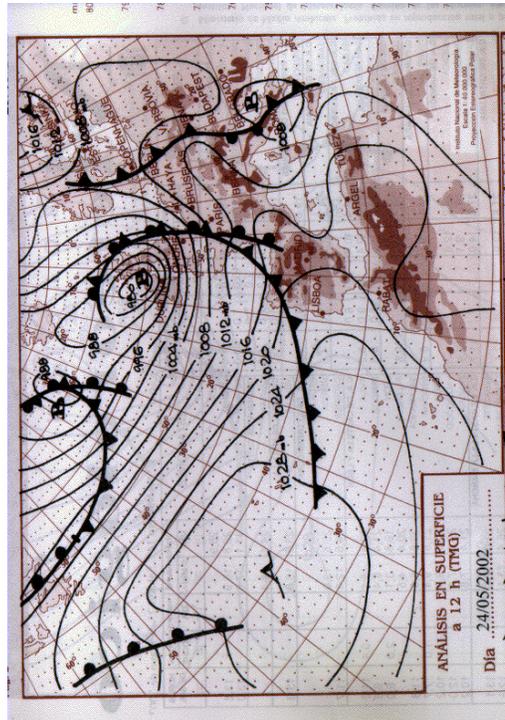
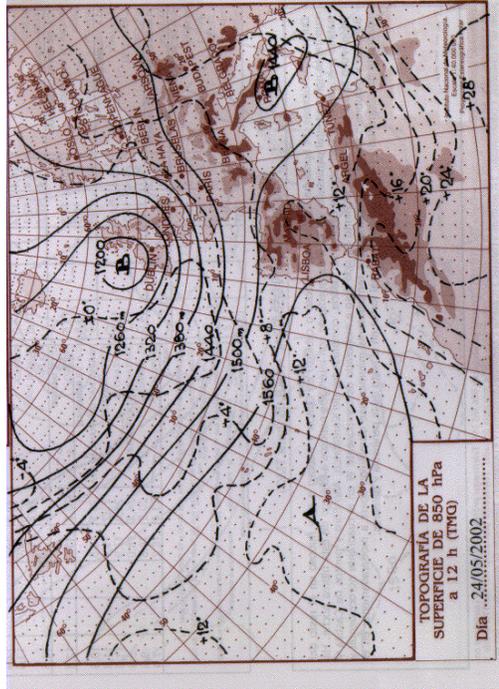


Figura 4.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 24 de Mayo del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del

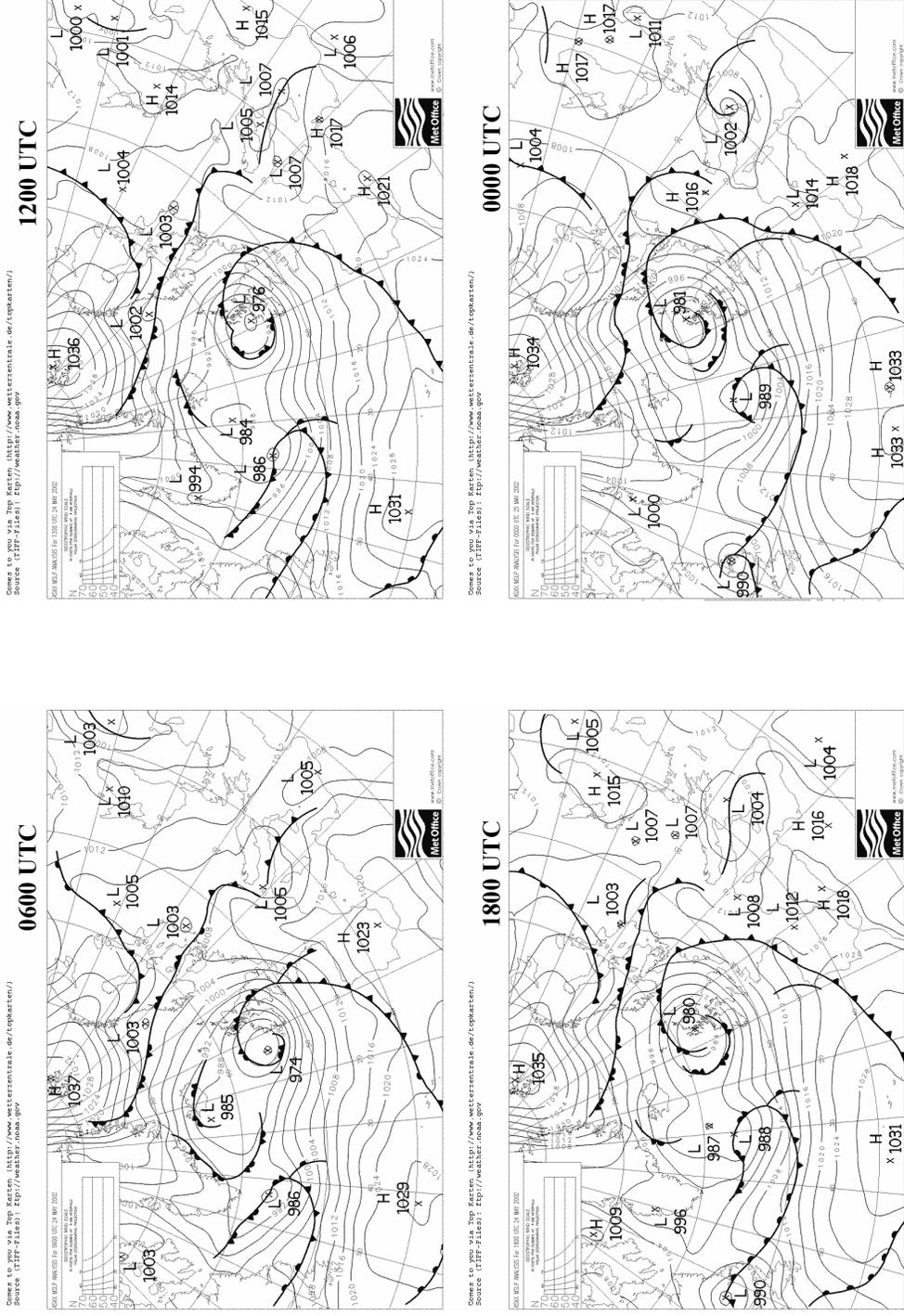


Figura 4.2: Análisis del 'Met Office' para las 0600, 1200 y 1800 UTC del día 24 y 0000 UTC del día 25 de Mayo de 2002

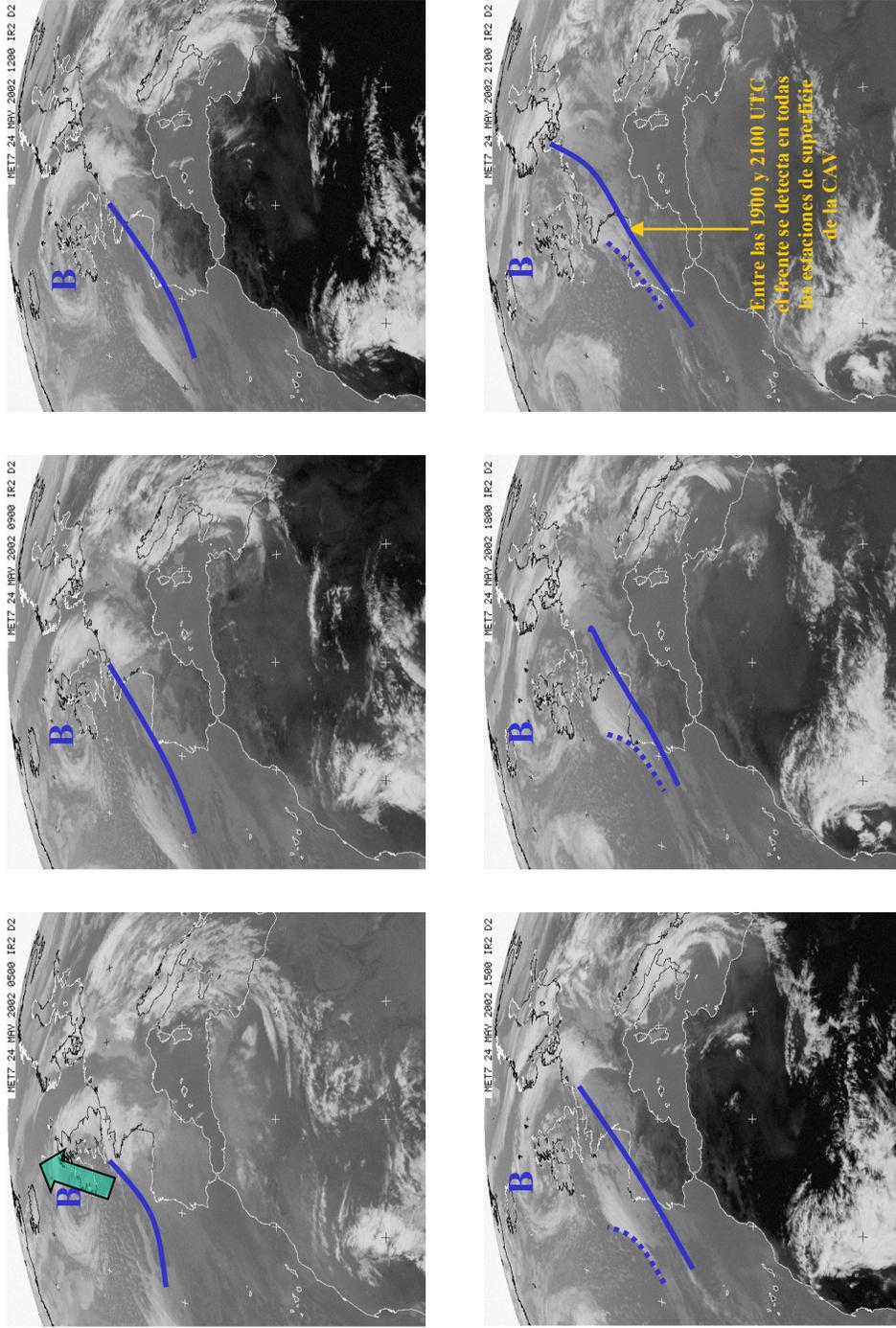


Figura 4.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0500, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 UTC, 24 Mayo2002. La flecha verde en la figura de las 0600 representa la evolución posterior de la zona de bajas presiones B, que lleva asociado el frente frío que se muestra en línea azul continua. El frente a partir de las 0900 y hasta las 1800, apenas se desplaza a través de la Península Ibérica. Desde las 1800 hasta medianoche, atraviesa su mitad noroccidental. La línea de puntos representa la vaguada de presión, que se intensifica detrás del frente, a partir de las 1200 UTC.

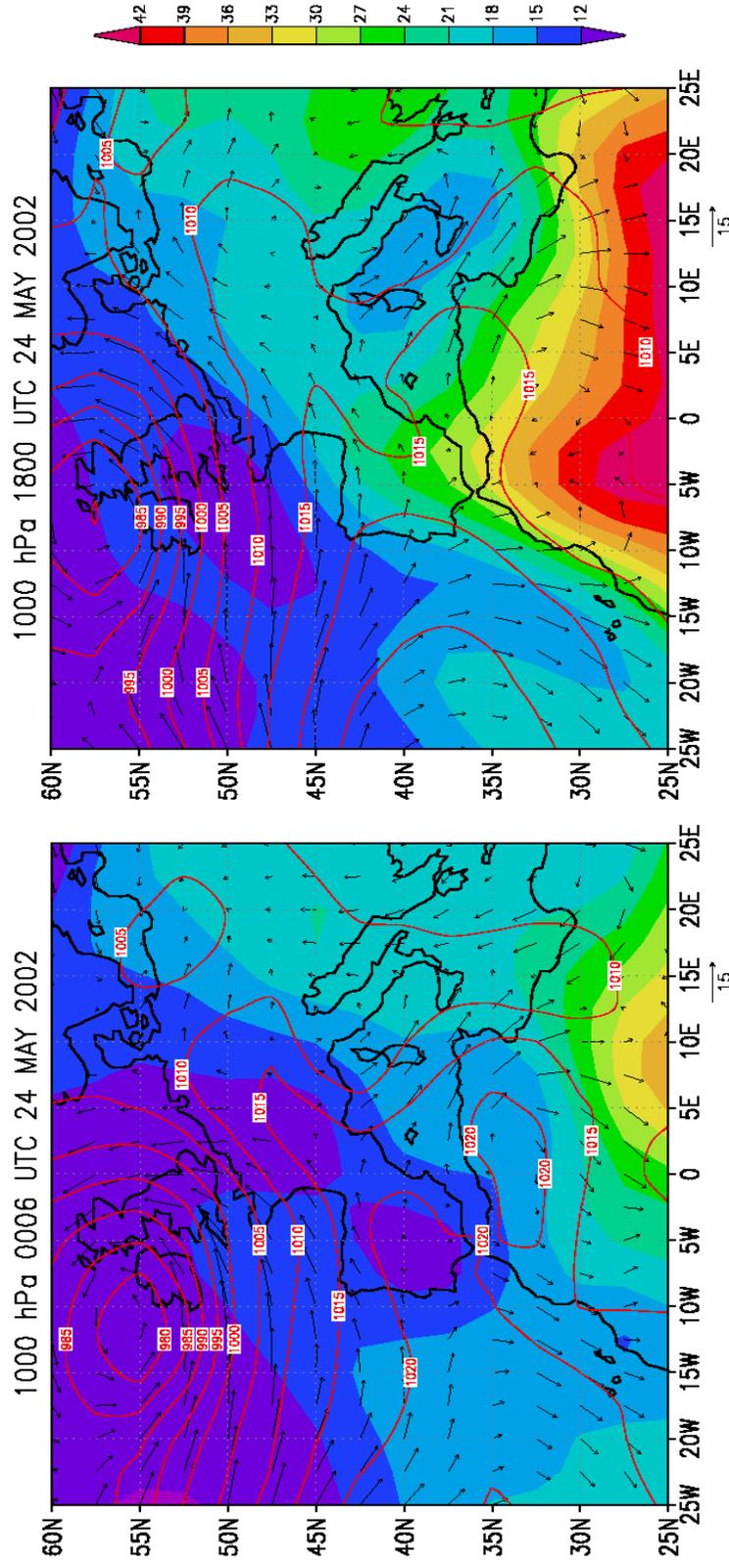


Figura 4.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 24 de Mayo de 2002. Se muestra la presión (hPa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 4.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Se representan también los datos de la estación de superficie de Punta Galea (viento, racha máxima, temperatura, humedad, presión y precipitación). La zona de vigilancia de vientos intensos del SO, recuadrada en negro en ambos modos, presenta una configuración de flujo que no puede producir una irrupción de galerna, fundamentalmente porque aunque existe un flujo de componente S acoplado con los procesos de superficie durante las primeras horas de la mañana, el viento no es de la intensidad suficiente (se necesitan intensidades superiores a 10-12 ms-1).

Entre las 1000 y las 1100 UTC se produce la intrusión de aire desde el mar, a modo de brisa de dirección NNE, en los niveles más bajos (hasta 300 m de altura), que sustituye al viento del S acoplado que soplabla durante la mañana. Este cambio, que coincide aproximadamente con los vectores en color rosa (vientos muy débiles) del modo bajo en la Fig. 4.5, parece responder a una circulación de origen térmico (brisa). Entre los 300 y 1000 m se mantiene una circulación del S y del E, con aire que suele tener un grado bajo de humedad, lo que implica que la actividad convectiva de esta circulación térmica aporta aire relativamente seco a la superficie, por lo que esto podría ser el motivo de que la humedad relativa no ascienda hasta niveles más elevados en la estación de superficie de Punta Galea (el resto de estaciones costeras de la CAV siguen el mismo patrón, como se verá en el siguiente punto).

A partir de las 1500 UTC el viento rola a NO, coincidiendo con la aproximación del frente descrito en el punto anterior. Como consecuencia, la presión sube lentamente en la estación de superficie de Punta Galea, la humedad se va a saturación, la temperatura baja y comienza a llover por la noche. La lluvia que acompaña al frente frío (2000 UTC) también se produce simultáneamente a un claro incremento de viento, que se observa no sólo en superficie sino también en altura (perfiles del modo bajo, de 2000 a 2400 UTC y entre 0 y 2600 m).

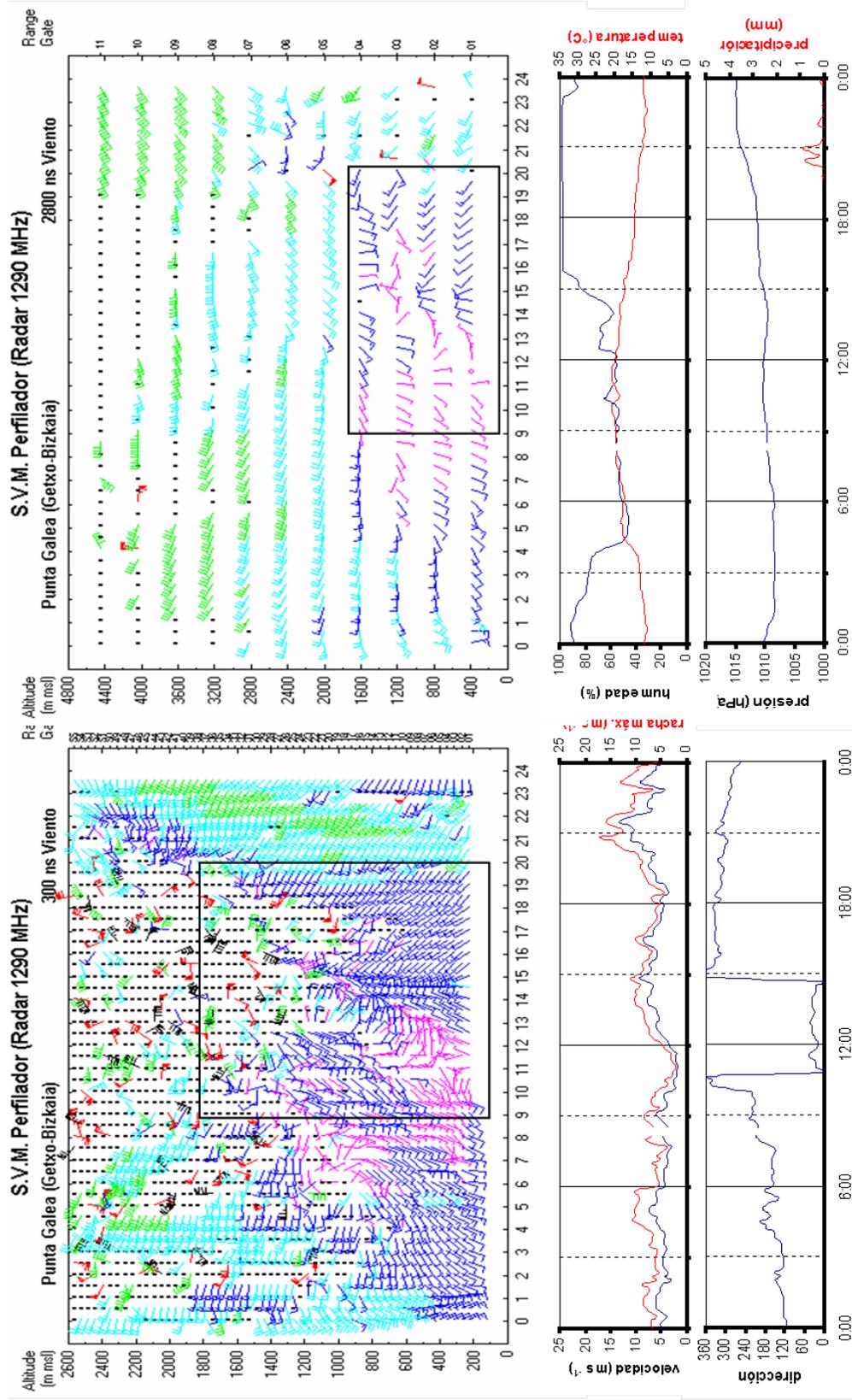


Figura 4.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 24 de Mayo de 2002. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la ‘zona de vigilancia’ de galernas. Abajo se han representado los datos simultáneos de la estación de superficie en el mismo emplazamiento.

Por otra parte, a diferencia de los perfiles de viento durante los días de galerna, puede observarse que el viento que sopla por encima del techo de la zona de vigilancia es del NO durante toda la madrugada y hasta el mediodía (en los casos de galerna era del SO) y que sólo la proximidad del frente frío, hace que role a SO (modo alto del perfilador, por encima del recuadro de vigilancia en Fig. 4.5).

Estaciones de superficie

En las Figuras 4.6 y 4.7 se han representado los datos de las estaciones de superficie seleccionadas. Para este caso, así como para el resto de los casos de no galerna, la nomenclatura de los instantes significativos de la secuencia temporal se han nominado 1, 2, 3..., en lugar de A, B, C..., dado que se tratan de procesos distintos. En la estación de Avilés, la presión no baja por la mañana como lo hace durante las galernas (en los casos documentados cae más de 5 hPa hasta el mediodía). Por el contrario se mantiene relativamente elevada (1015 hPa) y a partir de las 0600 hasta medianoche, presenta una subida lenta pero sostenida hasta 1022 hPa. El viento se mantiene moderado (por debajo de 4 ms⁻¹) durante la mañana y hasta el punto marcado como 1 (1000 UTC), con una componente S que es consistente con un acoplamiento del viento en superficie con el viento S que sopla en altura (ver datos del perfilador). La humedad relativa, lejos de la saturación, corrobora esa misma hipótesis de acoplamiento con vientos más secos del S. El punto 1 marca la inflexión, con un aumento de velocidad (hasta 7 ms⁻¹) y giro de viento a NO, descenso de temperatura y aumento de la humedad hasta prácticamente la saturación, que corresponde a la irrupción de la brisa del mar. La intensidad de la brisa se agota entre las 1500 y las 1800 UTC; a partir de ahí el viento vuelve a aumentar de velocidad (misma dirección NO) empujado por el frente frío y se alcanza un segundo máximo de 7 ms⁻¹ a las 1900 UTC (punto 2).

Esta secuencia de acontecimientos se repite en todos los sensores de costa de la CAV, mientras que en Gasteiz presenta algunas singularidades, como corresponde a una estación del interior: en Punta Galea, el viento del sur de 5 ms⁻¹ aproximadamente, que ha soplado durante toda la mañana da paso a la brisa (con mezcla convectiva con vientos de E y de SE en altura, como se describe en la sección anterior) que toma una componente NNE y que se ha anotado

como punto 1 en las Figs 4.6 y 4.7. La temperatura se estabiliza o decrece ligeramente con la entrada de aire más frío del mar (cuando debiera crecer siguiendo el ciclo diurno). Durante la tarde el viento rola a NO (1500 UTC), se inicia también un aumento de su velocidad y se alcanza un máximo de 11 ms⁻¹ (punto 2) con rachas de 17 ms⁻¹ a las 2100 UTC (que se produce inmediatamente después del paso del frente frío). La humedad también aumenta al igual que la presión, que inicia un ascenso suave de 5 hPa desde las 1500 hasta la medianoche. Llueve a partir de las 2000 UTC, momento del paso del frente, poco antes de alcanzarse el máximo de viento (punto2).

En la estación de Zarautz, la entrada de la brisa se marca también con un estancamiento en la subida de la temperatura diurna (punto 1) y un giro al NNE, después de soplar del S durante toda la mañana. Por la tarde (1600 UTC), el viento del NNE gira a NO y aumenta su velocidad conforme se aproxima el frente. Al mismo tiempo la temperatura baja, la humedad sube y se alcanza un máximo de viento de 9 ms⁻¹ y rachas de 15 ms⁻¹ (punto 2), 70 minutos después de producirse el máximo en Punta Galea. La secuencia es similar en Jaizkibel: el viento S de la mañana (10 ms⁻¹), gira a componente N a las 1000 UTC, a la vez que baja su intensidad. Esta circulación del N inducida térmicamente acaba con la subida de temperatura diurna (punto 1). Por la tarde, a partir de las 1700 UTC, el viento rola a NO y aumenta su humedad, mientras que la temperatura sigue su descenso. El máximo de viento (punto 2) se da aproximadamente al mismo tiempo que en Zarautz.

En Gasteiz, el viento del SO sopla hasta bien entrada la tarde (1700 UTC). A partir de ese instante, marcado con 1, se observa una bajada de temperatura primero en escalón (3 °C) y luego sostenida, aumento de humedad y giro de viento a componente N, en conjunción con los giros a componente NO observados en las estaciones de la costa, precediendo al paso frontal. Pero en este caso la velocidad no se ve alterada de forma significativa. La presión también inicia un ascenso en ese mismo momento, cuando había permanecido estacionaria hasta entonces. Llueve poco antes de las 2300 UTC.

Mediante el análisis conjunto de todas las estaciones, puede observarse que la circulación de brisas que se produce en la costa, surge de forma ‘asíncrona’ y no se desplaza de O a E, como en el caso de un frente frío o una perturbación de galerna: en Punta Galea el punto 1 se produce después de que se de en Zarautz y casi al mismo tiempo que Jaizkibel (Figs. 4.6 y 4.7). Sin embargo la aproximación del frente (giro a NO y aumento rápido de la humedad) lo mismo que el máximo de viento post-frontal (punto 2) se registran de forma consecutiva, primero en las estaciones al O y luego al E.

Resumen

La situación de los centros de presión sinópticos durante el 24 de Mayo tiene ciertas similitudes con la observada para las 3 galernas descritas en este informe. Un análisis más detallado nos muestra la borrasca de Irlanda ‘fuera de su posición’ (más al Norte) durante la ventana de tiempo en la que se puede dar la galerna, pero este aspecto puede entrar dentro de los eventuales errores de evolución de borrascas de los servicios de predicción, lo que a la hora de hacer la evaluación de riesgo de galerna introduciría una incertidumbre difícil de eliminar. Sin embargo, la ausencia de un SO fuerte en la zona de vigilancia del radar perfilador, que sería un indicador de la proximidad e intensidad del frente asociado a la borrasca de Irlanda, nos muestra que la situación local no evolucionará hacia una galerna. De hecho, se produce una circulación térmica asociada a brisas suaves en el litoral de la CAV que sustituye el régimen del S de poca intensidad que se registra en las estaciones de la costa durante la mañana, y sólo por la tarde aparece el frente frío que ya a las 1500 UTC (5 horas antes de su paso por Punta Galea), provoca en su parte delantera la irrupción de una CLM en clara progresión tierra-adentro empujada por vientos del NO (Fig. 4.5: de 0 a 1000 m, y de 1500 UTC a 2000 UTC en los dos modos del perfilador). Al mismo tiempo el viento gira a SO por encima de la zona de vigilancia. Esa irrupción de la CLM no se produce de forma violenta y su intensidad no es elevada debido a la ausencia de procesos violentos de hundimiento sobre el mar que acompañarían a un viento del SO intenso, que nunca se produjo.

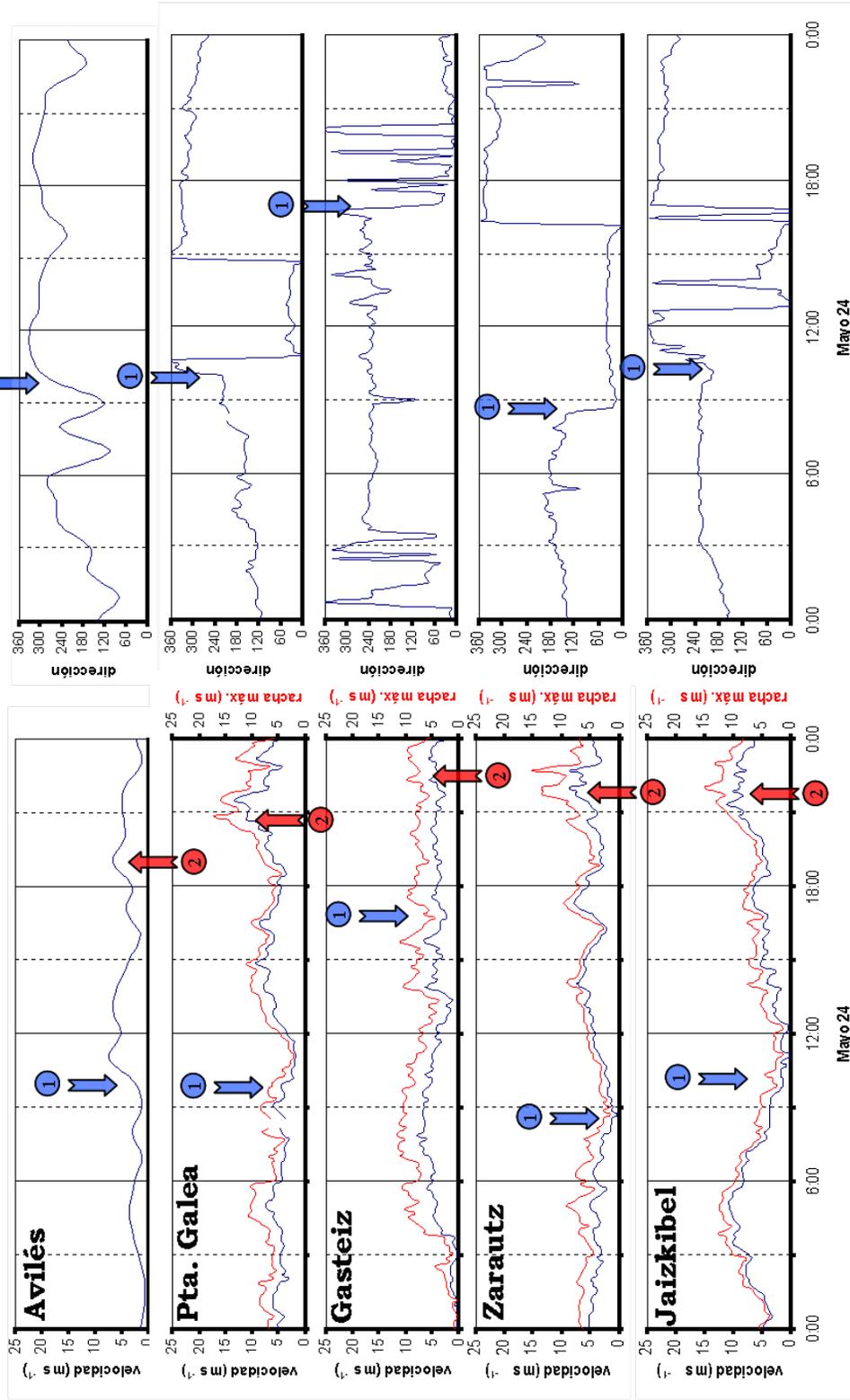


Figura 4.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos y racha máxima de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 24 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

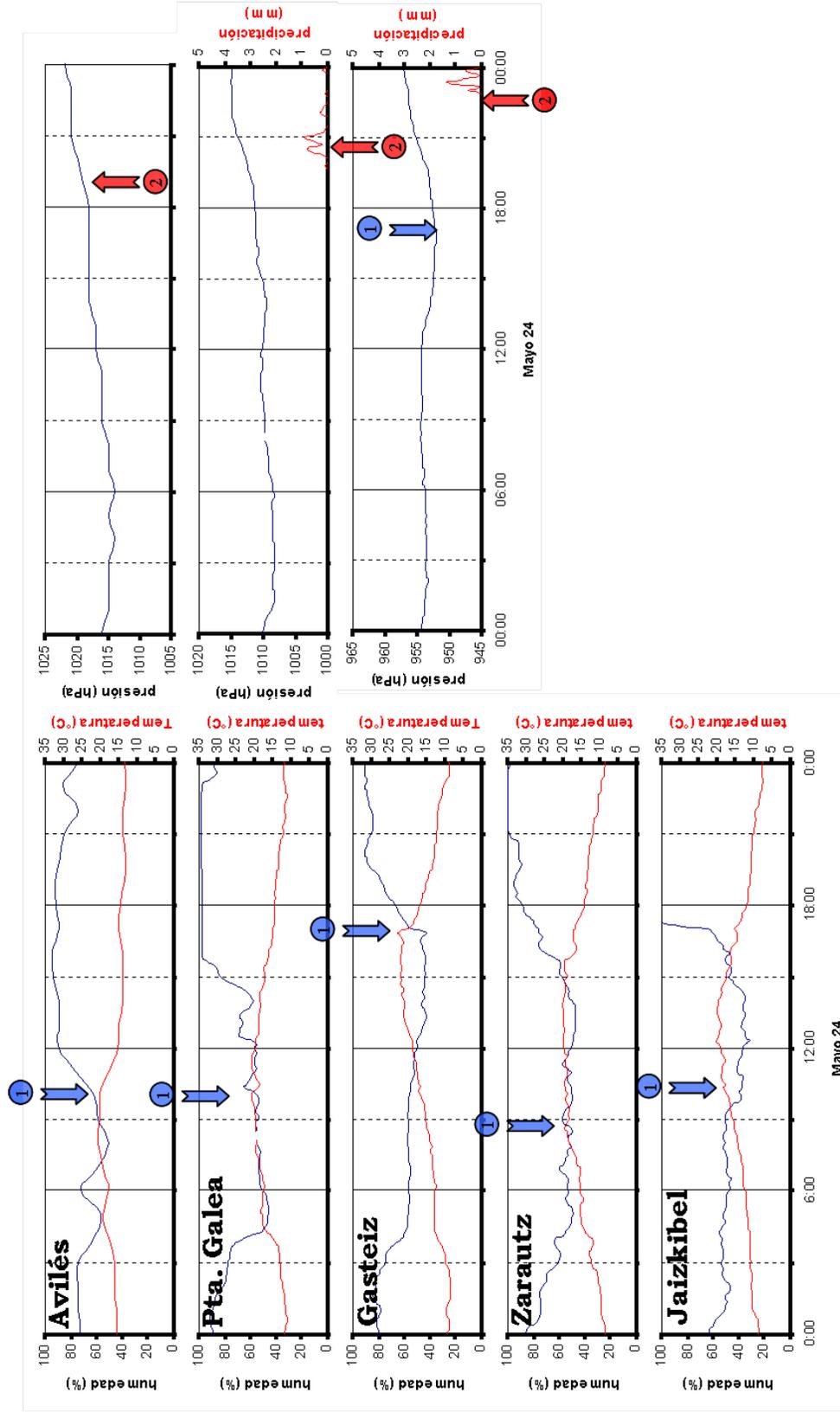


Figura 4.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios horarios) en la estación de Avilés y los promedios de 10 minutos de las estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 24 de Mayo de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz.

14 DE JUNIO DE 2002

Situación sinóptica

La baja presión de Irlanda, característica de las galernas frontales descritas en este informe, está muy alejada de la costa oeste de Irlanda y se mantiene en esa posición a lo largo del día sin desplazamiento aparente hacia el Este (Figs. 5.1, 5.2 y 5.3). El análisis del Met. Office Británico muestra además un debilitamiento de la borrasca a lo largo del día (pasa de 983 a 986 hPa) junto con un avance rápido del frente asociado sobre el mar desde las 0600 a las 1200 UTC, que posteriormente queda frenado sobre la costa de Galicia (12 00 UTC), coincidiendo con el periodo de calentamiento de las masas de tierra. Entre las 1800 UTC y la medianoche ni siquiera se representa la zona más meridional del frente que no llega a cruzar la Península Ibérica (Fig. 5.2). Sin embargo en su tramo norte, el frente frío avanza cruzando las Islas Británicas y la Bretaña francesa. El análisis del INM presenta algunas diferencias con el anterior: la zona de bajas presiones se mantiene con 988 hPa (posiblemente porque los mapas del INM no resuelven la presión mínima sino que dibujan directamente la primera isóbara rodeando la zona de presión mínima) y el frente frío, que a las 1200 UTC toca las costas de Galicia, ni siquiera se dibuja su tramo S frente a las costas de Portugal. El avance del frente sobre las islas británicas entre las 1200 y las 1800 UTC no viene representado en el mapa de las 1800 UTC del INM, en su lugar se dibuja el frente en una posición idéntica que a las 1200 UTC, incluso algo más retrasado en su tramo S, y se sustituye la vaguada que transcurre por delante del frente (mapa de las 1800 UTC del Met. Office) por un frente cálido sobre la costa oeste de Francia. Ambos análisis (Met. Office y INM) coinciden en la presencia de un anticiclón potente que abarca el Mediterráneo Occidental y oeste del continente europeo (Figs. 5.1 y 5.2) y el desarrollo de un baja térmica sobre la Península Ibérica (mapa de las 1800 UTC).

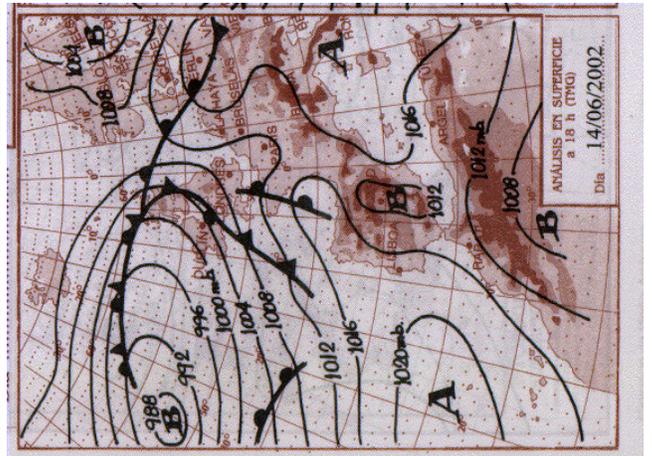
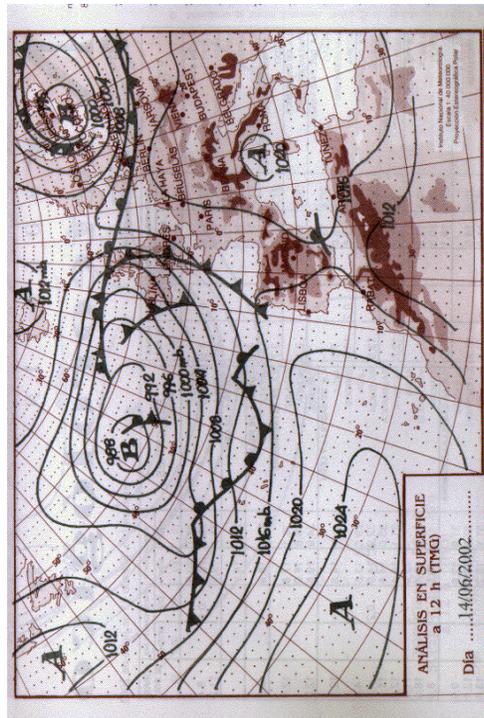
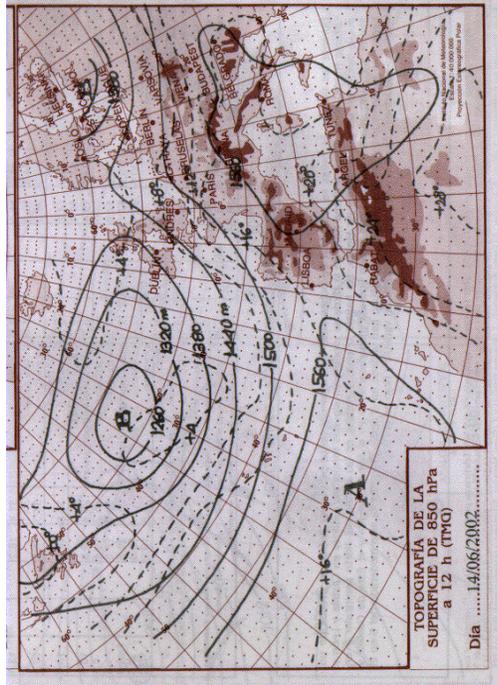


Figura 5.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 14 de junio del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

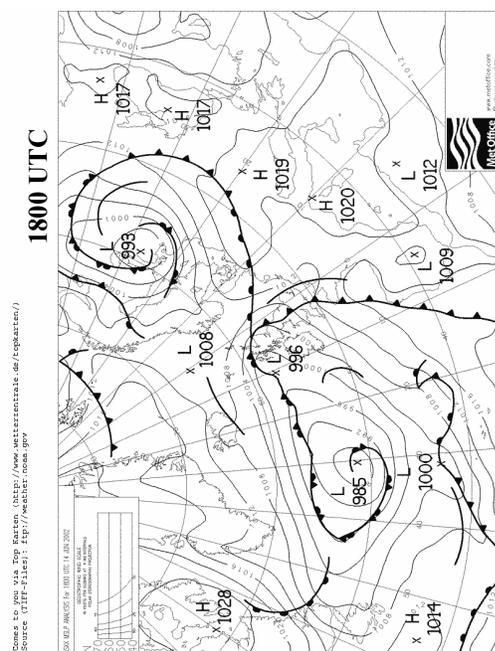
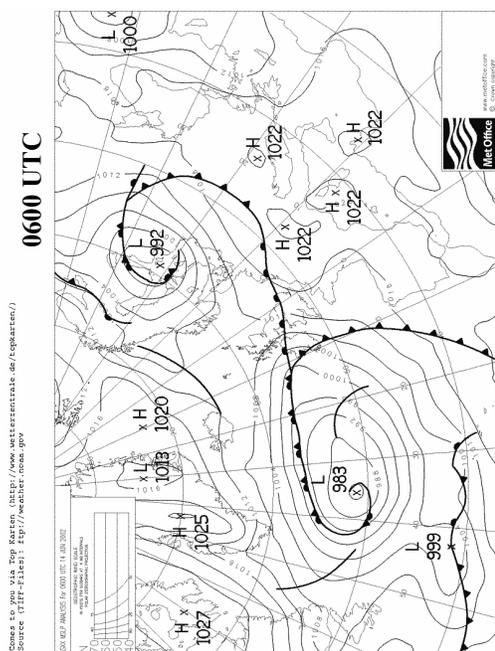
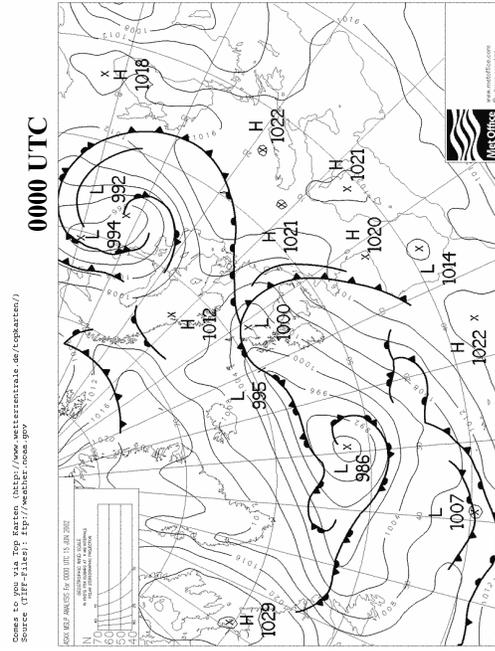
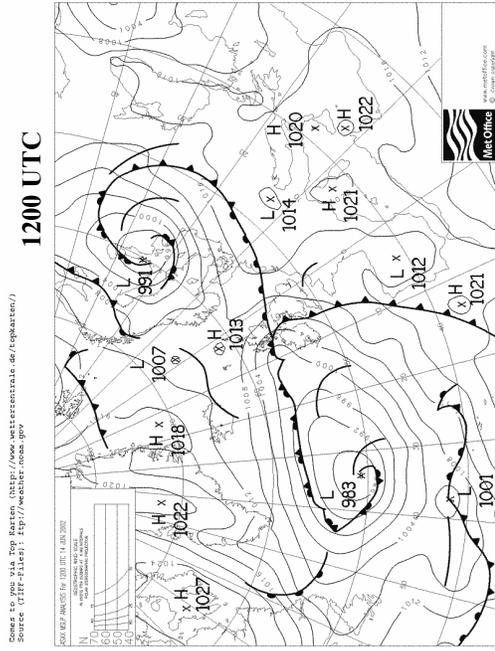


Figura 5.2: Análisis del 'Met Office' para las 0600, 1200 y 1800 UTC del día 14 y 0000 UTC del día 15 de Junio de 2002

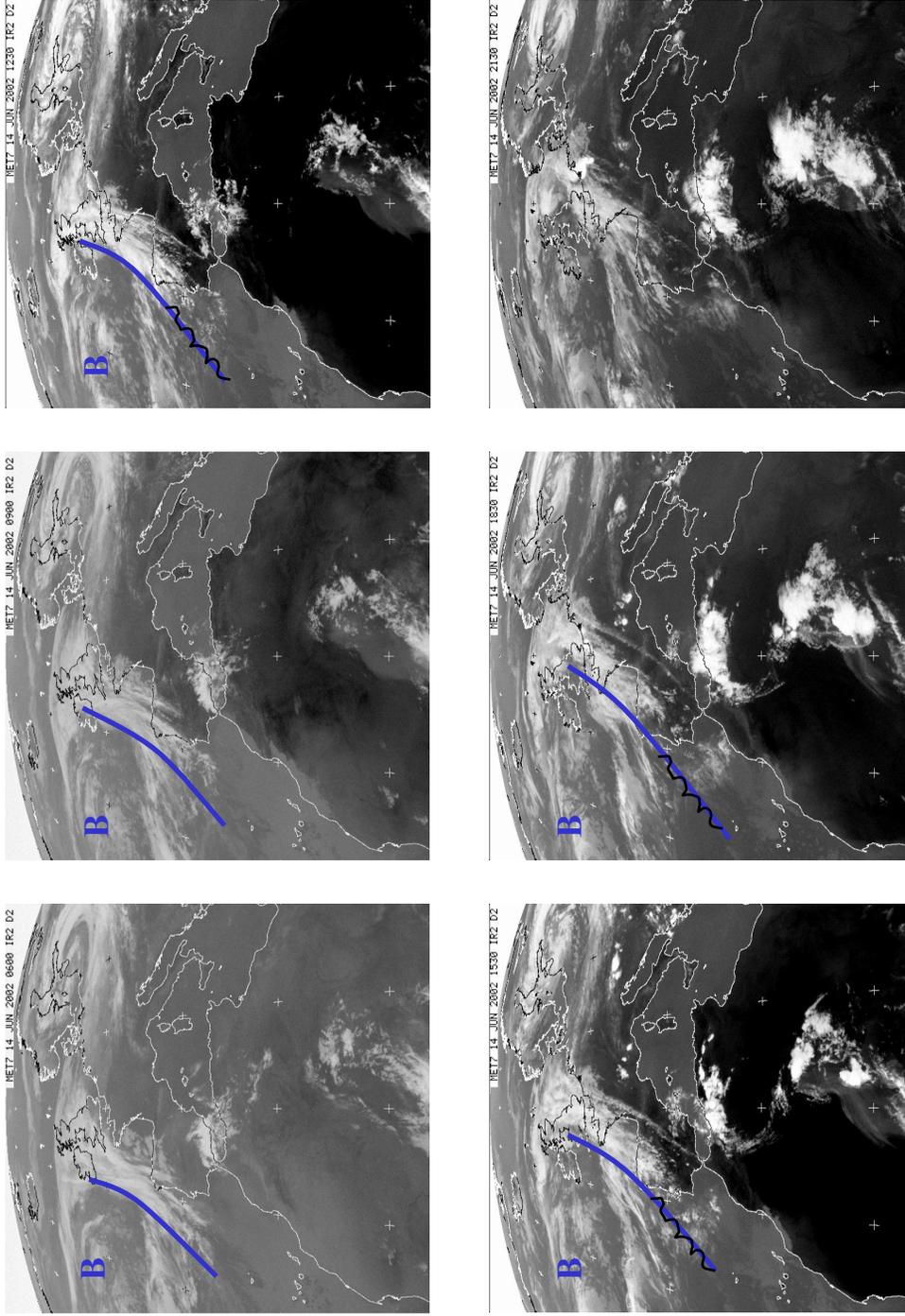


Figura 5.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0600, 0900, 1230, 1530, 1830, 2130 UTC, 14 Junio 2002. La zona de bajas presiones, B, permanece estacionaria durante todo el día en su posición sobre el Atlántico, muy alejada de la costa oeste irlandesa. El frente asociado, en línea continua azul, se debilita por el sur (línea ondulada sobre el trazo continuo del frente) y no llega a atravesar la Península Ibérica.

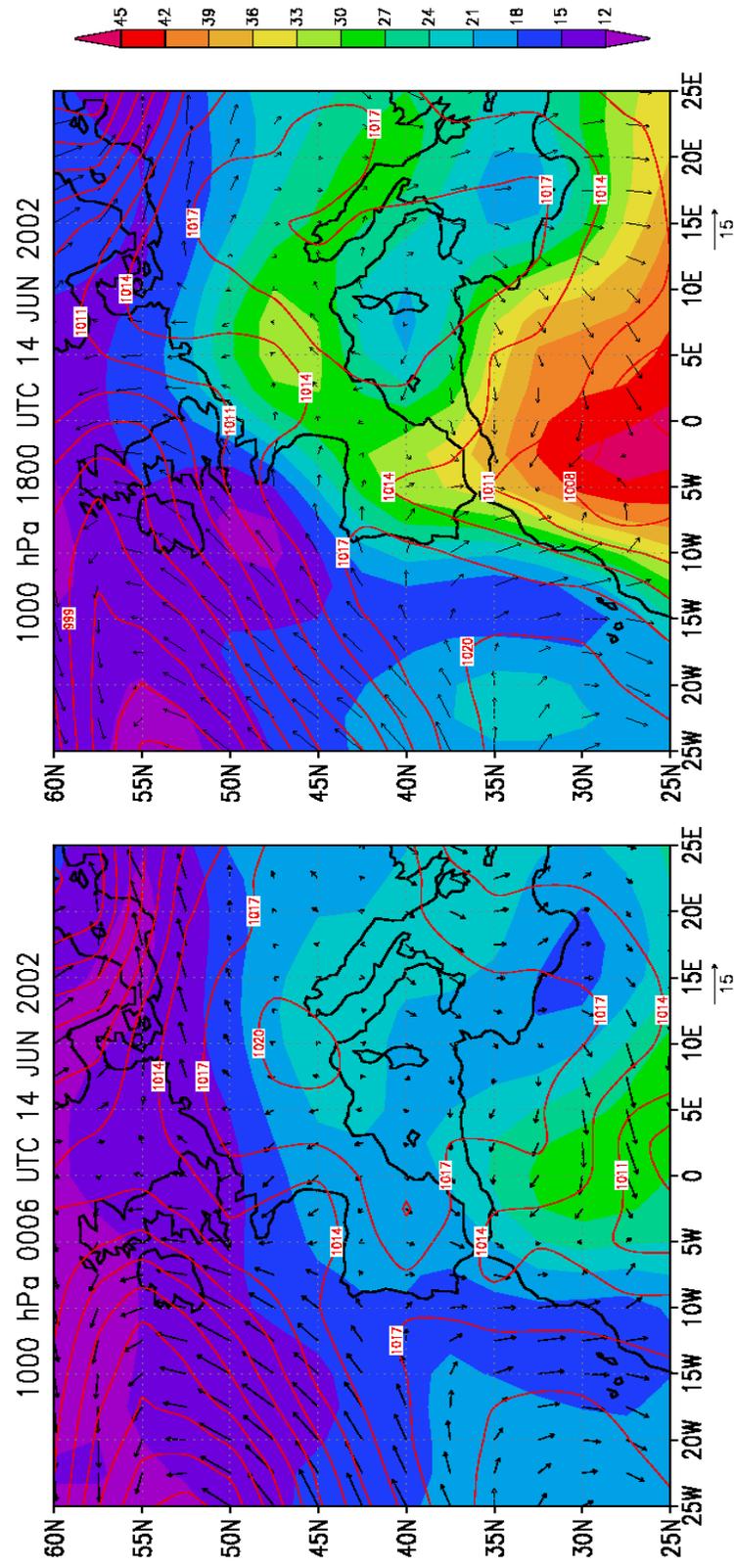


Figura 5.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 14 de Junio de 2002. Se muestra la presión (hPa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

En la secuencia de imágenes IR del Meteosat (Fig. 5.3) se observa también, la baja presión atlántica, muy alejada de las costas de Irlanda y sin apenas desplazamiento, el debilitamiento del frente y su estancamiento en el tramo S. Se aprecia también un fuerte calentamiento de la Península Ibérica (imágenes de las 1230 y 1530 UTC), que da origen a la baja térmica representada en los mapas de análisis de las Figs 5.1 y 5.2. El contraste térmico entre las costas de Galicia y las de la CAV es elevado: llega a 9 °C en la superficie de 1000 hPa (Fig. 5.4, a las 1800 UTC) y de 6 °C en la superficie de 850 hPa (Fig. 5.1).

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 5.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Se representan también los datos de la estación de superficie de Punta Galea (viento, racha máxima, temperatura, humedad, presión y precipitación). A juzgar por los datos de la estación de superficie, existe una zona de derrame y/o bloqueo de aire frío desacoplado del viento S en altura a primeras horas de la mañana, hasta las 0330 UTC: la humedad está saturada, la temperatura es baja y el viento es débil y de dirección variable. En el mismo intervalo temporal, los perfiles de viento muestran que la zona del bloqueo de esa capa superficial alcanza los 300 m de altura, y se observa más claramente en el modo bajo, con una mayor resolución (vectores en color rosa en la Fig. 5.5: capa más superficial entre las 0000 y las 0300 UTC). Por encima de este fino estrato sopla un viento más cálido del S, por lo que ambos regímenes de flujo deben estar separados por una inversión térmica.

A partir de las 0330 UTC, el radar perfilador muestra un acoplamiento repentino del estrato superficial al flujo que sigue soplando en altura. En la estación de superficie se confirma un rápido aumento de la intensidad de viento con un giro a componente S bien definida, unido a un aumento en escalón de la temperatura (5 °C en 20 minutos y 10 °C en 1.5 horas), con un descenso brusco de la humedad desde saturación al 40%. El aire cálido del S y a más de 10 ms⁻¹ que sopla en altura irrumpe en superficie: este acoplamiento no está originado por actividad convectiva solar (dada la hora de la mañana) y tiene su origen en un proceso mecánico a sotavento de los montes que forman parte de la CAV. El flujo acoplado del S (foehn) es

característico de las condiciones previas a galerna y además existe un frente que a esas horas aún no ha tocado la costa de Galicia, por lo que en condiciones de trabajo en tiempo real habría que optar por vigilar su evolución y el de los perfiles de viento del radar en la zona de vigilancia: hay que tener en cuenta que los perfiles de viento entre las 0300 y las 0800 UTC pueden preceder a una galerna, aunque de baja intensidad.

El régimen de foehn dura hasta las 0900 UTC, coincidiendo con el arranque de la zona de vigilancia. A partir de ese instante se observa que la CLM irrumpe en tierra asociada a vientos del NO (zona marcada en marrón en la Fig. 5.5 en ambos modos del radar perfilador) y crece primero lentamente y luego más rápidamente hasta los 1400 m de altura al final del día. Entre las 1200 y las 1500 UTC se ha marcado con una J, la zona del máximo de viento. En la estación de superficie, representada en la misma figura, se aprecia que el viento gira al NO y baja en intensidad hasta las 1100 UTC (2 ms-1) para arreciar a continuación hasta alcanzar máximos de 12.5 ms-1, con rachas de 15 ms-1 a la hora de máximo calentamiento del aire siguiendo el ciclo solar (desde las 1300 a las 1400 UTC). A partir de ahí, el flujo del NO se agota y pierde su intensidad, para terminar el día con vientos en calma. El radar perfilador muestra que a últimas horas de la tarde se vuelve a formar otro estrato superficial poco profundo de vientos de dirección variable desacoplados con los vientos de la CLM, más intensos del NO, mientras que estos últimos quedan también desacoplados de los vientos del S que soplan por encima de los 1400 m.

No existe formación de galerna: pese a que el máximo de viento es importante (12.5 ms-1), éste se alcanza de forma progresiva durante 2 horas en lugar de producirse tras una irrupción brusca. Tampoco es una brisa ‘estándar’ porque el espesor de la CLM que irrumpe en tierra es de una gran profundidad (más del doble que el que tiene una brisa de generación local) y además tiene características de advección O-E (como veremos en la siguiente sección), cosa que no puede darse en los regímenes de brisa, por su propio mecanismo de disparo por gradientes térmicos locales que deben producirse casi-simultáneamente en todas las estaciones de costa. Parece que estamos ante una galerna ‘fallida’ por una irrupción prematura (de 4 a 6 horas antes de la hora crítica). La entrada temprana, al igual que la entrada muy tardía, provoca que la CLM se enfrente a una capa límite superficial sobre tierra que es más estable que en las condiciones que suceden

inmediatamente al mediodía solar. Como se explicó en la galerna tardía del 21 de Mayo, esto hace que la irrupción sea menos brusca y que el máximo de viento sea inferior. Por otra parte hay que tener en cuenta que las velocidades de viento del S que aparecen en el perfil previo y los posteriores al arranque de la zona de vigilancia, están en el límite inferior de intensidad, para la generación de galernas (el modo alto muestra velocidades de 7.5 ms^{-1} y el modo bajo 10 ms^{-1}). Si lo comparamos con los perfiles del día 20 de Mayo, donde se registró una galernilla en las horas próximas al mediodía solar, vemos que se dan idénticas intensidades. Por lo que podemos decir que aunque no hubiera habido irrupción temprana de la CLM, de haberse generado la galerna después del mediodía, ésta sería de intensidad débil aunque de entrada más súbita, por la inestabilidad del estrato sobre tierra. Es evidente también que una vez que la CLM irrumpe sobre tierra, si no lo hace de forma brusca, ya no puede haber a continuación saltos súbito de vientos ya que estos responden a gradientes térmicos mar-tierra y movimiento compensatorio de corrientes verticales y ambos factores se han relajado: el primero por la advección fría sobre tierra y el segundo por la presencia ya de una capa estable sobre tierra (la advección lleva en su parte superior una inversión térmica).

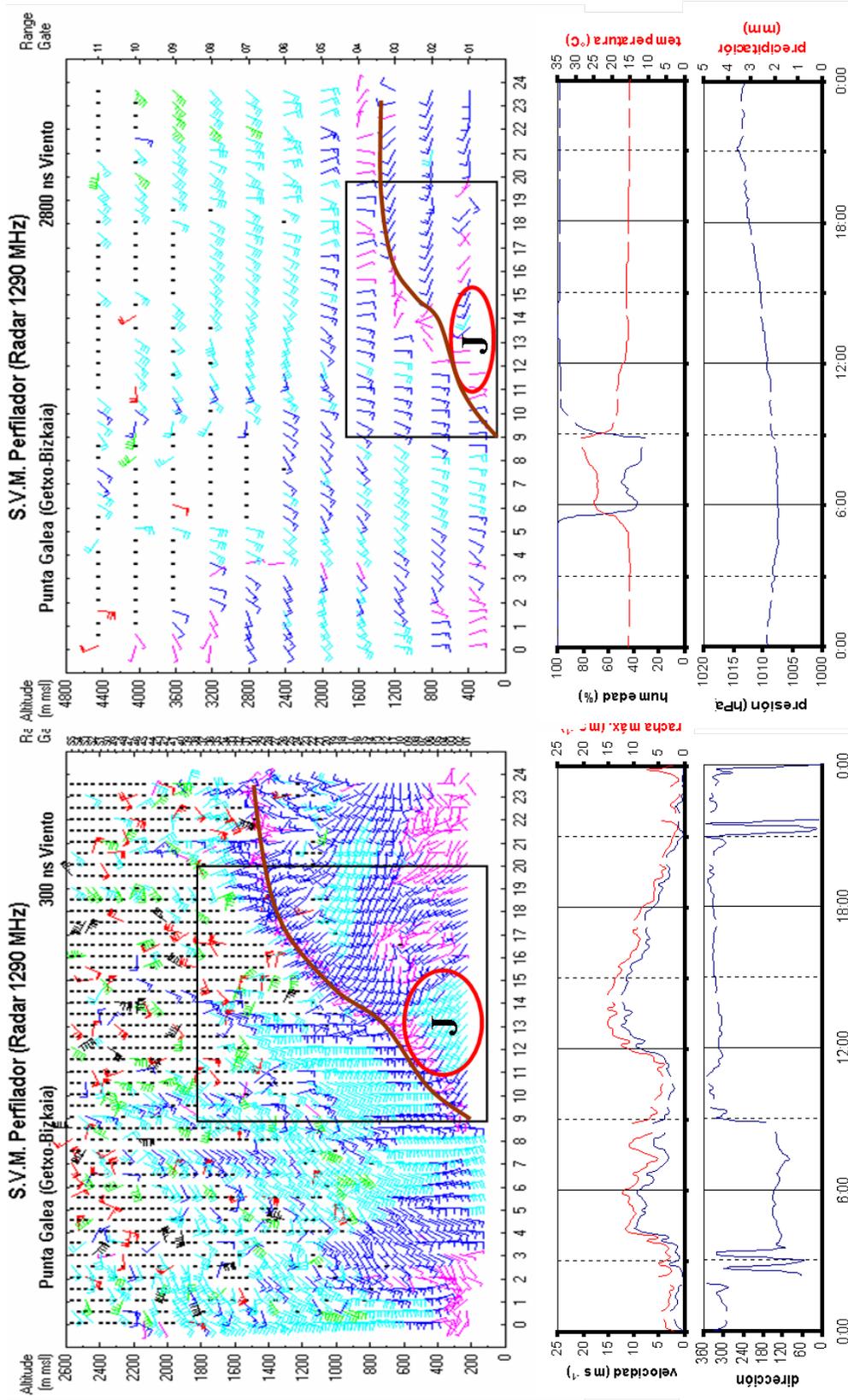


Figura 5.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 14 de Junio de 2002. La región **J** muestra la zona de máximo de viento durante la irrupción de la CLM. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la ‘zona de vigilancia’ de gateras. Abajo se han representado los datos simultáneos de la estación de superficie en el mismo emplazamiento.

Estaciones de superficie

En las Figuras 5.6 y 5.7 se han representado los datos de las estaciones de superficie seleccionadas. A partir de Junio no hay datos de la estación de Avilés por lo que centraremos el análisis en las estaciones de la CAV.

En la estación de Punta Galea, la presión baja por la mañana 2 hPa hasta el punto 1 (0400 UTC), con lo que se pone fin a un descenso prolongado de 8 hPa desde el día anterior. A partir de ahí se mantiene estacionaria hasta 0900 (punto 2), instante en el que comienza una subida suave aunque continuada. La temperatura se mantiene baja (15 °C) y la humedad saturada hasta el punto 1, coincidiendo con el flujo de bloqueo/derrame en los valles costeros, con un viento en calma y de dirección variable. A partir del instante 1, la temperatura asciende en escalón (5 °C en 20 minutos y 10 °C en 1.5 horas), con un descenso brusco de la humedad desde saturación al 40%. El aire cálido del S y a más de 10 ms⁻¹ que sopla en altura irrumpe en superficie: este acoplamiento no está originado por la actividad convectiva solar (dada la hora de la mañana: 0330-0400 UTC) y como se indicó en la sección anterior, tiene su origen en un proceso mecánico a sotavento de los montes que forman parte de la CAV. El flujo acoplado del S (foehn) es característico de las condiciones previas a galerna y la caída continuada de la presión desde el día anterior también lo es. A las 0900, coincidiendo con la recuperación lenta de la presión, la temperatura cae de forma brusca (8 °C en 20 minutos y 5 °C más en las siguientes 3 horas), la humedad se va saturación y el viento rola también de forma brusca a NO. El instante 2 es equivalente al punto B de las galernas descritas en este informe, con una caída de temperatura similar o incluso superior a alguna de ellas. La gran diferencia está en la señal de velocidad de viento. El cambio de velocidad no se produce de forma tan brusca como el de la temperatura. La velocidad final sí es elevada (12.5 ms⁻¹, con rachas de 15 ms⁻¹), pero se alcanza después de un descenso previo, más lento que el típico de una galerna, y un ascenso también lento para llegar al máximo de viento, 4 horas después del punto 2 (inicio de la bajada de temperatura); aunque desde el mínimo de viento, el máximo se alcanza en 2 horas. En la galernilla del día 20, el proceso completo desde el punto 2 (el B según la notación de galernas) se realiza en 1.5 horas en lugar de en 4 horas aunque las velocidades máximas y rachas son prácticamente iguales. Pero allá el

proceso de irrupción se produce alrededor del mediodía solar, con la capa superficial sobre tierra, mucho más inestable que en este caso. La intensidad de la brisa se agota entre las 1500 y las 2100 UTC; a partir de ahí se vuelve a una situación de estancamiento de viento, como el registrado a primeras horas de la mañana.

La secuencia que se ha descrito para la estación de Punta Galea se repite para el resto de estaciones de la CAV: en Zarautz, el acoplamiento del flujo de bloqueo/derrame de primeras horas de la mañana al viento del S que sopla en altura se produce casi al mismo tiempo que en Punta Galea y con idéntica brusquedad (punto 1 en la Fig. 5.7). La temperatura sube rápidamente más de 10 °C (cuando todavía el sol no ha salido por el horizonte), la humedad baja de saturación al 26% y la velocidad de viento sube desde una situación de calma a 4-5 ms⁻¹. Hasta las 1130 UTC se mantiene el foehn, instante a partir del cual se inicia la intrusión marina (punto 2, en la Fig. 5.7, equivalente al instante B de una galerna). En ese momento la temperatura baja bruscamente (8 °C en 20 minutos y un total de 14 °C en 3 horas) y la humedad se va a saturación. Esta irrupción de aire frío desde el mar se produce entre 2.5 y 3 horas después que en Punta Galea y como allá, el viento del NO asociado a la entrada de la CLM no irrumpe bruscamente ni alcanza intensidad de galerna. Sus valores son moderados (máximos de 6.7 ms⁻¹ y rachas ligeramente superiores a 10 ms⁻¹). En Jaizkibel, no existe un patrón de bloqueo-derrame a primeras horas de la mañana, como en el resto de las estaciones seleccionadas. Su altura sobre el mar (545 m), la deja fuera del estrato de aire frío que se encuentra en el fondo de los valles costeros (en la desembocadura del Nervión, donde se ubica el radar perfilador, el espesor de este estrato es de 300 m: ver sección anterior). Aquí el viento del S, sopla durante toda la mañana con fuerte intensidad (entre 10 y 15 ms⁻¹, con rachas próximas a 20 ms⁻¹). La temperatura es elevada (entre 24 y 30 °C) si la comparamos con los 15 °C que hay en el fondo de los valles durante la mañana. Por lo que se confirma que a primeras horas del día en el interior de los valles de la CAV y hasta en la misma línea de costa, el flujo superficial estaba desacoplado del viento en altura con una inversión térmica de más de 10 °C, ubicada por debajo de la cota de 300 m. Por tanto, en las Figs. 5.6 y 5.7 no existe punto 1 y la irrupción marina (punto 2) se produce a las 1300 UTC (1.5 horas más tarde que su aparición en Zarautz). La temperatura cae 9 °C en 30 minutos y 17 °C en dos horas, lo que es todo un récord si lo comparamos con las galernas de

Mayo. Sin embargo la velocidad máxima de viento asociada a esta irrupción del NO, no alcanza los 11 ms-1 con rachas que no superan los 12 ms-1 (algo inferiores a la galernilla del día 20 de Mayo). Además el máximo de viento se produce lentamente y casi 2 horas después de que se iniciara el descenso térmico. De nuevo vemos que los contrastes térmicos no guardan una relación de dependencia directa con las velocidades máximas de viento y la violencia de la irrupción.

En Gasteiz, la secuencia es similar a las estaciones de costa, pero la entrada de CLM es mucho más tardía y se produce incluso después de su paso por Jaizkibel (como en las galernas de Mayo). El boqueo local de la madrugada dura hasta las 0900 UTC (punto 1 de las Figs. .5.6 y 5.7). A partir de entonces se inicia el acoplamiento con vientos del S (que toman la dirección del SE en esta zona). La temperatura se eleva desde 18 °C hasta 32 °C y a las 1700 UTC (punto 2) llega la perturbación con vientos de componente N: la temperatura baja 7 °C en 30 minutos y 15 °C en 3 horas pero de nuevo la velocidad máxima del viento no es tan intensa (8 ms-1, con rachas de 13 ms-1), que se alcanzan de forma progresiva, durante un lapso superior a una hora.

El análisis conjunto de todas las estaciones muestra que la irrupción de la CLM en las estaciones de costa de la CAV, se produce de O a E, al igual que durante la irrupción de una galerna y no guarda relación con la formación de brisas locales que se detectan casi de forma simultánea en las estaciones de la costa, como en el caso del día 24 de Mayo.

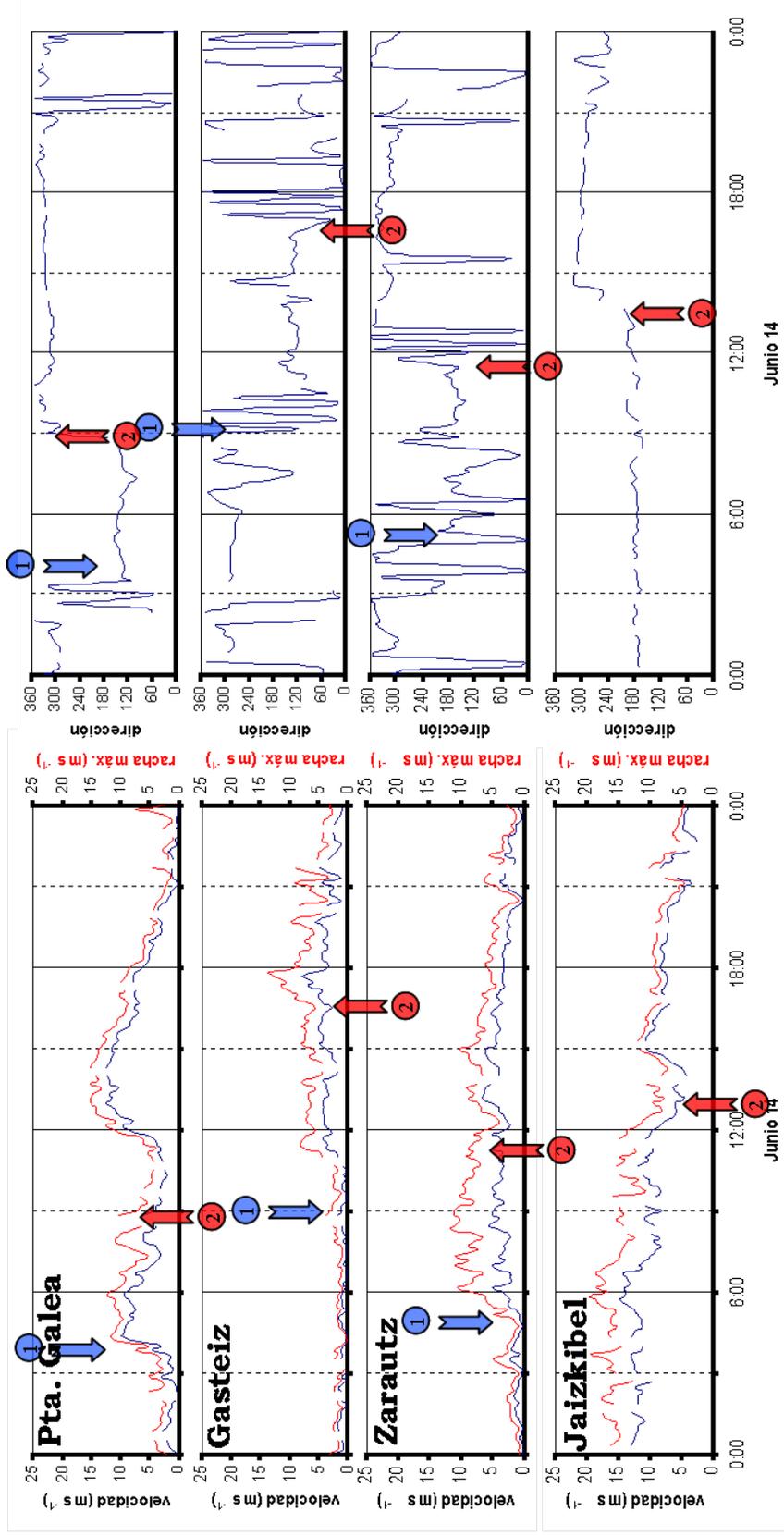


Figura 5.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios de 10 minutos) y racha máxima de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 14 de Junio de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

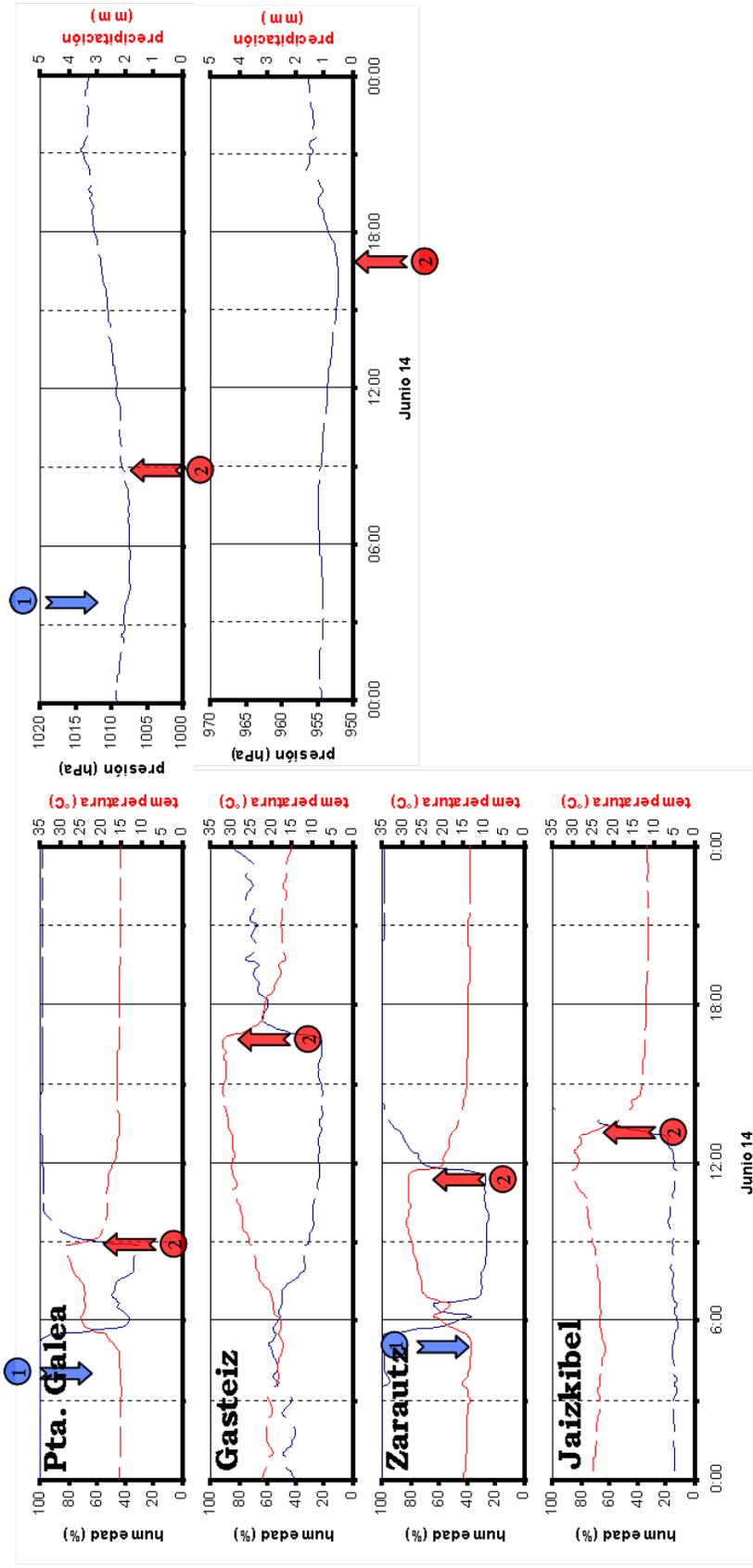


Figura 5.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios de 10 minutos) de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 14 de Junio de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz.

Resumen

Este es un claro ejemplo de galernilla fallida, fundamentalmente porque la irrupción se produce demasiado pronto, cuando la capa límite sobre tierra es todavía bastante estable. Sin embargo, el viento en altura del SO, que muestra el perfilador, tiene una intensidad suficiente para la generación de una galernilla como la del día 20 de Mayo; pero el instante de la irrupción (a las 0900 UTC en Punta Galea) hace que, aunque se alcancen velocidades comparables a las que se dieron en aquella situación, el incremento de viento no se produzca de forma brusca ya que se da en ausencia de fuertes corrientes verticales características de las entradas contra una capa límite inestable sobre tierra.

La situación de los centros de presión sinópticos durante el 14 de Junio tiene una diferencia fundamental con respecto a la observada durante las 3 galernas descritas en este informe: la baja de Irlanda está muy alejada de sus costas. Sin embargo la presencia de altas presiones sobre el oeste europeo y Mediterráneo Occidental es similar, así como la presencia de un frente frío en las costas de Galicia alrededor del mediodía (que nunca llega a pasar por la CAV) y un fuerte gradiente de temperatura O-E sobre la costa del Cantábrico. El contraste térmico a nivel local durante la irrupción de la CLM en la CAV ha sido superior al sinóptico, como se ha podido observar también para todos los casos de galerna analizados, y se han alcanzado los valores máximos de entre todas las galernas, en los descensos de temperatura durante la irrupción así como en su brusquedad. Sin embargo el máximo de viento no se ha alcanzado con la misma brusquedad por los motivos descritos en el párrafo anterior.

16 DE JUNIO DE 2002

Situación sinóptica

Al igual que en el caso anterior (14 de Junio) la baja presión de Irlanda, característica de las galernas frontales descritas en este informe, está muy alejada de la costa oeste de Irlanda (Figs. 6.1 y 6.2) y sólo a medianoche se aproxima a su costa oeste (Fig. 6.2 y 6.3). El análisis del Met. Office Británico muestra una profundización de la borrasca a lo largo del día (pasa de 992 hPa a las 0600 UTC a 971 hPa a las 0000 UTC del día siguiente). Su frente frío asociado se mueve rápidamente por encima del Atlántico, aunque se mantiene alejado de la Península Ibérica durante todo el día. Sobre las costas de la Europa occidental y el Mediterráneo se sitúa una zona de altas presiones, que bloquea el flujo del oeste de las borrascas atlánticas y que, como hemos visto en casos similares, genera una gran diferencia de temperatura O-E sobre la costa del Cantábrico durante las horas que siguen al mediodía solar: hay que tener en cuenta que el mar está aún bastante frío dada su inercia térmica, y que las masas de tierra, de respuesta más rápida al calentamiento del sol, están soportando prácticamente los máximos de radiación solar durante este período. En la Fig. 6.1, sobre la superficie de 850 hPa, se observa un contraste térmico de 6 °C entre la costa de Galicia y la de la CAV. En la superficie de 1000 hPa (Fig. 6.4), se llega a 9 °C a las 1800 UTC. Estos registros sinópticos son similares a los del 14 de Junio. Sin embargo, en los datos de re-análisis de NCEP (Fig. 5.4) del día 14, se aprecia que mientras que el viento sobre el Golfo de Bizkaia es del O, con una velocidad de 5 a 10 ms⁻¹ a las 1800 UTC (sobre la superficie de 1000 hPa), a la misma hora del día 16 (Fig. 6.4) el viento es del E, impulsado por el anticiclón y con velocidades de 3 ms⁻¹ (Fig. 6.4): la costa oriental del Golfo de Bizkaia está aún alejada de la influencia del frente que se aproxima a las costas de Galicia.

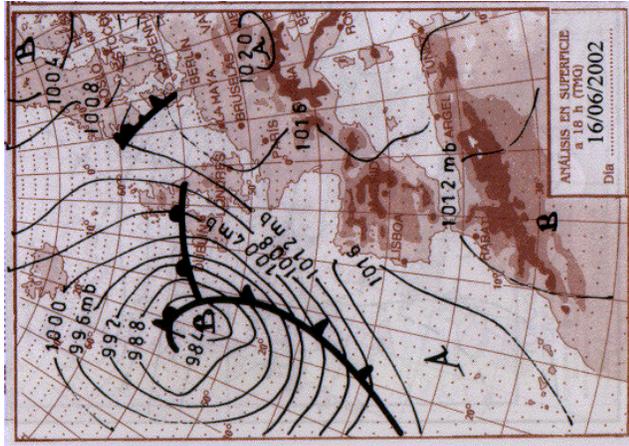
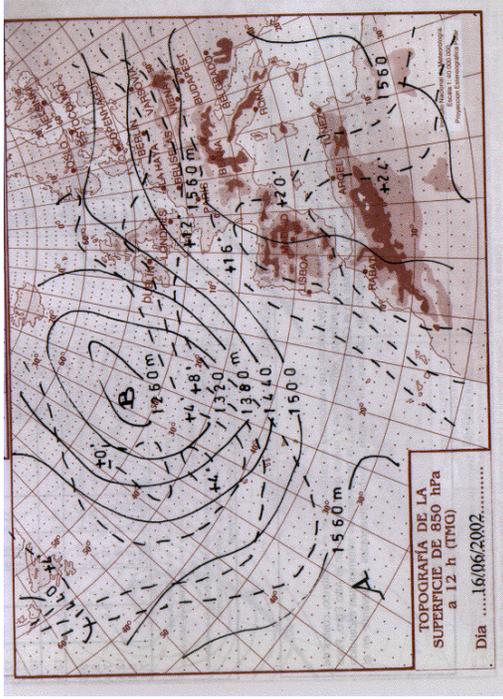
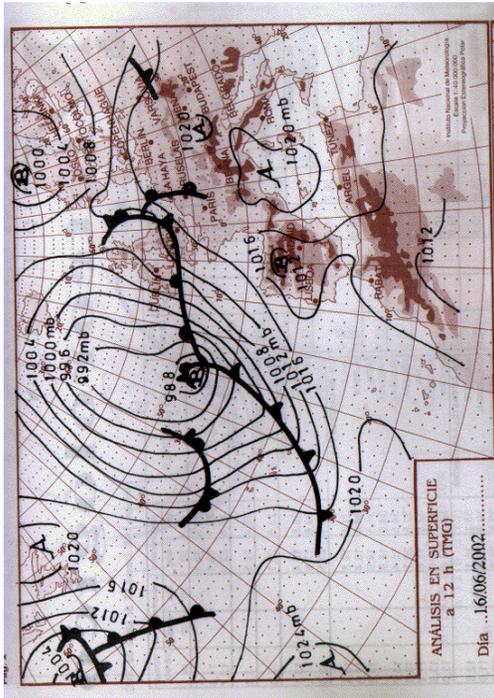


Figura 6.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 16 de Junio del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

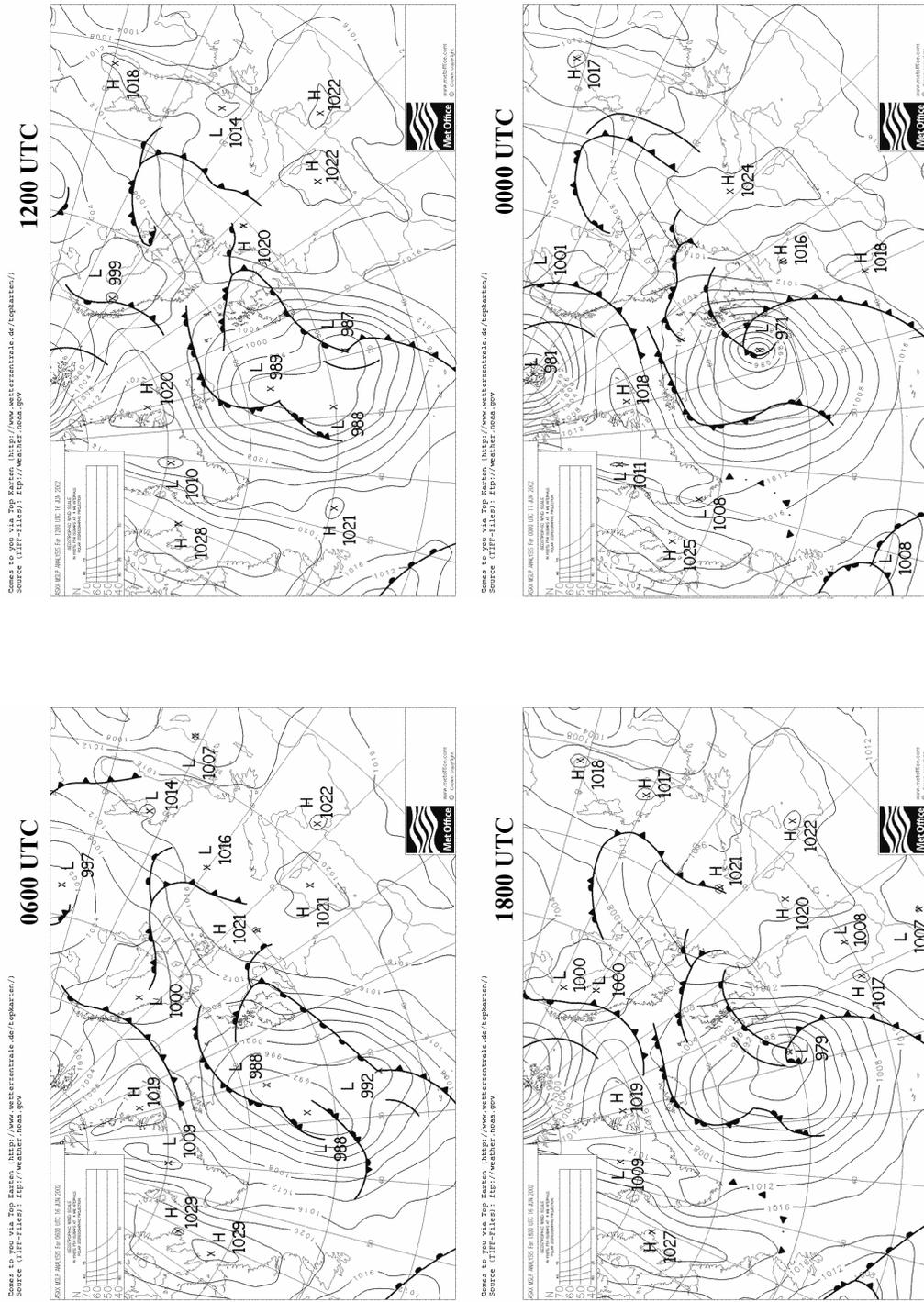


Figura 6.2: Análisis del 'Met Office' para las 0600, 1200 y 1800 UTC del día 16 y 0000 UTC del día 17 de Junio de 2002

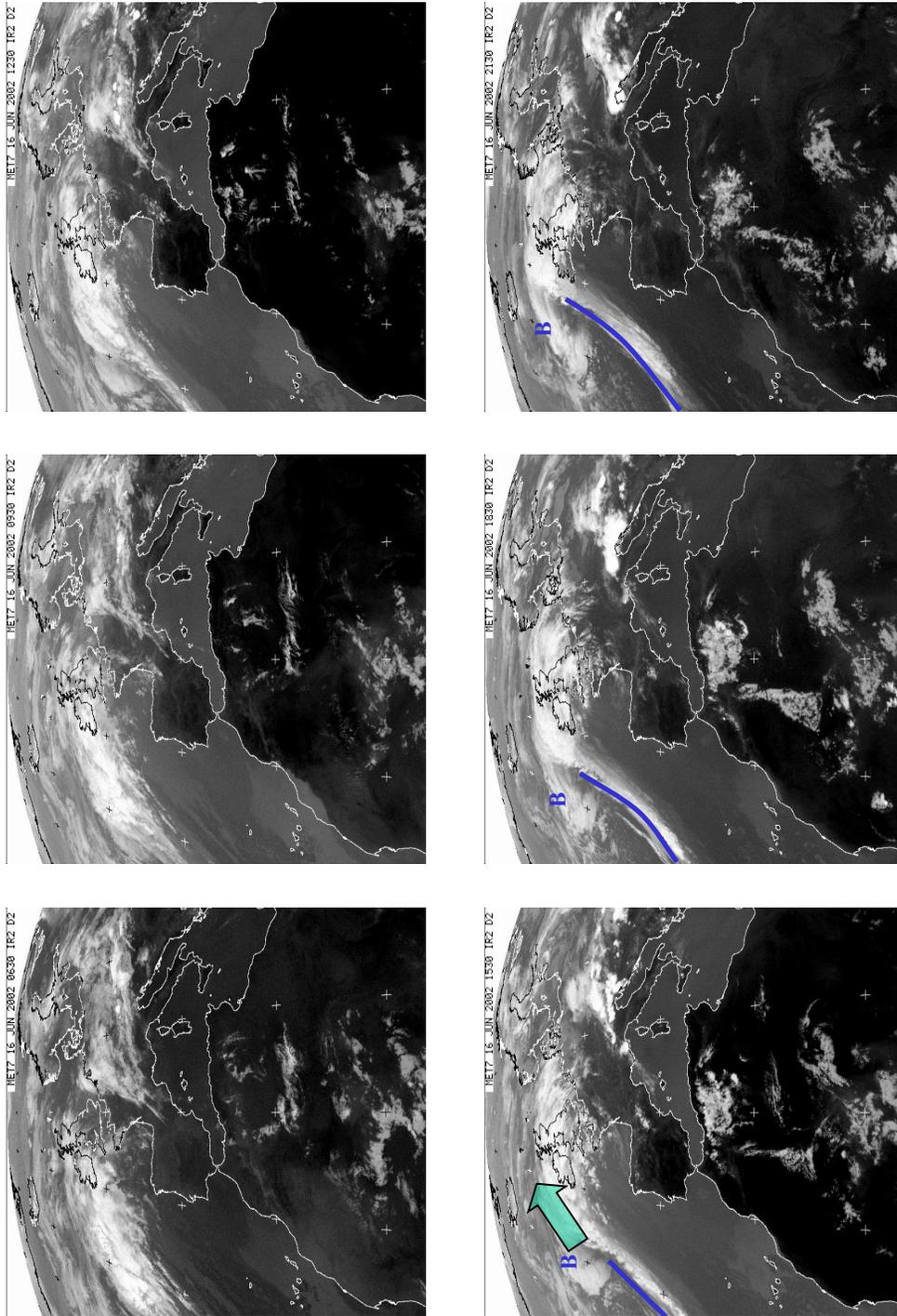


Figura 6.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0630, 0930, 1230, 1530, 1830, 2130 UTC, 16Junio 2002. La zona de bajas presiones, B, se desplaza en la dirección de la flecha (verde), a la vez que se profundiza (Figura 6.2). Tanto la depresión como su frente asociado, quedan alejados de la Península Ibérica y fuera de su posición habitual para la generación de galernas en la CAV.

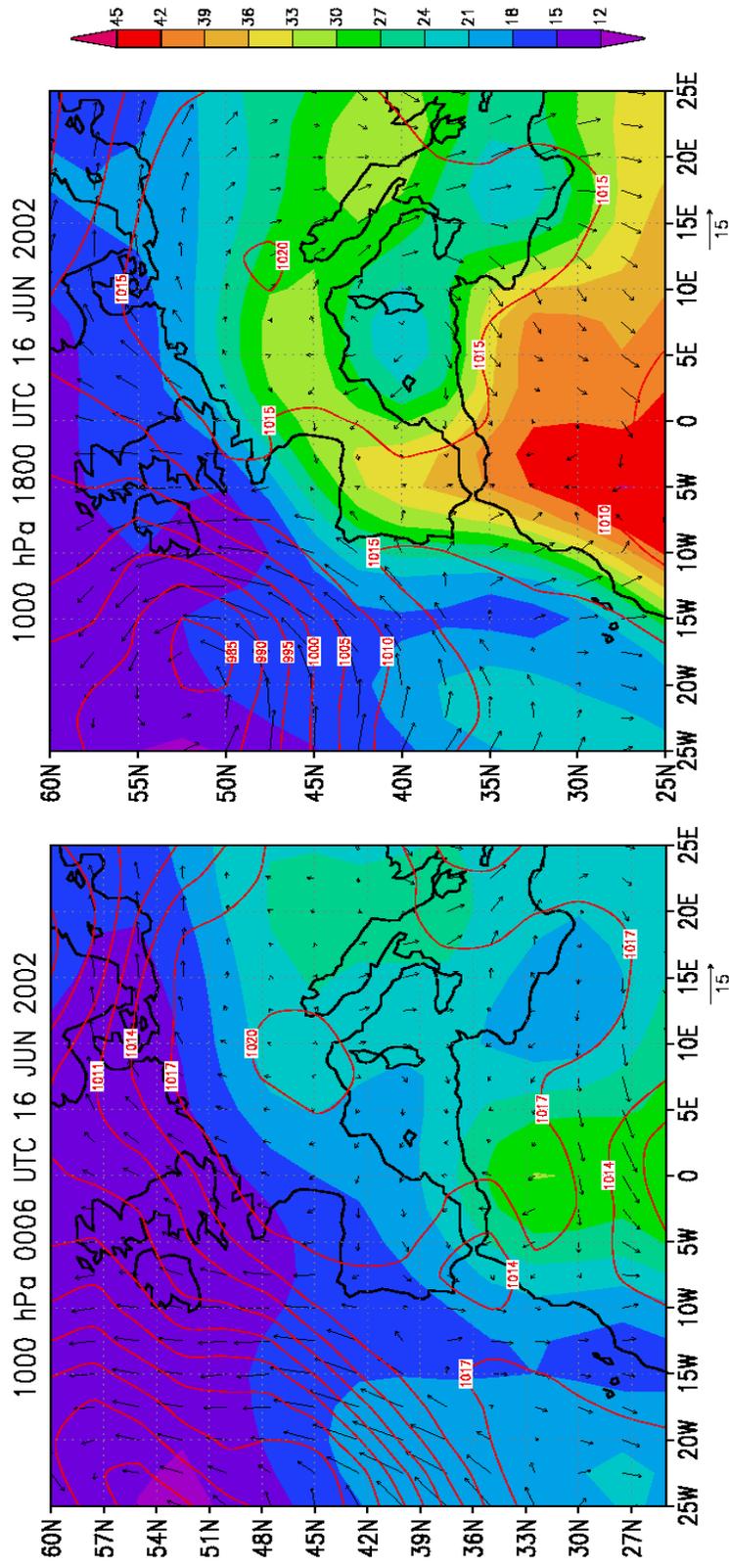


Figura 6.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 16 de Junio de 2002. Se muestra la presión (hPa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

En la secuencia de imágenes IR del Meteosat (Fig. 6.3) se observa la baja presión atlántica, muy alejada de las costas de Irlanda, que se profundiza y desplaza hacia el NE, siguiendo la flecha que se muestra en la Figura, mientras que el frente frío (en azul) avanza rápidamente, pero aún se mantiene alejado de la Península Ibérica en la última imagen (2130 UTC). Se aprecia también el fuerte calentamiento de Iberia (imágenes de las 1230 a las 1830 UTC de la Fig. 6.3) que provoca la aparición de la baja térmica representada en el mapa de análisis del Met. Office a las 1800 UTC (Fig. 6.2)

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 6.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Se representan también los datos de la estación de superficie de Punta Galea (viento, racha máxima, temperatura, humedad, presión y precipitación). A juzgar por los perfiles de viento que se muestran en la Figura, la situación de la capa límite sobre la zona de costa es relativamente compleja y vamos a realizar a continuación un diagnóstico de su evolución. Pero observando la zona de vigilancia recuadrada en negro, y antes de realizar un análisis detallado, podemos concluir que en ningún momento hubo riesgo de galerna durante este día, por las siguientes razones:

- 1) El viento del S que sopla en altura está en el límite inferior del rango de intensidades asociadas a galerna (se observan entre 7 y 10 ms⁻¹, en ambos modos, cuando se necesitan velocidades de 10-12 ms⁻¹ para una galerna débil).
- 2) Para que se produzca la galerna, tiene que haber foehn y vientos del S relativamente fuertes a nivel de superficie en la línea de costa, además de en altura, desde primeras horas de la mañana, incluso antes de la zona de vigilancia. En este caso, en ningún momento existe un acoplamiento del viento S, con los procesos de superficie: la inversión, marcada en línea marrón sobre la Fig. 6.5 lo impide. Ello es debido a que el flujo asociado al anticiclón en el continente, gobierna el flujo del E sobre el Golfo de Bizkaia y el sistema frontal está alejado

de la línea de costa de la Cornisa Cantábrica en los momentos de mayor insolación.

Para el análisis de los perfiles de viento a lo largo del día, hemos dividido la capa superficial en varias zonas: A, B1 y B2, que tienen su propia evolución, mientras que por encima sopla un viento de componente S y SO de forma persistente, que correspondería a la atmósfera libre, fuera de los procesos de suelo. Ambos estratos (capa límite y atmósfera libre), están separados por una inversión térmica que soporta la cizalladura de viento en la interfase y que puede observarse en los perfiles del RASS (no se muestran).

La zona marcada como A en la Fig. 6.5, corresponde a un flujo general de componente E sobre la línea de costa de la CAV, que está asociado al anticiclón sobre el continente (ver el análisis sinóptico en la sección anterior). En los niveles más próximos al suelo, se observa una dirección más SE, como también se puede apreciar en la estación de superficie en el mismo gráfico (hasta las 0800 UTC): la elevada humedad (100%) y la baja temperatura que se registra en la estación, son indicadores de que a nivel muy superficial existe un flujo de derrame que se cuele por debajo del estrato con viento del E, gobernado por el anticiclón. El flujo del E se debilita conforme pasa la mañana y prácticamente se colapsa al mediodía, al mismo tiempo que el viento S por encima de la inversión gana velocidad. Este tipo de comportamiento suele estar ligado a hundimientos sobre el mar (foco frío) del viento S, después de atravesar la cornisa cantábrica y como efecto compensatorio de los flujos de entrada mar-tierra a nivel superficial (NE, como se aprecia en la estación de superficie de Punta Galea a partir de las 0730 UTC y en general en las estaciones de costa –no elevadas- que no se muestran). Además, en este caso concreto, el hundimiento del estrato A de la figura, comienza ‘excesivamente’ pronto, antes de que se inicie el calentamiento del suelo, por lo que es bastante probable que además de la causa descrita, tengamos un debilitamiento del anticiclón en el continente y/o un reforzamiento de los sistemas sinópticos al O, que empujan el viento S en altura.

Al mediodía, el viento del E sobre el radar perfilador no desaparece por completo, aunque su profundidad queda reducida a 200 m de altura. A nivel de superficie (estación de Punta Galea)

sin embargo, se observa ya antes del mediodía (desde las 0900 UTC), un cambio de dirección del viento a componente NE, que implica la desaparición del derrame nocturno superficial y su acoplamiento con el viento forzado por el anticiclón. La temperatura sube de 13 a 23 °C de forma continuada hasta el mediodía solar, a la vez que la humedad decrece sólo ligeramente, lo que indica un aporte de aire cargado de humedad, tras su recorrido por encima del mar.

Por la tarde, se desarrolla sobre el mar un estrato muy superficial (600 m de espesor) que hemos denominado B1 y que responde al establecimiento de los regímenes de brisas locales del litoral y que, como veremos en la siguiente sección, alimenta sólo a los valles costeros (no se detecta en las estaciones elevadas como Jaizkibel, ni en las del interior como Gasteiz). Además se observa de nuevo el ‘recrecimiento’ o re-aparición súbita del flujo del E forzado por el anticiclón (estrato B2) que se desliza por encima del estrato de alimentación de brisas B1. El flujo en B2, que alcanza los 900-1000 m de altura, ya no participa de los procesos de suelo, por lo que no se detecta en las estaciones de superficie y además está sólo sobre el mar (la estación de Jaizkibel en la Fig. 6.6, detecta viento del S durante toda la tarde, al igual que Oiz –no se muestra-, aunque sus cotas son inferiores al techo del estrato B2).

Estaciones de superficie

En las Figuras 6.6 y 6.7 se representan los datos de las estaciones de superficie seleccionadas. A juzgar por los registros y tal como se ha descrito en la sección anterior, no se han dado velocidades de viento importantes durante la jornada, ni se han producido cambios bruscos de temperatura (como los del día 14 de Junio), pero sí hay grandes diferencias en el comportamiento de estaciones próximas, debido a la presencia de inversiones de temperatura en cotas por debajo de la línea de montes de la costa (ver sección anterior). También hay diferencias en las condiciones (viento, temperatura y humedad) entre la costa y el interior por la presencia de un viento cálido del S acoplado en la zona de meseta y un flujo más frío de componente E y NE forzado por el anticiclón europeo en la costa (con poca penetración tierra adentro) y brisas de mar poco profundas en los valles litorales después del mediodía solar.

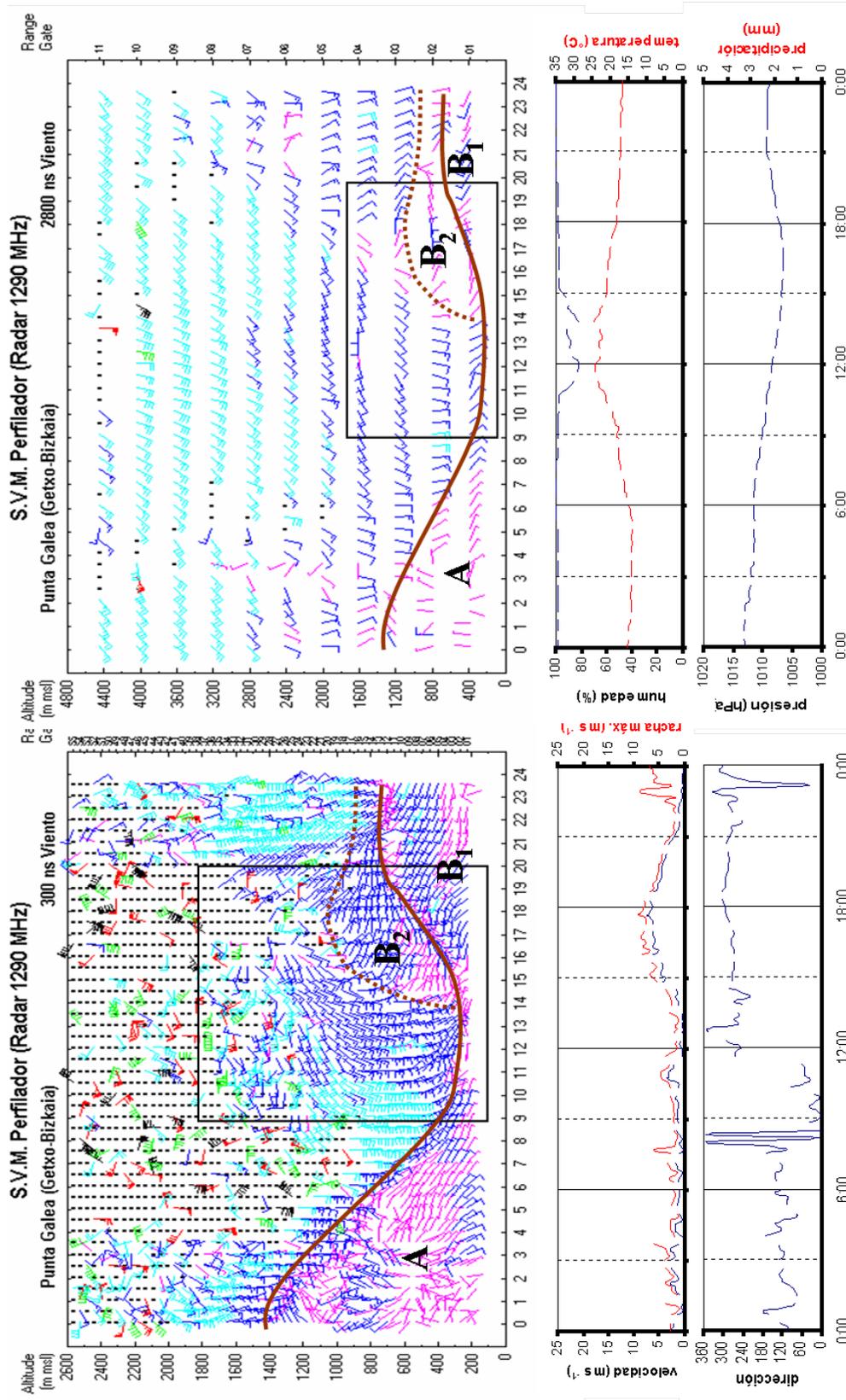


Figura 6.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 16 de Junio de 2002. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la 'zona de vigilancia' de galernas. Las zonas A, B₁ y B₂ corresponden a estratos cuya naturaleza y evolución responde a procesos de mesoescala (ver texto)

Se ha marcado como punto 1 en los gráficos de estaciones (Figs. 6.6 y 6.7), el instante final para las condiciones de derrame nocturnas y/o bloqueos (calmas), que se caracterizan por temperaturas bajas, humedad en saturación y vientos débiles que tienden a seguir las pendientes locales. El punto 2 marca el final de las condiciones de acoplamiento convectivo con vientos del E y del NE forzados por el anticiclón. Este flujo de forzamiento anticiclónico sólo ocurre en los valles costeros y cerca de la línea de costa (estaciones de Punta Galea y Zarautz) y ni siquiera alcanza a estaciones como Derio (no se muestra), que se encuentra a unos 15 Km. tierra adentro, donde se dan temperaturas muy superiores a Punta Galea durante todo el día (de 5 a 12 °C de diferencia entre las 1000 UTC y las 1800 UTC y con una máxima de 36 °C a las 1500 UTC). Las condiciones de flujo en Derio, que explican este contraste, corresponde a la presencia de vientos del SE, formados tras el acoplamiento con los vientos del S (secos y cálidos) que soplan en altura y que se canalizan por el valle de Asúa (este flujo del S se observa por encima de las inversiones costeras marcadas en la Fig. 6.5), mientras que toda la costa está bajo la influencia de un viento más frío y húmedo, debido posiblemente a su recorrido sobre el mar.

En las estaciones de la costa no elevadas como Zarautz y Punta Galea en las Fig. 6.6 y 6.7), el punto 2 marca también la transición a una entrada de brisa (viento del NO, más frío y cargado de humedad) que viene asociada a la formación del estrato B1 (Fig. 6.5) sobre el mar. Este flujo penetra por todos los valles costeros (se detecta en Bilbao, Derio...) pero su profundidad es limitada (no se detecta en Jaizkibel) y no llega a penetrar hasta Gasteiz, como sucede en situaciones de Baja Térmica o algunas galernas. Como se puede observar en las figuras 6.6 y 6.7, no existe punto 2 en las estaciones de Gasteiz y Jaizkibel, pues en ambos casos se pasa de las condiciones de bloqueo/derrame nocturnas a acoplamientos convectivos con el viento S que sopla en altura.

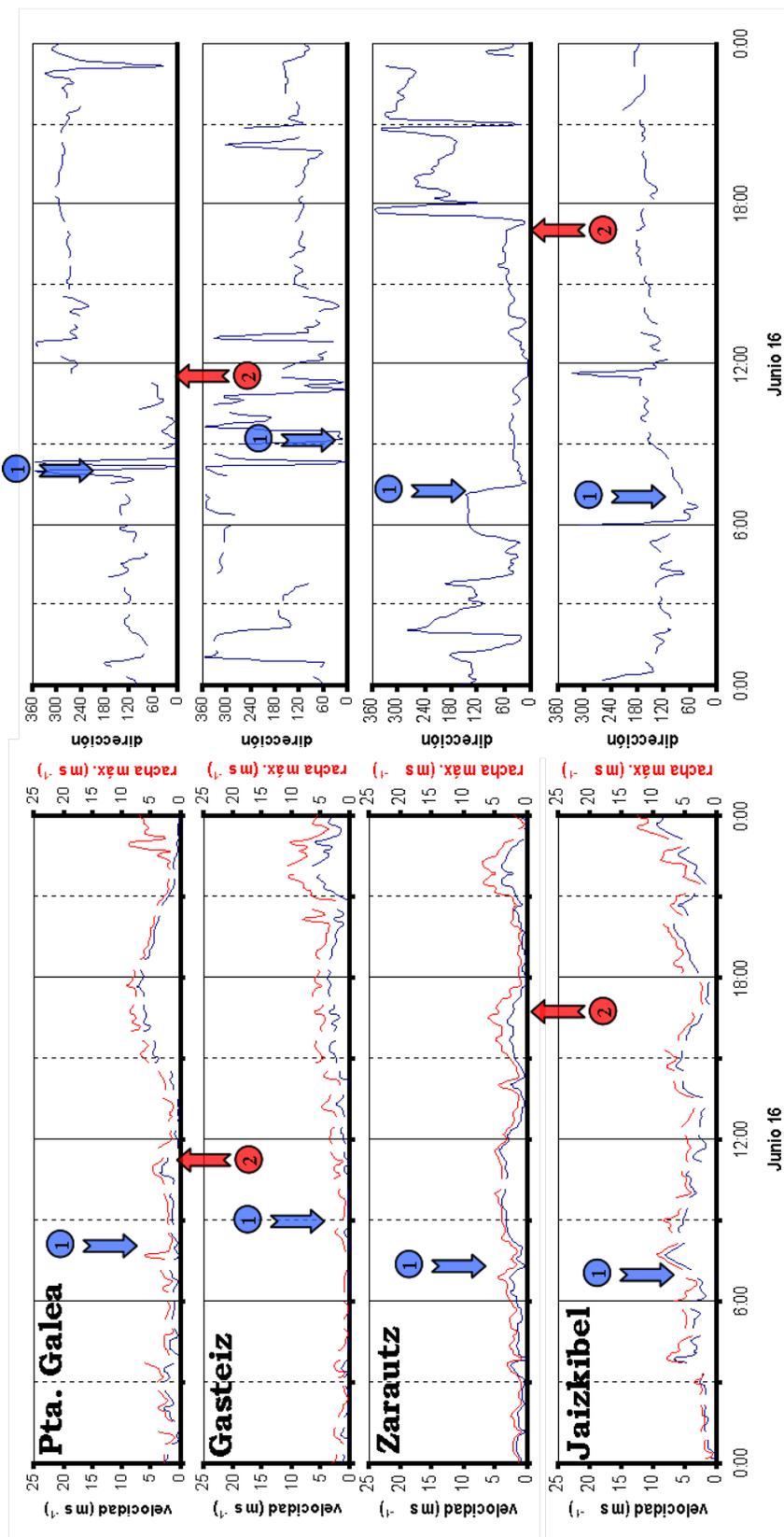


Figura 6.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios de 10 minutos) y racha máxima de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 16 de Junio de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

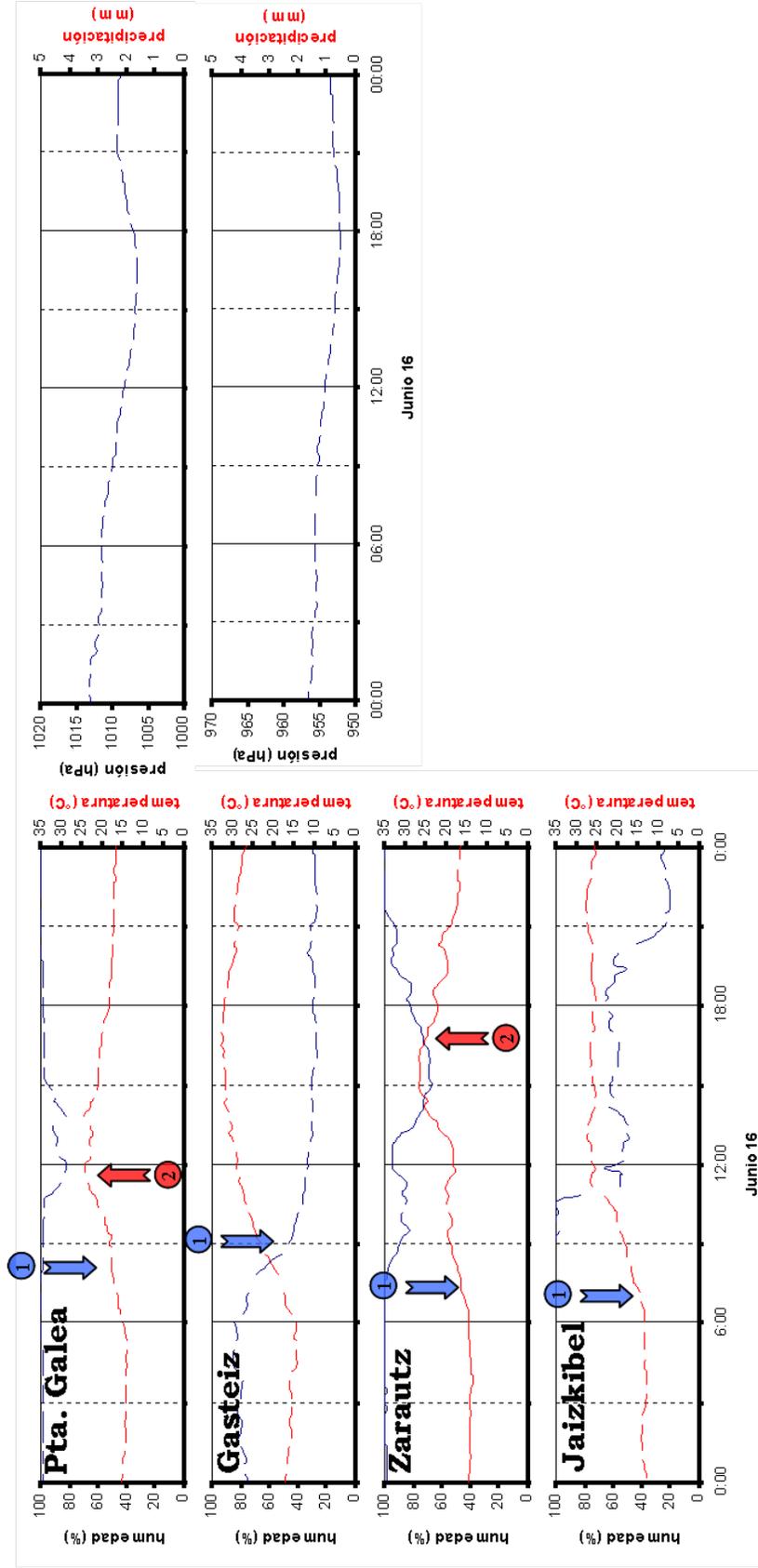


Figura 6.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios de 10 minutos) de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 16 de Junio de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz.

Resumen

Ni la situación de los centros de presión sinópticos durante el 16 de Junio, ni la posición del frente frío al mediodía (aún alejado de la costa de Galicia) ni el patrón de perfiles de viento observado en el perfilador son característicos de la formación de galernas. El único factor similar a los casos de galerna es el fuerte contraste de temperaturas E-O a nivel sinóptico sobre el Cantábrico. Pero ya hemos insistido que el contraste térmico, por sí solo no es suficiente para el disparo de galernas. El viento S, de intensidad insuficiente, que sopla en altura nunca está acoplado a la superficie, por tanto no hay foehn sobre la costa. En su lugar existen fuertes inversiones térmicas en altura, con viento relativamente frío forzado por el anticiclón al E de la CAV, mientras que sólo las estaciones elevadas y las del interior están acopladas con el viento S.

17 DE AGOSTO DE 2002

Situación sinóptica

En este caso, a diferencia de los días 14 y 16 de Junio, la baja presión de Irlanda, sí se encuentra en la posición característica de las galernas frontales descritas en este informe (Figs. 7.1 y 7.2) pero su frente frío asociado se encuentra al mediodía alejado de las costas de Galicia. La baja presión se debilita a lo largo del día (pasa de 978 hPa a las 1200 UTC a 983 hPa a las 0000 UTC del día siguiente) según el análisis del Met. Office Británico. Sobre las costas de la Europa occidental y desde Escandinavia hasta el Mediterráneo Occidental se extiende una zona de altas presiones relativas que bloquean el flujo del O asociado a las bajas presiones atlánticas y que debido al ciclo de calentamiento diferencial de la masa continental respecto al mar, contribuye al aumento del contraste térmico E-O durante las horas posteriores al mediodía. En la Fig. 7.1, sobre la superficie de 850 hPa, se observa un contraste térmico de 4 °C entre la costa de Galicia y la de la CAV. En la superficie de 1000 hPa (Fig. 7.4), se llega a 9 °C a las 1800 UTC. Estos registros sinópticos son similares a los del 14 de Junio y 16 de Junio. En los datos de re-análisis de NCEP (Fig. 7.4) a las 1800 UTC se observa un viento flojo del O en el Golfo de Bizkaia (sobre la superficie de 1000 hPa) que responde a las bajas presiones relativas sobre la masa de tierra al E de la CAV (sur de Francia), siguiendo el calentamiento solar: entre las 0600 UTC y las 1800 UTC (Fig. 7.4), la presión sobre el sur de Francia decrece más rápidamente que sobre el Golfo de Bizkaia. Se observa también la formación de una baja térmica profunda en la Península Ibérica (Figs. 7.1, 7.2 y 7.4).

La secuencia de imágenes IR del Meteosat (Fig. 7.3) muestra la baja presión atlántica sobre la costa oeste de Irlanda, que se desplaza hacia el NE (flecha de color verde), a la vez que se desarrolla un frente frío (línea continua azul) por delante de la advección que se marca con las flechas azules. El frente se aproxima a las costas de Galicia pero se frena poco después del mediodía solar y apenas evoluciona entre las 1500 UTC y la medianoche (Figs. 7.2 y 7.3). De modo que a esta hora aún no ha entrado por Galicia.

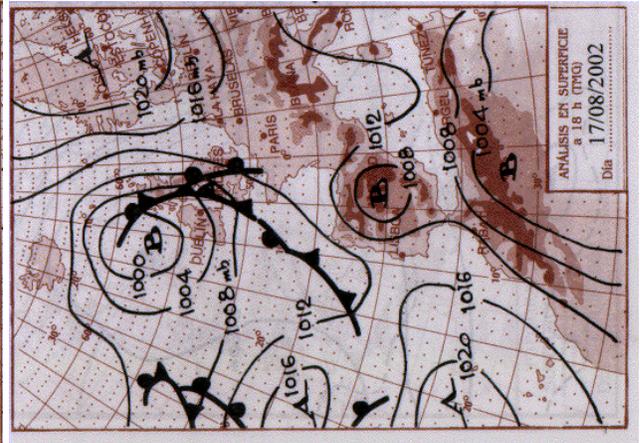
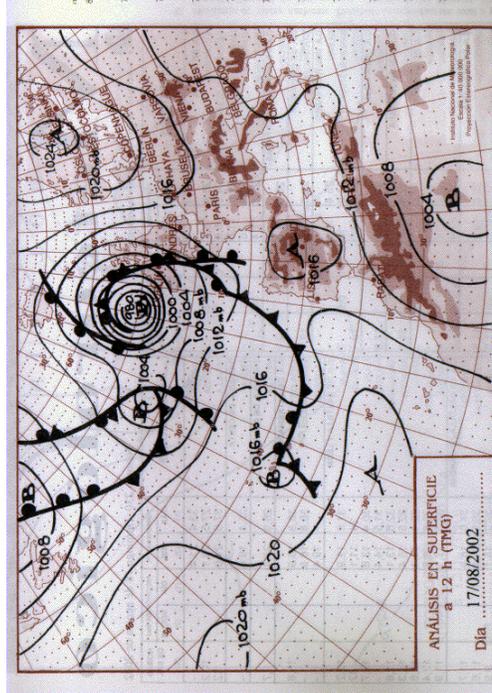
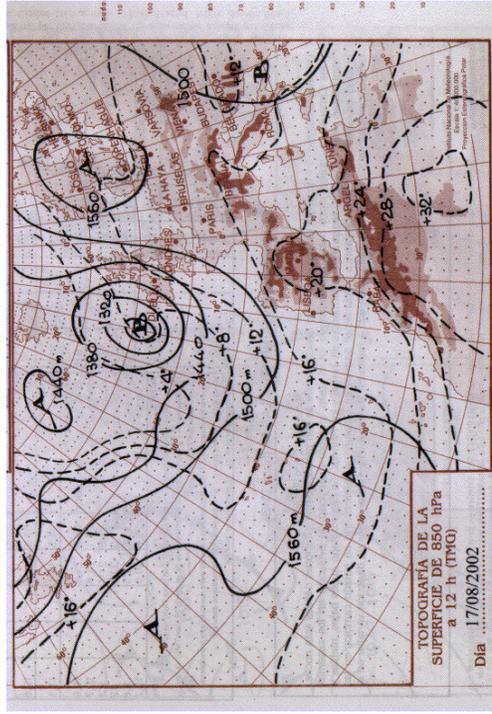


Figura 7.1: mapas sinópticos de análisis del INM para las 1200 UTC del día 17 de Agosto del 2002 (arriba): presiones y frentes en superficie (izquierda) y topografía de la superficie de 850 hPa (derecha). Abajo, se muestra la evolución de la situación con el análisis en superficie para la 1800 UTC del mismo día.

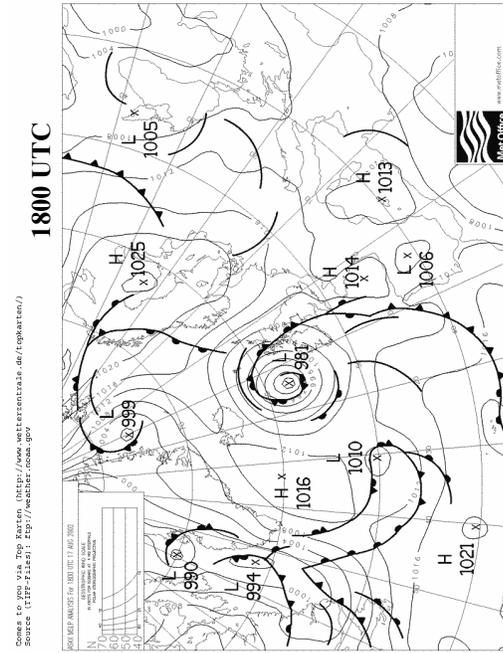
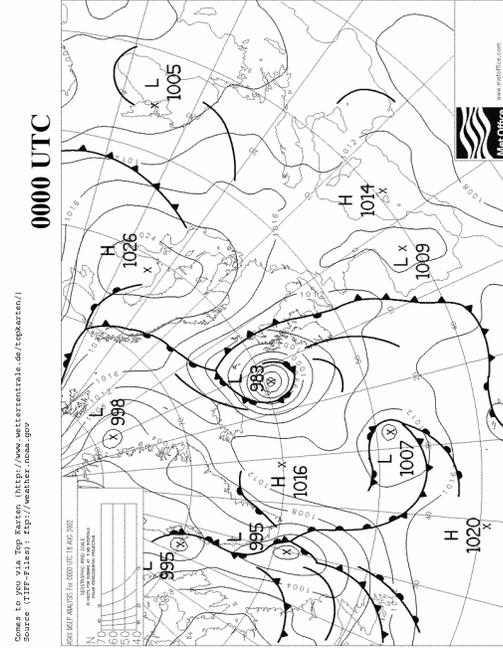
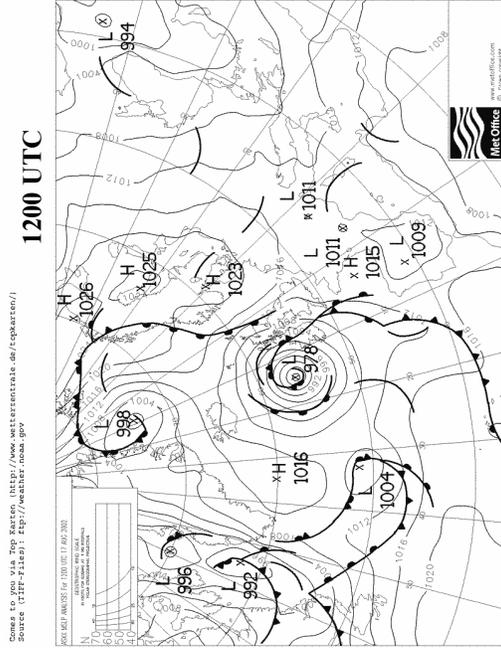


Figura 7.2: Análisis del 'Met Office' para las 1200 y 1800 UTC del día 17 y 0000 UTC del día 18 de Agosto de 2002

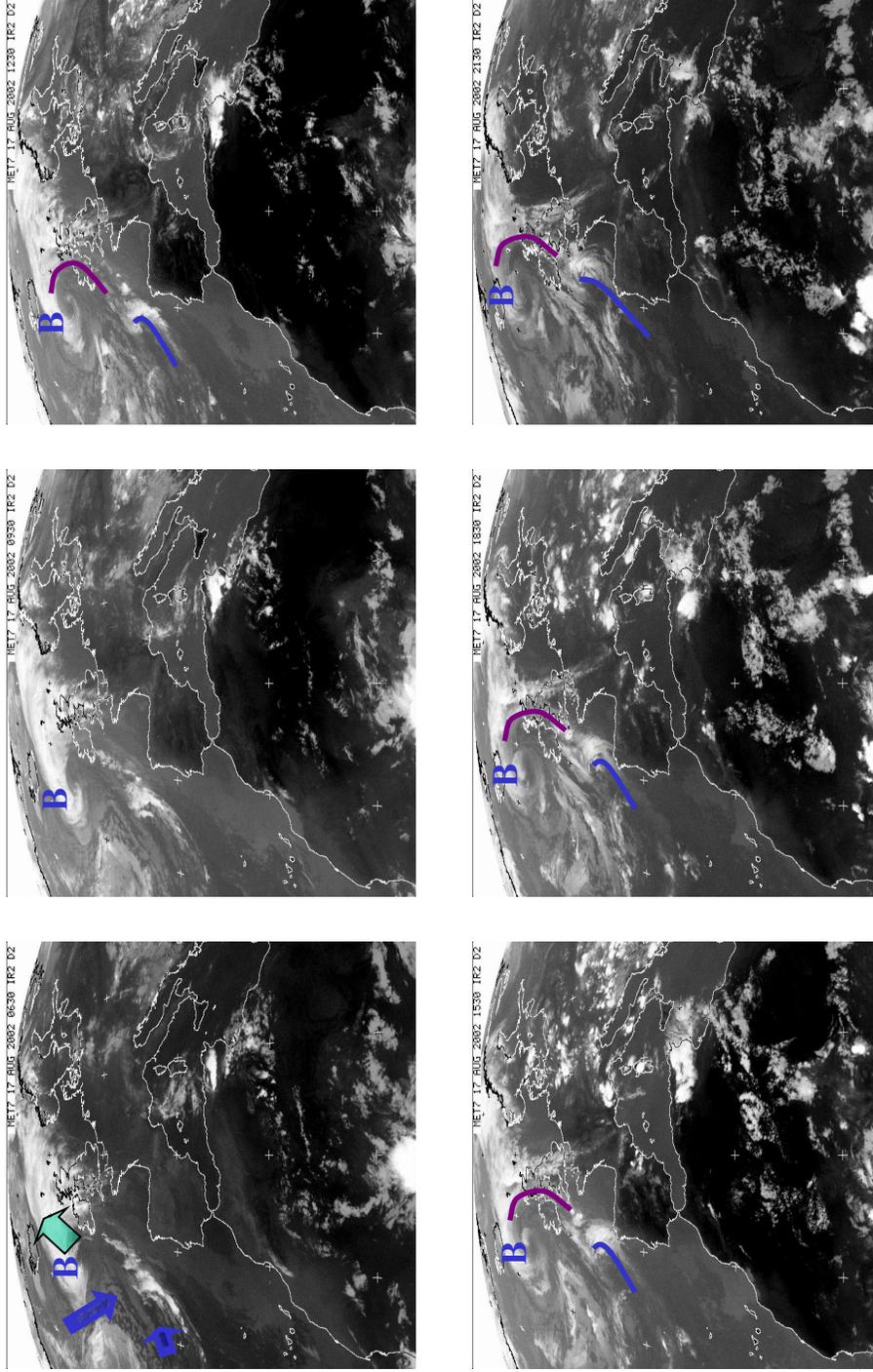


Figura 7.3: Secuencia de imágenes Meteosat IR, de las 0630, 0930, 1230, 1530, 1830, 2130 UTC, 17 Agosto 2002. La zona de bajas presiones, B, se desplaza muy lentamente hacia el norte en la dirección de la flecha (verde), a la vez que se debilita (Figuras 7.2). Es una depresión madura en su fase final de disipación con un frente oculto por detrás de depresión B y el flujo del oeste asociado al anticiclón de las Azores que se localiza a una latitud inusualmente baja (flechas en azul en la imagen de las 0630): su llegada a la costas de Galicia es muy tardía para provocar un fenómeno de galerna en la CAV.

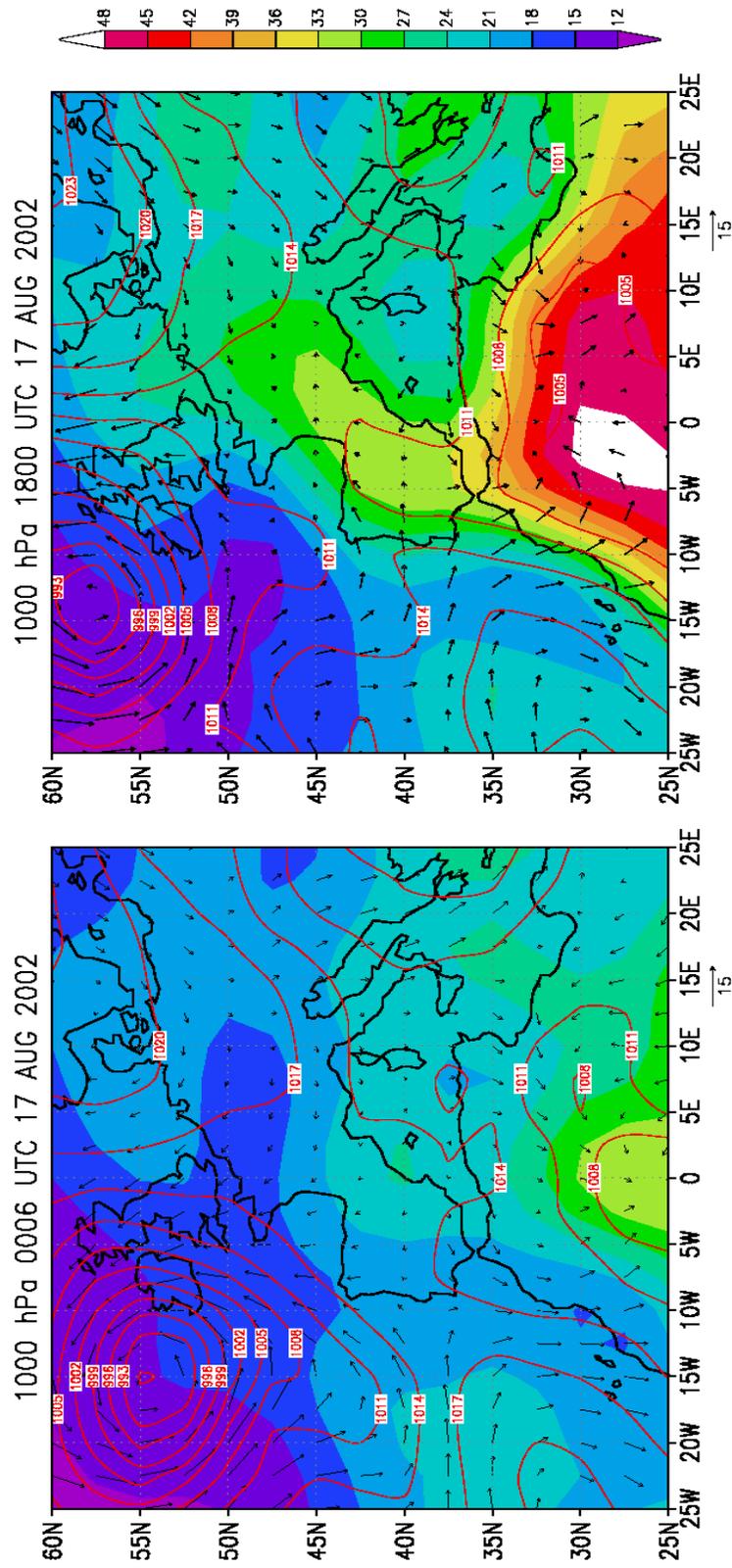


Figura 7.4: datos NCEP de re-análisis a las 0600 y 1800 UTC del 17 de Agosto de 2002. Se muestra la presión (hPa) en superficie en líneas de contorno, las temperaturas sobre la superficie de 1000 hPa en color (escala de colores a la derecha) y el vector viento sobre la misma superficie de 1000 hPa (escala en la parte inferior de cada gráfico).

Radar perfilador de Punta Galea

En la Figura 7.5 se muestran los datos de viento del radar perfilador en los dos modos. Se representan también los datos de la estación de superficie de Punta Galea (viento, racha máxima, temperatura, humedad, presión y precipitación). Los perfiles de viento muestran una situación similar a la del día 16 de Junio en cuanto a complejidad de la capa límite. Antes de pasar a su análisis y con el patrón de viento durante la mañana y en la zona de vigilancia, podemos concluir tampoco en este caso hubo riesgo de galerna:

- 1) El viento del S y del SO que sopla en altura en altura (por encima de las zonas marcadas con la línea marrón, está muy por debajo del límite inferior del rango de intensidades asociadas a galerna (inferior a 5 ms⁻¹, en ambos modos, cuando se necesitan velocidades de 10-12 ms⁻¹ para una galerna débil).
- 2) Para que se produzca la galerna, tiene que haber foehn y vientos del S relativamente fuertes a nivel de superficie en la línea de costa, además de en altura, desde primeras horas de la mañana, incluso antes de la zona de vigilancia. No hay acoplamiento del viento S, con los procesos de superficie: la inversión de temperatura marcada en línea continua marrón sobre la Fig. 7.5 lo impide. De nuevo, como el día 16 de Junio, son los procesos de meso-escala los que gobiernan el flujo en la CAV: el frente frío está alejado de la línea de costa de la Cornisa Cantábrica.

Para el análisis de los perfiles de viento a lo largo del día, hemos dividido la capa superficial en varias zonas: A, B y C. El flujo en estos estratos evoluciona de forma independiente al viento S que sopla por encima (atmósfera libre) fuera de los procesos de suelo. Ambos estratos (capa límite y atmósfera libre), están separados por una inversión térmica que soporta la cizalladura de viento en la interfase y que puede observarse en los perfiles del RASS sólo de 1000 UTC a 1800 UTC, por limitaciones en su cobertura vertical (no se muestran).

La zona marcada como A en la Fig. 7.5, corresponde a un flujo general de aire frío y estable de componente O sobre la línea de costa de la CAV, que discurre paralela a ella y cuya gran profundidad (1200-1400 m, fuera de las horas del mediodía) sugiere un origen oceánico impulsado por los gradientes de presión en el Golfo de Bizkaia (ver el análisis sinóptico de la sección anterior) y boqueado en su desplazamiento N-S por la Cordillera Cantábrica. La zona B corresponde al estrato de vientos de derrame nocturnos (brisas de tierra) que tienen una intensidad limitada y que se cuelan, tanto durante la madrugada como durante la noche por debajo del estrato A. En las horas centrales del día se observa el crecimiento (aumento de profundidad) del estrato C de vientos de componente N, que llegan hasta una profundidad de 1000 m a la hora de máximo desarrollo de los procesos asociados con el ciclo de calentamiento solar (1400 UTC). Este viento toma el aire del estrato estable oceánico A y lo introduce tierra adentro, como una brisa intensa que responde a los gradientes de presión N-S que se generan tras el fuerte calentamiento de la meseta norte de la Península Ibérica (formación de baja térmica). Se ha marcado también dentro de una elipse en rojo, la zona de máximo de viento de esta brisa (chorro superficial característico).

El viento que registra la estación de superficie de Punta Galea (en la misma Fig. 7.5), muestra un comportamiento acorde con los datos del perfilador en sus niveles bajo. No se observa en ningún momento un acoplamiento convectivo con el viento S que sopla en altura y pasa de un flujo de derrame durante la madrugada a una brisa que gana en intensidad, para decrecer de nuevo a últimas horas de la tarde. El viento es siempre moderado e inferior a 5 ms⁻¹. La temperatura es relativamente baja durante el flujo de derrame de la mañana (17 °C) y el aire está saturado de humedad. Con el calentamiento solar se inicia el aumento de temperatura y el descenso de humedad, pero la entrada del aire oceánico contenido en el estrato A, con el régimen de brisas, hace cesar el incremento de temperaturas, que no superan los 21 °C.

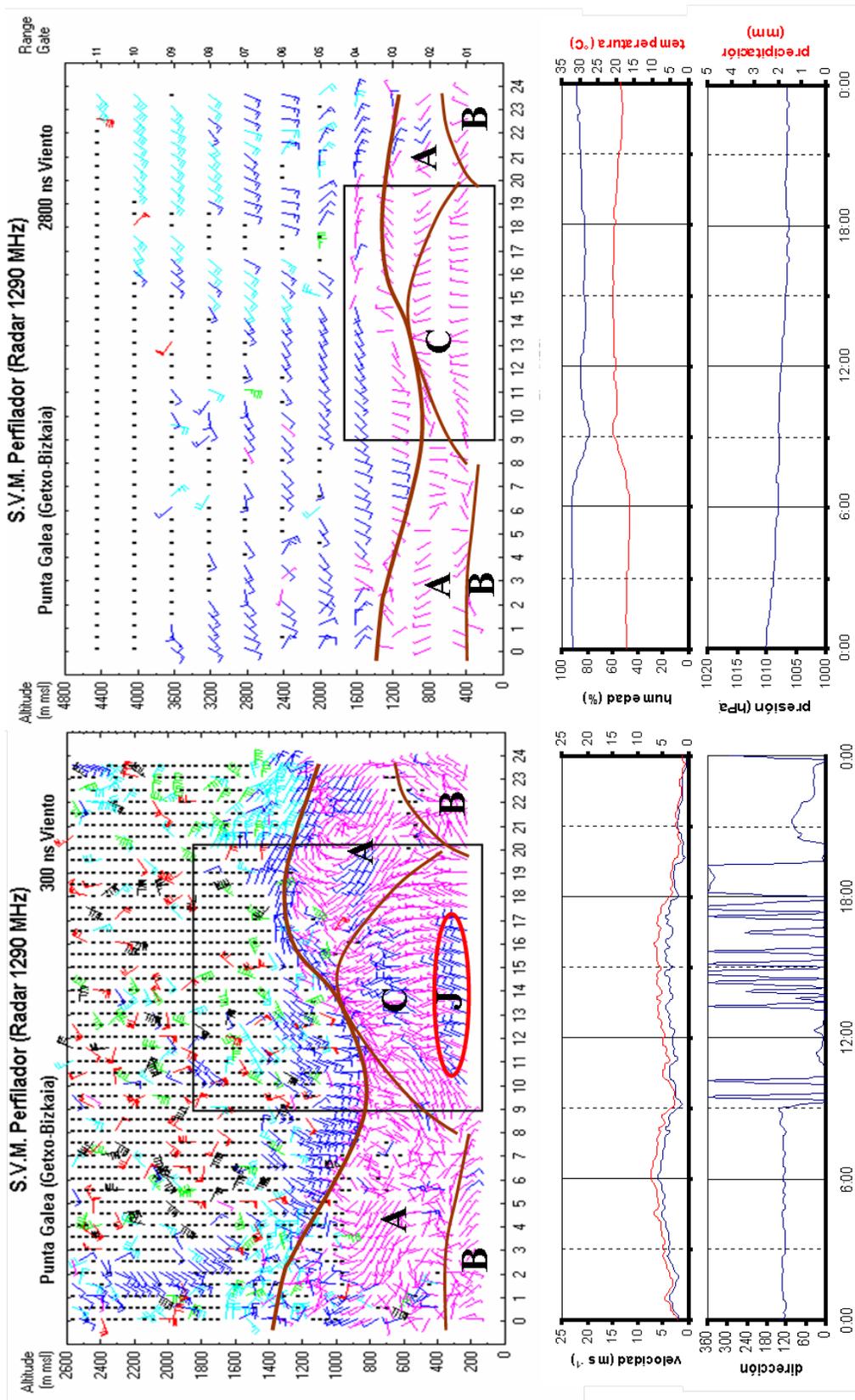


Figura 7.5: promedios de media hora de los perfiles de viento en el modo bajo (arriba-izquierda) y el alto (arriba-derecha) obtenidos por el radar perfilador de Punta Galea durante el 17 de Agosto de 2002. El recuadro interior (en ambos modos), muestra la 'zona de vigilancia' de galernas. Las zonas A, B y C corresponden a estratos cuya naturaleza y evolución responde a procesos de mesoescala (ver texto). La región J muestra la zona de máximo de viento durante la irrupción de la brisa.

Estaciones de superficie

En las Figuras 7.6 y 7.7 se representan los datos de las estaciones de superficie seleccionadas. No se han dado velocidades de viento importantes durante la jornada, ni se han registrado cambios bruscos de temperatura. Al contrario que durante el 16 de Junio y a pesar de que, como allí, los flujos están gobernados por la meso-escala (alejamiento de los sistemas frontales y borrascas), no existen grandes discrepancias entre el comportamiento de las estaciones de superficie seleccionadas. Ello se debe a que la inversión de temperatura que separa la zona de viento del S en altura y las zonas de desarrollo meso-escalar y/o sub-sinóptico (A, B y C), son más profundas que en aquél caso y quedan por encima de la mayoría de las estaciones elevadas del DMC

Se ha marcado como punto 1 en los gráficos de estaciones (Figs. 7.6 y 7.7), el instante final para las condiciones de derrame nocturnas y/o bloqueos (calmas), que se caracterizan por temperaturas bajas, humedad en saturación y vientos débiles que tienden a seguir las pendientes locales. A partir de ese instante, se produce la irrupción suave de la CLM (brisa) que conformaba el estrato A (Fig. 7.5), desde el mar hacia la tierra. Este flujo (zona C en la Fig.7.5) se detecta de forma casi-simultánea en las estaciones de costa (no es una perturbación O-E). Los pequeños desfases tienen que ver con las diferencias de calentamiento local y la altura de la estación (en Jaizkibel la brisa entra más tarde que en Zarautz o que en Punta Galea). En Gasteiz el punto 1 se da a las 1430 UTC (casi 6 horas más tarde que en las estaciones de costa).

En todas las estaciones de costa la temperatura mínima de la mañana es de alrededor de 17-18 °C, que se da simultáneamente con humedad saturada y vientos flojos o en calma. El incremento de temperatura siguiendo el ciclo de calentamiento solar es moderado debido a la irrupción temprana de la brisa, que aporta aire relativamente frío del mar: las temperaturas máximas en al costa están entre 24-25 °C. La excepción es Gasteiz, donde la brisa no llega hasta las 1430 UTC y la temperatura puede ascender desde los 17 °C de la mañana hasta 32 °C. Con la entrada de la brisa, que aquí sí se produce de forma brusca (aumento en escalón del viento, desde

una situación de calma, hasta 7 ms⁻¹), la humedad sube de forma brusca y la temperatura desciende por la tarde rápidamente hasta valores similares a los que se registran en la costa.

Resumen

Pese a que los centros de presión sinópticos durante el 17 de Agosto se sitúan en una posición similar a la observada durante las galernas de Mayo, los sistemas frontales se encuentran alejados de la costa de Galicia al mediodía. Se ha desarrollado una baja térmica en la Península Ibérica y al igual que el 16 de Junio, son los procesos locales y de meso-escala los que gobiernan el flujo de la CAV. El patrón de perfiles de viento observado en el radar perfilador no corresponde en absoluto a los característicos de las galernas, ya que hay vientos flojos del S en altura y además se mantienen desacoplados de los procesos en superficie: existen inversiones térmicas elevadas en la línea de costa y no se han dado gradientes térmicos importantes entre estaciones o variaciones de temperatura significativos entre las condiciones anteriores y posteriores a la irrupción de la brisa de mar, si exceptuamos a la estación de Gasteiz.

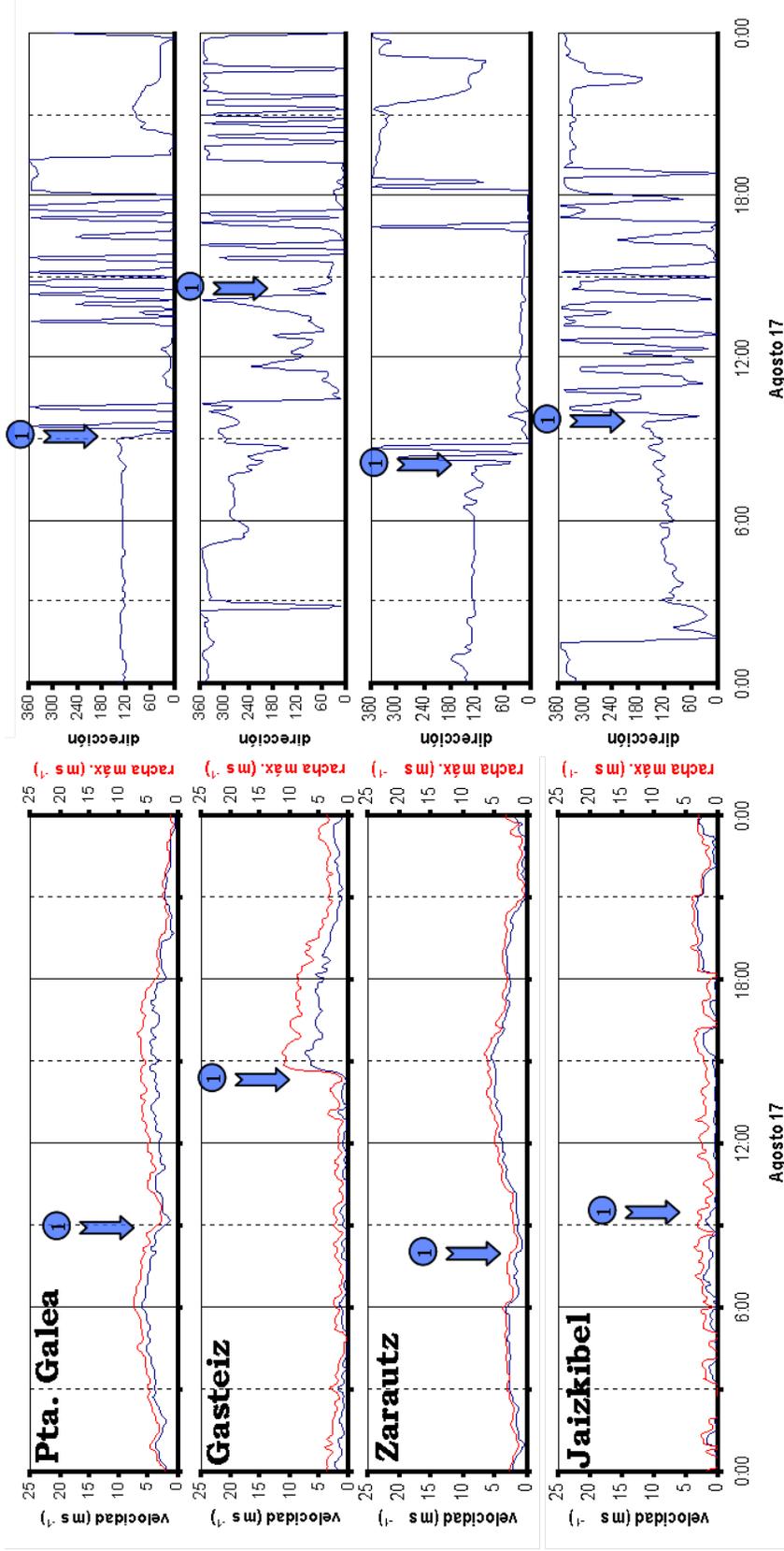


Figura 7.6: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de velocidad de viento (promedios de 10 minutos) y racha máxima de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 17 de Agosto de 2002. En la columna de la derecha van los datos de dirección de viento con el mismo tipo de promediado.

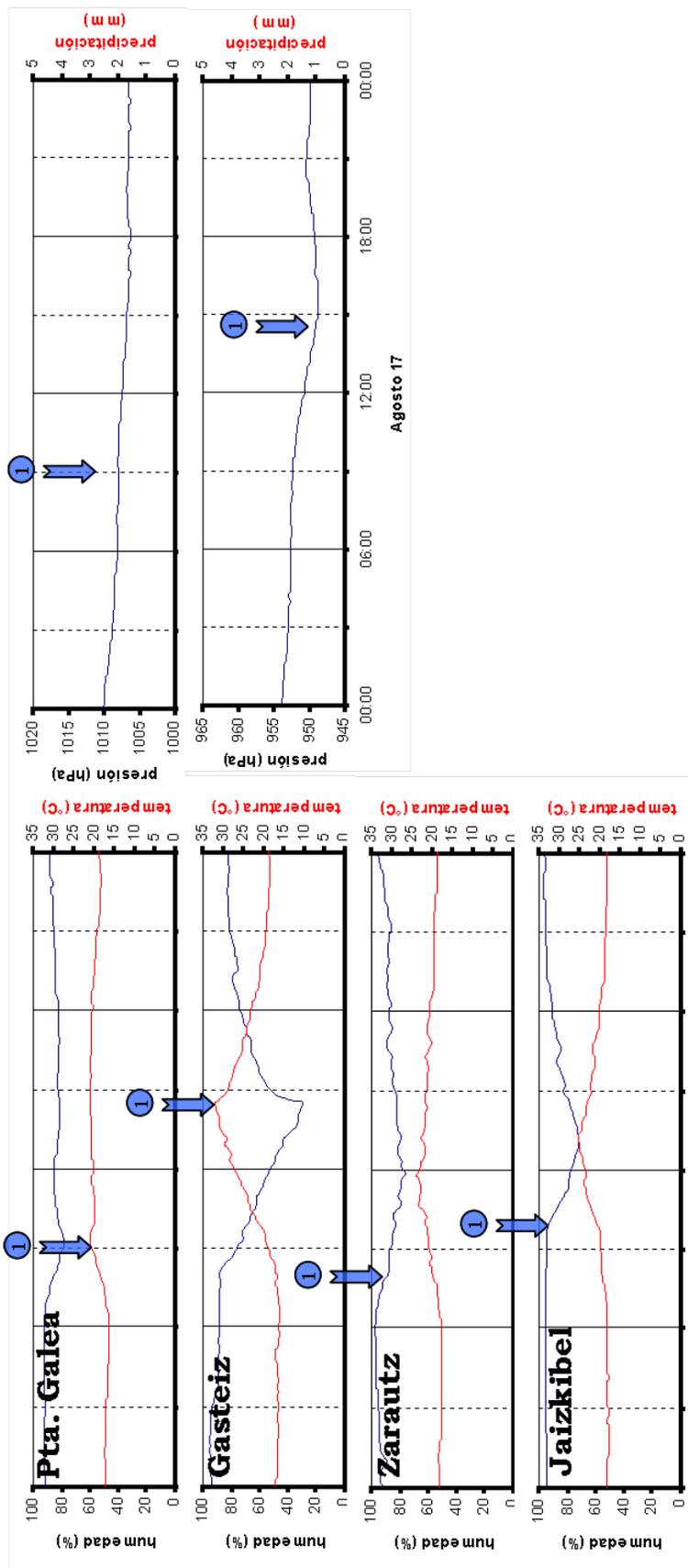


Figura 7.7: en la columna de la izquierda se representa la secuencia de temperatura y humedad (promedios de 10 minutos) de 4 estaciones seleccionadas del DMC, durante el día 17 de Agosto de 2002. En la columna de la derecha van los datos de presión con el mismo tipo de promediado y precipitación en Pta. Galea y Gasteiz.

Conclusiones

Mapas sinópticos/imágenes de satélites frente a indicadores locales, para la evaluación de riesgo de galerna

A nivel sinóptico todos los casos de galerna de este informe presentan un frente frío sobre las costas de Galicia al mediodía (ver mapas de análisis de las 3 galernas de Mayo), además de una configuración característica de los centros de presión: una baja sobre la costa oeste de Irlanda y altas presiones sobre el Oeste Europeo y Mediterráneo Occidental que bloquean el flujo del oeste sobre el continente (se hace más S por el extremo occidental del anticiclón) lo que provoca mayores diferencias de temperatura E-O. Sin embargo, se ha comprobado que esta configuración de los centros de presión sinópticos y posición de frentes no es suficiente para una evaluación correcta del riesgo de galerna. Es necesario conocer también la actividad frontal próxima (bien de un frente sinóptico o bien de cualquier otro de escala sub-sinóptica, más característico de lo que se ha denominado galerna no-frontal o típica). Esta actividad puede evaluarse a nivel local para todos los casos de galerna a partir de los perfiles de viento del radar de Punta Galea durante las horas anteriores al mediodía solar: los vientos del SO intensos (mayores a 10-12 ms⁻¹) a todos los niveles en la zona de vigilancia son indicadores de la aproximación de un frente frío de actividad suficiente para provocar una galerna. Esta característica unida a una actividad solar apreciable, capaz de hacer suficientemente inestable la capa límite sobre tierra en la CAV durante las horas posteriores al mediodía solar (más probable entre Abril y Setiembre) y la presencia de una masa de aire frío atrapada al norte de la Cordillera Cantábrica que transcurre paralela a ella de O a E, empujada por el avance del frente sobre el mar, son ingredientes suficientes para la generación de una galerna.

Es importante a este respecto resaltar el hecho observado de que para las tres galernas frontales de Mayo, el frente de galerna que penetra en la CAV está situado siempre por delante del frente sinóptico (ver Figs. 1.3, 2.3 y 3.3) y en algún caso, éste último no se detecta en las estaciones de superficie (20 de Mayo). Una vez de que el frente frío toca el extremo occidental de la Cordillera Cantábrica al mediodía, se frena y se debilita en su tramo sur, sobre la masa de tierra

de la Península (calentamiento solar); sin embargo continúa su avance en el Golfo de Bizkaia sobre un mar relativamente más frío. Desde ese instante en la parte delantera del frente se producen los siguientes procesos:

- 1) el viento sobre la meseta norte de la Península por delante del frente, cruza del SO al NE por encima de la Cordillera Cantábrica (Asturias y Cantabria), después de sufrir un calentamiento diabático provocado por las corrientes convectivas sobre la meseta y laderas S de la Cordillera. En muchos casos el calentamiento también se da por cesión de calor latente tras condensación y precipitación en las laderas orientadas al O y SO de la Meseta Superior y montes de Galicia.
- 2) el viento sobre el Golfo de Bizkaia, a nivel superficial, también por delante del frente y próximo a la costa, discurre de O a E por encima del mar protegido por la Cordillera y no se calienta debido a su paso por encima de un mar relativamente frío. La perturbación frontal empuja a esa masa de aire y hace crecer una CLM que se mantiene muy próxima a la costa de Asturias y Cantabria desacoplada del viento del S por encima de la Cordillera. Ésta es la masa de aire que hace girar el viento hacia el O en la estación de Avilés y que provoca el estancamiento en la curva de ascenso diurno de la temperatura o su descenso progresivo (nunca brusco).

Al mismo tiempo en la CAV, el viento del SO cálido sale hacia el Golfo de Bizkaia aprovechando el hueco entre la Cordillera Cantábrica y los Pirineos. Este flujo está acoplado a la superficie y el proceso diabático de calentamiento del aire sobre la masa de tierra al Sur de la CAV además del proceso quasi-adiabático de hundimiento, hace que el contraste de temperaturas entre las dos masas de aire (la CLM que se mueve paralela a la costa por delante de Asturias y Cantabria con respecto a la que sale por la CAV hacia el mar) supere fácilmente los 10°C en la época cálida. La irrupción de la CLM relativamente fría y estable en la costa O de la CAV, enfrentado al viento S sobre la capa inestable sobre tierra, da lugar a la entrada violenta de la advección marina, por debajo del flujo cálido del S. Esta entrada brusca provoca el hundimiento

de la CLM en su parte trasera: en este momento, la perturbación genera fuertes corrientes ascendentes y descendentes y se traslada rápidamente hacia el E.

Por lo tanto, los contrastes térmicos O-E en los mapas sinópticos o las ubicaciones de los grandes centros de presión no pueden servir por sí solos a la hora de hacer una evaluación adecuada del riesgo de galerna: el día 24 de Mayo, 16 de Junio y el 17 de Agosto son claros ejemplos. Sólo la combinación de los factores descritos y su adecuada vigilancia pueden llevar a una predicción operativa válida.

Factores que afectan a la intensidad de las galernas

Con una configuración idéntica de los centros de altas/bajas presiones en las 3 galernas de Mayo, las diferencias de intensidad entre ellas han sido muy importantes: la galerna del 13 es la más intensa, pues el máximo de viento es superior, irrumpe con mayor brusquedad (cambios más rápidos en las variables medidas en las estaciones) y se desplaza más rápido (cubre la distancia Avilés-Jaizkibel en 4 horas). La del día 21 le sigue en intensidad (máximo de viento y violencia de la irrupción) y recorre la misma distancia en 5 horas. La más débil es la del 20 de Mayo, que además de desplazarse más lentamente (6 horas para la misma distancia), sus máximos de viento son inferiores al igual que la violencia de la irrupción. Por lo observado, estas diferencias no guardan relación con un mayor o menor contraste térmico entre las masas de aire que se enfrentan, si bien en los tres casos estamos hablando de diferencias superiores a los 10 °C. Esta diferencia es más el resultado de una configuración de flujo necesaria para su disparo, que una variable independiente que gobierna el fenómeno. Sin embargo, su intensidad sí está relacionada con la intensidad del viento del SO que se enfrenta a la CLM en advección paralela a la costa: cuanto mayor es la intensidad del SO se alcanzan máximos de viento superiores durante la irrupción.

Otra característica a tener en cuenta en un galerna es la violencia de la irrupción o lo que es lo mismo, la rapidez con que se produce la transición y el incremento de viento en la transición. Esta característica que hace especialmente peligrosas a las galernas, parece que está controlada

por la estabilidad de la capa límite superficial sobre tierra en el momento de la irrupción (aunque el máximo de viento también depende de la intensidad del viento del SO, como se ha explicado en el párrafo anterior). El calentamiento solar del suelo modifica el perfil térmico vertical sobre tierra y lo hace más inestable en las horas que siguen al mediodía solar, de tal forma que una irrupción que se produzca “demasiado pronto” (como la del 14 de Junio), alcanza el máximo de viento de forma progresiva durante varias horas, aunque la caída de la temperatura sea rápida en las estaciones afectadas por la CLM en progresión hacia el interior. No hay corrientes verticales intensas en el frente de la CLM y las corrientes compensatorias horizontales son más débiles. Por el contrario, una irrupción tardía, como las del 21 de Mayo, cuya intensidad a juzgar por el viento del SO previo a la irrupción, debería ser similar a la del 13 de Mayo, es mucho menos violenta, su espesor vertical es menor y penetra menos en el interior. Por lo tanto, la hora de la irrupción de la CLM en la costa O de la CAV, es un factor que controla de la violencia del fenómeno.

El hecho de que la intensidad del viento S (previo a la irrupción) y la estabilidad de la capa límite sobre tierra sean los factores que controlan la violencia de la galerna no quiere decir que las temperaturas del mar y de la tierra no jueguen un papel importante en la generación del fenómeno, puesto que la estabilidad vertical sobre tierra depende del calentamiento solar, y la estabilidad de la CLM, de las diferencias térmicas entre la superficie del mar y el aire en advección. Además es importante recordar que la irrupción de la CLM sobre tierra viene provocada por las diferencias de presión y éstas están condicionadas por las diferencias térmicas y por lo observado, se necesita un umbral superior a 10 °C para producir la irrupción, pero una vez que esta condición se satisface, el fenómeno viene gobernado por los dos factores que hemos descrito en los párrafos anteriores.