

**XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española  
(Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)  
ISBN 978-84-617-5240-9**

**Análisis de los flujos de humedad y estructura térmica de los eventos de nieve en la transición  
Atlántico - Mediterránea del Valle del Ebro**

Samuel T. Buisán <sup>(1)</sup>, José I. Villarino <sup>(2)</sup>, David Momblona <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Delegación Territorial de AEMET en Aragón, [sbuisans@aemet.es](mailto:sbuisans@aemet.es)

<sup>(2)</sup> Delegación Territorial de AEMET en Castilla y León, [jvillarino@aemet.es](mailto:jvillarino@aemet.es)

<sup>(3)</sup> Delegación Territorial de AEMET en Aragón, [dmomblonam@aemet.es](mailto:dmomblonam@aemet.es)

**1. Introducción.**

Uno de los eventos atmosféricos que más impacto tiene en zonas densamente pobladas, aunque sea en pequeñas cantidades, es sin duda la nieve. Ocasiona retrasos o cierres en aeropuertos, afecta al tráfico rodado y altera la vida cotidiana de manera generalizada.

Este trabajo analiza para el periodo 1981-2010 el flujo atmosférico y estructura térmica de los eventos de nieve en los observatorios principales del tercio norte oriental de la Península ubicados en la cuenca del Ebro o aledaños (Tabla 1).

Observatorio	Altitud (msnm)	Eventos disponibles
SORIA	1082	283
BURGOS	890	840
VITORIA	513	601
LOGROÑO	363	254
PAMPLONA	456	433
DAROCA	779	132
ZARAGOZA	247	93
HUESCA	541	71
TERUEL	900	316

Tabla 1.- Observatorios utilizados en el estudio y datos disponibles.

**2. Zona de estudio y número de días de nieve anual**

El área de interés se caracteriza por una orografía muy compleja, con numerosas barreras montañosas que rodean un valle central (con suficiente entidad para interceptar y bloquear los flujos de humedad) y mesetas con altitudes superiores a los 1.000 m.s.n.m. (Figura 1). Además su ubicación entre dos fuentes de humedad con características distintas (temperatura del agua en superficie) le confiere

grandes contrastes térmicos. Añadido a lo anterior se superpone la típica variabilidad atmosférica que caracteriza a la Península Ibérica.

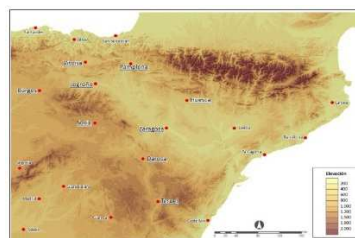


Figura 1.- Zona de estudio

Como resultado y como era de esperar, existe una gran variabilidad tanto espacial como temporal en lo que a números de días de nieve se refiere. La tabla 2 muestra la gran diferencia entre los valores medios de días de nieve y los valores extremos durante el periodo 1981-2010. Este resultado indica de manera indirecta que sólo ciertos patrones sinópticos son capaces de producir nevadas en cada uno de los observatorios de la zona de estudio.

Observatorio	Mínimo	Media (Normal)	Máximo
SORIA	11	22	36
BURGOS	2	19	43
VITORIA	0	11	32
LOGROÑO	0	5	13
PAMPLONA	1	10	23
DAROCA	3	12	21
ZARAGOZA	0	2	7
HUESCA	0	3	7
TERUEL	3	10	20

Tabla 2.- Número promedio de días de nieve, máximo y mínimo durante el periodo 1981-2010 por observatorio.

### 3. Metodología.

Los eventos de nieve se clasificaron en cuatro categorías (00, 06, 12 y 18 UTC) y así hacerlos coincidir con las horas del análisis del modelo, lo que nos permite examinar la situación atmosférica con mayor detalle. Para fijar con exactitud la ocurrencia del evento se utilizaron los mensajes aeronáuticos (METAR) y sinópticos (SYNOP) emitidos desde cada uno de estos puntos de observación. El número de datos difiere debido a diversos factores: zona más nevosa, frecuencia de la toma de datos, antigüedad del punto de observación, personal *in situ*, etc. (Tabla 1). El estudio se centró en analizar los flujos de humedad según la siguiente ecuación:  $-\vec{V}\nabla\rho$  donde  $\nabla\rho$  representa el gradiente de la densidad de vapor de agua (asociada a las fuentes de humedad) y  $\vec{V}$  representa la velocidad (dirección y módulo) del viento que transporta dicha humedad. Además se tuvo en cuenta la estructura térmica favorable a la formación y depósito de nieve, donde  $T$  representa la temperatura en el nivel de presión correspondiente. Se utilizó principalmente el nivel de 850 hPa por ser crítico para evaluar las características asociadas a una nevada y que suele encontrarse en invierno a una altitud entre 1.300 y 1.400 m.s.n.m. El modelo utilizado en el procedimiento fue ERA-Interim del European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF), a una resolución de  $0.7^\circ \times 0.7^\circ$ , y que por tanto suaviza la orografía de la zona de estudio. (Dee et al. 2011)

Finalmente, para filtrar sólo aquellos días asociados a nevadas de entidad, se consultaron los archivos del Banco Nacional de Datos Climatológicos, utilizando el umbral de 4mm de precipitación. Dada la incertidumbre de la medición de nieve en los pluviómetros, bien pudo alcanzar valores mayores. (WMO-SPICE Project).

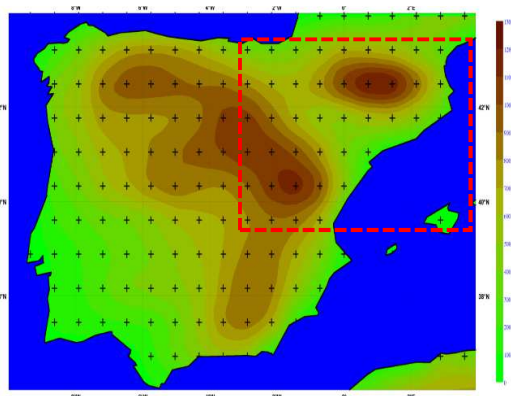


Figura 2.- Orografía del modelo ERA-Interim.

### 4. Resultados.

#### 4.1 Flujo de humedad en 850 hPa

La figura 3 muestra los flujos de humedad predominantes en Soria, Burgos y Vitoria en situaciones de nevadas. En los observatorios más cerca del Cantábrico los flujos de N y NW son los más propensos a producirlas. En Soria, por su mayor altitud, cualquier componente es capaz de dar lugar a precipitaciones en forma de nieve, sin embargo, por encontrarse al abrigo de la Ibérica Riojana, los flujos de N no dejan la cantidad de nieve que podría esperarse, exceptuando situaciones con potentes advecciones de humedad. Por el contrario, flujos con fuentes de humedad más distantes, como por ejemplo de SE, son capaces de producir nevadas considerables con advecciones no tan intensas como las de norte, gracias a los pasillos orográficos del valle del Ebro.

La figura 4 muestra los flujos de humedad predominantes en Pamplona, Logroño y Daroca en situaciones de nevadas. En Pamplona sólo los flujos de componente N son capaces de producir nevadas, y en concreto sólo aquellos de NW producen nevadas de entidad. Sin embargo, en Logroño, dada su ubicación en el Valle del Ebro, es capaz de recibir flujos tanto de N como SE en situaciones de nevadas. Otro aspecto a considerar es la intensidad del flujo que permita rebasar las distintas barreras orográficas, como es el caso de nevadas del NW en Logroño en comparación con Pamplona. Daroca es un buen ejemplo de cómo a pesar de ser el flujo de NW el de mayor frecuencia, en ubicaciones más alejadas del Cantábrico y con mayores barreras orográficas intermedias, estas nevadas se pueden considerar testimoniales, siendo los flujos de origen mediterráneo los más frecuentes en situaciones de nevadas copiosas.

La figura 5 muestra los flujos de humedad predominantes en Huesca, Zaragoza y Teruel en situaciones de nevadas. La mayor cercanía al Mediterráneo así como los pasillos orográficos del Valle del Ebro confieren a Huesca y Zaragoza una mayor frecuencia de componentes E en situaciones de nevadas. En Teruel, ya a pocos kilómetros del Mediterráneo, sucede una situación similar. Además, en todos los casos, la intensidad de los flujos de humedad no son excesivamente altos y suelen estar asociados a bajas presiones situadas en la zona oriental de la Península que inyectan humedad desde el Mediterráneo.

#### 4.1 Estructura térmica en 850 hPa

La tabla 3 muestra los valores habituales de temperatura en 850 hPa en situaciones de nevadas para cada observatorio. Las distintas alturas de cada observatorio son críticas en relación a la ubicación de la isoterma de 0°C y guardan una lógica respecto a la clasificación por franjas de altitud. Sin embargo, es llamativo que para aquellos observatorios a menor altitud situados en el valle del Ebro y con temperaturas en 850 hPa similares a las de observatorios a mayor altitud, existe una frecuencia apreciable de nevadas. La explicación radica en los embolsamientos de aire frío previamente instalados en el fondo del valle, facilitando que toda la columna entre 850hPa y superficie permanezca lo suficientemente fría para que la nevada tenga lugar.

### 5. Ejemplos

#### 5.1 Episodio del 7 de Febrero de 2009

La figura 6a) muestra una situación atmosférica en el nivel de 850 hPa con un claro flujo del NW y con temperaturas del orden de -4°C en toda la franja norte. Eran condiciones favorables para producir nevadas, como así sucedió. La figura 6b) muestra cómo la nubosidad asociada a la precipitación es muy compacta en la franja norte, mientras se difumina progresivamente conforme nos acercamos al Mediterráneo.

#### 5.2 Episodio del 7 de Enero de 2010

La figura 7a) muestra una situación atmosférica en el nivel de 850 hPa con bajas presiones centradas en el sur de la Península Ibérica, provocando inestabilidad y un flujo de componente mediterránea sobre la zona oriental peninsular. La temperatura en 850 hPa se asocia tanto a la bolsa de aire frío que acompaña a la baja como al flujo de componentes N y E que afectan parcialmente a la franja norte peninsular. Las temperaturas son suficientemente frías para dar lugar a nevadas en Teruel y Daroca y, dependiendo de los embolsamientos de aire frío previos, para ocasionar también nevadas en observatorios de menor altitud en el Valle del Ebro. La figura 7b) muestra como la nubosidad asociada se concentra en la zona oriental de la Península mientras toda la zona de influencia Atlántica se encuentra totalmente despejada.

### 6. Conclusiones

Gracias a información meteorológica de calidad, tomada por observadores profesionales, se ha conseguido caracterizar adecuadamente los eventos de nieve asociados a cada observatorio. El estudio muestra las diferencias entre nevadas dependiendo de la cercanía o lejanía a diferentes fuentes de humedad, bloqueos orográficos y tipo de perturbación atmosférica en relativamente cortas distancias desde el punto de vista sinóptico.

Este estudio define una climatología sinóptica de eventos de nieve con los elementos iniciales a considerar en situaciones favorables de nevada (flujos de humedad y temperatura) y que pueden ser muy útiles para tomar decisiones desde el punto de vista de la predicción operativa. Además este método puede exportarse a otras situaciones meteorológicas de interés.

Esta metodología puede también usarse a nivel climatológico para extraer conclusiones relativas a la variabilidad interanual de nevadas por observatorio y su relación con la variabilidad de patrones atmosféricos a nivel hemisférico.

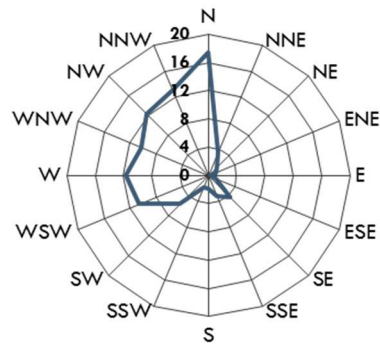
Finalmente, este estudio representa un primer paso para aumentar el número de variables atmosféricas que describan adecuadamente el evento nieve, pudiéndose, además, hacer extensivo a otras zonas de España con suficientes datos meteorológicos de alta frecuencia y que habitualmente coinciden con zonas densamente pobladas y/o aeropuertos.

### Referencias

- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, I., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F. (2011), The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137: 553–597. doi: 10.1002/qj.828

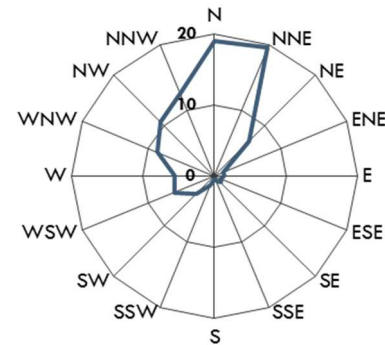
- WMO-SPICE (Solid Precipitation Intercomparison Experiment)

<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/intercomparisons/SPICE/SPICE.html>



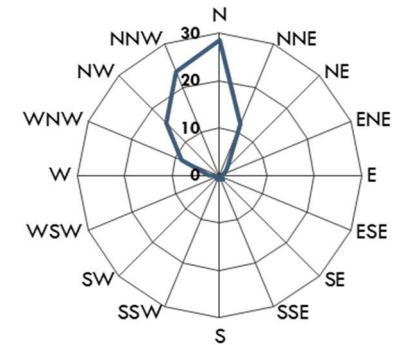
a)

SE (45 km/h), SW (40 km/h), W (50 km/h),  
NW (45 km/h), N (50 km/h)



b)

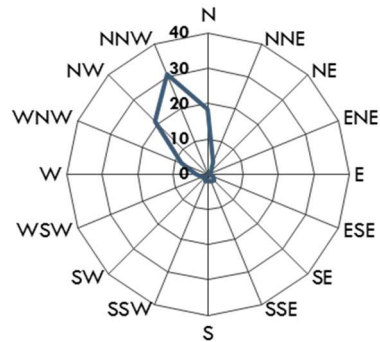
NW (45 km/h), N (45 km/h), NE (45 km/h)



c)

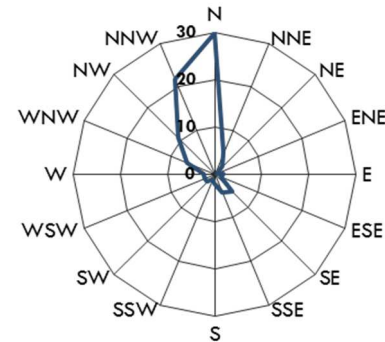
NW (45 km/h), N (45 km/h), NE (45 km/h)

Figura 3.- Frecuencia (%) de flujos atmosféricos predominantes en eventos de nieve para cada observatorio y modulo promedio de velocidad. a) Soria b) Burgos c) Vitoria. Subrayado y en negrita el de mayor frecuencia en nevadas superiores a 4 mm en 24 horas. Se realiza la aproximación 1mm (precipitación) es igual a 1cm (espesor).



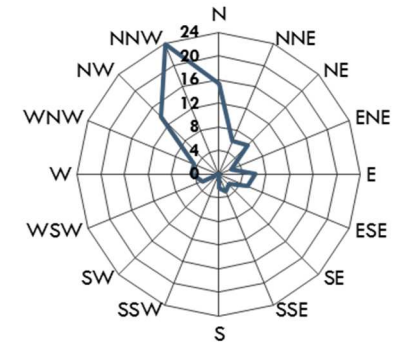
a)

NW (45 km/h), N (45 km/h)



b)

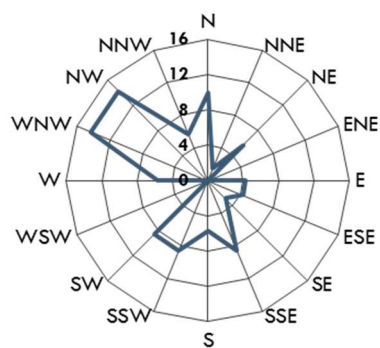
NW (60 km/h), N (50 km/h), SE (30 km/h)



c)

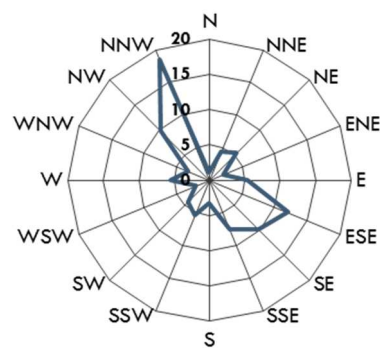
NW (50 km/h), NE (30 km/h), E (20 km/h)

Figura 4.- Frecuencia (%) de flujos atmosféricos predominantes en eventos de nieve para cada observatorio y modulo promedio de velocidad. a) Pamplona b) Logroño c) Daroca. Subrayado y en negrita el de mayor frecuencia en nevadas superiores a 4 mm en 24 horas. Se realiza la aproximación 1mm (precipitación) es igual a 1cm (espesor)



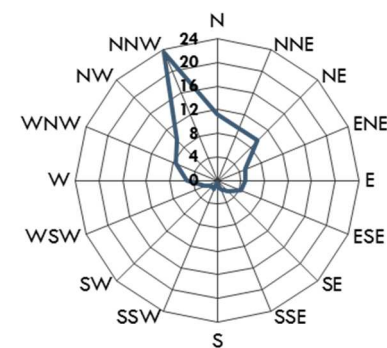
a)

W (40 km/h), NW (60 km/h), SE (30 km/h)



b)

NW (50 km/h), SE (15 km/h)



c)

NW (50 km/h), NE (20 km/h), E (20 km/h),  
SE (20 km/h)

Figura 5.- Frecuencia (%) de flujos atmosféricos predominantes en eventos de nieve para cada observatorio y modulo promedio de velocidad. a) Huesca b) Zaragoza c) Teruel. Subrayado y en negrita el de mayor frecuencia en nevadas superiores a 4 mm en 24 horas Se realiza la aproximación 1mm (precipitación) es igual a 1cm (espesor).

Altura	Temperatura en 850 hPa > 80% eventos	Observatorios
> 700 m	[-4°C, 0°C]	Burgos, Soria, Daroca, Teruel
700 m - 400 m	[-5°C, -2°C] y < -7°C	Pamplona, Vitoria, Huesca
< 400 m	[-5°C, -2°C] y < -7°C	Zaragoza, Logroño

Tabla 3.- Estructura térmica predominante en el 80% de situaciones atmosféricas favorables a precipitación en forma de nieve

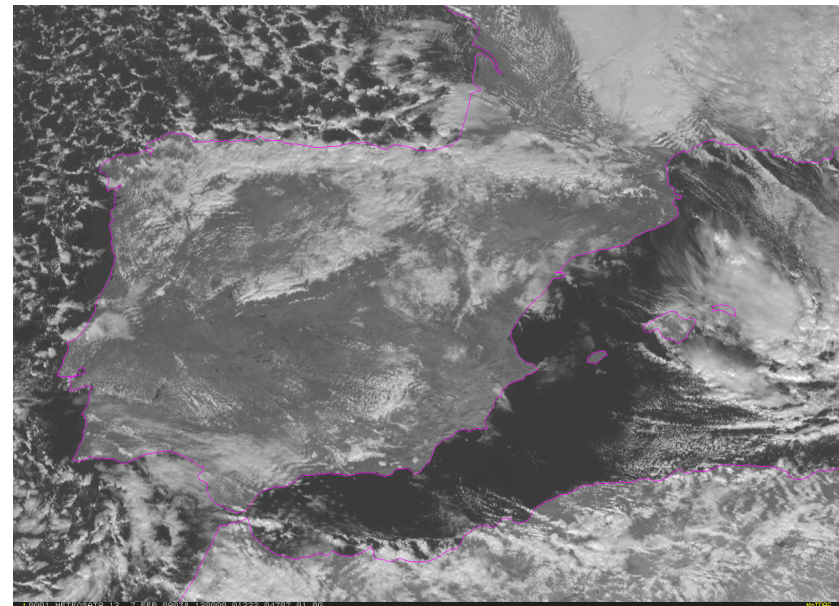
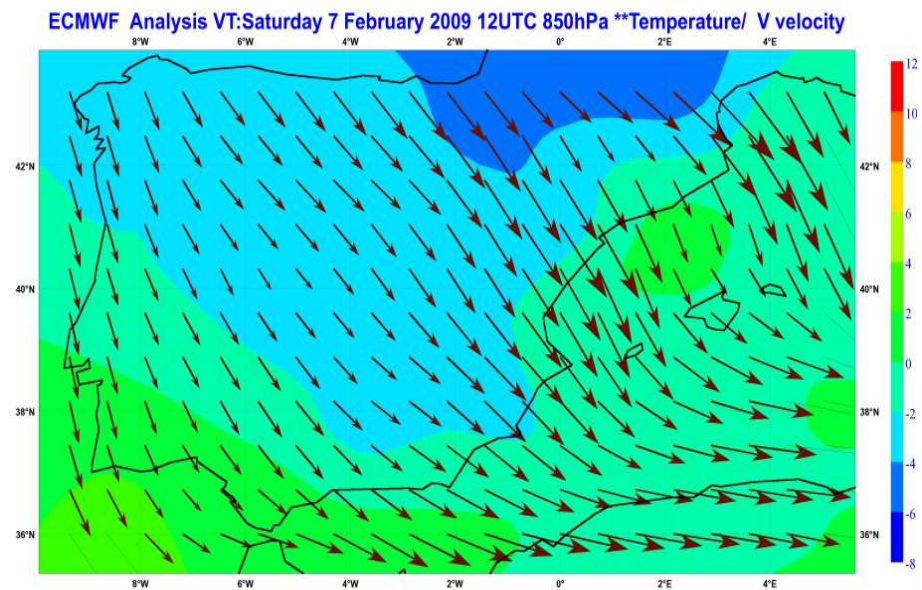


Figura 6.- Episodio de precipitación del 7 de Febrero de 2009. a) Viento y temperatura en 850 hPa b) Imagen de satélite en el canal visible

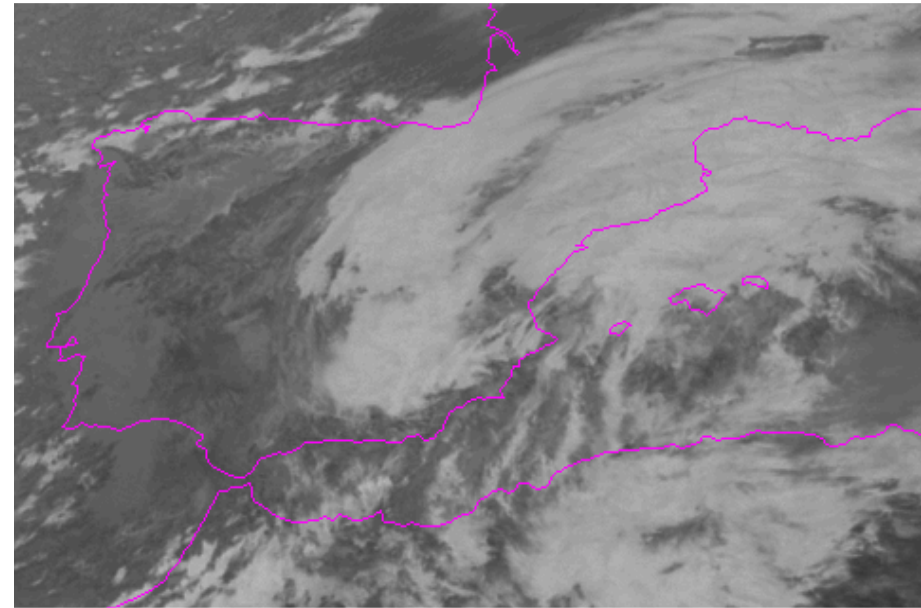
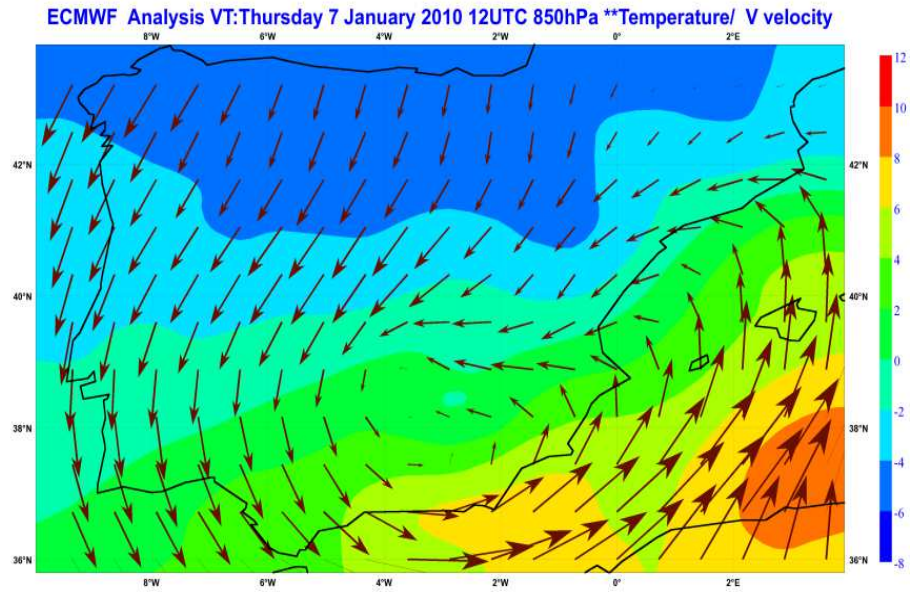


Figura 7.- Episodio de precipitación del 7 de Enero de 2010. a) Viento y temperatura en 850 hPa b) Imagen de satélite en el canal infrarrojo