

USO DEL MODELO UNIDIMENSIONAL H1D EN EL ESTUDIO DE UN CASO TÍPICO DE FORMACIÓN DE NIEBLAS EN EL INTERIOR DE LA VERTIENTE ATLÁNTICA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA.

D. Cano¹, E. Terradellas², A. Glowacka³

¹Instituto Nacional de Meteorología, C.M.T. en Madrid y Castilla-La Mancha. Parque del Retiro. Paseo de Uruguay, 2. 28080 Madrid. E-mail: dario@inm.es

²Instituto Nacional de Meteorología, Barcelona.

³Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Varsovia, Polonia.

Resumen

Se presenta el estudio de un caso de formación de niebla en el interior de las Mesetas Castellanas de la Península Ibérica. Se trata de un caso muy común, en el que entran en juego dos mecanismos mesoescales: una masa de aire cálida y húmeda es adveccionada desde el sur y una compleja circulación de brisas de montaña -vientos catabáticos- se desarrolla a lo largo de la noche, ambas sobre áreas con cielo despejado. El área de convergencia de estos dos flujos es un lugar adecuado para la formación de nieblas.

El modelo de predicción HIRLAM reproduce con razonable exactitud las advecciones cálidas, pero yerra en la previsión de los vientos catabáticos, sobre todo en los valles de pequeña escala y, por lo tanto, en la localización de las zonas de convergencia.

La utilización del modelo unidimensional HIRLAM-1D (H1D) permite imponer en cada lugar los forzamientos climatológicos adecuados y estudiar así la importancia de estos flujos en la formación o disipación de nieblas.

Se aplica el modelo H1D a 3 puntos: Madrid, Almagro y Valladolid, con el fin de simular el episodio. Y se experimenta la respuesta que el modelo proporciona cuando es informado de la presencia de un flujo catabático o de que se halla en una zona de convergencia.

Palabras clave: convergencia de flujos, flujo catabático, modelos unidimensionales, niebla.

Abstract

A case study on the formation of fog over the Castilian Plateau, in the Iberian Peninsula, is presented.

It is a common case, in which two mesoscale mechanisms are identified: a wet and warm air mass is advected from the south and a complex mountain-breeze circulation – a katabatic flow – is developed during the night, both over clear-sky regions. It is likely that fog is produced over the flow convergence region.

The HIRLAM model reasonably simulates the mentioned advections, but it is not able to reproduce the katabatic flows, especially over small-sized valleys. Therefore, the convergence areas are not located. On the other hand, some climatological forcings may be introduced into the one-dimensional HIRLAM model (H1D) in order to analyse the mechanisms involved in the fog formation or dissipation.

The H1D model is run for three sites: Madrid, Almagro and Valladolid, in order to reproduce the event. Some information on the katabatic flow and, therefore, on the flow convergence, is introduced in the simulations.

Keywords: flow convergence, fog, katabatic flow, one-dimensional model.

1. INTRODUCCIÓN

En la predicción de nieblas, se está utilizando actualmente una versión unidimensional del modelo HIRLAM. En este modelo, los términos dependientes de la estructura horizontal de la atmósfera se estiman a partir de las salidas del modelo operativo HIRLAM con 0.2° de resolución. Sin embargo, los vientos catabáticos no son correctamente reproducidos por el modelo tridimensional y, consecuentemente, tampoco por el unidimensional. Para subsanar este problema, en determinadas condiciones, los forzamientos procedentes del modelo tridimensional son sustituidos por otros de carácter climatológico, estimados a partir de un modelo conceptual de vientos catabáticos.

Este módulo está diseñado específicamente para el aeropuerto de Madrid-Barajas. El esquema de flujo catabático se activa cuando hay inversión de tierra, modificando algunos forzamientos:

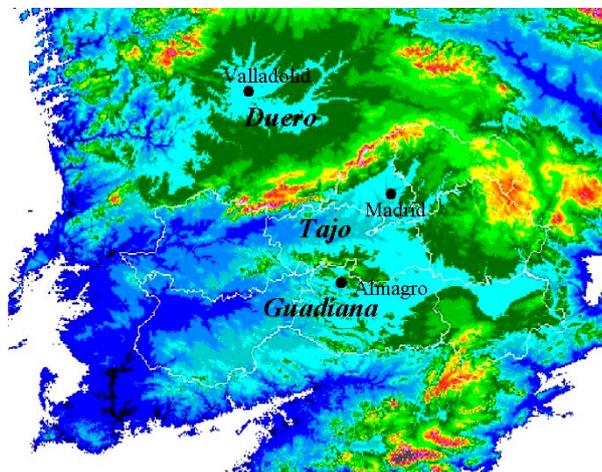
- Advección horizontal de viento. En el momento de activarse (o desactivarse) el esquema de catabáticos en un determinado nivel, se impone una advección horizontal de viento tal que el viento pase a ser nulo en el siguiente paso de tiempo.
- Gradiente horizontal de presión. Se considera un viento geostrófico que depende linealmente del valor de la inversión de tierra en grados, de tal forma que los vientos en superficie se aproximen a los valores climatológicos.
- Divergencia horizontal de masa. Se considera también que depende linealmente del valor de la inversión de tierra. Ello implica una modificación del perfil de velocidades verticales.
- Advección horizontal de humedad, proporcional a la velocidad del viento.
- Advección horizontal de temperatura. Se puede elegir entre distintos esquemas. En este caso se considera constante.

Puede establecerse, además, que el módulo se desactive cuando la velocidad del viento supere un determinado umbral.

2. ENTORNO MESOESCALAR DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio (Figura 1) comprende tres grandes cuencas fluviales que vierten al Atlántico: al norte, la cuenca del Duero; en la parte central, la cuenca del Tajo y al sur, la del Guadiana. Las montañas del Sistema Central separan las cuencas del Duero y el Tajo; los Montes de Toledo, la del Tajo y la del Guadiana.

Figura 1. Orografía de la Meseta Central de la Península Ibérica. Sobre el mapa se señala el nombre de las cuencas y el emplazamiento de los aeródromos.

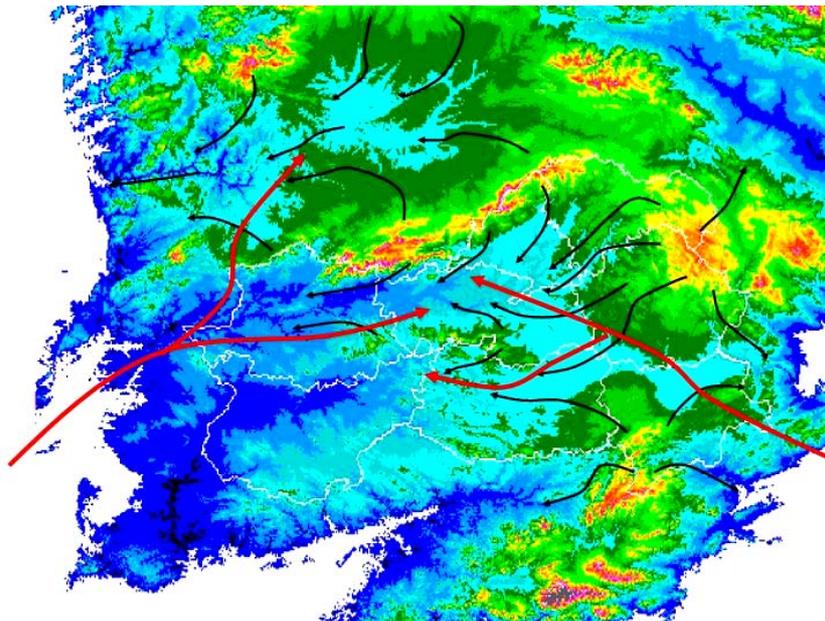


3. MODELO CONCEPTUAL DE FORMACIÓN DE NIEBLAS EN LA MESETA

Anteriores estudios sobre formación de niebla sobre la región desarrollados en el Centro Meteorológico en Madrid y Castilla-La Mancha (Cano et al., 2001), han puesto en evidencia que en las situaciones de niebla, la mayor parte de las veces, entran en conjunción dos mecanismos mesoescalares: la presencia de flujos catabáticos y las advecciones cálidas de procedencia marítima. Las zonas de convergencia de las masas de aire dirigidas por cada uno de estos dos mecanismos son especialmente favorables a la formación de nieblas, aunque éstas aparecen también, en ocasiones, en otros puntos de la zona afectada por la advección cálida.

En la Figura 2 puede verse, de forma esquemática, las circulaciones observadas habitualmente en situaciones de niebla. Los sistemas montañosos y su entorno suelen verse afectados por un flujo catabático (flechas negras), que desciende de las cumbres y alcanza las zonas más profundas de los valles. En cambio, las regiones más abiertas a la influencia marítima, ya sea ésta atlántica o mediterránea, son alcanzadas por masas relativamente cálidas y húmedas de esa procedencia (flechas rojas).

Figura 2. Esquema del modelo conceptual de formación de nieblas en la Meseta Central de la Península Ibérica. Sobre el mapa de orografía se representan: con flechas negras los flujos catabáticos, y con flechas rojas las advecciones marítimas.



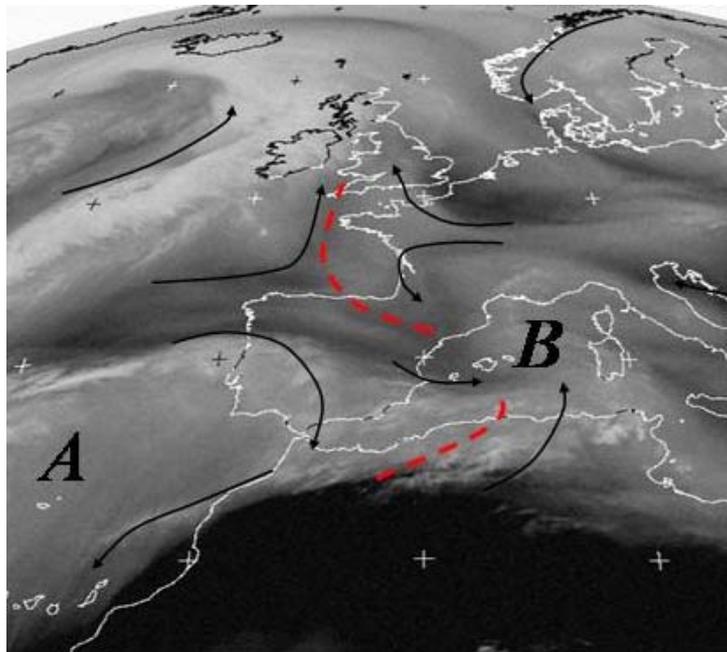
4. LA NOCHE DEL 11 DE NOVIEMBRE DE 2003.

En primer lugar se va a analizar la situación correspondiente a la noche de estudio, entre el 3 y el 4 de noviembre de 2003, intentando describir la situación mesoescalar sobre la región a partir tanto de imágenes de satélite como de observaciones convencionales

En la imagen del canal WV de Meteosat (Figuras 3) se observa cómo en la situación de niveles altos sobre la Península Ibérica pueden distinguirse dos zonas bien diferenciadas. En la parte más septentrional, se percibe una amplia zona de deformación, originada por el enfrentamiento de una masa de procedencia atlántica con otra de origen centroeuropeo. Se trata de una zona en la que dominan los cielos despejados. Sobre la parte meridional se distingue otra masa de procedencia atlántica. En ella se observa un flujo que se curva

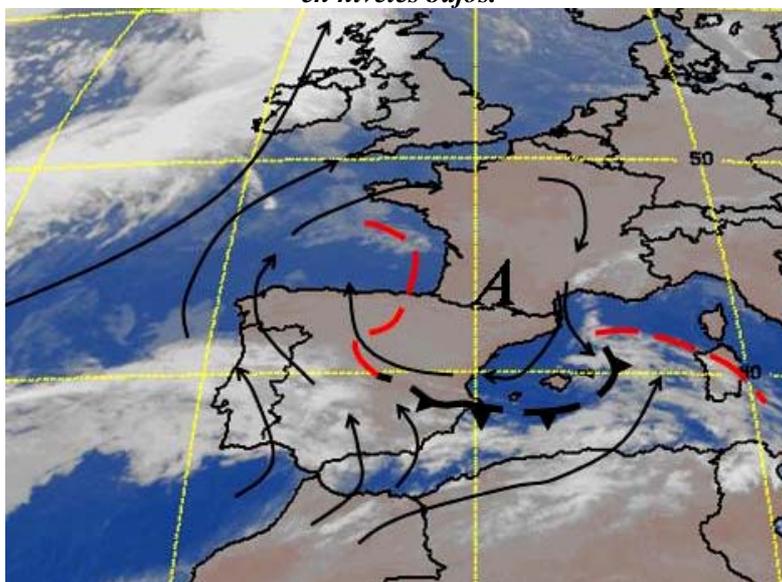
anticiclónicamente sobre la mitad occidental, mientras difluye ciclónicamente sobre la oriental, atraída por una depresión mediterránea.

Figura 3. Imagen del canal WV del satélite Meteosat correspondiente al día 4 de noviembre de 2003 a 0600 UTC. Sobre ella se representan los centros de altas y bajas presiones, los flujos relativos (flechas negras) y las áreas de deformación (líneas rojas discontinuas).



En la imagen del canal IR (Figura 4) se observa cómo, en los niveles bajos, la circulación está dirigida por la presencia de un centro de altas presiones centrado entre España y Francia, abarcando una amplia región en la que los cielos permanecen despejados. Las regiones occidentales y meridionales de la Península, bajo la parte suroccidental del anticiclón, quedan afectados por un flujo del sur que advecta aire cálido. .

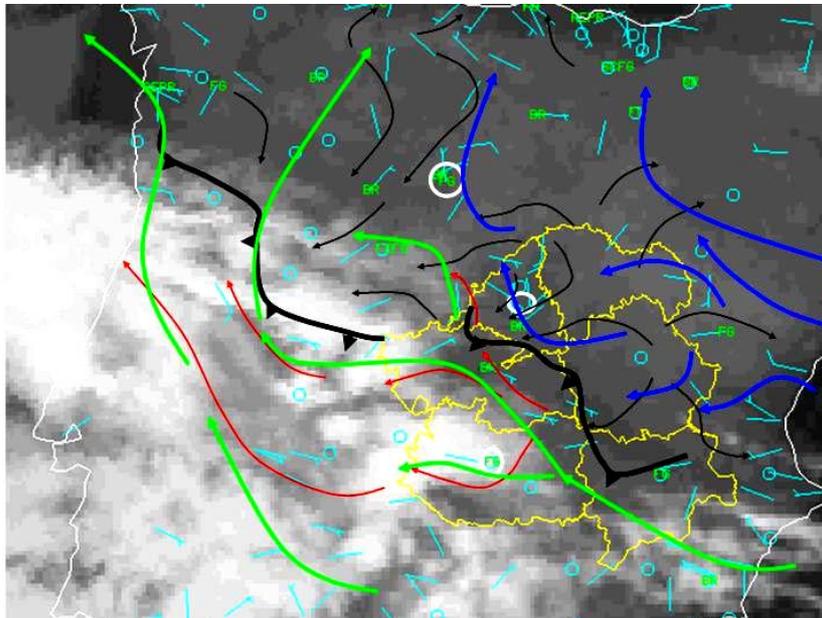
Figura 4. Imagen del canal IR de Meteosat correspondiente al día 4 de noviembre de 2003 a 0600 UTC. Sobre ella se representa el centro de altas presiones, los flujos a 850 hPa y las fronteras en niveles bajos.



La zona de convergencia mostrada en la figura, que corresponde a una zona de divergencia en niveles altos, origina una línea de frontogénesis. Las regiones situadas al norte y al este de la misma quedan a expensas de los vientos locales (catabáticos), que dejan la zona, en general, libre de nieblas.

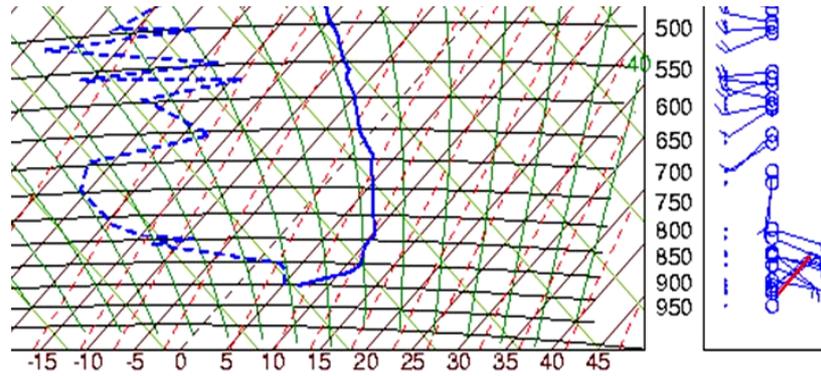
En la figura 5 puede verse con más detalle la circulación sobre la región de estudio, quedando claramente de manifiesto el límite de la advección del sur, la zona de convergencia, y la circulación en superficie y en 850 hPa donde se ha tenido en cuenta la retención orográfica.

Figura 5. Imagen METEOSAT en el canal IR a las 0600 UTC. Ploteo de viento y fenómenos significativos y diagnóstico de líneas de corriente. Con flechas negras y rojas el diagnóstico en superficie de vientos catabáticos (negro) y flujo que advecta la masa del sur(rojo). En 850 hPa se usan flechas verdes y azules para distinguir la masa cálida de la fría respectivamente. Con círculos blancos los emplazamientos de los aeródromos de Madrid-Barajas, Valladolid-Villanubla y Almagro.



El radiosondeo realizado en el aeropuerto de Madrid-Barajas (Figura 6), aproximadamente en el límite de las dos masas de aire, delata claramente el desacoplamiento entre el flujo en niveles bajos, que es predominantemente de componente este, y el de niveles más altos, por encima de 700 hPa, que es del oeste. Por debajo de 700 hPa se puede aún distinguir entre un viento del norte y nordeste en los primeros metros (catabático) y uno entre el sur y el sureste por encima. Los niveles entre 925 y 700 hPa (por encima del catabático) están extremadamente secos, lo que indica que a este punto no llega la advección húmeda del sur.

Figura 5. Radiosondeo de Madrid de 0000 UTC. En rojo se destaca el viento en el nivel más bajo (NNE)



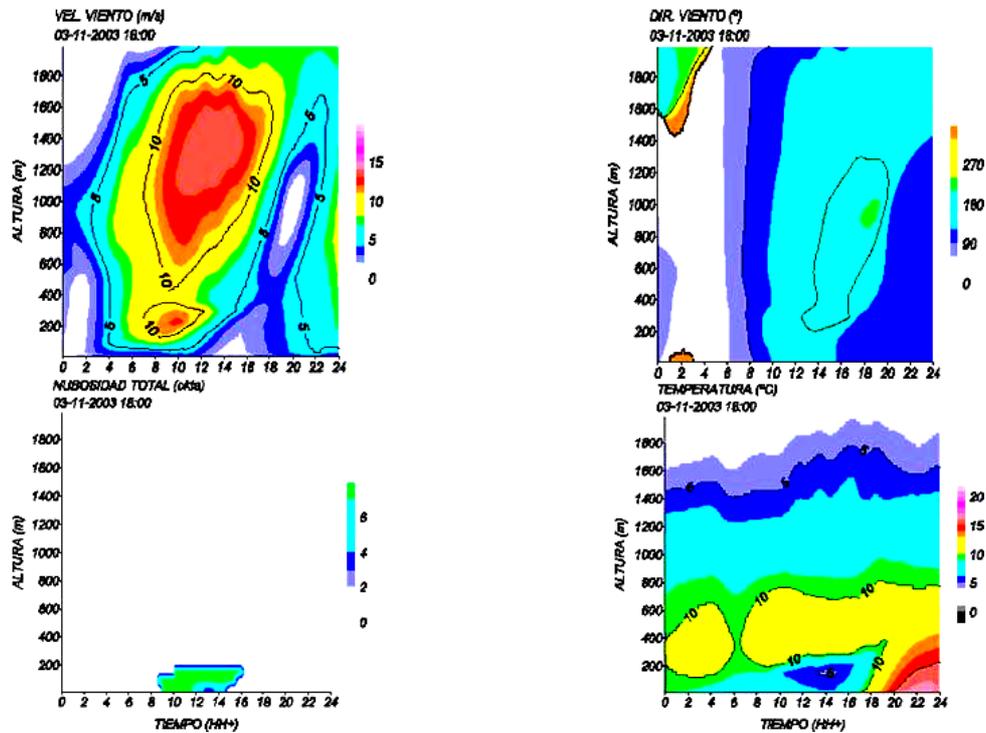
5. SIMULACIÓN MEDIANTE EL MODELO H1D

En este apartado se describen los resultados de las simulaciones realizadas mediante la versión unidimensional de HIRLAM, H1D, de la noche del 3 al 4 de noviembre de 2003, para los aeródromos de Valladolid, Madrid-Barajas y Almagro. Todas las simulaciones se inician a las 1800 UTC del día 3 de noviembre de 2003 y se alargan durante 24 horas.

5.1. SIMULACIÓN PARA VALLADOLID

El Valle del Duero queda invadido por la advección del sur, sin embargo, la noche ha sido suficientemente fría y despejada como para permitir el desarrollo del catabático. En Valladolid - Villanubla se registró niebla durante las primeras horas de la madrugada.

Figura 7. Predicciones del modelo H1D de las 1800 UTC del día 3 de noviembre para Valladolid.



El modelo reproduce correctamente la niebla, así como el viento del sureste soplando por encima de la inversión de tierra (Figura 7). No así la dirección del viento en las capas más

bajas, dentro de la mencionada inversión. En consecuencia, la predicción de temperatura a 2 m sobre el nivel del terreno (SNT) es bastante deficiente, como puede verse en la tabla 1. Probablemente el modelo esté reproduciendo la advección del sur y no el catabático que se está realmente observando.

El viento en superficie en Valladolid fue de nordeste hasta las 1030 UTC que roló a sureste. La niebla se formó a las 0600 UTC, 3 horas después de lo previsto.

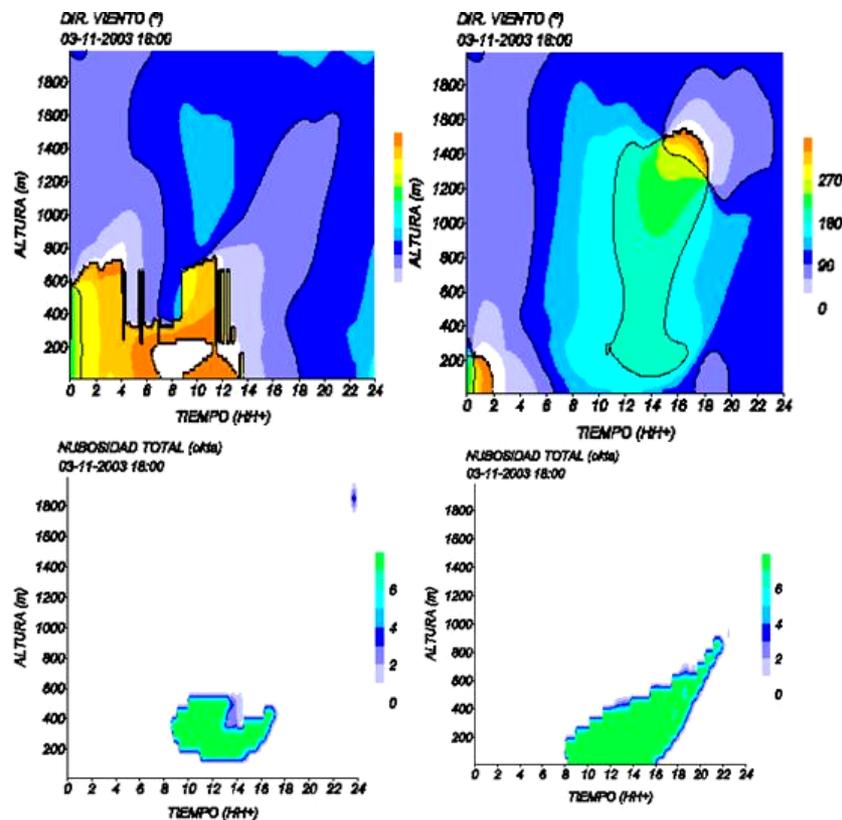
Tabla 1. Valores de temperatura (T en $^{\circ}\text{C}$), temperatura del punto de rocío (T_d en $^{\circ}\text{C}$), dirección (dd en grados) y velocidad (vv en ms^{-1}) del viento observados y previstos por HID para el día 4 de noviembre de 2003 a 0600 UTC en el aeropuerto de Valladolid

| | T | Td | DD | VV |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| previsto | 6.8 | 6.0 | 157 | 2.7 |
| observado | 1 | 0 | 60 | 2.5 |

5. 2. MADRID-BARAJAS

El aeropuerto de Madrid-Barajas está situado en la Meseta Meridional. Se encuentra, al igual que el anterior, cerca del límite entre la masa de aire advectada desde el sur y la zona afectada por los vientos catabáticos de los valles altos de la cuenca del Tajo. Aunque no llegó a registrarse niebla, se observó una considerable reducción de visibilidad alrededor de 0900 UTC.

Figura. 6. Predicciones del modelo HID de las 1800 UTC del día 3 de noviembre para Madrid. A la izquierda la dirección del viento y la nubosidad cuando actúa el módulo de catabáticos y a la izquierda cuando no actúa.



El modelo HID sin la incorporación de forzamientos climatológicos predice vientos del sureste en superficie y formación de niebla. Sin embargo, con la activación del módulo de

catabáticos (Cano et al, 2001), mejora ostensiblemente la predicción de todas las variables en superficie y ya no se forma niebla, aunque sí nubes bajas (Figura 6) .

El error de las nubes bajas es difícil de evitar ya que el modelo HIRLAM 0.2, del que se alimenta el modelo H1D, preve la llegada de la advección cálida y húmeda del sureste sobre la zona.

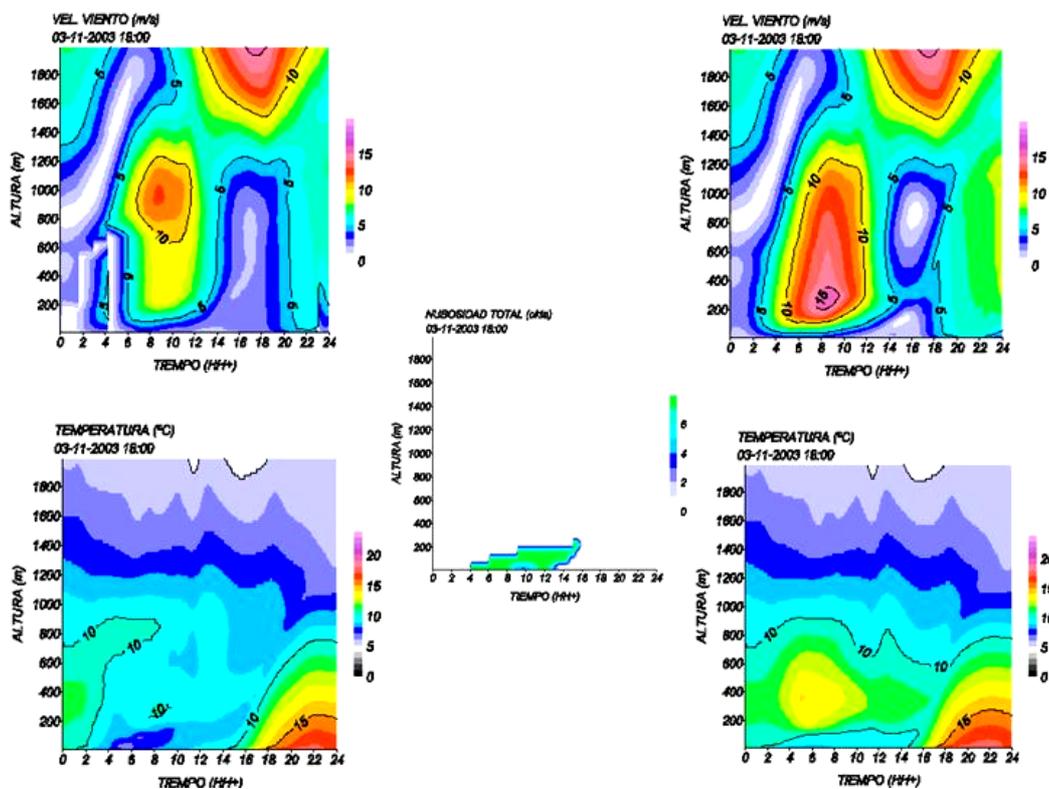
Tabla 2. Valores previstos por el modelo H1D y observados a las 0600 UTC en Madrid. Se muestran los valores previstos cuando se tiene en cuenta o no el flujo catabático.

| | T | Td | DD | V m/s |
|----------------|-----|-----|-----|-------|
| Sin catabático | 8.6 | 8.5 | 152 | 1.7 |
| Con catabático | 5.6 | 4.6 | 75 | 1.6 |
| observado | 3 | 2 | 350 | 1 |

5.3. ALMAGRO.

Situado en la Meseta Sur en la zona de advección cálida del sureste incluso en superficie, y a barlovento de los Montes de Toledo. Se observa niebla desde antes de la madrugada (figura 10)

Figura 9. Predicciones del modelo H1D de las 1800 UTC del día 3 de noviembre para Almagro. A la izquierda la velocidad del viento y la temperatura cuando actúa el módulo de catabáticos y a la izquierda cuando no actúa. En el centro la nubosidad obtenida con los nuevos forzamientos.



El modelo no hubiera previsto la niebla si no se le hubiera impuesto unas condiciones, parecidas a las del catabático de Madrid. Esto es: una convergencia en superficie que

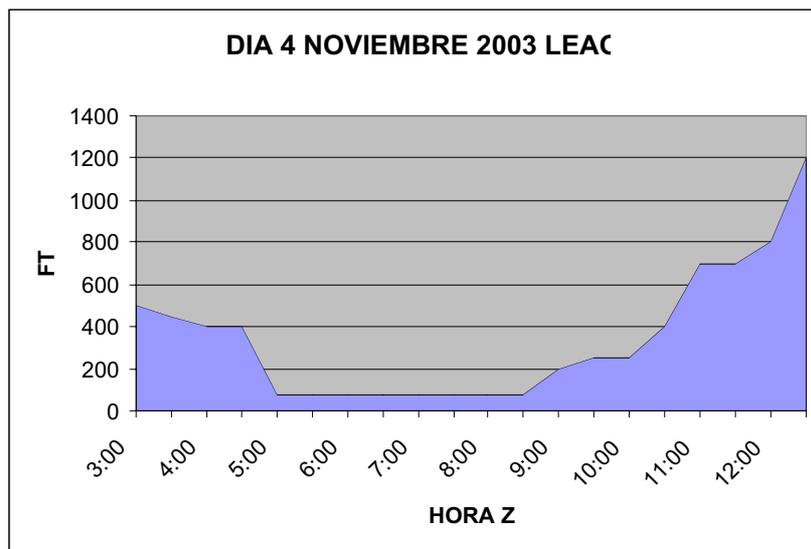
provoque un ascenso. Esto puede justificarse por la llegada del catabático en algún momento de la noche o por el frenado que el flujo del sureste sufre al llegar a los Montes de Toledo. Los valores climatológicos de estos nuevos forzamientos no están aún muy estudiados, como para que el modelo actúe de forma automática, como en el caso de Barajas, pero los primeros resultados son alentadores.

Los vientos más flojos en superficie que se obtienen de este modo, permiten también un mayor enfriamiento del aire junto al suelo. La inversión de tierra se modera por las corrientes ascendentes que transportan aire frío hacia arriba favoreciéndose la mezcla.

Tabla 3. Valores previstos por el modelo H1D y observados a las 0600 UTC en Almagro. Se muestran los valores previstos cuando se tiene en cuenta o no el flujo katabático.

| | T | Td | DD | V m/s |
|----------------|-----|-----|-----|-------|
| Sin catabático | 9.1 | 9.1 | 120 | 1.4 |
| Con catabático | 9.3 | 8.9 | 120 | 1.8 |
| observado | 4 | 4 | 90 | 1 |

Figura 10. Datos del ceilómetro de Almagro. Altura del techo de nubes.



6. CONCLUSIONES Y FUTUROS ESTUDIOS.

La modificación de los forzamientos locales en los niveles bajos a partir de observaciones climatológicas, resulta ser una herramienta eficaz en el desarrollo de un modelo unidimensional de predicción.

Los vientos catabáticos nocturnos no son previstos de forma satisfactoria por el modelo HIRLAM3D y, consecuentemente, tampoco por el H1D.

El uso de modelos unidimensionales, nos permite comprender mejor los mecanismos formación de nieblas.

Son necesarios estudios que desentrañen mediante climatologías el comportamiento nocturno de las zonas destinadas a la predicción de nieblas.

REFERENCIAS

- F. Aguado, D. Cano y B. Téllez: 1998, 'Avance sobre la influencia de los fenómenos mesoescalares en la contaminación de ozono sobre el área de Madrid', *Clima y Ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas*, pp. 521-532. Ed. Parteluz, Madrid
- D. Cano, J. Casado, I. Palacio, B. Téllez, E. Terradellas y J. Cuxart: 2001, 'Importancia de los flujos catabáticos en las predicciones para el aeropuerto de Madrid-Barajas', V Simposium Nacional de Predicción, INM, Madrid.
- D. Cano, I. Palacio, B. Téllez y J. Albaladejo: 2001, 'Estudios de niebla realizados en el CMT en Castilla – La Mancha', V Simposium Nacional de Predicción, INM, Madrid.