

# APLICACIONES DE PREDICCIÓN INMEDIATA PARA LA AERONÁUTICA EN EL INM

F. Elizaga<sup>(1)</sup>, F. Martín<sup>(1)</sup>, J. M. Fernández<sup>(1)</sup> e I. San Ambrosio<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, fermin.elizaga@inm.es

## 1. Introducción

Uno de los objetivos prioritarios del Instituto Nacional de Meteorología (INM) es la elaboración de predicciones y productos de “nowcasting” (predicción inmediata) precisos, tanto espacial como temporalmente, para la navegación aérea. En particular, los fenómenos convectivos son uno de los grandes desafíos para la predicción en relación con el soporte a las actividades aeronáuticas, así como en relación con las tareas de carga de combustible en las aeronaves. El objetivo de este trabajo es presentar algunas de las aplicaciones de nowcasting para la aeronáutica que se han desarrollado en los últimos años en el INM.

Varias de estas aplicaciones están basadas en procedimientos objetivos para el análisis de estructuras convectivas en imágenes radar, que incluyen la integración de diferentes tipos de datos: radar, satélite, rayos y modelos numéricos. Otras usan datos del MSG (Meteosat Second Generation) para estimar las áreas en las que la probabilidad de engelamiento o turbulencia es mayor. Diversos productos gráficos son utilizados por los predictores en sus actividades operativas, como los que muestran las estructuras convectivas identificadas de forma automática y sus extrapolaciones. Otros productos, también obtenidos de forma automática, se envían directamente a los usuarios finales en los aeropuertos; entre estos se incluyen avisos de tormentas previstas cada 10 minutos y también avisos de observación de rayos cada 2 minutos.

## 2. Aplicaciones basadas en datos de radar y de rayos

### 2.1 Análisis automático de estructuras convectivas

A lo largo de los últimos años se han venido desarrollando en el STAP (Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción) diversas herramientas y aplicaciones objetivas para la identificación, análisis, seguimiento y extrapolación de estructuras y células convectivas en datos radar (Martín et al, 2002). El procedimiento se basa en la integración de diferentes tipos de datos: radar, rayos, satélite y modelos numéricos de predicción (HIRLAM, modelo de área limitada del INM, o ECMWF, modelo global del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo).

En una primera fase se realiza un análisis bidimensional (2D) de los datos radar, usando un PPI (Plan Position Indicator) o un CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) de reflectividad en niveles bajos a nivel regional, para identificar y separar los ecos convectivos del resto de la señal radar. En una segunda fase se obtiene un análisis tridimensional (3D), usando para ello los datos de reflectividad volumétricos, para identificar células tormentosas individuales embebidas en las estructuras convectivas 2D. El procedimiento incluye un módulo avanzado para estimar la probabilidad de granizo (San Ambrosio et al., 2004). La imagen mosaico radar a nivel nacional de reflectividad máxima se analiza también, usando el módulo bidimensional. Asimismo, se realiza un análisis de los datos de rayos tanto a nivel regional como nacional. La información extraída por los diferentes módulos es un elemento fundamental en las actividades operativas de predicción y en el proceso de toma de decisión de los predictores en relación con las actividades de nowcasting.

En la Figura 1 se puede ver un ejemplo de producto operativo basado en el análisis 2D de la imagen radar compuesta de reflectividad máxima del 17 de agosto de 2004 a las 13:10. La información acerca de las estructuras convectivas se superpone sobre la imagen de IR de satélite. Las estructuras identificadas automáticamente se extrapolan hasta 1 hora, a intervalos de 10 minutos, según indican los segmentos de color blanco. También se incluye información sobre las estructuras en la parte derecha de la Figura 1, mostrando el número de píxeles (NU.PIX), la reflectividad máxima (ZMAX) y la reflectividad media (ZMED). En el producto se presenta información acerca del número de rayos positivos y negativos asociados con cada estructura 2D en los últimos 10 minutos (RAYOS). Cuando el número de rayos positivos es mayor que el negativo aparece en rojo, para indicar que se podría tratar de una estructura de comportamiento potencialmente anómalo. Aparecen enmarcados por circunferencias de color magenta los aeropuertos que podrían verse afectados en la próxima hora por estructuras convectivas (siempre que la extrapolación de una estructura la sitúe dentro de un radio de 25 km con centro en el aeropuerto). A su vez, las pequeñas circunferencias de color rojo se usan para indicar

que hay actividad eléctrica en la proximidad del aeropuerto.

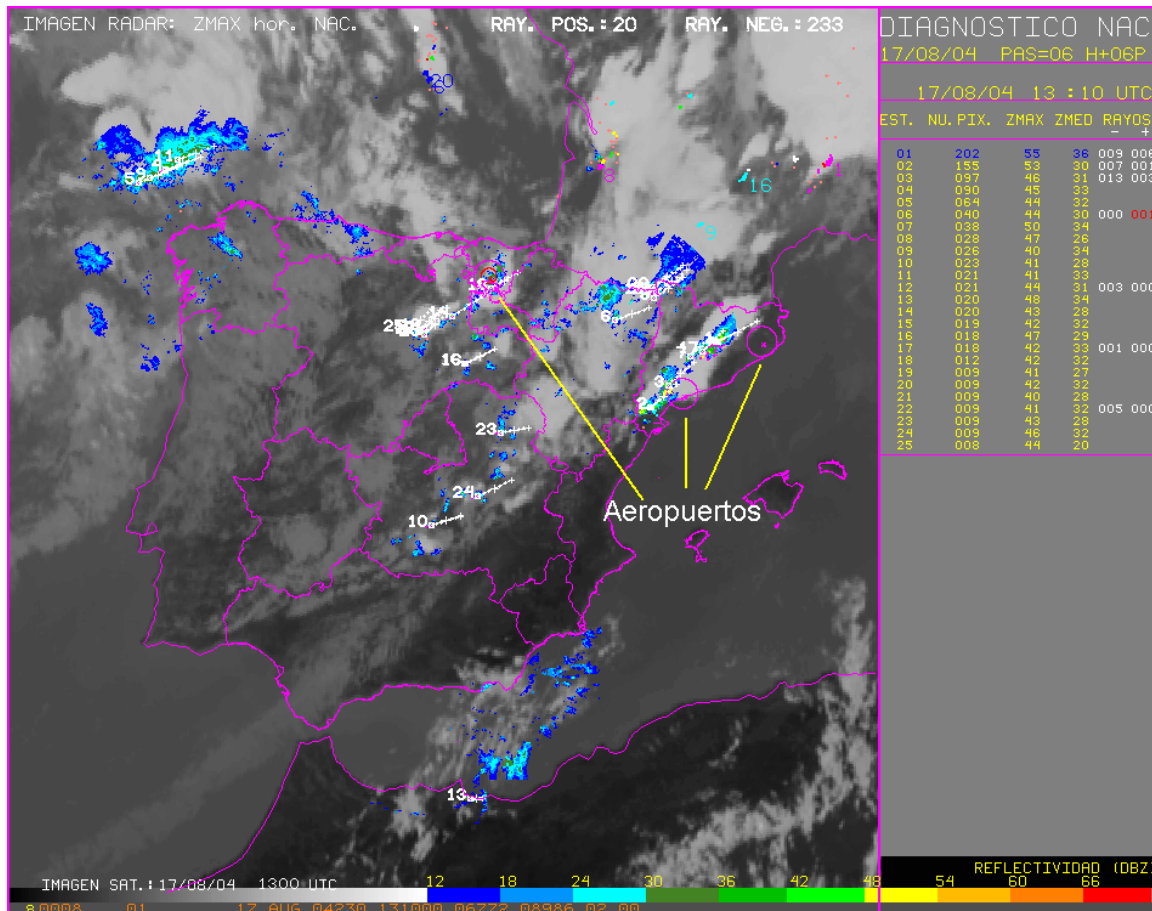


Figura 1.- Ejemplo de producto operativo basado en el análisis 2D de reflectividad máxima de la imagen radar compuesta del 17 de agosto de 2004 a las 13:10 UTC. Las circunferencias de color magenta señalan los aeropuertos que podrían verse afectados por estructuras convectivas en la próxima hora. Si ya está afectado por rayos, como ocurre en el aeropuerto de Vitoria, se marca con una pequeña circunferencia roja.

## 2.2 Avisos de tormentas previstas

Mientras que el producto de la Figura 1 es utilizado por los predictores operativos en sus labores de vigilancia, también se generan avisos automáticos como ayuda a las operaciones de los aeropuertos. Estos avisos se emiten cuando la extrapolación de una tormenta indica que afectará a un aeropuerto en los próximos 20 minutos. Los avisos se obtienen cada 10 minutos y se envían automáticamente a los aeropuertos afectados como soporte a las actividades de suministro de combustible a las aeronaves.

Para completar la información que se suministra acerca de las tormentas en las cercanías del aeropuerto, se generan también avisos de rayos observados dentro de un círculo de 25 km alrededor del aeropuerto, los cuales se transmiten automáticamente cada 2 minutos.

De esta manera, los centros de control del tráfico aéreo disponen de la información más adecuada acerca de todos los fenómenos convectivos dentro

del área de operaciones. Un ejemplo de mensaje de aviso de tormentas previstas aparece a continuación.

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**  
**WWSP62 ACT LELL 05051707:59 VAL 20m UNA MOV**  
**S/ S**

**TORMENTA PREVISTA para el área del aeropuerto de**  
**SABADELL**  
**MENSAJE emitido a las 07:59 UTC del 17 de Mayo de**  
**2005**

**Se detecta tormenta que posiblemente afectara a la**  
**zona del aeropuerto en los próximos 20 minutos,**  
**situada al S, desplazándose hacia el S del aeropuerto.**

Figura 2.- Ejemplo de aviso de tormentas previstas, generado automáticamente tomando como punto de partida los resultados del procedimiento objetivo para el análisis de estructuras convectivas (radar y rayos).

### 3. Productos basados en MSG

#### 3.1 Estimación de áreas favorables al engelamiento

Recientemente se han llevado a cabo diversas actividades para la obtención de un producto que permita estimar las áreas más favorables a la ocurrencia de engelamiento, usando varios canales del satélite MSG (Meteosat Second Generation). El trabajo se ha basado en un producto similar desarrollado en los EE.UU usando datos GOES (Ellrod, 1996). El punto de partida para la obtención del producto está en tratar de identificar de forma objetiva la presencia de gotas de agua subfundida en las nubes, teniendo en cuenta no solo la disponibilidad de nuevos canales sino también la resolución y frecuencia mejoradas del MSG. La

aplicación hace uso de la información de los canales infrarrojos IR10.8 y IR3.9, así como de los productos del SAF (Satellite Application Facilities) de Nowcasting CT (Tipo de nube) y CTHH (Presión en la cima de las nubes).

En la Figura 3 puede verse la presentación básica del producto. Las cimas de las nubes opacas, en las que posiblemente se pueda producir engelamiento, aparecen coloreadas según una escala de niveles de vuelo. Las cimas opacas cuya temperatura es inferior a -25 grados centígrados aparecen en blanco (son muy frías para contener agua subfundida), mientras que la nubosidad multinivel aparece en un color verde. La aplicación permite combinar esta información básica con los niveles de vuelo de las isoceros de 0 y -12 grados, niveles entre los cuales la probabilidad de engelamiento es mayor.

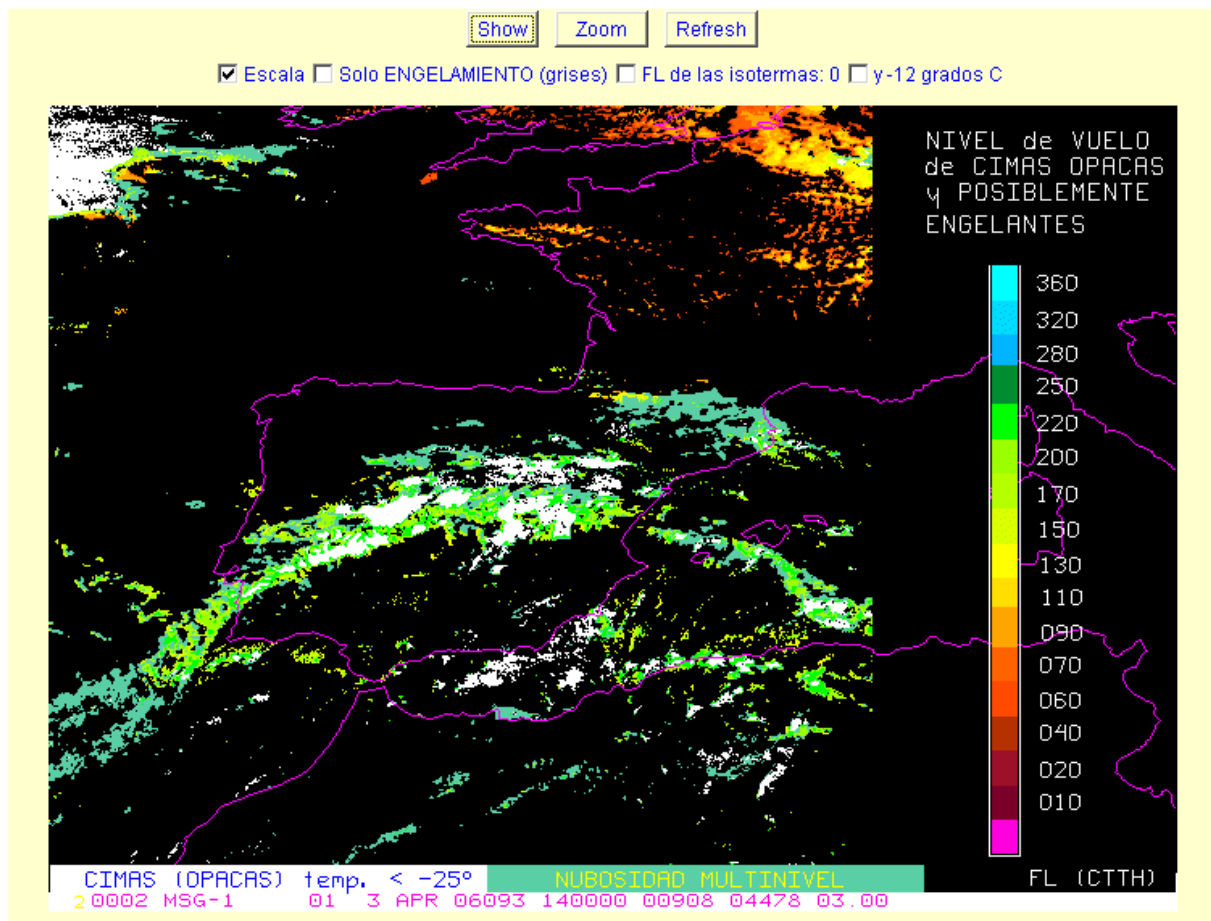


Figura 3.- Ejemplo de presentación del producto de engelamiento (3 de abril de 2006 a las 14:00 UTC). Las cimas de las nubes opacas aparecen coloreadas según una escala de niveles de vuelo. Ver texto para más detalles.

#### 3.2 Identificación de ondas de montaña en el canal WV7.3

Como es bien conocido, las imágenes tradicionales de WV son fundamentales para el diagnóstico subjetivo y seguimiento de estructuras dinámicas, sinópticas y mesoescalares, en la troposfera media y

alta (por ejemplo máximos de viento y vórtices y áreas de deformación en niveles altos).

El nuevo canal de vapor de agua WV7.3 en el MSG es además sensible a la presencia de humedad en la troposfera baja, siempre y cuando en los niveles superiores el contenido de humedad sea bajo. De

esta forma, puede ser un complemento básico para determinar las características de los flujos en la troposfera media y baja, de especial interés cuando estos flujos son modificados de manera significativa por las características orográficas del terreno.

Uno de los fenómenos relevantes para la aviación son las ondas de montaña a sotavento de una cadena montañosa, frecuentemente asociadas con turbulencia moderada a severa (Durrán, 1986). Estas ondas de montaña pueden existir incluso en ausencia de la nubosidad en forma de bandas paralelas a la cadena montañosa que normalmente se observa en las imágenes VIS e IR. Como se puede ver en la

Figura 4 el canal WV7.3 es sin embargo capaz de detectar la extensión real del fenómeno; las ondas muestran una estructura similar a la tradicional, resultado de las zonas de ascenso y descenso de vapor de agua. Lo importante de este canal WV7.3 es que la zona afectada por las ondas de montaña está mejor reflejada que en las imágenes usuales VIS e IR, ya que no es necesario que se forme nubosidad.

Estos efectos no son en general tan aparentes en el otro canal de vapor de agua del MSG (WV6.2), debido a que la profundidad vertical de la perturbación no es suficiente.

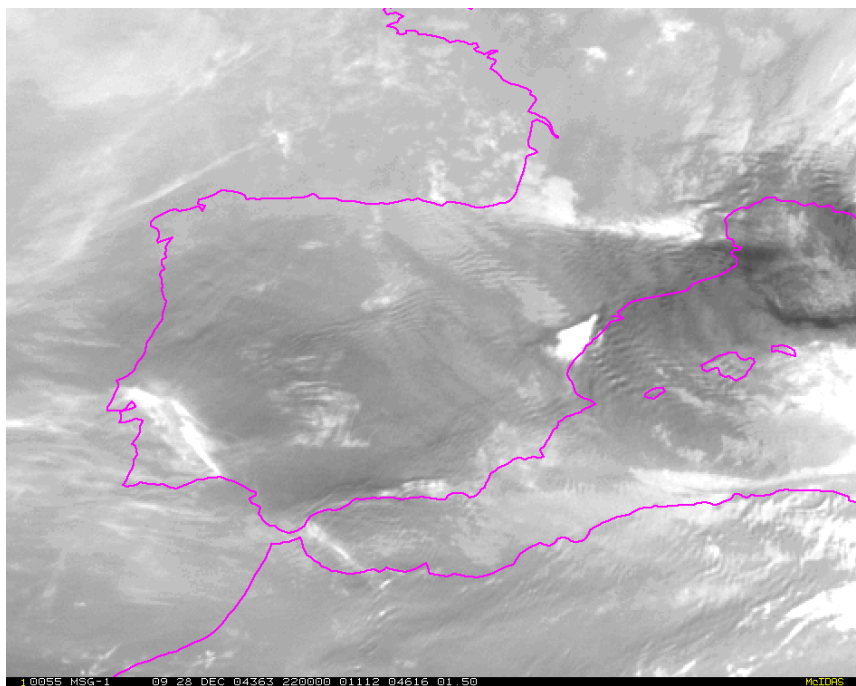


Figura 4.- Ejemplo de la imagen WV7.3 del 28 de diciembre de 2004 a las 22:00 UTC, mostrando las áreas en las que existen ondas de montaña. Como se observa, cuando las condiciones atmosféricas son secas, este canal puede ser muy útil para identificar la extensión de las zonas que podrían estar afectadas por turbulencia asociada con ondas de montaña.

#### 4 Sumario

Los datos de teledetección son un elemento básico y fundamental para la identificación y seguimiento de la actividad convectiva.

A lo largo de los últimos años se han realizado distintos esfuerzos en el INM para desarrollar nuevas aplicaciones que permitan analizar objetivamente estructuras convectivas. El procedimiento global integra diferentes fuentes de datos: radar, rayos, satélite y modelos numéricos. Los productos generados, incluyendo la extrapolación de estructuras convectivas en tiempo real, proporcionan a los predictores la posibilidad de mejorar la calidad de la información que se suministra a la aviación. Además el análisis objetivo permite la obtención automática de avisos de

tormentas previstas, fundamentales para el control de las operaciones aeroportuarias.

En paralelo con el desarrollo de los productos anteriores, los datos del MSG han sido también usados para el desarrollo de aplicaciones que proporcionen información de utilidad aeronáutica en una doble dirección. Por un lado, el nuevo canal de vapor de agua WV7.3, útil para la estimación de zonas favorables a la presencia de áreas de turbulencia asociadas con ondas de montaña a sotavento no observadas en otros canales. Por otro, el desarrollo de un producto para estimar las áreas más favorables para engelamiento, basado en la combinación de la información proveniente del MSG y del SAF de Nowcasting.

El número de productos automáticos de nowcasting se incrementará en un futuro cercano, para poder dar respuesta a las crecientes necesidades asociadas con las actividades de predicción para la aviación.

## **Referencias**

Durrán, D. R., 1986: Mountain Waves (Mesoscale Meteorology and Forecasting). American Meteorological Society, Boston, pp 472-492.

Elizaga, F., F. Martín, J. M. Fernández and I. San Ambrosio, 2005: Nowcasting applications for aeronautical purposes. WWRP International Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting, Toulouse (Francia).

Ellrod, G. P., 1996: The use of GOES multi-spectral imagery for the detection of aircraft icing regions. Preprint Volume, 8<sup>th</sup> Conf. on Satellite Meteorology and Oceanography, 1996, Atlanta, GA, 168-171.

Martín F., O. Carretero e I. San Ambrosio, 2002: Análisis de estructuras y células convectivas mediante datos de radar regional: Aplicación YRADAR. INM internal publication. Madrid, Spain (in Spanish)

San Ambrosio, I., F. Elizaga and F. Martín, 2004: Development and behaviour of a radar-based operational tool for identification of hailstorms. Third European Conference on Severe Storms, León, Spain.