

# ANÁLISIS DEL ENTORNO SINÓPTICO DE UN CASO DE TURBULENCIA EN AIRE CLARO SEVERA EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Nicolás RIVABEN <sup>1,2</sup>, Claudia M. CAMPETELLA <sup>1,3</sup>, Alejandro A GODOY <sup>1,2</sup>  
[rivaben@smn.gov.ar](mailto:rivaben@smn.gov.ar)

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico Nacional (Ministerio de Defensa)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata (UNLP)

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es analizar los procesos de escala sinóptica que condujeron a un episodio de turbulencia (CAT) severa ocurrida en un vuelo Ezeiza – Pudahuel el 02 de agosto de 2012, sobre un punto de notificación aeronáutica conocida como “UMKAL”, sobre la frontera transandina. Mediante el análisis de imágenes satelitales y campos meteorológicos, se encontraron patrones de ondas de gravedad corriente debajo de una baja segregada, relacionadas con la turbulencia severa reportada.

## ABSTRACT

The aim of this article is analyze the synoptic scale processes associated to an severe air clear turbulence event occurred in a flight Ezeiza - Pudahuel on 2 August 2012, near UMKAL notification point. Gravity waves patterns downstream a cut off low were related with the severe turbulence reported.

**Palabras clave:** turbulencia en aire claro, meteorología aeronáutica

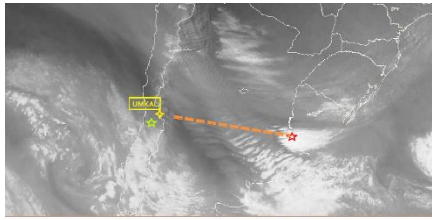
## 1) INTRODUCCIÓN

La turbulencia en sentido aeronáutico es una sensación percibida en la aeronave caracterizada por una caída abrupta de la performance de una aeronave en un flujo turbulento. Esta percepción requiere de remolinos turbulentos del tamaño de la aeronave (Ludham, 1967) producto de la cascada de energía que proviene de las escalas mayores. Debido a la naturaleza impredecible de la turbulencia, se realizan diversos métodos para estimar la ocurrencia del fenómeno en regiones con orografía. Entre los más usados están los métodos de inferencia a través de imágenes satelitales (Uhlenbrock y otros, 2007) y por medio de algoritmos (índices de turbulencia) basados en modelos numéricos (Ellrod y Knapp, 1992) o combinados con regresiones estadísticas (Dutton, 1980).

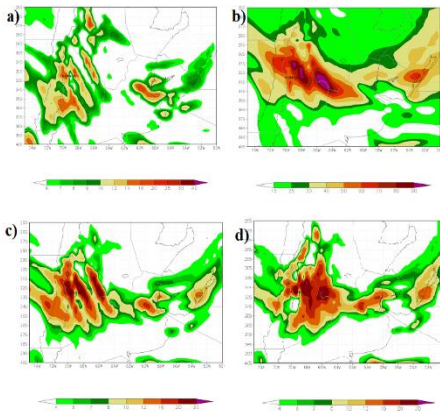
## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para el análisis se utilizaron las salidas del GDAS con 0,5° de resolución y las imágenes del satélite GOES-13 en los canales de infrarrojo, visible y vapor de agua. Se utilizaron datos AIREPS (Rivaben, 2015) recibidos en el RTH -*Regional Telecommunications Host*- del Servicio Meteorológico Nacional. La metodología utilizada en este trabajo consistió en comparar las siguientes variables: cortante vertical del viento, índices Ellrod TI1, TI2, Dutton, Brown, TFP, función frontogénesis usando los umbrales del trabajo de *Turbulence Algorithm Intercomparison* (Brown y otros, 1999)

## 3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES



**Figura 1.** Imagen satelital del GOFS-13 a las 16:30UTC para el canal 3 (vapor de agua). El punto "UMKAL" así como los aeropuertos SABE y SCFI, se encuentran señalados con una estrella. La línea punteada indica la trayectoria aproximada SABE-UMKAL.

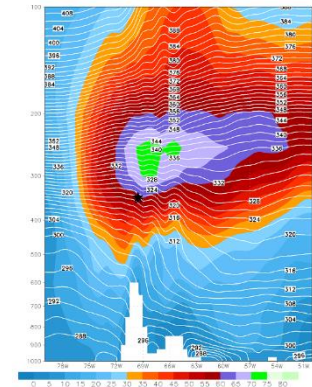


**Figura 2.** Campos para 18:00UTC del día 02 de Agosto de 2012. a) índice Brown\*100\* m\*s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>(somb.). b) índice Dutton (somb.). c) índice Ellrod T11\*10<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> d) al índice Ellrod T12\*10<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

(figura 3). Allí se observa los gradientes vertical y horizontal de isentrópicas asociados a la *folding* de la tropopausa en los flancos de la BS. La misma crea condiciones de cortante muy intensa corriente abajo (no mostrado). Esta cortante crea una situación típica de inestabilidad de Kelvin-Helmholtz (Ellrod y Knapp, 1991), íntimamente relacionado con la ocurrencia de turbulencia por ondas de montaña. Por lo tanto se infiere la existencia de condiciones turbulentas que podrían ser severas a escala de una aeronave si las ondas son suficientemente fuertes (Ellrod y Knapp, 1992, Ludham 1967).

Se analizó el caso de turbulencia severa en UMKAL para una aeronave del tipo E-190 que hacía el vuelo BUE-SCL (Buenos Aires – Santiago de Chile). Este suceso ocurrió a las 16:34UTC en 350hPa. La situación sinóptica sobre región de ocurrencia estaba dominada por la parte delantera de vaguada, en niveles medios y altos, asociada a una Baja Segregada (BS) en estado de madurez ubicada frente a las costas de Chile. Un máximo de viento con valores en torno a 80kt se ubica del lado NE de la BS, entre 22°S y 32°S con dirección ONO-ESE, perpendicular a la Cordillera de los Andes. Esta situación permitió observar ondas de gravedad en el canal de vapor de agua (figura 1) que afectaron el vuelo a lo largo de la trayectoria, típicas de un patrón "6" (Uhlenbrock y otros, 2007). Los índices de turbulencia (figura 2) diagnosticaron adecuadamente la zona con turbulencia severa, mostrando cierta relación con las perturbaciones mostradas en el canal de vapor de agua especialmente, el índice Ellrod T11 y Brown.

Por otra parte, se destaca el hundimiento de la tropopausa asociada a la BS, en torno a 350hPa. Además, la aeronave se encontraba volando muy cerca de la tropopausa térmica o incluso en la estratósfera al momento del incidente, justo por encima de una zona de discontinuidad de temperatura y muy cerca del máximo de viento



**Figura 3.** Corte vertical zonal en 32°30'S, cercano al punto de notificación UMKAL correspondiente a las 18:00UTC del día 02 de Agosto de 2012. Temperatura potencial c/2°K (cont. blancos) e isotacas c/5m/s (somb.).

## REFERENCIAS

- Brown B.G., Mahoney J.L., Bullock R., Henderson J., Kane T.L., 1999:** "Turbulence Algorithm Intercomparison: 1998-99 Initial Results". El reporte disponible por B. Brown, bgb@ucar.edu, 64 pp.
- Dutton, M.J.O., 1980:** Probability forecasts of clear-air turbulence based on numerical model output. *Meteorological Magazine*, 109,293-309.
- Ellrod, G.P., Knapp D.I., 1992:** An objective clear-air turbulence forecasting technique: Verification and operational use. *Wea. Forecasting*, 7,150-165.
- Ludlam R.H., 1967:** Characteristics of billow clouds and their relation to clear air turbulence. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 93, 419-435.
- Rivaben N., 2015:** Estudio preliminar de índice de turbulencia en aire claro en el sur de Sudamérica: Análisis de dos casos y validación. Tesis de Licenciatura. DCAO-FCEyN-UBA.
- Uhlenbrock, N. L., K. M. Bedka, W. F. Feltz, and S. A. Ackerman, 2007:** Mountain wave signatures in MODIS 6.7 um imagery and their relation to pilot reports of turbulence. *Wea. Forecasting*, 22, 662-670.