

Modelado en alta resolución de un evento de zonda en los Andes Centrales y su relación con las ondas de montaña

Federico Otero^{1,2} and Matilde Nicolini^{2,3,4}
fotero@mendoza-conicet.gob.ar

1 Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, IANIGLA– CONICET -
2 Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEyN, UBA, 3 Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, CONICET-UBA, 4 UMI3351-IFAECI.

Resumen

Este trabajo investiga la habilidad del modelo no-hidrostático de alta resolución WRF-ARW en un evento de viento zonda sucedido el 23 de abril de 2016 en Mendoza, Argentina, y la influencia de las Ondas de Montaña en su desarrollo. Para su validación se utilizaron 62 estaciones meteorológicas en los Andes Centrales de Argentina y Chile. Durante el evento se observó la presencia tanto de ondas atrapadas a sotavento, con formación de rotores por debajo de las crestas sobre el llano en respuesta a una fuerte disminución del parámetro de Scorer con la altura, como de ondas de propagación vertical. También se produjo la transición del flujo de subcrítico a barlovento a supercrítico a sotavento, produciendo la tormenta de viento. Sobre el tope de la barrera se ubicó una capa más estable durante el evento. Este efecto de amplificación y propagación vertical de las ondas generó una zona de inestabilidad cerca de la tropopausa. El fenómeno del Zonda se explicaría en parte por la presencia de la capa estable sobre el tope, pero también por la amplificación no-lineal de las ondas de montaña, primero en la estratosfera y posteriormente en la troposfera.

Palabras clave: viento zonda, ondas de montaña, simulaciones numéricas, flujo no-lineal.

Abstract

This paper investigates the ability of the high resolution non-hydrostatic model WRF-ARW in a Zonda wind event occurred on April 23, 2016 in Mendoza, Argentina, and the influence of Mountain Waves in its development. For model's validation, 62 meteorological stations were used in Central Andes of Argentina and Chile. During the event, vertically propagating waves and trapped lee-waves were observed, with rotors formation below the ridges on the plain in response to a strong decrease with height in the Scorer parameter. There was also a transition from subcritical upstream to supercritical downstream favoring the wind storm. On the top of the barrier a more stable layer was located during the event. This effect of amplification and vertical waves propagation generated an area of instability near the tropopause. The Zonda phenomenon could be explained in part by the presence of this stable layer on the mountain top, but also by the non-linear amplification of mountain waves, first in the stratosphere and then in the troposphere.

1) Introducción

El zonda es un viento fuerte, cálido y muy seco asociado a una masa de aire que al descender por las laderas orientales de la Cordillera de los Andes se comprime adiabáticamente. De acuerdo con Norte (1988, 2015), este evento ocurre con mayor frecuencia en las temporadas de invierno y primavera, principalmente en las provincias de Mendoza y San Juan.

Se han propuesto 3 mecanismos para la formación de tormentas de viento pendiente abajo de las montañas, entre ellos, el *salto hidráulico*; la *teoría lineal* de ondas de gravedad interna en un fluido continuamente estratificado y finalmente, el *Tratamiento no-lineal y no-hidrostático* (Durran 1986). Entre las simulaciones en alta resolución en la región se cuenta con los trabajos de Puliafito et al. 2015, que evaluaron el rendimiento del modelo Weather Research and Forecasting (WRF, Skamarock

et al., 2008) en dos eventos de zonda y Fernandez et al. 2011 con el zonda que afectó la región de Cuyo en febrero de 2007. Sin embargo, ninguno de estos trabajos aborda la temática de la influencia de las ondas de montaña y su relación al fenómeno, focalizándose en la validación de las condiciones del modelo en representar un evento aislado y pocas estaciones para su validación.

Las simulaciones numéricas de modelos regionales de alta resolución pueden representar una valiosa herramienta, no sólo para ser aplicados en el pronóstico de eventos de viento Zonda, sino también para analizar los posibles procesos físicos y forzantes dinámicos y/o mecánicos involucrados en el fenómeno. Este trabajo propone obtener un mayor conocimiento en el modelado en alta resolución, sobre topografía compleja, de eventos de Zonda en los Andes Centrales.

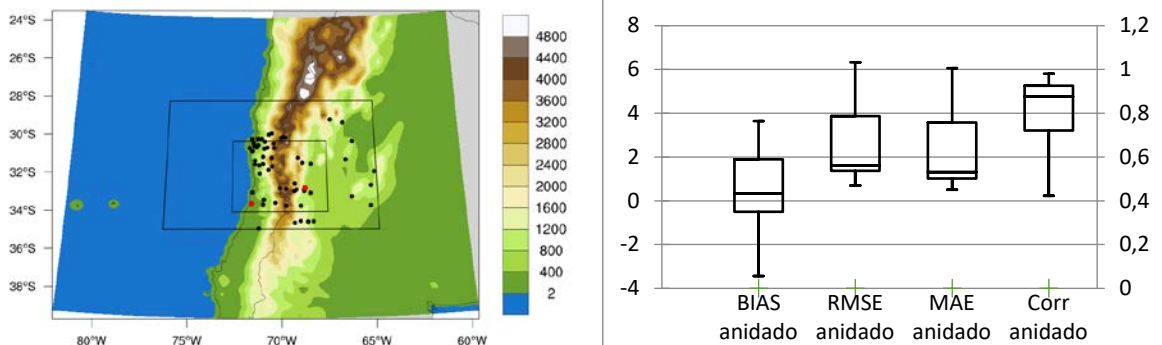
2) FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES

En la figura 1 se muestran los dominios utilizados en el modelo (recuadro negro) y las estaciones de superficie junto a la topografía. Las estaciones con radiosondeos con puntos rojos. El dominio exterior tiene una resolución de 18 km, el dominio intermedio tiene una resolución de 6 km y el dominio más fino es de 2 km de resolución. Los datos de entrada son del análisis del NCEP-GFS (Saha et. al 2008) en una cuadrícula de 0.25° de longitud por 0.25° de latitud y 26 niveles verticales.

La verificación de los resultados se realiza puntualmente, comparando los datos medidos "in situ" de las estaciones propuestas con los valores del modelo. Esta validación se llevará a cabo usando medidas estadísticas descriptivas numéricas. Entre las métricas a analizar para evaluar la habilidad del modelo se encuentra el Error cuadrático medio (RMSE) que se calcula de la siguiente manera:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (f_i - o_i)^2}{N}} \quad (1)$$

Donde f_i son los valores modelados, o_i son los valores observados y N es el número de estaciones. En la figura 2 se muestra un gráfico de boxplot para la temperatura a 2 m con las métricas utilizadas para evaluar la habilidad del modelo donde se encuentra el RMSE entre otras (el BIAS, el error absoluto medio (MAE) y la correlación).



3) CITAS Y REFERENCIAS

- Durrán, D. R. 1986:** Another look at downslope windstorms. Part I: The development of analogs to supercritical flow in an infinitely deep, continuously stratified fluid. *J. Atmos. Sci.*, 43(21), 2527-2543.
- Fernández, R., Lakkis, G., Allende, D., Santos, R., Cremades, P., and Puliafito, E. 2011:** Modelación de un evento meteorológico de mesoescala utilizando el modelo WRF. *Contaminación Atmosférica e Hídrica en Argentina*. E. Puliafito (Ed.). Universidad Tecnológica Nacional, 289-298.
- Puliafito, S. E., Allende, D. G., Mulena, C. G., Cremades, P., and Lakkis, S. G. 2015:** Evaluation of the WRF model configuration for zonda wind events in a complex terrain. *Atmos. Res.*, 166, 24-32.
- Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., ... and Powers, J. G. 2008:** A description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note, Mesoscale and Microscale Meteorology Division. *National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA*.