

BOX No 2:**Precipitaciones extremas en La Paz / Extreme precipitation in La Paz**

Marcelo Zamuriano

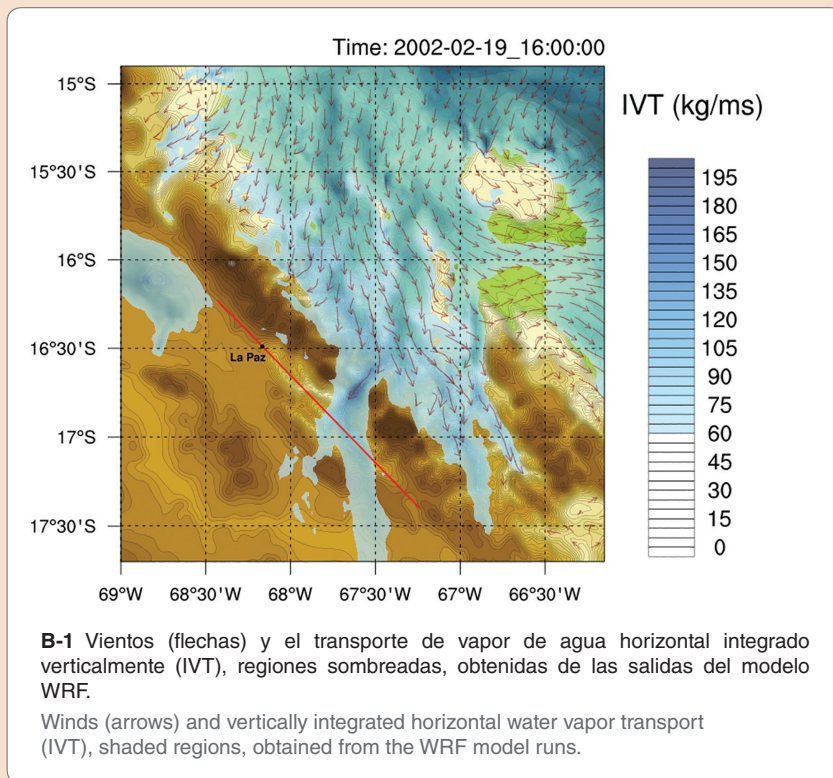
El 19 de febrero de 2002 entre las 18:20 y las 19:45 (UTC) se produjo una intensa tormenta en la ciudad de La Paz, Bolivia (68,1°W, 16,5°S). En esa ocasión uno de los pluviómetros de la ciudad midió 73.7 mm de precipitación. La tormenta provocó un evento de inundación repentina en el corazón de la ciudad. Causó tal daño, tanto a personas como a infraestructura, que fue descrito como

Para mejorar la resolución espacial, se utilizó la versión 3.7.1 (*Skamarock, 2008*) del modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF) con un anidado de cuatro niveles con resoluciones de 54, 18, 6 y 2 km. En la resolución más fina WRF reproduce razonablemente bien la topografía de la región. El modelo, utilizando los campos del *Final Operational Analysis* (basados en el modelo

Global Forecasting System, GFS) como condiciones iniciales y de contorno, muestra que el 19 de febrero de 2002 ocurrió una incursión repentina de aire húmedo 12 horas antes del evento de granizo. Los resultados se muestran en la figura B-1 donde se grafican los vientos (flechas) y el transporte de vapor de agua horizontal integrado verticalmente (IVT), regiones sombreadas. Se observa una clara intrusión de humedad en la región andina, específicamente cerca del área metropolitana de La Paz / El Alto, pocas horas antes del evento del granizo.

La figura B-2 muestra la estructura vertical a través de la línea roja en la figura B-1 durante el evento. Se trazan la humedad relativa (tonos verdes), la temperatura del aire (contorno azul) y la velocidad

del viento vertical (contorno negro). Es posible identificar un movimiento vertical importante de aire húmedo sobre La Paz. Esta corriente cruza la línea de 0°C a una altitud de alrededor de 5 km y se enfría con relativa rapidez para la generación de granizo. Los valores de intensidad de precipitación producidos por el modelo no se muestran porque eran demasiado bajos. Este comportamiento es consistente con los resultados de *Mourre et al. (2016)*, quienes encontraron que WRF proporciona valores de precipitación poco realistas sobre los Andes centrales. Las razones detrás de estos valores inexactos podrían ir desde la inadecuada información de la superficie hasta el esquema de microfísica de nubes utilizado por el modelo. La investigación sobre este tema sigue siendo un tema importante ya que las nubes son uno de los componentes más desafiantes del sistema climático a ser modelado. Esta particularidad se agrava por la compleja topografía en las que estas se forman en esta región.



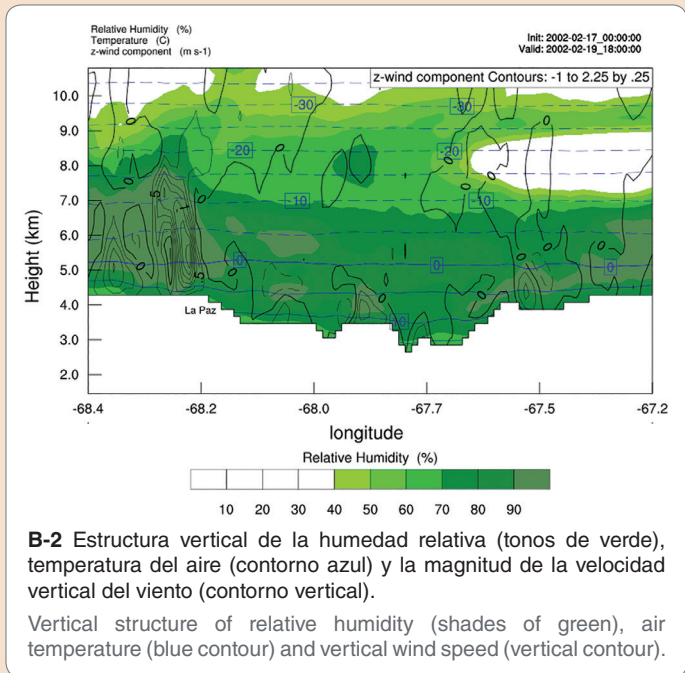
un desastre natural excepcional (*Hardy, 2009*). Para comprender las condiciones meteorológicas que llevaron a tal evento extremo, se usaron los datos del reanálisis ERA-Interim (*Dee et al., 2011*) para obtener información de escala sinóptica y un modelo numérico de área limitada (LAM) de alta resolución para el caso de la dinámica de escala local.

Los eventos extremos en regiones montañosas son difíciles de modelar porque son el resultado de procesos hidrometeorológicos regionales muy diversos, que en general no están bien representados por los Modelos de Circulación Global (GCMs por sus siglas en inglés) principalmente debido a su resolución espacial (~25-75 km) que apenas reproducen el topografía compleja de la región. Sin embargo, los GCMs generalmente pueden reproducir las principales características atmosféricas a un nivel sinóptico y pueden proporcionar información muy útil para los sistemas de alerta de inundación de rango medio.

On February 19, 2002 between 18:20 and 19:45 (UTC) an intense thunderstorm occurred in the city of La Paz, Bolivia (68,1°W, 16.5°S). An amount of 73.7 mm of precipitation was measured at one of the city's rain gauge. The storm resulted in a flash flood event in the heart of the city. It caused such damage, both to individuals and infrastructure, that it was described as an exceptional natural disaster (Hardy, 2009). In order to understand the meteorological conditions that led to such extreme event, data from the ERA-Interim reanalysis (Dee et al., 2011) for synoptic scale information and a high resolution numerical Limited Area Model (LAM) for local scale dynamics were used.

Extreme events in mountainous regions are difficult to model because they result from very diverse regional hydrometeorological processes, which in general are not well represented by Global Circulation Models (GCMs) mostly because of their spatial resolution (~25-75 km) that hardly reproduce the complex topography of the region. Nevertheless, GCMs are usually able to reproduce the main atmospheric features at a synoptic level and they can provide very useful information for medium-range flood warning systems. In order to improve the spatial resolution, Weather Research and Forecasting (WRF) Model version 3.7.1 (Skamarock, 2008) was used at a four-level nesting with resolutions of 54, 18, 6 and 2 km. At the highest resolution WRF reproduces reasonably well the topography of the region. The model, using the Final Operational Analysis FNL fields (based on the Global Forecasting System model) as boundary and initial conditions, show that on 19 February 2002 a sudden incursion of humid air 12 hours before the hail event occurred. The results are shown in figure B-1 where winds (arrows) and vertically integrated horizontal water vapor transport (IVT), shaded regions, are plotted. A clear intrusion of moisture into the Andean region, and specifically close to the metropolitan area of La Paz/El Alto, is observed few hours before the hail event.

Figure B-2 shows the vertical structure across the red line in figure B-1 during the event. Relative humidity (green shades), air temperature (blue contour) and vertical wind speed (black contour) are plotted. It is possible to identify an important vertical motion of humid air over La Paz. This stream crosses the 0°C line at an altitude of around 5 km and cools fast enough for hail generation. The precipitation intensity values produced by the model are not shown because they were too low. This behavior is



B-2 Estructura vertical de la humedad relativa (tonos de verde), temperatura del aire (contorno azul) y la magnitud de la velocidad vertical del viento (contorno vertical).

Vertical structure of relative humidity (shades of green), air temperature (blue contour) and vertical wind speed (vertical contour).

consistent with the results of Mourre et al. (2016), who found that WRF gives unrealistic precipitation values over the central Andes. The reasons behind these inaccurate values range from inadequate land information to the cloud microphysics scheme used by the model. Research on this subject is still an important topic since clouds are one of the most challenging components of the climate system to be modeled. This particularity is aggravated by the complex topography in which they form in the La Paz area.



Vista de la calle Mercado, la más afectada en el centro de la ciudad.

View of *Mercado* street, the most affected in the center of the city.

Fuente/Source: La Razón