

ANÁLISIS DEL USO DE TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE ESCALA EN LA SIMULACIÓN DE CAUDALES PARA EL RÍO URUGUAY

Moira E. Doyle^{1,2}, Gonzalo M. Díaz³, Matias Olmo¹, María Laura Bettoli¹, Laura M. Chavez³,
Silvina Solman^{1,2}, Martín Feijoo³

doyle@cima.fcen.uba.ar

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

²Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)

³Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Palabras clave: modelo hidrológico VIC, análogos, GLM, modelado regional.

1) INTRODUCCIÓN

El este de la Argentina se caracteriza por un sistema hidrológico con abundantes aguas subterráneas y ríos con importantes caudales que en numerosas ocasiones desbordan dando lugar a inundaciones. Poder contar con sistemas de monitoreo y pronóstico de los caudales y sus eventos extremos, en una escala a corto plazo como también conocer los cambios a escala climática que puedan producirse a futuro, es de vital importancia para la región. Para avanzar en este objetivo es necesario ajustar un modelo hidrológico que sea capaz de simular adecuadamente las condiciones de los caudales. En este sentido es necesario contar con las variables de entrada al modelo para el periodo que se desea simular luego de que el modelo haya llegado a condiciones de estabilidad.

La principal variable necesaria para forzar un modelo hidrológico, como también el principal factor asociado a eventos hidrológicos extremos, es la precipitación. Los modelos climáticos globales tienen dificultades para representar adecuadamente la combinación de frecuencia e intensidad de la precipitación en la región, y particularmente para los eventos extremos, y es por eso necesario aplicar técnicas de reducción de escala para ajustar la variable a una menor escala.

Entre los objetivos del proyecto "CORDEX Flagship Pilot Study in Southeastern South America: A comparative study of statistical and dynamical downscaling models in simulating daily extreme precipitation events" el cuarto es producir simulaciones para ser utilizadas como datos de entrada a modelos hidrológicos y agrícolas para estudiar el impacto de los eventos de precipitación extrema en sistemas productivos. En el marco de este proyecto, el objetivo de este trabajo es evaluar el impacto en los caudales simulados al utilizar forzantes obtenidos a través de métodos de reducción de escala, tanto dinámicos como estadísticos.

1) DATOS Y METODOLOGÍA

Diversos estudios han mostrado que la reducción de escala utilizando modelos dinámicos con convección permitida mejora considerablemente la simulación de los eventos extremos de precipitación a través de, por ejemplo, una representación más ajustada del ciclo diurno de la precipitación convectiva y de la intensidad de los eventos extremos.

Se han hecho progresos en otras técnicas de reducción de escala para resolver los problemas de escala entre las escalas de los modelos globales y las escalas locales como son los métodos

estadísticos que establecen relaciones empíricas/estadísticas entre las variables atmosféricas de gran escala y el clima local (Maraun y otros 2010).

En este trabajo se utilizaron simulaciones de precipitación, temperatura máxima y mínima provenientes de utilizar metodologías de reducción de escala dinámica y estadística. En el primer caso se utilizaron las salidas de 2 modelos climáticos regionales, uno con una resolución de 4 km en el que la convección no está parametrizada (WRF_CIMA) y otro con una resolución de 20 km (REMO2015 de CORDEX) y para el segundo caso, 4 modelos estadísticos basados en dos técnicas, análogos y GLM (AN_LS, AN_L16, GLM_ST_PC, GLM_WT_PC). Se seleccionó como rango temporal para el análisis del impacto el período cálido entre octubre 2015 y marzo 2016 en el cual se desarrollaron varios eventos extremos de precipitación.

Dentro del SE de Sudamérica (SESA) la región seleccionada para el estudio es la cuenca del Río Uruguay. Para la simulación de los caudales se utilizó el modelo hidrológico semi-distribuido Variable Infiltration Capacity (VIC) de la Universidad de Washington (Liang et al., 1996) para obtener el balance de agua en cada punto de retícula de la cuenca, y un modelo de ruteo (Lohmann et al., 1998) para simular las descargas o caudales de ríos y arroyos en la cuenca. Las simulaciones se realizaron a paso diario utilizando como variables de entrada precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima provenientes de la red estaciones del SMN (experimento control) y las provenientes de los métodos de reducción de escala, para estimar caudales en 7 puntos de aforo a lo largo de todo el río.

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La Tabla 1 presenta los coeficientes de correlación entre el caudal simulado con datos observados y las simulaciones forzadas por las variables de entrada provenientes de aplicar cada metodología de reducción de escala. Asimismo presenta las correlaciones entre las precipitaciones observadas y las generadas por las metodologías de reducción de escala. En este caso la precipitación es areal tomando como área la sección de la cuenca que escurre hacia el punto de cierre donde se estima el caudal, que denominamos subcuenca. Los resultados de la tabla muestran que, en general, existe una buena correlación entre los caudales simulados usando métodos de reducción de escala y las observaciones, siendo mejor la correspondencia en las cuencas de Paso de los Libres y Concordia que abarcan áreas más extensas y con mayores volúmenes de agua en los caudales. De los modelos estadísticos el método de análogos AN_L16 y el GLM GLM_ST_PC presentan las más altas correlaciones, siendo significativas en todos los puntos de cierre. De los modelos dinámicos con convección permitida las simulaciones forzadas con el WRF_CIMA generan caudales que se asemejan más a los producidos en el experimento control.

Un resultado interesante es que las correlaciones entre las precipitaciones simuladas y las observadas son siempre menores a los valores de correlación entre caudales (excepto AN_LS en Concordia y GLM_WT_PC en Pelotas), es más, en algunas localidades varios modelos tienen correlaciones cercanas a cero, destacándose en particular el modelo REMO2015, donde la correlación más alta es en Concordia (0.22). En las subcuencas Paso de los Libres y Concordia, y en menor medida Pelotas, es donde hay mayor correlación entre las precipitaciones observadas y las reducidas estadística o dinámicamente.

TABLA 1. Correlación entre el caudal del experimento control y el de las simulaciones con datos obtenidos por reducción de escala. Entre paréntesis las correlaciones entre la precipitación areal observada y la generada por reducción de escala. ** identifica valores significativos al 95% y * al 90%.

| | Pelotas | Canoas | Irai | El Soberbio | Garruchos | Paso de los Libres | Concordia |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| AN_LS | 0.40** (0.22*) | 0.50** (0.09) | 0.43** (0.04) | 0.27** (0.16) | 0.26** (0.21*) | 0.54** (0.51**) | 0.56** (0.58**) |
| AN_L16 | 0.55** (0.29**) | 0.44** (0.16) | 0.47** (0.14) | 0.44** (0.27**) | 0.53** (0.26**) | 0.68** (0.52**) | 0.74** (0.57**) |
| GLM_ST_PC | 0.48** (0.44**) | 0.40** (0.06) | 0.37** (0.19) | 0.46** (0.27**) | 0.59** (0.19*) | 0.69** (0.36**) | 0.77** (0.58**) |
| GLM_WT_PC | 0.46** (0.49**) | 0.41** (0.02) | 0.42** (0.11) | 0.39** (0.12) | 0.42** (0.21*) | 0.61** (0.47**) | 0.68** (0.55**) |
| REMO2015 | 0.21* (0.17) | 0.34** (0.17) | 0.38** (0.16) | 0.40** (0.08) | 0.30** (0.09) | 0.29** (0.11) | 0.44** (0.22*) |
| WRF_CIMA | 0.53** (0.34**) | 0.43** (0.36**) | 0.42** (0.41**) | 0.49** (0.39**) | 0.66** (0.43**) | 0.69** (0.40**) | 0.77** (0.31**) |

Se calcularon los boxplots para las precipitaciones y caudales en cada punto de cierre. Al comparar los valores de los intervalos intercuartiles de precipitación se observa que para las distintas estaciones los modelos REMO2015 y GLM_WT_PC tienen los mayores intervalos, y en general son los que presentan valores extremos más altos. En particular para las estaciones de la cuenca alta del Uruguay, Pelotas, Canoas e Irai, estos modelos, y en menor medida el AN_L16, los altos valores extremos y el mayor intervalo intercuartil se ve reflejado en mayores caudales en esta cuenca. Los boxplots de los caudales para estos modelos nuevamente presentan los mayores valores extremos, mayor mediana y mayor espacio intercuartil en el territorio brasileiro. Sin embargo el modelo REMO2015 es el que tiene valores extremos que incluso llegan a duplicar los eventos más intensos de los otros modelos. Esta particularidad es la que lleva a que los valores de correlación del modelo REMO2015 en precipitación y caudal sean tan bajos. En las cuencas media y baja estos modelos siguen siendo los que generan mayores caudales, debido por un lado al mayor flujo de agua desde la cuenca alta y además, a que las precipitaciones generadas por estos modelos en estas subcuencas son superiores a las precipitaciones observadas en ellas.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido financiado por UBACYT2018 proyecto 20020170100117BA y FONCYT proyecto PICT2018-02496.

REFERENCIAS

Liang X., Wood E.F. and Lettenmaier D.P., 1996: Surface soil moisture parameterization of the VIC-2L model: Evaluation and modification. *Global Planet. Change* 13 (1-4), 195-206.

Lohmann D., Raschke E., Nijssen B. y Lettenmaier D.P., 1998: Regional scale hydrology: I. Formulation of the VIC-2L model coupled to a routing model. *Hydrol. Sci. J.* 43(1), 131-141.

Maraun D, Wetterhall F, Ireson AM, Chandler RE, Kendon EJ, Widmann M, Brienen S, Rust HW, Sauter T, Themeßl M, Venema VKC, Chun KP, Goodess CM, Jones RG, Onof C, Vrac M, Thiele-Eich I, 2010: Precipitation downscaling under climate change. Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. *Rev Geophys* 48:1–34.