

SENSIBILIDAD DEL CAUDAL A LA INTENSIDAD Y UBICACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO URUGUAY

Moira Doyle^{1,2}, Gonzalo Díaz^{3,1}, Laura Chávez³
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: VIC, simulaciones hidrológicas, extremos hidrológicos.

1) INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones extremas en cuencas hídricas suelen dar lugar a inundaciones cuyas consecuencias afectan las actividades socio-económicas de la región afectada. Su predicción es crucial para la prevención de desastres para lo cual es importante conocer la sensibilidad de la cuenca a la intensidad y ubicación de las precipitaciones. En este sentido, los modelos hidrológicos son una herramienta útil para poder profundizar en los tiempos de respuesta dada la posibilidad de generar experimentos modificando condiciones como la intensidad y ubicación de las precipitaciones y analizar los cambios en los caudales simulados.

Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2015 se registraron varias tormentas con precipitaciones intensas que contribuyeron al incremento de los caudales en el río Uruguay. En particular, tomaremos como caso de estudio la que tuvo lugar entre el 21 y 24 de diciembre 2015 para analizar la sensibilidad de los caudales del Río Uruguay a la intensidad y ubicación de las precipitaciones caídas dentro de la cuenca a través de la modelación de este caso de estudio. El 21 de diciembre las precipitaciones más abundantes comenzaron en la cuenca media y baja del Uruguay, registrándose precipitaciones superiores a los 50 mm en el sur de Corrientes, sur de Brasil y noroeste de Uruguay. Al día siguiente, las tormentas fueron más intensas en la cuenca media baja superando los 100 mm al SE de la cuenca, en el límite entre Uruguay y Brasil. El día 23 se registraron precipitaciones en toda la cuenca del Uruguay, con mayor intensidad que los días previos llegando a superar los 180 mm en el SO de Brasil cerca del límite con Argentina. El agua caída en toda la cuenca fue máxima en este día contribuyendo aún más al aumento de caudal del río Uruguay. Las precipitaciones continuaron durante el día 24 pero el aporte al río fue considerablemente menor.

Para estudiar la respuesta del caudal a este evento de precipitación extrema utilizaremos el modelo hidrológico semi-distribuido Variable Infiltration Capacity (VIC, <https://vic.readthedocs.io/en/master/>) de la Universidad de Washington (Liang y otros, 1996) en la cuenca del Río Uruguay para obtener el balance de agua en cada punto de retícula de la cuenca, y un modelo de ruteo (Lohmann y otros, 1998), basado en funciones de transferencia lineal, para simular las descargas o caudales de ríos y arroyos en la cuenca.

Las observaciones diarias de precipitación, temperatura máxima y mínima necesarias para forzar el modelo hidrológico provienen de la red del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que incluye información de los países limítrofes Uruguay y Brasil que forman parte de la cuenca del Río Uruguay. El río Uruguay nace en las montañas del sur de Brasil de la unión de dos ríos: Canoas y Pelotas y sigue su recorrido hacia el oeste en tierra brasileña hasta llegar al

límite con Argentina donde el flujo se desvía hacia el sur hasta llegar a desembocar en el Río de la Plata. A lo largo de este recorrido, consideraremos varias subcuencas para realizar los experimentos. Las dos primeras son las correspondientes a los ríos Pelotas y Canoas; la tercera, aún dentro de la cuenca alta del Uruguay se extiende desde la unión de los ríos Canoas y Pelotas hasta la estación Irai. La cuarta subcuenca abarca desde Irai hasta la estación argentina El Soberbio y las 3 restantes están delimitadas por estaciones argentinas Garruchos, Paso de los Libres y Concordia, ubicadas de norte a sur sobre el río Uruguay.

2) EXPERIMENTOS REALIZADOS

Utilizando el modelo VIC se simuló la situación descrita con las precipitaciones y temperaturas observadas en la cuenca del Uruguay para obtener los caudales del río en dos puntos de cierre, Paso de los Libres y Concordia, que se utilizarán como simulación de control. Los experimentos para analizar la sensibilidad a la intensidad y ubicación de la precipitación (Ex50p) se basan en reducir en un 50% la precipitación total registrada en una subcuenca. Dado que el evento seleccionado registró precipitaciones durante 4 días se hicieron simulaciones considerando la disminución de la precipitación en un único día (23 de diciembre, día de mayor precipitación), dos días (22 y 23 de diciembre), tres días (21 al 23 de diciembre) y 4 días (21 al 24 de diciembre). La reducción de la precipitación se realiza sumando el total de la precipitación caída en una dada subcuenca en el día de interés, el valor total se reduce a la mitad y luego esta cantidad se redistribuye equitativamente para ese día en cada punto de grilla de la subcuenca considerada. Una vez realizada la modificación en la precipitación para el o los días de interés se realiza la simulación con el modelo VIC y se obtienen los caudales en los puntos de cierre de Paso de los Libres y Concordia. Para cada subcuenca por tanto se realizaron 4 simulaciones (Ex50p1, Ex50p2, Ex50p3 y Ex50p4), y el total de simulaciones realizadas para estudiar la sensibilidad del caudal a la precipitación fueron 21. Para que las condiciones de humedad del suelo sean estables en cada experimento, el período de simulación en cada caso es desde enero 1998 hasta enero 2016.

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La figura 1 presenta los resultados de los experimentos Ex50p1 a Ex50p4 y el impacto que tienen en los caudales en los puertos de Concordia (panel izquierdo) y Paso de los Libres (panel derecho). En la tercera columna y segunda fila de cada panel la curva representa el caudal observado entre los días 20 de diciembre 2015 y 8 enero 2016 para los respectivos puntos de aforo, mientras que la curva inmediatamente por debajo presenta el caudal simulado por el experimento Control en cada puerto. Entre los puertos de Concordia y Paso de los Libres se encuentra la represa de Salto Grande que regula los caudales del Río Uruguay. La influencia de la represa se observa en la diferencia entre la forma aplanada de la curva para Concordia - aguas abajo de la represa - que se mantiene en un valor constante por varios días, y el marcado aumento y posterior disminución en la curva control simulada por el modelo VIC. Un comportamiento similar se observa también en Paso de los Libres.

Se puede apreciar claramente que tanto los caudales en Paso de los Libres como en Concordia se ven fuertemente afectados por la reducción de la precipitación cuando se produce en las subcuencas Garruchos, Paso de los Libres y Concordia, y que a mayor reducción de la precipitación aumenta el impacto en el caudal. Dado que las precipitaciones más intensas se produjeron el día 22 en la subcuenca de Concordia, el caudal en Concordia mostró una mayor alteración en los experimentos que incluían un cambio en la precipitación

en esta fecha en dicha subcuenca. El impacto comienza a sentirse levemente el día 22 y alcanza la máxima disminución, 22%, el día 24 de diciembre. La mayor reducción del caudal debido a cambios en la precipitación en Paso de los Libres alcanza también el 22% pero se produce dos días después y la marcada disminución del caudal persiste por más tiempo. La respuesta al cambio de precipitación en Garruchos en el caudal de Concordia tiene su máximo 2 días después que la de Paso de los Libres, siendo el cambio en el volumen de caudal menor al que produjeron los otros experimentos (11%). La sensibilidad del caudal en Paso de los Libres es mayor que en Concordia. Se aprecia una respuesta a la reducción de la precipitación en Paso de los Libres y que alcanza el máximo siempre el día 25, con valores que oscilan entre 24 y 28%. La respuesta a cambios de precipitación en Garruchos es también mayor que la observada en Concordia - 11 a 14% - y se observa el día 26 de diciembre. La sensibilidad del caudal a la reducción de la precipitación en la cuenca alta del Río Uruguay se puede ver en los gráficos correspondientes a Pelotas, Canoas, Irai y El Soberbio. Tanto en Concordia como en Paso de los Libres no se aprecia un impacto significativo, ya que se observa una única curva, roja, tanto en el panel de la derecha como en el de la izquierda. Los mayores cambios son cercanos al 3% casi 10 días después de la reducción de precipitación.

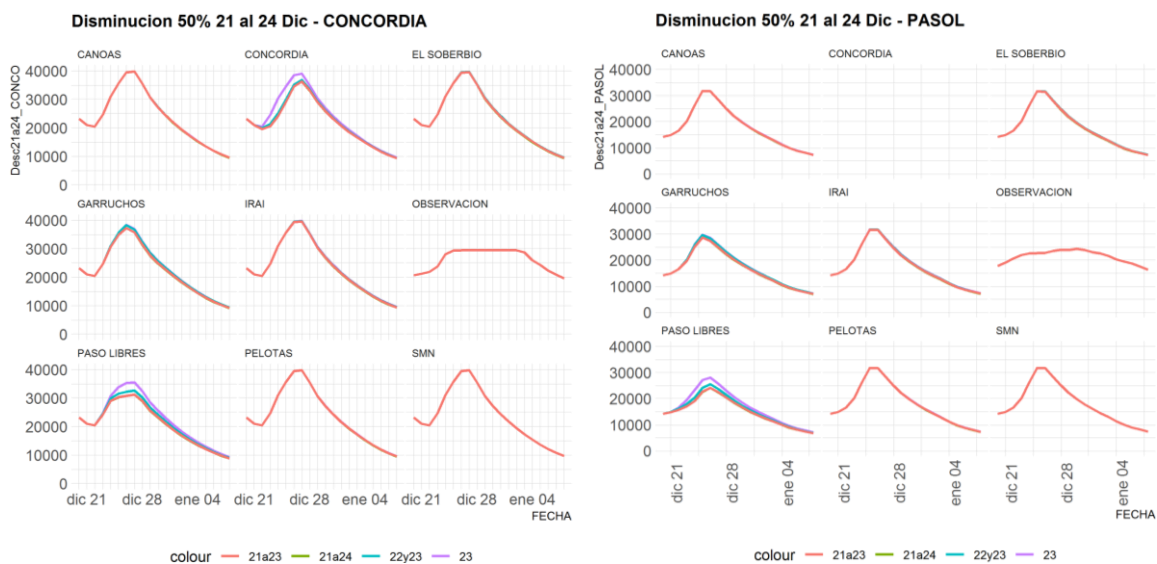


FIGURA 1: Caudales simulados utilizando el modelo VIC para el experimento control (curva inferior derecha, SMN) y para los experimentos Ex50p1 (línea violeta), Ex50p2 (línea azul), Ex50p3 (línea roja) y Ex50p4 (línea verde). El panel de la derecha muestra los resultados en el punto de cierre Paso de los Libres y el panel de la izquierda en Concordia. En cada panel, la curva central derecha (OBSERVACIÓN) representa los caudales registrados en el puerto correspondiente entre el 20 de Diciembre 2015 y el 8 de Enero 2016.

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, 131-141.