

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE RIEGO BAJO DIFERENTES ESCENARIOS CLIMÁTICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CUAREIM

Alejandra De Vera, Rafael Terra, Christian Chreties y Magdalena Crisci

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.
E-mail: adevera@fing.edu.uy; rterra@fing.edu.uy; chreties@fing.edu.uy; mcrisci@fing.edu.uy

Introducción

En vistas a la necesidad de avanzar en la gestión del recurso hídrico en la cuenca binacional del río Cuareim-Quaraí se implementó, en conjunto entre el IPH-UFRGS (Brasil) y el IMFIA-UdelaR (Uruguay), un modelo hidrológico de gestión integrada adecuado a los usos de la cuenca: modelo Sistema de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas - Módulo de Irrigação (SiGBaH-Irriga). Este modelo sirve para analizar la viabilidad de otorgar nuevas autorizaciones de uso del recurso hídrico y apoyar la toma de decisiones para la administración del agua durante períodos de déficit hídrico.

En particular en este trabajo se presenta la evaluación, en base a dicho modelo, del impacto de diferentes escenarios climáticos en la garantía de satisfacción de la demanda de riego actual en la cuenca del río Cuareim. Para ello, en base a las predicciones elaboradas específicamente para la Cuenca del Plata y aquellas elaboradas para Uruguay en el marco del Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos con adaptación al Cambio Climático (PLANAGUA), se definieron ciertos escenarios climáticos de interés (de precipitación y temperatura) en la cuenca del río Cuareim y se evaluó el cumplimiento de la demanda actual bajo dichas condiciones.

Cabe destacar que el principal uso del agua en esta cuenca es para riego de arroz, a partir de embalses y tomas superficiales, con un área cultivada de arroz bajo riego del orden de 60.000 há.

Metodología

Datos empleados

Se utilizó la misma información de base (topológica, de suelos, tomas directas, embalses y pozos de agua subterránea) del modelo MGB-IPH y se modificaron las series climatológicas.

En lo que refiere a la información pluviométrica, se seleccionaron las estaciones (12) con menor porcentaje de datos faltantes en el período 1981-2013 (menor al 10%), sin perder representación espacial del campo de precipitación en la cuenca.

Adicionalmente, se dispuso de datos de temperatura media diaria en la estación meteorológica Artigas en el período 2001-2013.

La dotación de riego del cultivo de arroz se fijó en 14500 m³/há/zafra para Uruguay y 12000 m³/há/zafra para Brasil, valores que fueron ajustados comparando los resultados del modelo con valores observados/catastrados y que son coincidentes con lo expresado en términos cualitativos por los productores y asesores agropecuarios consultados de ambas márgenes.

Generación de series climáticas

Para la generación de las series sintéticas de precipitación diaria se empleó un modelo multipunto de paso diario de cuatro parámetros (Wilks, 1998; De Vera, 2015), que emplea una cadena de Markov para simular la ocurrencia de precipitación y una distribución Gamma de dos parámetros para determinar la cantidad de precipitación de los días lluviosos, preservando la correlación espacial entre los distintos puntos. El modelo desarrollado se entrenó en las series observadas (33 años) para cada estación pluviométrica considerando un ciclo anual en los parámetros, es decir adoptando un valor para cada parámetro para cada día del año. A los efectos del cálculo del ciclo anual, se

consideró una ventana móvil de +/- 30 días y se asignó a cada día del año el valor del parámetro que surge de considerar todos los días de dicha ventana. Los cuatro parámetros del modelo fueron estimados mediante el método de máxima verosimilitud.

En relación a la elaboración de los escenarios climáticos, la amplitud del rango de variaciones elegido está inspirada en las variaciones multianuales de los parámetros del modelo. En base a los resultados presentados por Baethgen et al. (2013) en el marco del PLANAGUA, se tomó como amplitud para el análisis de sensibilidad +/- 5% en cada parámetro, considerando las variaciones simultáneas en todos los parámetros.

Para cada estación pluviométrica se simuló tres series de 33 años cada una (igual longitud que las series históricas disponibles): (i) Para el clima presente, sin modificar los parámetros del modelo; (ii) A partir de los parámetros incrementados un 5%; (iii) A partir de los parámetros reducidos un 5%.

En la Figura 1 se presenta la distribución de la precipitación diaria resultante bajo los diferentes escenarios climáticos considerados para la estación Artigas. Como información de referencia se incluye la distribución obtenida a partir de la serie de precipitación observada en dicha estación. Se observa que las variaciones impuestas en los parámetros del modelo, +/- 5% en cada parámetro simultáneamente, se traducen en sesgos a mayor/menor precipitación que en el escenario actual.

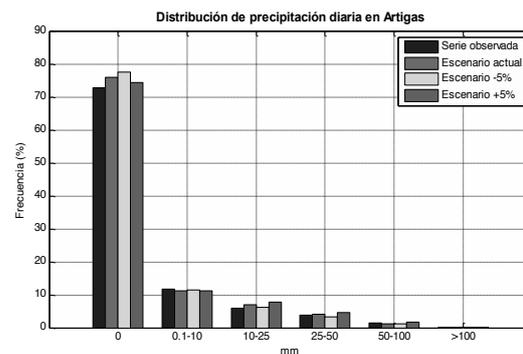


Figura 1.- Distribución de precipitación diaria bajo los diferentes escenarios climáticos considerados para la estación Artigas.

Las series sintéticas de temperatura media diaria fueron generadas a través de un modelo autoregresivo de primer orden, de paso diario, condicionado por la ocurrencia de precipitación (lluvia, no lluvia) del día en cuestión (Richardson, 1981; Wilks, 1999). El modelo desarrollado se entrenó en la serie observada (13 años) considerando el ciclo anual de los parámetros (media y desviación estándar condicionados a la ocurrencia de precipitación). A los efectos del cálculo del ciclo anual, se consideró una ventana móvil de +/- 5 días y se asignó a cada día del año el valor del parámetro (media, desviación estándar) calculado en dicha ventana, diferenciando en días secos y lluviosos.

Evaluación del cumplimiento de la demanda actual

La evaluación del cumplimiento de la demanda de riego actual bajo diferentes escenarios climáticos se realizó en base al modelo de gestión SiGBaH-Irriga desarrollado por el IPH-UFRGS (Kayser et al., 2014) y modificado en el marco del proyecto "Desarrollo de una herramienta para la planificación y gestión de

los recursos hídricos en la cuenca transfronteriza del río Cuareim/Quarai” financiado por CIC Plata. Dicho modelo, de paso semanal, incorpora el balance hídrico de cada embalse de riego y de cada trecho de río, utilizando como información de entrada los caudales simulados por el modelo hidrológico MGB-IPH. Asimismo, incorpora como demandas de agua las tomas directas de agua superficial, embalses y extracción de aguas subterránea en la cuenca. Los detalles del modelo hidrológico MGB-IPH y su aplicación en la cuenca del río Cuareim se pueden consultar en OEA-PMARCO-CIC-FJR-IMFIA (2014).

En todos los casos como período de evaluación se consideró 1990-2012 (22 zafras de riego).

Los escenarios considerados para la variable precipitación diaria fueron los siguientes:

- **Series Observadas:** Series observadas de precipitación y temperatura media diaria.

- **Escenario Actual:** Series sintéticas para el clima presente de precipitación y temperatura media diaria.

- **Escenario Lluvioso:** Series sintéticas de precipitación a partir de los parámetros incrementados un 5% y series sintéticas de temperatura media diaria para el clima presente.

- **Escenario Seco:** Series sintéticas de precipitación a partir de los parámetros reducidos un 5% y series sintéticas de temperatura media diaria para el clima presente.

Para cada uno de estos cuatro escenarios se realizó la simulación del modelo SiGBaH-Irriga manteniendo la demanda actual en la cuenca y obteniéndose el área total cosechada en cada margen (uruguayo y brasilero).

Resultados

En primer lugar, se realizó una comparación del área total cosechada en cada una de las 22 zafras de riego (período 1990-2012) bajo el escenario de clima actual, calculadas a partir de las series observadas y las series sintéticas de precipitación diaria. De los resultados obtenidos se desprende que la simulación a partir de las series sintéticas de precipitación sobreestima el área cosechada, sobre todo, en los años secos. Es conocido que el modelo de precipitación considerado subestima la variabilidad interanual de la precipitación (De Vera, 2015). De aquí en más, se asume que la sensibilidad de los escenarios es independiente de esta limitante de la modelación.

Luego, se evaluó la variación porcentual del área total cosechada calculada con los escenarios lluvioso y seco en las 22 zafras simuladas (zafras no cronológicas, ordenadas en orden creciente en función del área cosechada) respecto al área cosechada en el escenario de clima actual. En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos para la margen uruguayo.

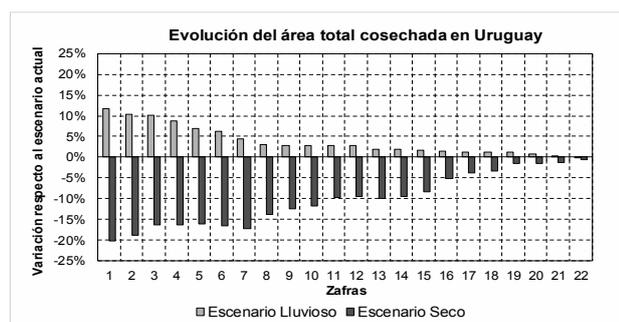


Figura 2.- Variación del área total cosechada para cada escenario en las 22 zafras simuladas (no cronológicas) respecto al área cosechada en el escenario actual.
Resultados para margen uruguayo.

Se observa que los sesgos impuestos en la precipitación se traducen en variaciones del área cosechada en la dirección esperada: más/menos lluvia se corresponde con más/menos área cosechada, para ambos márgenes (si bien aquí no se presentan, los resultados obtenidos para la margen brasilera son consistentes). A su vez, se observa que la sensibilidad del área cosechada muestra no ser simétrica para los casos de aumento y disminución de la precipitación. En efecto, en la Tabla 1, se presentan los valores de variación promedio para cada margen, evidenciándose la asimetría mencionada en ambas márgenes.

Tabla 1.- Variación del área total cosechada para los escenarios lluvioso y seco promedio de las 22 zafras simuladas respecto al área cosechada en el escenario actual.

Escenario	Variaciones del área total cosechada respecto al escenario actual	
	Brasil	Uruguay
Lluvioso	8.3%	3.8%
Seco	-20.8%	-10.1%

Conclusiones

De esta manera, se dispone de un modelo de gestión del recurso hídrico para la cuenca del río Cuareim que considera individualmente todos los embalses y tomas superficiales existentes en la cuenca y permite analizar la satisfacción de la demanda de cada uno para el escenario climático de interés (clima actual, escenarios futuros).

Para el caso de los escenarios de precipitación aquí considerados, estos muestran variaciones significativas en la atención de la demanda, respecto al clima actual, llegando hasta un 20% de diferencia en la margen brasilera. En particular la reducción de precipitaciones impacta en forma más significativa que el aumento.

De forma análoga, se realizó un análisis para distintos escenarios de variación de temperatura (-1°C, +1°C y +2°C en la media diaria, ajustando en cada caso la desviación estándar según la proporción observada entre la magnitud de variación de ambos parámetros). Tanto para los escenarios de aumento como de disminución de la temperatura media diaria, no se identificaron variaciones significativas en la satisfacción de la demanda (variaciones absolutas menores al 5%).

Referencias bibliográficas

- Baethgen, W.; Terra, R.; De Vera A. (2013). “Análisis de la vulnerabilidad a la variabilidad y el cambio climático en Uruguay”. Consultoría de INYPSA para la Elaboración del PLANAGUA.
- De Vera, A. (2015). “Desarrollo de un generador estocástico de precipitación diaria y su aplicación en Uruguay”. Tesis de Maestría en Ingeniería - Mecánica de los fluidos aplicada. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Kayser, R. (2014). “Metodología de Balanço Hídrico e Critérios de Outorga em Bacias Hidrográficas com Uso Intenso de Reservatórios de Pequeno Porte: Estudo de Caso na Bacia do Rio Quarai”. Tesis de Maestría IPH-UFRGS, Brasil.
- OEA-PMARCO-CICPLATA-FJR (2014). “Modelación hidrológica a escala diaria y adaptación de la escala espacial del balance hídrico superficial”.
- Richardson, C.W. (1981). “Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation”. *Water Resour. Res.*, 17,182-190.
- Wilks, D.S. (1998). “Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model”. *J Hydrol.* 210, 178-191.
- Wilks, D.S. (1999). “Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation at multiple sites in complex terrain”. *Agricultural and Forest Meteorology*, 96, 85-101.