

ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA ANTE DISTINTOS ESCENARIOS DE OFERTA Y DEMANDA EN LA CUENCA DEL RÍO SAN ANTONIO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Javier Alvarez¹, César Luis García² y Carlos Marcelo García Rodríguez¹

¹Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT CONICET/UNC). FCEfNyN, Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

²Centro de Investigación y desarrollo en Inmunología y Enfermedades Infecciosas (CIDIE CONICET / UCC), Av. Armada Argentina 3555, Córdoba, Argentina
E-mail: javieralvarez.ic@gmail.com, cesarnon@gmail.com, cgarcia2mjc@gmail.com

Introducción

Bajo el contexto actual de cambio climático, un reporte de la Organización de las Naciones Unidas (UNDP, 2006) señala que, en el 2030 casi la mitad de la población mundial vivirá en áreas de estrés hídrico. Además, la Organización Mundial de la Salud estima que, en 2025, cerca de 2000 millones de personas vivirán en países o en regiones donde la escasez de agua será absoluta y los recursos hídricos por persona estarán por debajo de los 500 metros cúbicos anuales recomendados, cantidad de agua que necesita una persona para llevar una vida sana e higiénica.

En cuanto a la gestión estratégica en Argentina, las sequías han causado en el año 2012 pérdidas del orden de USD 2.2 mil millones (Banco Mundial, 2016). Dentro de las pérdidas generadas por las sequías se pueden incluir las pérdidas de producción agrícola-ganadera, costos por suministros de agua potable de carácter suplementarios, entre otros.

Por otro lado, un estudio de todas las ciudades de más de 750.000 habitantes ubica a la ciudad de Córdoba (Argentina) como la 8° ciudad del mundo más sensible a sufrir restricciones hídricas debido a la combinación de cambios climáticos, demográficos y ecológicos (Jenerette y Larsen 2006).

Muy próxima a la ciudad de Córdoba, se ubica la cuenca que abastece al lago San Roque, principal fuente de agua potable para dicha ciudad y todas aquellas rivereñas a los principales tributarios del dique. Uno de los principales tributarios, es el río San Antonio, considerado como la principal fuente de abastecimiento de agua potable para los habitantes e industrias de las localidades del Sur de Punilla, sin embargo en la actualidad y en el período de estiaje, se ha llegado a extraer la totalidad del caudal del río en las semanas previas al inicio de la época de lluvias.

Objetivos

El objetivo del trabajo es analizar el impacto de las variaciones del caudal del río San Antonio sobre la disponibilidad de agua (Oferta) para las localidades que toman agua del río San Antonio (Demanda), a partir de distintas proyecciones de precipitación y temperatura para distintas concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Área de Estudio

La cuenca del río San Antonio (Figura 1) forma un área aproximada de 500 km², caracterizada por un relieve montañoso. Además de su comportamiento torrencial, su caudal fluctúa ampliamente entre épocas estivales y de estiaje, debido a ubicarse en una región de clima semiárido. En el caso del caudal de estiaje, éste históricamente ha oscilado entre 0.8 y 0.4 m³/s. El módulo del río es de 4.5 m³/s (datos del Centro de la Región Semi-Árida del Instituto Nacional del Agua "INA-CIRSA" entre 1992 y 2013).

Actualmente, de acuerdo con información suministrada por la

COOPI, 22 mil cuentas se encuentran conectadas al servicio de agua potable, de los cuales, las estimaciones aseguran que 50 mil habitantes estables gozan de este servicio, precisando así un módulo de extracción de 0.3m³/s, aun teniendo la capacidad de tratamiento de 0.5m³/s.

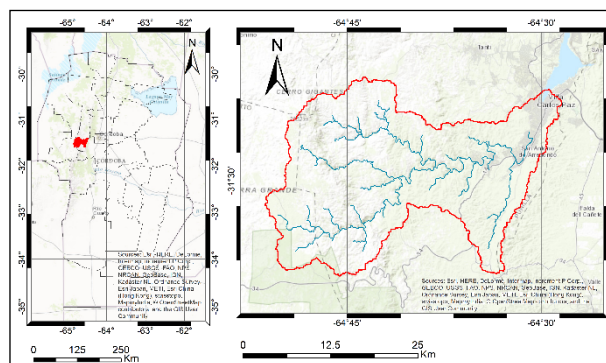


Figura 1.- Ubicación de la cuenca del río San Antonio.

Materiales y métodos

Para simular el comportamiento hidrológico de la cuenca del río San Antonio se utilizó el modelo hidrológico JAMS, calibrado y parametrizado para la cuenca de este río con observaciones de precipitaciones, temperaturas y caudales registrados por el INA-CIRSA entre 1992 y 2013.

El modelo hidrológico JAMS (Jena Adaptable Modelling System) fue desarrollado por el "Department of Geoinformatics, Hydrology and Modelling", de la Friedrich-Schiller-University, Jena, Alemania (<http://jams.uni-jena.de>). Este modelo se basa en la ecuación de balance hídrico y es del tipo continuo y distribuido en HRU (hydrological Response Units). La cuenca se representa como una serie de reservorios y HRU interconectados y los cálculos se realizan en un paso de tiempo fijo. La simulación de los procesos se lleva a cabo en distintos módulos: interceptación y evapotranspiración, infiltración, flujo subterráneo y tránsito en laderas y en cauce.

Para analizar su impacto en los caudales escurridos en la cuenca, se simuló con JAMS escenarios hipotéticos de precipitación y temperatura, sintetizados a partir de los valores observados, y escenarios climáticos obtenidos de modelos de cambio climático global (GCM, por sus siglas en inglés).

Los GCM utilizados corresponden al CMIP5 y sólo se trabajó con la lámina de lluvia diaria, obtenida de la base de datos provista por la 3er Comunicación Nacional de Cambio Climático en formato netCDF (<http://3cn.cima.fcen.uba.ar/>), cuya resolución espacial de 0.5° por píxel. En particular, entre los modelos climáticos disponibles en esta base de datos, se trabajó con los tres que mejores desempeños presentan para la Provincia de Córdoba. Estos son MPI, CNRM y NorESM ya que presentan menor error medio de las observaciones y mayor número de veces presentan menor error (Alvarez, 2016).

Cabe señalar que, antes de asimilar los datos de GCMs a JAMS, se corrigieron la distribución espacial y los sesgos de la precipitación y temperatura con observaciones terrenas mediante la técnica de downscaling estadístico Quantile Mapping que corrige los valores Quantil a Quantil. Al incluir estos datos en el modelo hidrológico se simularon caudales para escenarios climáticos futuros con base física y de acuerdo con las proyecciones de gases de efecto invernadero.

Resultados

Se determinó que, en los 20 años de registros, las precipitaciones totales anuales han oscilado en torno al 22% del valor medio. Estas amplias fluctuaciones son propias del clima en que se encuentra la cuenca. Además, de la comparación con escenarios climáticos corregidos, se observó que las PTA tienden a crecer en el tiempo en 10% con fluctuaciones del orden del 25%, intensificando los picos y valles.

La condición de Riesgo de Escasez de Agua (REA) se presenta cuando el flujo superficial es menor al necesario para abastecer a la totalidad de población, mientras se procura mantener un caudal ecológico de al menos $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Para entender qué sucede en ciclos climáticos con años secos o húmedos se realizaron escenarios de variación de montos de precipitación. Se adopta un valor de variaciones de 30% para sintetizar las series de precipitaciones a partir de las variaciones inter-anales observadas. Es así, que la figura 2 muestra en 3 colores diferentes los días que habría REA ante distintas demandas ($0.3\text{m}^3/\text{s}$, $0.6\text{m}^3/\text{s}$ y $0.9\text{m}^3/\text{s}$, en azul, verde y rojo respectivamente) para las variaciones de lluvia en el 2013 en +/-30% y sin variación alguna.

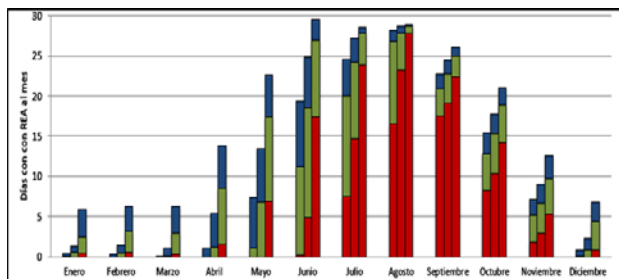


Figura 2. Número de días con REA al mes, según la demanda de agua de $0.3\text{m}^3/\text{s}$ (azul), $0.6\text{m}^3/\text{s}$ (verde) y $0.9\text{m}^3/\text{s}$ (rojo). Variaciones mensuales de lluvia en sentido de izquierda a derecha (con colores más oscuros a más claros): +30%, 0%, -30%.

Al observar la figura 2 cabe notar el aumento de los días con REA al disminuir en 30% la tasa de lluvia en el año 2013, ya que los días en que peligra el abastecimiento de agua potable y el caudal ecológico ascienden notoriamente. En este caso además, aumenta la cantidad de días con REA para las demandas proyectadas de $0.6\text{m}^3/\text{s}$ y $0.9\text{m}^3/\text{s}$, incluso en los meses del período estival. Por otro lado, entre Junio y Agosto la satisfacción de la demanda de $0.3\text{m}^3/\text{s}$ y el caudal ecológico, con 30% menos de precipitación corre grave peligro y merece especial atención para los tomadores de decisiones.

Mediante la aplicación de las técnicas de downscaling estadístico sobre los GCMs, los resultados vistos en general fueron muy buenos, corrigiendo la distribución espacial a las precipitaciones y temperaturas y corrigiendo los sesgos de los valores medios con respecto a las observaciones históricas. A su vez, las correcciones garantizaron mantener la variabilidad intrínseca de los modelos y las tendencias futuras.

Por otro lado, la tabla 1 compara los días con Riesgo de Escasez de Agua (REA) para escenarios simulados con los GCMs en el período histórico (1961-2010), Futuro Cercano "FC" (2016-2040) y Futuro Lejano "FL" (2076-2100) y para los forzamientos radiativos (RCP) de 4.5 y 8.5:

Tabla 1.-Cantidad de días REA, caudales menores a 0.3 , 0.6 y $0.9\text{m}^3/\text{s}$, para diferentes RCP y períodos de tiempo. Entre observaciones y GCM.

GCM	días REA por demanda	Obs	Histo	FC		FL	
				RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
NorES M	$0.3\text{m}^3/\text{s}$	78	110	95	95	97	106
	$0.6\text{m}^3/\text{s}$	126	158	146	145	146	152
	$0.9\text{m}^3/\text{s}$	158	185	175	172	173	180
MPI	$0.3\text{m}^3/\text{s}$	78	70	103	75	103	97
	$0.6\text{m}^3/\text{s}$	126	134	153	134	173	153
	$0.9\text{m}^3/\text{s}$	158	173	182	169	213	190
CNRM	$0.3\text{m}^3/\text{s}$	78	96	89	101	103	97
	$0.6\text{m}^3/\text{s}$	126	147	140	151	151	148
	$0.9\text{m}^3/\text{s}$	158	178	170	185	178	180

A partir de la tabla 1, los caudales simulados en JAMS con datos de GCM en los períodos históricos se encuentran sesgados positivamente, con respecto a los caudales simulados con datos observados. Sin embargo, no se observan cambios significativos respecto al período histórico en los períodos futuros cercanos y lejanos, y para los diferentes RCP.

Por último, siguiendo el análisis de la tabla 1, se puede ver que los días con caudales simulados a partir de datos observados inferiores a $0.3\text{m}^3/\text{s}$ equivalen a una cuarta parte de los días del año. Además, se espera que la población a abastecer de agua se duplique en 22 años y triplique en 58 años (en función de registros históricos del INDEC), observándose que los días con REA aumentarían, aunque no de una manera directamente proporcional.

Conclusiones

Se determinó que, aunque llueva hasta un 30% más de lo normal, el riego de escases de agua es crítico entre Julio y Septiembre. Además, precipitaciones del orden de 30% menores a las observaciones generan grandes problemas al suministro de agua potable, con numerosos días sin poder suplir de agua potable a las comunidades vecinas al río San Antonio.

Se espera que el Riesgo de Escasez del Agua aumente con el tiempo, aunque no directamente proporcional al crecimiento poblacional. Además, no se aprecian tendencias claras de crecimiento del REA en las proyecciones futuras de los GCMs. Por último, se sugiere continuar estudiando el sesgo y las técnicas de downscaling estadístico para ganar mejor precisión en las simulaciones, para así minimizar las incertidumbres en las variables corregidas y ampliar el campo de aplicación de los Modelos Climáticos en la hidrología.

Referencias

- Alvarez J., García C.L., García C.M. (2016). "desempeño de modelos climáticos globales representando información pluviométrica en áreas seleccionadas en la provincia de Córdoba". *V Taller sobre Diseño Hidrológico*. Salta (Argentina).
- Banco Mundial (2016). "Análisis Ambiental del País: Argentina". *Informe N°11996*. Banco Mundial, Oficina Regional de América latina y el Caribe, Washington. EEUU.
- Jenerette, D.G y Larsen L. (2006). "A global perspective on changing sustainable urban water supplies". *Global and Planetary Change* 50:202-211.
- United Nations Development Programme (2006). "Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis". ISBN 0-230-50058-7. *Human Development Report*, United Nations, New York, USA.