

AMENAZA POR CAMBIO CLIMÁTICO EN SISTEMAS HIDROLÓGICOS DE LLANURA: APLICACIÓN A “LAS ENCADENADAS” SUR DE SANTA FE

Magalí V. Soria¹, Pedro A. Basile² y Gerardo A. Riccardi^{2,3}

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto (UTN-FRVT), Argentina.

(2) Departamento de Hidráulica (Escuela de Ingeniería Civil) y Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario (DH-CURIHAM, FCEIA, UNR), Argentina.

(3) Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR), Argentina.

msoria@frvt.utn.edu.ar

Introducción

El Sistema Hidrológico No Típico (SHNT) Las Encadenadas se encuentra ubicado en Argentina, al sur de la provincia de Santa Fe, en el departamento General López. El mismo abarca completamente los distritos de San Eduardo y Venado Tuerto, y a su vez en menor proporción, comprende otros 13 distritos, teniendo como punto de cierre a la localidad de Teodelina. Es atravesado por las rutas nacionales N°8 y N°33, diversas rutas provinciales y secundarias, y dos líneas del ferrocarril.

Los SHNT, son sistemas que no cuentan con una superficie tributaria definida de componentes lineales, organizados y jerarquizados, ni con una relación puntual, sino que prevalece la estructura de disipación (Fertanoni y Prendes, 1983). Tienen como rasgo distintivo la baja energía morfológica del terreno (Fuschini Mejía, 1994) encontrándose conformados por zonas bajas y depresiones, las cuales se interconectan naturalmente mediante cañadas y esteros.

Objetivos

Estudiar la dinámica hídrica del SHNT mediante la conceptualización de los procesos relevantes involucrados y la simulación hidrológica correspondiente; incorporando la incertidumbre asociada a diferentes escenarios de cambio climático (CC). Será simulada la dinámica de los procesos de almacenamiento y escurrimiento superficial asociados a eventos de lluvias máximas de varios días de duración, similares a eventos de lluvia ya acontecidos en la zona de estudio, los cuales han puesto en emergencia diferentes vías de comunicación y poblaciones dentro de la cuenca.

Asimismo, se plantea analizar el impacto para diversos escenarios de lluvia, determinando las zonas afectadas en términos de áreas anegadas y permanencias (caracterización de impacto de inundaciones) para el estado actual del clima y para hipotéticos estados futuros frente a la influencia del CC.

Materiales y Metodología

En lo que respecta a Materiales es empleada información básica para realizar la simulación hidrológica/hidráulica del sistema de estudio, como ser: Modelo Digital de Terreno (DEM), mapas de tipologías y usos del suelo, imágenes satelitales, canalizaciones, alcantarillas intervinientes, registros históricos de lluvias, temperatura, viento, humedad, etc. Se destaca que dicha información es adquirida conforme métodos clásicos de recolección y mediante productos provenientes de la Geomática.

En cuanto a Metodología, son utilizadas herramientas de geomática, principalmente para la preparación de información espacial. En cuanto a la simulación hidráulica del sistema de estudio, es empleado el modelo hidrológico-hidráulico distribuido y físicamente basado VMMHH 1.0; el cual está compuesto por un modelo hidrológico-hidráulico (Riccardi, 2001) y una plataforma computacional (Stenta et al. 2005).

La modelización del SH es constituida por elementos del tipo valle y río, los cuales representan porciones de planicies y canalizaciones/cañadas presentes en el mismo. Además, son

presentadas las diferentes vinculaciones entre los elementos, los cuales contienen información característica del área que representan. Conjuntamente, con la finalidad de representar situaciones semejantes a la realidad, los elementos contienen alturas iniciales de agua y contenido de humedad.

Para el acondicionamiento de la información insumo del modelo se realizaron correcciones altimétricas al DEM, se generaron batimetrías (Soria, 2017), se realizó una delimitación marginal del área de estudio, la discretización del DEM corregido y se determinaron los rangos numéricos componentes de las subcuencas, con el objeto de ingresar al modelo información característica por subcuencas.

En cuanto a información hidrológica, fue acondicionada información climatológica, obtenidas las variables del ciclo hidrológico y posteriormente, estimados los número curva (CN).

Además, fue ingresada a SIG y readecuada para su lectura en el modelo, información sobre canalizaciones y alturas iniciales de agua para las lagunas, mediante herramientas de la geomática.

Posteriormente, para la calibración y validación del modelo fueron empleados eventos acontecidos, en los cuales se disponía para esas fechas de imágenes satelitales, las cuales fueron utilizadas como información testigo. La metodología consistió en iniciar la simulación del evento en una fecha en la que hubiese imágenes satelitales del sector disponibles con motivo de, mediante dichas imágenes, adjudicar alturas iniciales de agua a las lagunas, como se mencionó recientemente. Posteriormente, fueron utilizadas imágenes satelitales del transcurso/final del evento con motivo de clasificarlas en coberturas de agua/no agua y, mediante el posicionamiento de los píxeles, contrastar con la información arrojada por la simulación. En la Figura 1 puede apreciarse un mapa de calibración para la fecha 14/01/2017.

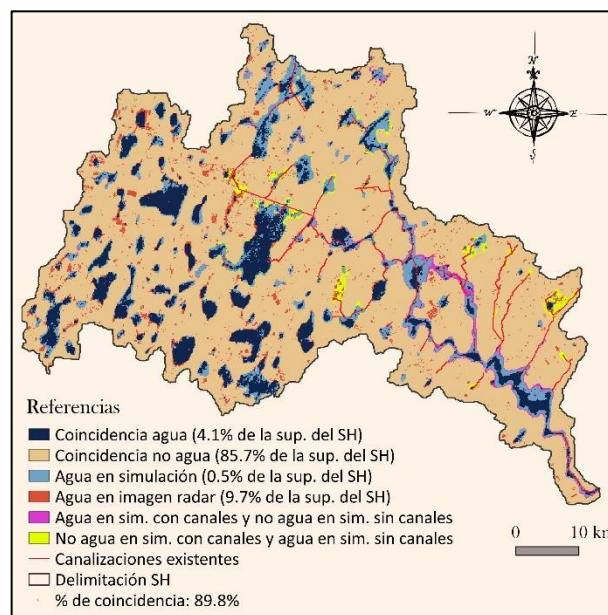


Figura 1.- Mapa de contraste de respuestas de Evento 1, con canalizaciones y rugosidades ajustadas, para la fecha 14 de enero de 2017.

Una vez calibrado el modelo, se procedió a determinar las lluvias para diferentes recurrencias y se realizaron las simulaciones frente a diferentes escenarios de cambio climático según los Coeficientes de incrementos de Precipitaciones máximas de 5 días de duración del CMIP6-Coupled Model Intercomparison Project Fase 6 (IPCC ARG6-WG1, 2021) Región: Sur-Este de América del Sur.

Para finalizar, fue analizada la información y volcada a un SIG, con el objeto de mapear el agua en superficie, su permanencia, su cercanía a redes viales y centros urbanos (pueblos); para determinar la amenaza/peligrosidad de los mismos frente a riesgo hídrico.

Resultados

Como principales resultados del trabajo, fue lograda la cuantificación y mapeo de superficies de agua y caudales presentes en el SH, la permanencia del agua superficial y la cercanía de la misma a ejidos urbanos y redes viales, para recurrencias con y sin consideración del efecto CC.

Para las condiciones más desalentadoras: recurrencia de 100 años, suelo cuasi-saturado y Coef. de CC de 1.30; se obtuvo una superficie de 64,514 ha ocupadas con agua (19.92% de superficie total del sistema) y caudales pico del orden de los 320 m³/s en la sección de cierre de cuenca, un escurrimiento del agua presente del 11.6% en las primeras 24 h y del 51.2% pasadas las 193 h; con un total de 202 tramos de vías de comunicación con agua en sus proximidades. En la Figura 2 puede apreciarse un mapa de permanencia de agua en superficie para la recurrencia de 100 años, considerando un coeficiente de incremento de precipitación por CC de 1.30; y en el mismo, el tiempo que permanece en agua sobre o en cercanía a las redes viales/ferroviarias.

Además, se destaca que fue obtenida una nueva delimitación del sistema, de 3237 km², la cual contempla superficies que aportan al mismo frente a eventos a partir de los 100 años de recurrencia, como puede observarse en la Figura 3.

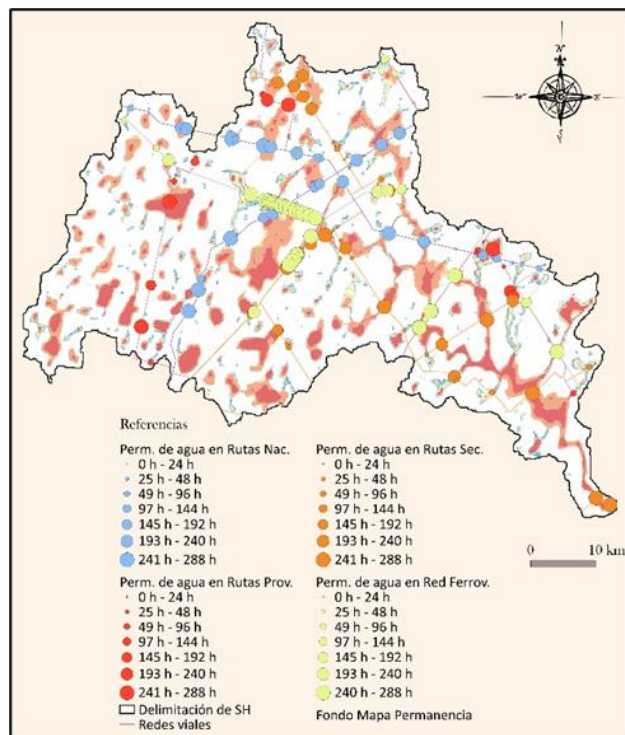


Figura 2.- Mapa de amenaza en redes viales frente a permanencia de agua contemplando CC para una recurrencia de 100 años.

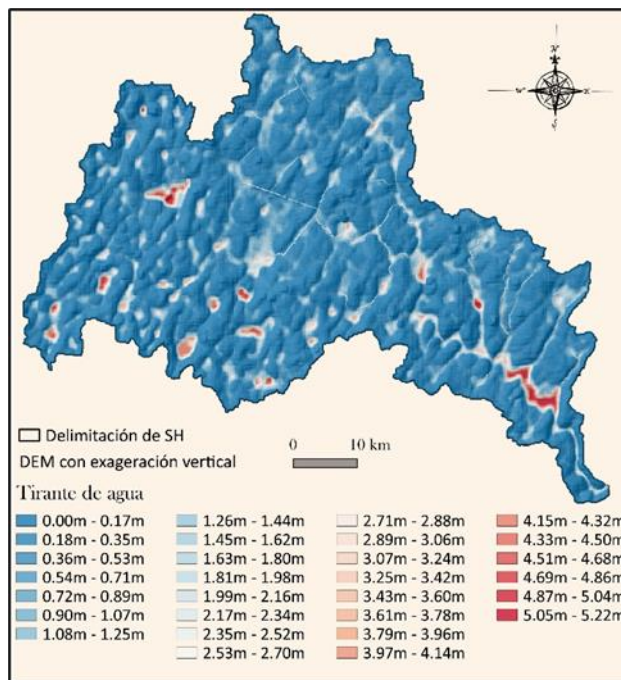


Figura 3.- Mapa de validación de la delimitación del SH Las Encadenadas.

Conclusiones

Como conclusión principal, puede decirse que se ha cumplido con el objetivo general, el cual es estudiar la dinámica hídrica de SH de llanura, mediante la conceptualización de los procesos relevantes involucrados y la simulación hidrológica- hidráulica correspondiente; incorporando la incertidumbre asociada a diferentes escenarios de CC.

Toda esta información, también presentada espacialmente en el SH mediante mapas, permite una clara y rápida comprensión de la amenaza/peligrosidad en la cual se encuentra el SH frente a determinadas condiciones climáticas, lo cual favorece a la toma de decisiones de los actores correspondientes.

Referencias

Fertanoni, M., & Prendes, H. (1983). Hidrología en áreas de llanura. Aspectos conceptuales teóricos y metodológicos. In M. C. Fuschini Mejía (Ed.), Hidrología de las grandes llanuras - Coloquio de Olavarría (pp. 119-156). Buenos Aires, Argentina.

Fuschini Mejía, M. C. (1994). El agua en las llanuras (1st ed.). Montevideo, Uruguay: UNESCO - ORCYT.

IPCC ARG6-WG1. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, ... B. Zhou, Eds.). Cambridge University Press. In Press.

Riccardi, G. (2001). Un sistema de simulación hidrológica-hidráulica cuasi-2D multicapa para ambientes rurales y urbanos. (Tesis Doctoral). FCEfN-UNC, Córdoba.

Soria, M., Piñero, V., Ledesma, N., Basile, P., & Riccardi, G. (2017). Análisis batimétrico de lagunas poco profundas mediante técnicas de Teledetección y SIG: aplicación a la laguna La Victoria. Cuadernos Del CURIHAM, 23, 51-61.

Stenta, H., Rentería Beltrán, J., & Riccardi, G. (2005). Plataforma Computacional Para Gestion De Información En La Simulación Hidrológica-Hidraulica Del Escurrimiento Superficial. XX Congreso Nacional Del Agua y III Simposio de Recursos Hídricos Del Cono Sur, Cap. Hidrología 1-13.