



CONAGUA2023

XXVII CONGRESO NACIONAL DEL AGUA

“Hacia una gestión hídrica sostenible e inclusiva”

RESÚMENES EXTENDIDOS

28, 29 Y 30 de AGOSTO

CENTRO CULTURAL KIRCHNER

C.A.B.A. | ARGENTINA



Ministerio de
Obras Públicas
Argentina



COMITE PERMANENTE
DEL CONGRESO
NACIONAL DEL AGUA

PATROCINADOR



Agencia I+D+i

Agencia Nacional de Promoción
de la Investigación, el Desarrollo
Tecnológico y la Innovación



RESÚMENES EXTENDIDOS

EDITORES

Juan Carlos Bertoni
Pablo Daniel Spalletti
Leandro David Kazimierski

28, 29 y 30 de AGOSTO 2023
Centro Cultural Kirchner | C.A.B.A | Argentina

XXVII Congreso
Nacional del Agua
CONAGUA 2023
RESÚMENES EXTENDIDOS

EDITORES

Juan Carlos Bertoni
Pablo Daniel Spalletti
Leandro David Kazimierski

**DISEÑO GRÁFICO
Y COMPAGINACIÓN**

Lorena Vago

COMITÉ EDITORIAL

Andrea Rodríguez
Bárbara Marion Gomez
Claudio Fattor
Constanza Fernández Gorostidi
Federico Haspert
Federico Romero
Francisco Brea
Guillermo Borgobello
Leandro Kazimierski
Marcelo Salinas
Mariana Giorgi
Mariano Pontón
Mariano Re
Marina Lagos
Marina Sarti
Marisol Reale
Máximo Lanzetta
Nicolás Tomazín
Pablo Spalletti
Santiago Arrigoni
Sebastián Peralta
Tomás Bernardo
Yanina El Kassisse

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA (INA)

XXVII edición del Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2023: trabajos presentados al CONAGUA 2023; Editado por Juan Carlos Bertoni; Pablo Daniel Spalletti; Leandro David Kazimierski – 1a ed. – Ezeiza: Instituto Nacional del Agua, 2023.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-47387-3-8

1. Recursos Hídricos. 2. Hidráulica. 3. Hidrología. I. Bertoni, Juan Carlos, ed. II. Spalletti, Pablo Daniel, ed. III. Kazimierski, Leandro David, ed.

CDD 600

El presente contenido: texto y figuras de los resúmenes extendidos de los trabajos, son propiedad exclusiva de los autores.

Producido y hecho en el Argentina.

AMPLIACIÓN DEL SAT-AZUL, TRAMO PARISH-CACHARÍ

Ignacio Villanueva, Crysthian Sánchez y Georgina Cazenave

Afiliaciones: Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Jorge E. Usunoff”, Azul, Argentina.
E-mail: ivillanueva@ihlla.org.ar, manytho@gmail.com, cazenave@ihlla.org.ar

Resumen

Dentro de las actividades de ampliación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) del término municipal de Azul, provincia de Buenos Aires, se muestra el trabajo de modelización hidrodinámica bidimensional del tramo de cuenca baja del arroyo del Azul: Parish-Cacharí. En particular se trabaja con dos modelos numéricos: HEC-RAS v. 6.3 de libre descarga y Lisflood-FP v. 8.2.0, open-source.

Introducción

Dentro del proyecto de actualización y ampliación de la red de alerta de inundaciones del Partido de Azul, que se encuentra operativa desde 2005, se pensó en incluir la zona norte del Partido, para evaluar los riesgos de inundación, particularmente el pronóstico de crecidas para la localidad de Cacharí.

En trabajos previos de investigación, véase Collazos et al (2018), y Sánchez (2023), se prestó atención exclusivamente al término municipal de Azul, y se modelizaron escenarios de inundación con las ecuaciones completas de Saint Venant en 2D, en particular los hidrogramas de las crecidas de Mayo y Agosto de 2012.

Centrados en el tramo Parish-Cacharí, tras revisar información de las capas de la JRC Global Surface Database, obtenida por el tratamiento de imágenes satelitales Landsat, Peckel et al (2016), no se encontró información relevante sobre la ocurrencia, recurrencia anual, o la extensión de la máxima crecida dentro del periodo 1984-2022, poniendo de manifiesto que las de mayor impacto (2012), no pudieron ser registradas por Landsat, debido a la presencia de nubes o porque los tiempos de revisita no coincidieron con los de inundación, de modo que se optó por la simulación numérica directa con apoyo de modelos digitales de elevaciones (MDE) del terreno.

Modelos digitales de elevaciones

Para esta ampliación, los modelos digitales de elevación de planicie elegidos fueron TanDEM (90x90 m) (Wessel, 2018) y FABDEM (30x30 m) (Hawker et al, 2022), y no se cuenta con batimetría de secciones transversales, no obstante se puede trabajar con una sección tipo extrapolada a un canal prismático para HEC-RAS y con la tipificación sub-grid channel (SGC) para Lisflood-FP.

Modelos de simulación

La ecuación hidrodinámica de conservación del momento, en aproximación de onda-difusiva se reduce en el eje cartesiano X a:

$$\frac{\delta h}{\delta x} - S_0 + S_f = 0 \quad [1]$$

Siendo h el tirante, S_0 la pendiente del lecho y S_f la pendiente de fricción. La ecuación se plantea análogamente en el eje Y, y se resuelve con la ley de fricción de Manning que liga S_f con el caudal intercelda Q . Sumando las dos componentes (X, Y) se calcula la conservación de la masa en una discretización en malla rectangular de espaciado (Δx , Δy) para Lisflood-FP y también para HEC-RAS:

$$\frac{\Delta h_{ij}}{\Delta t} = \frac{Q_{i-1/2,j} - Q_{i+1/2,j} + Q_{i,j-1/2} - Q_{i,j+1/2}}{\Delta x \Delta y} \quad [2]$$

Con sub-índices (i, j) para indexar cada celda en el plano, y con un paso de tiempo Δt que garantice estabilidad y conservación de la masa en todo el dominio de cálculo, considerando las condiciones de contorno, en este caso entrada de un hidrograma en el cauce y salida aguas abajo en régimen normal.

La modelización puede ser completamente bidimensional con celdas que cubren todo el dominio, o usar una geometría híbrida “canal 1D más planicie 2D”, que en Lisflood-FP se configura a través del SGC, y en HEC-RAS con una transferencia 1D-2D. En la primera fase del proyecto se ha optado por el MDE de FABDEM y por los modelos Lisflood-FP SGC y HEC-RAS 2D, en este último el refinamiento sub-grid batimétrico no es relevante al usar píxeles de MDEs de 30 o 90 metros.

A falta de una imagen de referencia, la métrica de similitud entre dos simulaciones (S_1, S_2) es la del índice de Jaccard:

$$J(S_1, S_2) = \frac{S_1 \cap S_2}{S_1 \cup S_2} = \frac{S_1 \cap S_2}{S_1 + S_2 - S_1 \cap S_2} \quad [3]$$

También conocido como índice F^1 , o de intersección sobre unión, y variable entre $0 < J < 1$.



Figura 1.- Área de Interés, con curvas de nivel de elevación cada 2 metros y trazado del arroyo Azul a lo largo de 26 kms, la pendiente promedio es inferior a una milésima.



Figura 2.- Máxima extensión de inundación obtenida con el modelo Lisflood-FP SGC sobre el modelo digital de elevaciones FABDEM, en presencia del terraplén de ruta.

Resultados y conclusiones preliminares

Dentro de los objetivos más prácticos o aplicados del proyecto se pretende valorar la influencia de la ruta para ponderar su

efecto como dique de protección para Cacharí, y ello se consigue insertando la sobre-elevación del terraplén existente sobre la propia línea de la ruta en el modelo digital de elevaciones, y ejecutando diversas simulaciones hidrodinámicas con diferentes caudales de entrada, véase un resultado en la Figura 2.

En general los MDEs deben ser revisados previamente a realizar la modelización hidrodinámica, independientemente del tamaño de pixel, para verificar las cotas de estructuras relevantes o defensas que se interponen al flujo, Wood et al (2020) emplea técnicas de deep-learning, y también se debe verificar si la vegetación alta (árboles) ha sido removida o no, en función de los umbrales de altura media de copa y porcentaje de superficie ocupada que fueran elegidos en el procesado y filtrado de la superficie, Hawker et al (2022), prestando especial atención a los bancos del cauce principal. En el tramo de interés Parish-Cacharí, con FABDEM y TanDEM se necesitó de limpieza de vegetación extraordinaria.

Lisflood-FP es más apropiado en principio, para modelado a gran escala (Large-Scale) por su escalabilidad y posibilidad de ejecución en la nube en clusters dedicados o en máquinas virtuales, pero su configuración es en modo texto, no gráfica, y la explotación delega en sistemas de información geográfica (SIG), como QGIS. Además en ausencia de batimetrías, los cauces principales pueden ser diseñados rápidamente con secciones arbitrarias y ajustados por similitud de la plana de inundación resultante con la impronta o imagen aérea o satelital asociada. Pero en el tramo corto de estudio propuesto de Parish-Cacharí, donde los tiempos de computación resultan inferiores a diez minutos con ambos modelos en pc de sobremesa, y las improntas son muy similares en aproximación de onda difusiva, no hay una marcada preferencia.

En el futuro se espera poder analizar mayores superficies de inundación, particularmente las que se obtengan con satélites de

microondas como SAOCOM, y reproducir la dinámica o evolución de una inundación para las horas siguientes, en función de la imagen de extensión en tiempo real, caudales estimados de circulación, y el pronóstico de precipitación, usando modelos matemáticos como los descritos.

Referencias Bibliográficas

- Collazos, G., Villanueva, I., Briseño, N., Cazenave, G., Guevara, Cristian., y Blanco, M.** (2018). "Modelo bidimensional de inundación urbana de la ciudad de Azul (Argentina) con herramientas de uso libre". *XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*.
- Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J.** (2022). "A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed". *Environmental Research Letters*, 17(2), 024016. DOI 10.1088/1748-9326/ac4d4f
- HEC-RAS USACE**, <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Lisflood-FP**, School of Geographical Sciences, University of Bristol, <http://www.bris.ac.uk/geography/research/hydrology/models/lisflood/>
- Pekel, J.F., Cottam, A., Gorelick, N. et al.** (2016). "High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes". *Nature* 540, 418–422 (2016). <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Sánchez, C.** (2023). *Modelación hidrodinámica bidimensional bajo enfoques implícitos y explícitos para la gestión integral de inundaciones en áreas urbanas ubicadas en zonas de llanura a través de herramientas de uso libre y RPAS*. Tesis de Maestría, UNL-FICH, por entregar.
- Wessel, B.** (2018). TanDEM-X DEM Product Specification. 3. <https://tandemx-science.dlr.de/>
- Wood, D.J., Brown, C.M.R., Doyle, L., Smith, H.L., Waller, S. and Weller, E.F.,** (2020). "Identification of River Defences from Digital Terrain Models using Deep Learning". *Proceedings of the FLOODrisk 2020 - 4th European Conference on Flood Risk Management*. <https://repository.omikk.bme.hu/handle/10890/15149>