



ID de la contribución : 8

Tipo : no especificado

Efectos de eventos pluviométricos diarios sobre el caudal del Río Sauce Grande (Argentina): un análisis a partir de datos satelitales ópticos

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre el caudal del río Sauce Grande y la cobertura de agua en el año 2017. Se calcularon seis índices pluviométricos y se analizó el caudal del río. Se procesaron imágenes satelitales Landsat 8 posteriores a precipitaciones de diferente intensidad y se calculó la superficie cubierta por agua. El área de estudio presentó una marcada variabilidad pluviométrica que se vio reflejada en el caudal del río alcanzando, como se espera, su máximo con precipitaciones extremas. Las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica se localizaron sobre el NW de la laguna Sauce Grande, en la barrera medanosa austral y en cercanías de la descarga del río Sauce Grande en el Océano Atlántico.

Palabras clave: monitoreo en alta frecuencia; río de llanura; Región Pampeana; vulnerabilidad hidrológica; imágenes Landsat.

Introducción

En las planicies de Argentina, la cantidad e intensidad de las precipitaciones, el relieve escasamente ondulado y los suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad son los principales factores que generan las recurrentes inundaciones a la cual está sujeta esta región (Vázquez et al., 2011). Los excesos hídricos se traducen en áreas anegables y en muchos casos afectan a la población, sus actividades económicas y las coberturas del suelo (Nosetto et al., 2012). En este sentido, el estudio del caudal de un curso de agua es fundamental para comprender la dinámica y variabilidad de la escurriencia y para conocer la respuesta de este frente a precipitaciones con diferente nivel de intensidad (Carbone et al., 2006). La medición del flujo en alta frecuencia ha permitido a escala mundial y nacional monitorear con gran precisión el material particulado en suspensión y los contaminantes que se transportan desde las áreas continentales hacia el mar (Poulier et al., 2019), como así también analizar la frecuencia de inundación (Bezák et al., 2014). El procesamiento de imágenes satelitales Landsat ha facilitado el monitoreo de las áreas cubiertas por agua ante eventos de precipitación severos en diferentes cuencas hidrográficas del mundo por su alta resolución espacial y temporal, cobertura y calidad de datos (Koliou y Stylios, 2013; Sakai et al., 2018). Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la variabilidad pluviométrica sobre el caudal diario del río Sauce Grande y sobre la cobertura de agua de la cuenca inferior durante el año 2017. La finalidad de este estudio es la de generar una base de datos necesarios para identificar las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica ante la ocurrencia de lluvias torrenciales y extremas. De esta manera, se podrían orientar políticas públicas destinadas al ordenamiento sustentable del territorio.

Área de estudio

El área de estudio es la cuenca baja del río Sauce Grande (2630 km²), localizada al sur de la Región Pampeana (Figura 1). El clima es subhúmedo seco, con una precipitación media anual de 646 mm y una temperatura media anual de 15,3 °C. La principal actividad económica es la agricultura de secano y pastoreo de ganado en pastizales (Brendel et al., 2019). Las sequías e inundaciones son recurrentes y constituyen uno de los fenómenos de mayor impacto sobre la actividad agrícola, la población y el ambiente (Aliaga et al., 2017).

Figura 1. Localización de la cuenca inferior del río Sauce Grande y de la estación pluviométrica y limnimétrica utilizadas en el presente estudio.

Método de trabajo

Se calcularon seis índices pluviométricos de los cuales cinco fueron definidos por el Grupo Experto en Detección del Cambio Climático e Índices (ETCCDI, por sus siglas en inglés, <http://etccdi.pacificclimate.org>) y definido tras el conocimiento del régimen pluviométrico de la región (*) (Tabla 1). Los mismos fueron calcula-

dos en el Software RClimDex (Zhang y Yang, 2013).

Tabla 1. Índices pluviométricos

Para calcular los índices, se utilizaron datos diarios registrados por una estación pluviométrica ubicada en la cuenca baja del río Sauce Grande, durante el año 2017 (Figura 1). Los mismos fueron cedidos por la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca. Por otro lado, se utilizaron datos diarios del caudal del río Sauce Grande de una estación ubicada a ≈ 8 km de la salida del río de la laguna Sauce Grande y luego de haber colectado las aguas del arroyo Las Mostazas (Figura 1). Para calcular el flujo de agua, se realizaron cinco campañas de aforo durante el año 2017, teniendo en cuenta los diferentes niveles de altura de agua del río, registradas por una Estación de Monitoreo Ambiental Costero (EMAC, <http://emac.iado-conicet.gob.ar/2019>). En cada campaña, se utilizó un perfilador de corrientes acústico Doppler basado en el sistema River Surveyor (Figura 1). Los datos registrados fueron integrados a un script de programación en el Software Matlab que permitió conocer el caudal diario del río Sauce Grande.

Para evaluar los efectos de la precipitación sobre la cobertura de agua y el caudal del río, se seleccionaron cuatro días con precipitación de diferente intensidad y se procesaron imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS (Path 226, Row 87) de días posteriores a la ocurrencia de los mismos (Tabla 2). Las imágenes fueron obtenidas del catálogo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y corresponden a días despejados. Se realizó la corrección geométrica, radiométrica y atmosférica con el software ENVI 5.1 siguiendo los lineamientos descritos en Brendel et al. (2019). Para calcular la superficie cubierta por agua se aplicó el Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI, por sus siglas en inglés) (McFeeters, 1996).

Tabla 2. Descripción de las imágenes satelitales utilizadas

Resultados

Análisis de los índices pluviométricos

El número de días con precipitaciones de diferente intensidad y los días sin precipitación se presentan en la Figura 2. Los días secos fueron los más frecuentes (241 días), mientras que los lluviosos registraron un total de 105 días (Figura 2). Los días con precipitación fuerte fueron nueve y se contabilizaron cinco días con precipitación torrencial. Por otra parte, los de intensidad severa fueron tres y los de categoría extrema dos (Figura 2).

Figura 2. Número de días total de los seis índices analizados durante el año 2017

Teniendo en cuenta su distribución mensual, los días secos fueron más representativos en julio y diciembre (25 días) (i.e. 11/7, 18/12), seguido de enero, junio y agosto (23 días) (Figura 3). Estos fueron menos frecuentes durante febrero. Se identificó un mayor número de días lluviosos durante octubre (14 días), seguido de noviembre y abril (13 días) (Figura 3). Esta categoría presentó solo un día durante mayo y en los meses de invierno, se contabilizaron un total de seis (Figura 3). Los días con precipitación fuerte ocurrieron con mayor frecuencia en marzo y mayo (seis días en cada mes) (i.e. 30/3, 24/5) y también se registró un día por mes durante enero, junio, agosto, septiembre y octubre (i.e. 3/1, 20/9) (Figura 3). Las lluvias torrenciales mostraron un comportamiento variable durante el año 2017. Estas ocurrieron en un solo día y ocurrieron durante febrero, mayo, junio, agosto y noviembre (i.e. 26/2, 28/8). Las precipitaciones severas fueron más frecuentes en febrero (4 y 9 del mencionado mes), seguido de noviembre (2/11). Esta categoría no se registró en los demás meses. Por otro lado, se evidenciaron dos días con precipitación extrema y las mismas ocurrieron en marzo y septiembre de 2017 (8/3 y 10/9) (Figura 3).

Figura 3. Número de días mensuales de los seis índices analizados

Análisis del caudal diario del río y su relación con la precipitación

El caudal medio del río Sauce Grande durante el año 2017 fue $2,8 \pm 3,2$ m³ s⁻¹. Se registraron situaciones donde el flujo fue superior al promedio, producto de precipitaciones con diferente intensidad. En este estudio se analizaron en detalle tres períodos. El primero ocurrió el día 26 de febrero 2017 y se registró una precipitación extrema (48,8 mm) que generó un incremento del caudal de 4,6 m³ s⁻¹ un día después y de 8 m³ s⁻¹ el día 28 (Figura 4). El segundo período se produjo desde el 30 de marzo hasta el 2 de abril de 2017. La precipitación se caracterizó como fuerte el día 30 (17,8 mm) y los demás días se clasificaron como lluviosos (1,8, 2,4 y 1,6 mm, respectivamente). El total de precipitación acumulada fue 23,6 mm y desencadenó un incremento gradual del flujo del río, hasta alcanzar su máximo de 8,8 m³ s⁻¹ el día 3 de abril (Figura 4). El tercer período ocurrió entre el 10 y 11 de septiembre y se caracterizó como el más extremo, dado que el valor de caudal fue el más elevado de todo el período de estudio. Durante el mismo, se registró un total de 81,6 mm (precipitación extrema) de los cuales 63,4 mm ocurrieron el día 10. El caudal también aumentó progresivamente y mostró un valor de 2,1 m³ s⁻¹ el día 10/9, 22,4 m³ s⁻¹ el día 12 y alcanzó su máximo el 13/9 con 34,8 m³ s⁻¹. Por último, en diciembre el caudal del río fue escaso. Por ejemplo, durante un día seco (18/12) el flujo fue 1,7 m³ s⁻¹ y se mantuvo con ese caudal durante la mayor parte del mes producto de la ausencia de precipitaciones (Figura 4).

Figura 4. Caudal diario del río Sauce Grande y precipitación durante el año 2017. Las flechas verdes indican los cuatro ejemplos analizados en este estudio: 26 de febrero, 30 de marzo, 10 de septiembre y 18 de diciembre de 2017

La Figura 5 muestra la cobertura de agua de la cuenca baja del río Sauce Grande en días posteriores a una precipitación torrencial (a), severa (b), extrema (c) y en un día sin precipitaciones (d). Durante esa última categoría, la cobertura de agua fue 28,3 km² (Figura 5d). En el resto de los ejemplos analizados, el área fluctuó

en función de la intensidad de las precipitaciones. En este sentido, la superficie cubierta por agua aumentó a 32,3 km² en días posteriores a un evento de precipitación severa (Figura 5b) y fue 41,5 km² cuando ocurrió una lluvia torrencial (Figura 5a). El área fue máxima ante un período de precipitación extrema, alcanzado un total de 75,4 km² (Figura 5c).

Figura 5. Cobertura de agua en el extremo sur de la cuenca inferior del río Sauce Grande durante días posteriores a una: a) precipitación torrencial (26/2/2017), b) severa (30/3/2017), c) extrema (10/9/2017), d) día seco (18/12/2017)

Conclusión

El análisis de los seis índices diarios calculados permitió evidenciar que la cuenca inferior del río Sauce Grande presenta una marcada variabilidad pluviométrica. Dicha condición generó fluctuaciones en el caudal del río, alcanzando su máximo con precipitaciones extremas. Este tipo de estudio es fundamental para el ordenamiento territorial, dado que es la primera vez que se monitorea el caudal diario en este sector de la cuenca, considerando el aporte del arroyo Las Mostazas como principal afluente del río Sauce Grande. Por otro lado, el procesamiento de imágenes satelitales Landsat permitió detectar las áreas más vulnerables ante un evento de crecida del río producto de precipitaciones de diferente intensidad. Estas se localizan sobre el NW de la laguna Sauce Grande, es decir antes del ingreso del río homónimo en el cuerpo de agua y sobre la barrera medanosa austral y en cercanías de la descarga del río Sauce Grande en el Océano Atlántico. Teniendo en cuenta que la variabilidad pluviométrica ocasiona severos daños económicos en la zona de estudio, el conocimiento de las áreas de mayor vulnerabilidad hidrológica aporta información necesaria para el manejo sustentable de los recursos naturales y la permanencia de las actividades económicas de la cuenca.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos subsidiados por el CONICET y la Universidad Nacional del Sur como así también a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y a la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca por los datos cedidos.

Referencias

- Aliaga, V. S., Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International journal of climatology*, 37, 1237-1247.
- Bezák, N., Brilly, M., & Šraj, M. (2016). Flood frequency analyses, statistical trends and seasonality analyses of discharge data: a case study of the L itija station on the S ava R iver. *Journal of Flood Risk Management*, 9(2), 154-168.
- Brendel, A. S., Ferrelli, F., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. (2019). Assessment of the effectiveness of supervised and unsupervised methods: maximizing land-cover classification accuracy with spectral indices data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(1), 014503.
- Carbone, M. E., Pérez, D. E., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. E. (2006). Comportamiento hidrológico del arroyo Claromeco, Argentina. *Investigaciones geográficas*, n° 39, 2006; pp. 179-193.
- Kolios, S., & Stylios, C. D. (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*, 40, 150-160.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Nosetto, M. D., Jobbágy, E. G., Brizuela, A. B., & Jackson, R. B. (2012). The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 2-11.
- Poulier, G., Launay, M., Le Bescond, C., Thollet, F., Coquery, M., & Le Coz, J. (2019). Combining flux monitoring and data reconstruction to establish annual budgets of suspended particulate matter, mercury and PCB in the Rhône River from Lake Geneva to the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 658, 457-473.
- Sakai, T., Takakura, H., Okumura, M., Hatta, S., Yosikawa, Y., Hiyama, T., & Yamaguchi, Y. (2018). Monitoring spring floods on the Lena River using multiple Satellite sensors. In *Global Warming and Human-Nature Dimension in Northern Eurasia* (pp. 53-69). Springer, Singapore.
- Vázquez, P., Masuelli, S., Platzeck, G. y Boelsen, O. (2011). Recurrencia de anegamiento en la pampa deprimida, Provincia de Buenos Aires. En: Rivas, R., Carmona, F. y Ocampo, D (Eds.), *Teledetección: Recientes aplicaciones en la Región Pampeana* (pp 31-46). Recuperado de: http://cursosihlla.bdh.org.ar/Libro_011/.
- Zhang, X.; & Yang, F. (2013) *RClimDex (1.1) user manual*. Available at <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml>.

Primary author(s): BRENDEL, Andrea (IADO-UNS-CONICET); Dr FERRELLI, Federico (IADO-UNS-CONICET); Dr PICCOLO, Maria Cintia (IADO-UNS-CONICET); Dr PERILLO, Gerardo Miguel Eduardo (IADO-UNS-CONICET)

Presenter(s): BRENDEL, Andrea (IADO-UNS-CONICET)

Clasificación de la sesión : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Clasificación de temáticas : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales