



## Análisis de la variación de extremos hídricos debido a cambios en el uso de suelo y prácticas de manejo agrícola a través de un modelo hidrológico semidistribuido.

**Cristian Guevara Ochoa y Georgina Cazenave**

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (UNCPBA – CIC – Municipalidad de Azul) – República de Italia 780 (B7300), Azul, Buenos Aires, Argentina.  
Mail de contacto: [ingguevara8a@gmail.com](mailto:ingguevara8a@gmail.com)

---

### RESUMEN

En este trabajo se analizan los extremos hídricos y la influencia que tienen los cambios en el uso del suelo y las prácticas de manejo de cultivo sobre el balance hídrico en la cuenca del arroyo Santa Catalina. Para ello se utiliza un modelo matemático semidistribuido continuo llamado Soil and Water Assessment Tool, que permite modelar el flujo subterráneo y la escorrentía superficial con el fin de analizar los impactos de los escenarios hipotéticos en el balance de agua. Se simula un periodo de 6 años (2006-2012) a fin de obtener el escenario de referencia y contrastarlo con escenarios hipotéticos. Del análisis de los resultados se observa una reducción del escurrimiento superficial promedio diario entre el 14% y 28%, y un aumento de la humedad del suelo en 9%. Con estas condiciones se disminuye el impacto de las inundaciones y las sequías.

Palabras claves: SWAT, inundación, sequía

---

### ABSTRACT

In this work water extremes and the influence of changes in land use and crop management practices on the water balance of the Santa Catalina basin are analyzed with the continuous semi-distributed Soil and Water Assessment Tool model. SWAT represents groundwater flow and surface runoff and allows analyzing the impacts of hypothetical land use and management practice scenarios in the basin's hydrological cycle. Simulations for a 6-year period (2006-2012) are used as reference scenarios and compared with the hypothetical scenarios. Results show a reduction of daily surface runoff ranging between 14% and 28% and an increase in soil moisture content of 9%, therefore reducing the impact of floods and droughts in the basin.

Keywords: SWAT, flood, drought

---

### Introducción

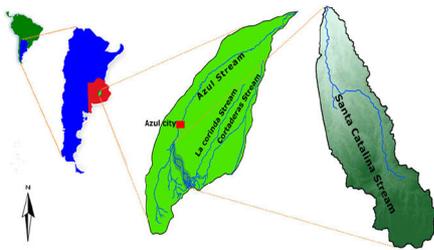
La alternancia de sequías e inundaciones a lo largo del tiempo en la provincia de Buenos Aires, afectan muchas veces los niveles socioeconómicos de los productores, debido a la pérdida de cosechas. En la actualidad se busca cuantificar los procesos de extremos hídricos en la Pampa Deprimida para que sirvan de base en la implementación de proyectos, en los que se generen prácticas agronómicas sustentables (que mantengan los suelos porosos y permeables), aumento de forestación (a fin de absorber la humedad y reducir el escurrimiento), y para obtener una gestión integral del recurso hídrico. Esta iniciativa es importante para el manejo de los recursos en el partido de Azul (en su mayoría agrícolas) que generan según el Centro de Empresarios de Azul (CEDA, 2011) un producto bruto geográfico (PGB) de US\$ 157.940.000

que sirven como aporte para la planificación y el ordenamiento regional.

En este artículo se presenta una metodología que tiene el objetivo de conocer, cuantificar y entender la dinámica de los excedentes superficiales y la disponibilidad de agua en épocas de sequía que inciden sobre los sistemas hidrológicos en zona de llanura. La modelación matemática semidistribuida permite describir, evaluar y generar escenarios de cambios de uso del suelo y prácticas de manejo, y así analizar y cuantificar los mecanismos predominantes en el escurrimiento y el almacenaje superficial en la cuenca del arroyo Santa Catalina bajo diferentes escenarios hipotéticos

## Zona de estudio

La cuenca del arroyo Santa Catalina (Fig. 1) tiene una altitud que varía entre 360-152 msnm y un área de 138 km<sup>2</sup>, se escoge esta cuenca debido a la similitud en cuanto a las características fisiográficas con la cuenca del arroyo del Azul, ya que posee una cabecera serrana que se transforma en su parte media-baja en una llanura de transición. Este sector presenta un relieve ondulado con depresiones donde predominan los movimientos verticales de agua (precipitación, evapotranspiración y almacenamientos superficial y subterráneo) sobre los horizontales (escorrentía superficial).



**Fig. 1.** Ubicación de la cuenca del arroyo Santa Catalina.

## Metodología

En función de los objetivos propuestos se realiza la simulación en una cuenca en zona de llanura utilizando un modelo hidrológico semidistribuido llamado Soil and Water Assessment Tool (SWAT) descrito por Arnold et al. (2012).

Con este modelo se analizan escenarios de usos del suelo y prácticas de manejo de cultivo, para regular aquellos terrenos expuestos a las inundaciones, favoreciendo la disponibilidad de humedad en el suelo durante los periodos secos.

En primera instancia se tiene un escenario de referencia (Guevara et al., 2014), en el cual se analiza el balance del agua diario con los usos del suelo y prácticas de manejo de cultivo actuales. Luego se plantean escenarios hipotéticos que se implementaron con el SWAT y se describen a continuación.

### Escenario 1: cambios de usos de suelo

Para el primer escenario se potencia la franja riparia por medio de una zona de protección de 100 metros a cada lado del arroyo, la cual sirve para regular tanto el flujo que llega al cauce como el flujo hidráulico en el

cauce. También se implantan montes en los bajos de la cuenca a fin de controlar el anegamiento en periodos de exceso y aumentar la infiltración de agua en el suelo para los periodos de déficit hídrico.

### Escenario 2: considerando el escenario 1 con prácticas de manejo de cultivo.

El segundo escenario consiste en agregar al escenario 1 un escenario de prácticas de manejo de cultivos con la siembra en contorno. Este manejo consiste en la siembra de cultivos siguiendo las curvas de nivel del terreno, es decir, perpendicular a su pendiente. En los cultivos de soja, trigo y pasturas, que se encuentran en la cuenca del arroyo Santa Catalina, es recomendable este tipo de manejo para zonas con pendientes menores al 3%.

## Resultados y discusión

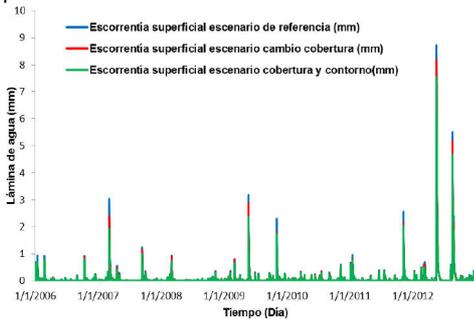
En la Fig. 2 se observa la diferencia en la escorrentía superficial para el periodo 2006-2012 para el escenario de referencia y los dos escenarios propuestos. Se observa la reducción de los picos de crecida al implementar las medidas hipotéticas de cambio de uso y manejo de cultivos. El aumento de las extensiones con bosques logra una mayor rugosidad en el terreno, disminuye el escurrimiento superficial, se retarda el tiempo de la onda de crecida y se aumenta la capacidad de infiltración en el suelo.

Si se implementa sólo el cambio de usos de suelo (escenario 1) se reduce la escorrentía superficial diaria en un 14 % (Fig. 3). Si se realiza el cambio de usos del suelo y un manejo de siembra en contorno (escenario 2) en los cultivos de soja, trigo y pasturas, se reduce la escorrentía superficial diaria en un 28 % respecto del escenario de referencia.

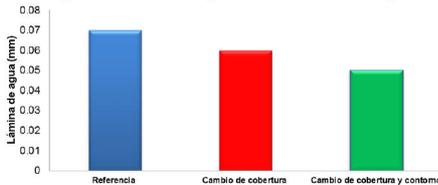
En cuanto a la humedad de suelo la implementación del escenario 1 produce un aumento de un 8 % de la disponibilidad de agua diaria, mientras que para el escenario 2 se observa que aumenta en un 9 % la humedad del suelo diaria (Fig. 4).

En la Fig. 5 se observa la diferencia en la humedad del suelo diaria para los escenarios. En el escenario 2 hay mayor volumen de agua en el suelo, donde se fomenta la ampliación de una zona de protección del arroyo (franja riparia), con el reemplazo de los bajos por bosques y la implantación de siembra de cultivos en curvas de nivel, este tipo de cambio de cobertura es muy importante para los periodos de déficit hídrico, ya que disminuiría el efecto de evaporación del agua del arroyo y de

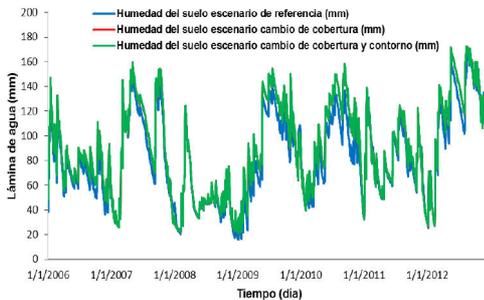
los bajos, y también aumentaría la producción de los cultivos de secanos en épocas de déficit pluviométrico.



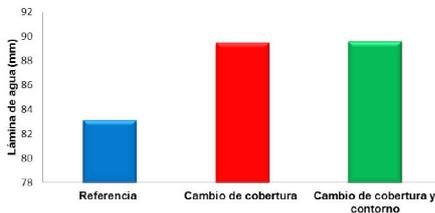
**Fig. 2.** Hidrogramas calculados de escorrentía superficial diaria (periodo 2006-2012).



**Fig. 3.** Comparación de la escorrentía superficial promedio diaria (periodo 2006-2012).



**Fig. 4.** Humedad de suelo calculada diaria (periodo 2006-2012).



**Fig. 5.** Comparación de la humedad del suelo promedio diaria (periodo 2006-2012).

## Conclusiones

Al analizar los periodos de extremos hídricos en zona de llanura, es importante utilizar modelos de tipo distribuidos continuos, debido a que con estos pueden analizar a largo plazo los cambios en las variables, tanto espacial como temporalmente. Estos tipos de modelos son válidos para el análisis de extremos hídricos en zonas de llanura, debido a que calculan el balance de agua en el perfil del suelo, lo cual los hace especialmente diseñados para simular flujo base en periodos de no lluvia y calcular el caudal pico diario en periodos de lluvia.

El modelo SWAT, simula procesos por medio de agrupamiento de unidades espaciales con la misma respuesta hidrológica, permite reconocer el papel de la cubierta vegetal en especial de los bosques al contribuir a un mejor entendimiento de la interacción de la precipitación, vegetación, suelo y escurrimiento. Esto demuestra la importancia de la vegetación como elemento regulador en procesos hidrológicos de superficie debido a que la respuesta hidrológica en cuencas de zonas llanas depende en gran medida del estado de la cobertura vegetal junto con el balance de agua en el suelo.

## Referencias

- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R. D., Van Griensven, A., Van Liew, M. W., Kannan, N. y Jha M. K. 2012. SWAT: model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers.* ISSN 2151-0032. N°55(4):1491-1508.
- CEDA, 2011. Centro de Empresarios de Azul. Informe anual desarrollo agropecuario en el partido de Azul, provincia de Buenos Aires.
- Guevara, C., Cazenave, G., Vazquez, G., Collazos, G. y Vives, L. 2014. Empleo del modelo hidrológico SWAT en regiones de llanuras. Aplicación en una cuenca rural, arroyo Santa Catalina, Prov. de Buenos Aires. *II Congreso de Hidrología de Llanuras*, Santa Fe.
- SWAT, 2009. Soil and Water Assessment Tool. USDA Agricultural Research Service and Soil and Water Research Laboratory Texas.