

## Impacto de los cambios de uso del suelo sobre la recarga subterránea en una zona de llanura. Caso de estudio, cuenca superior del arroyo Del Azul

*Ana María Pinilla*<sup>2</sup>, *Cristian Guevara*<sup>1,4</sup>, *Bruno Lara*<sup>3,4</sup>, *Eduardo Kruse*<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Jorge Usunoff", República de Italia 780, CC 47 (B7300), Azul, Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup> Programa de posgrado en Ecohidrología. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calle 47 N°200 (CP1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. <sup>3</sup> Laboratorio de Investigación y Servicios en Teledetección de Azul (LISTA), Facultad de Agronomía (UNCPBA), Av. República de Italia 780, Azul, Buenos Aires, Argentina. <sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Av. Rivadavia 1917, (C1033AAJ). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Mail de contacto: [brunolara73@gmail.com](mailto:brunolara73@gmail.com)

### RESUMEN

El crecimiento de la población mundial ha traído transformaciones relevantes en la superficie de la tierra. Una de ellas es los cambios en el uso del suelo en zonas con alto potencial agrícola, alterando el balance hídrico de la cuenca. Para comprender mejor esta problemática, se cuantificó la recarga bajo escenarios de cambios de usos del suelo, en la cuenca superior del arroyo Del Azul. Usando el modelo Soil and Water Assessment Tool, se simuló la recarga a escala anual para un período de 13 años (2003-2015) y se contrastó con tres mapas de usos del suelo, elaborados a partir de imágenes satelitales. La recarga promedio anual para los tres escenarios fue: P1=51,87, P2=54,42 y P3=48,45 mm, que representan el 6,32, 6,63 y 5,91%, respectivamente, de la precipitación media anual (820,18 mm). Se concluye que la recarga responde a la dinámica del tipo de cobertura y temporalidad de la superficie cubierta.

**Palabras claves:** Usos del suelo, escorrentía superficial, balance hídrico

### ABSTRACT

The increase in the world population has caused significant transformations in the earth's surface. One of them is the land use changes in areas with high agricultural potential, altering the water balance of the basin. To better understand this problem, the groundwater recharge under land use change was quantified in the upper creek basin of Del Azul. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model, the annual recharge was simulated for a period of 13 years (2003-2015) and contrasted with three land use maps, constructed from satellite images. The average annual recharge for the three scenarios proposed was, P1 = 51.87, P2 = 54.42 and P3 = 48.45 mm, which represent 6.32, 6.63 and 5.91%, respectively, of the average annual rainfall (820.18 mm). We conclude that the recharge responds to the dynamics of the type of coverage and temporality of the covered surface. **Keywords:** Land use, surface runoff, hydric balance

## Introducción

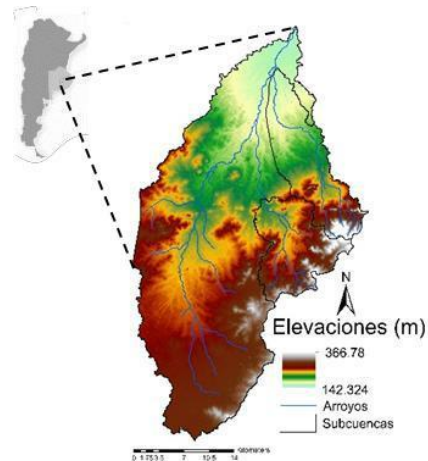
Las crecientes transformaciones causadas en la superficie de la tierra, han alterado la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y su interacción con los sistemas hídricos, terrestres y atmosféricos (Vitousek et al. 1997).

Bajo estas condiciones ambientales cambiantes se han observado grandes variaciones en la dinámica hídrica en la región pampeana. Este hecho obedece a dos factores, la precipitación (Maenza et al., 2017) y los cambios de usos del suelo (Paruelo et al. 2005). Sin embargo, actualmente son pocos los estudios que detallen cómo las diferentes coberturas y usos del suelo inciden de distinta forma sobre las variables del balance hídrico, como la recarga subterránea. Dado que las condiciones que facilitan la recarga al acuífero son: altas precipitaciones, baja pendiente, suelo permeable y abundante vegetación (Kroes et al., 2019), es esencial entender su comportamiento para la gestión de estrategias que velen por la seguridad hídrica y ambiental en los sistemas hidrológicos no típicos (SHN). Por esta razón, el objetivo de este estudio es cuantificar la recarga bajo escenarios de cambios de usos del suelo en la cuenca superior del arroyo Del Azul.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

La cuenca superior del arroyo Del Azul (CSAA) (Fig. 1), ubicada en el centro de la provincia de Buenos Aires, tiene un área de 1026 km<sup>2</sup>. Sus límites son: al norte la ciudad de Azul, al oeste la ciudad de Olavarría, al este la ciudad de Tandil y al sur la ciudad de Chillar.



**Fig. 1.** Ubicación geográfica de la cuenca superior del arroyo Del Azul.

### Aplicación del modelo SWAT

Para simular la recarga con el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) se usaron los siguientes datos de entrada:

1. Datos climáticos: de 7 estaciones meteorológicas con información diaria de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y evapotranspiración potencial, para el periodo del 2003 al 2015.
2. Modelo Digital del Terreno (MDT): a partir del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) con una resolución de 30 metros, corregido por Guevara et al. (2019).
3. Mapa de tipo de suelo: obtenido del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 1992) a escala 1:50000.
4. Mapas de usos del suelo: se construyeron a partir de imágenes satelitales MODIS (producto MOD13Q1) y LANDSAT (7 y 8), para los periodos 2006-2007 (P1), 2010-2011 (P2) y 2015-2016 (P3). A partir de la metodología empleada por Guevara et al. (2018) se pudieron determinar los principales usos y coberturas del suelo en la CSAA.

La simulación se realizó para un periodo de 13 años (2003-2015) y se tomó un periodo de calentamiento de 3 años (2003-2005) para la estabilización de las condiciones iniciales del modelo. La calibración se hizo para los años 2006-2011 donde se obtuvo un ajuste estadístico  $R^2=0,56$  y  $NS=0,47$  y se validó para el periodo 2012-2015 con un  $R^2=0,53$  y  $NS=0,51$ .

### Resultados

En la Fig. 2, se muestran los mapas de usos y coberturas del suelo en la CSAA para los tres periodos de estudio. El porcentaje de área destinada para cultivos fue aumentando aproximadamente 6% en cada periodo, desplazando a las pasturas y pastizales naturales (PPN).

El aumento de cultivos de soja y trigo-soja para el periodo P3, abarcó aproximadamente el 72% de la superficie de la CSAA, disminuyendo el territorio ocupado por otros usos y coberturas del suelo. Las PPN ocuparon solo 11.4%

principalmente de la zona norte de la cuenca, donde predomina el pastoreo. Los cultivos invernales (5,5%) y de maíz (4,9%) se distribuyeron en pequeñas parcelas a lo largo de toda la cuenca. Los cultivos de girasol fueron mínimos y no fue posible detectarlos con la metodología empleada.

En la Fig. 3, se compara la respuesta de la recarga en el periodo 2006-2015, para los 3 escenarios de usos del suelo propuestos. La recarga promedio anual de agua subterránea fue:  $P1=51,87$ ,  $P2=54,42$  y  $P3=48,45$  mm, que representan el 6,32%, 6,63% y 5,91%, respectivamente, de la precipitación anual (820,18 mm). Bajo estos escenarios, la recarga se comportó de la siguiente manera: del P1 al P2, aumentó 5% y con el P3 la recarga disminuyó respecto a los otros dos escenarios propuestos, 11% respecto a P2 y 6,6% respecto a P1. Estas variaciones son más notorias en los años más húmedos simulados (Tabla 1).

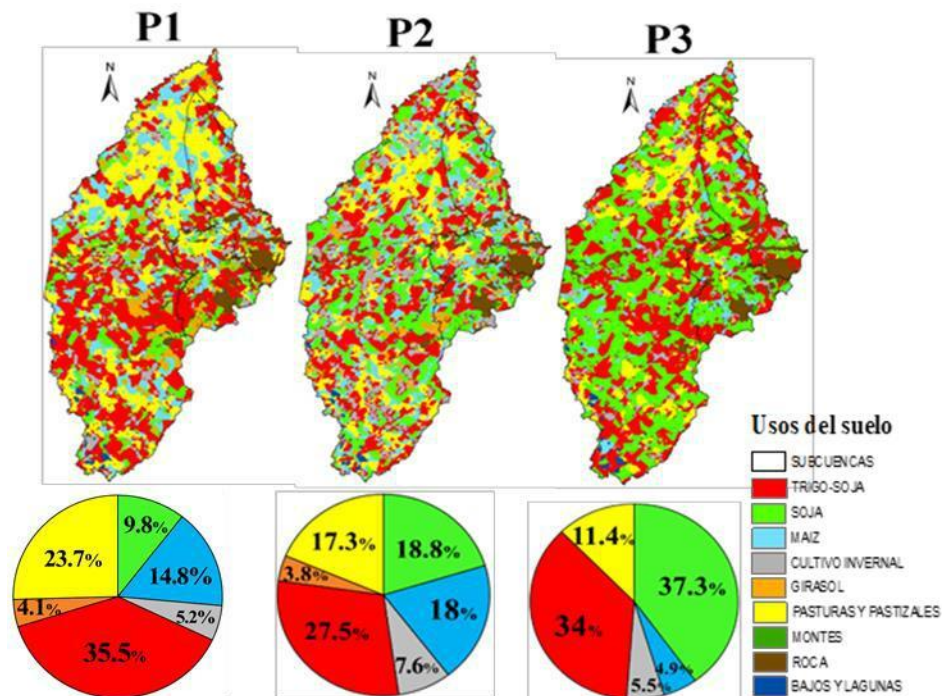
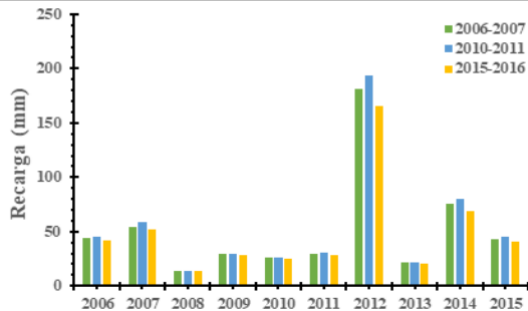


Fig. 2. Mapas de usos del suelo de la cuenca superior del arroyo Del Azul para los periodos 2006-2007, 2010-2011 y 2015-2016.

**Tabla 1.** Comparación de la recarga de agua subterránea para los años más húmedos simulados en el periodo de estudio para los tres escenarios propuestos.

año	precipitación promedio (mm)	P1		P2		P3	
		mm	%	mm	%	mm	%
2007	785.28	54.45	6.93	58.27	7.42	51.49	6.56
2012	1315.66	181.19	13.77	193.27	14.69	165.2	12.55
2014	1037.13	75.31	7.26	80.41	7.75	69.36	6.69



**Fig. 3** Recarga de la CSAA para los periodos 2005-2006, 2010-2011 y 2015-2016.

## Discusión

De los tres escenarios propuestos, el P3 mostró el porcentaje más bajo de recarga. Esto se puede atribuir al alto porcentaje de superficie sembrada con cultivos de secano (trigo-soja), llegando a avanzar a sectores destinados originalmente al pastoreo, reduciendo las PPN. Según Shaxson y Barber, (2008) las PPN generalmente proporcionan al suelo cualidades físicas superiores, como la alta porosidad facilitando la recarga y disminuyendo la cantidad de agua de lluvia perdida como escorrentía o por evapotranspiración. Por otro lado, con el P2 la recarga fue superior. En este escenario la superficie ocupada por las diferentes coberturas fue relativamente pareja. Esta diversificación redujo el tiempo de exposición de los suelos durante la rotación de cultivos, protegiendo la superficie del impacto de las gotas de lluvia, evitando la compactación y garantizando la recarga al acuífero (Shaxson y Barber, 2008). Sin embargo, para que sea favorable la recarga debe haber capacidad de almacenamiento subterráneo (profundización de niveles

freáticos). De no ser así, la recarga contribuiría al incremento de área anegadas (Kroes et al. 2019)

## Conclusión

Con los resultados de la cuantificación de la recarga bajo escenarios de cambio de usos del suelo, en la cuenca superior del arroyo Del Azul, se concluye que los efectos en la recarga cuando hay cambios de coberturas y usos del suelo se intensifican con los eventos de altas precipitaciones. Además, conservar las coberturas que no empobrezcan las propiedades físicas de los suelos juega un papel importante en la distribución del agua cuando ocurren eventos de excesos hídricos. Asimismo, garantizar la recarga aumentará la capacidad de autorregulación de los cultivos en épocas de déficit hídrico. La variación en la respuesta de la recarga con los tres escenarios propuestos, confirma que esta variable responde a la dinámica del tipo de cobertura y temporalidad de la superficie cubierta.

## Referencias

- Guevara Ochoa, C., Vives, L., Zimmermann, E., Masson I., Fajardo, L., Scioli, C., 2019. Analysis and correction of digital elevation models for plain areas. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Doi: 10.14358/PERS.85.3.209.
- Guevara Ochoa, C., Lara, B., Vives, L., Zimmermann, E., Gandini, M., 2018. Una metodología para la caracterización del uso del suelo mediante imágenes de media resolución espacial. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 24(2), 207-218. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.1.0.061>.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), 1992. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3760-16-3 Azul sur, Hoja 3760-22-1 base azupardo.
- Kroes, J., van Dam, J., Supit, I., De Abelleira, D., Verón, S., de Wit, A.,

- Wesseling, J. 2019. Agrohydrological analysis of groundwater recharge and land use changes in the Pampas of Argentina. *Agricultural water management*, 213, 843-857. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.008>
- Maenza, R. A., Agosta, E. A. Bettolli, M. L. 2017. Climate change and precipitation variability over the western 'Pampas' in Argentina. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 445-463. <https://doi.org/10.1002/joc.5014>
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., y Verón, S. R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy*, 15(87), 14-23
- Shaxson, F. y Barber, R. 2008. Optimización De La Humedad Del Suelo Para La Producción Vegetal-el Significado De La Porosidad Del Suelo (Vol. 79). FAO. Roma, Italia. 105 p. 9-23
- Vitousek, P., Mooney, H. A., Lubchenco, J., Melillo, J. M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494-499. [doi:10.1126/science.277.5325.494](https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494)