

MODELO INTEGRADO PARA EVALUAR EL IMPACTO HIDROLÓGICO, ECONÓMICO Y PRODUCTIVO DE DIFERENTES MANEJOS AGRÍCOLAS EN UNA CUENCA DE LLANURA

Pablo E. García¹, Guillermo García^{2,3}, Santiago Rovere⁴, Guillermo Podestá⁵,
Leandro Giordano¹ y Juan Bianchi¹

¹ Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua (INA), Ezeiza, Buenos Aires, Argentina.

² Grupo de Estudios Ambientales, CONICET & Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

³ Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Profesional Independiente.

⁵ Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Florida, USA.

E-mail: pabloegarcia@gmail.com

Introducción

La región del centro-este de Argentina es una de las áreas productoras de granos de secano más importantes del mundo y cuenta con una topografía muy plana (García et al., 2017). Los gradientes topográficos bajos y las redes de drenaje poco desarrolladas limitan la evacuación horizontal del exceso de agua, lo que a su vez conduce a niveles freáticos poco profundos. Las napas freáticas someras pueden afectar, y recíprocamente, ser afectadas por los cultivos y pasturas que dominan el uso de la tierra en esta zona (Nosetto et al., 2015). En las últimas décadas, la agricultura se ha expandido a lo largo de las Pampas, desplazando sistemas mixtos de cultivos y ganado. Estos cambios en el uso de la tierra junto con el aumento de la lluvia generan una mayor recarga de agua subterránea, con el consiguiente aumento en el nivel de la capa freática (Contreras et al., 2011).

A pesar del impacto de las napas en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, es inusual que los agricultores incluyan esta variable en la decisión de los cultivos del próximo ciclo productivo. Dado que en zonas planas el balance hídrico es estrictamente vertical y la profundidad de la napa freática está fuertemente relacionada con el equilibrio entre lluvia y consumo de agua por cultivos y pasturas, incluirla como variable para definir el uso del suelo parece ser un criterio razonable para lograr un doble objetivo: i) consumir más agua de napa cuando está muy cerca de la superficie (tratando de reducir el riesgo de posibles anegamientos en caso de un clima húmedo) y ii) disminuir el consumo de agua cuando la napa está profunda y dejarla disponible para 'subsidiar' la necesidad de agua del cultivo en años secos.

Zona de estudio

El estudio se enfoca en la subcuenca "A" (en adelante "SCA" - Figura 1), ubicada en la porción noroeste de la cuenca del Salado en el centro-este de Argentina. La SCA tiene una superficie aproximada de 69.000 km² y presenta un comportamiento clásico de cuenca de llanura (balance hídrico predominantemente vertical).

Modelo integrado

Los experimentos llevados a cabo para analizar el impacto de diferentes manejos agrícolas bajo distintos escenarios climáticos sintéticos se realizaron con un modelo integrado previamente desarrollado, descrito y validado por García et al, 2018. Los principales componentes de este modelo integrado son: (i) un modelo hidrológico distribuido para capturar los vínculos físicos y biológicos entre cultivos, y aguas superficiales y subterráneas (García et al., 2017); y (ii) un modelo de decisiones de uso del suelo y producción agrícola basado en agentes que incluye descripciones realistas del comportamiento

humano, la toma de decisiones y las interacciones sociales (Rovere et al., 2016). Los escenarios climáticos ensayados se corresponden a tres series climáticas sintéticas con diferentes tendencias para las precipitaciones (tendencia positiva, neutra y negativa). Estas series están grilladas espacialmente y fueron realizadas con un generador climático desarrollado en el marco de este proyecto (Verdin et al., 2015).

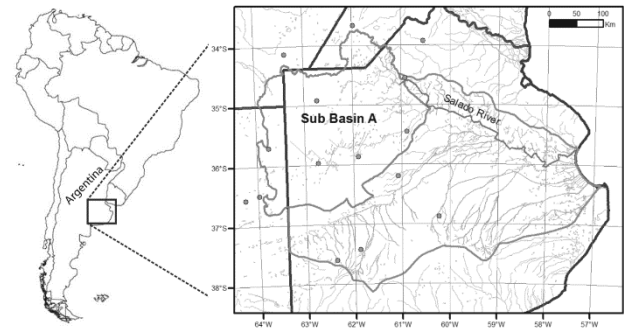


Figura 1.- Zona de estudio.

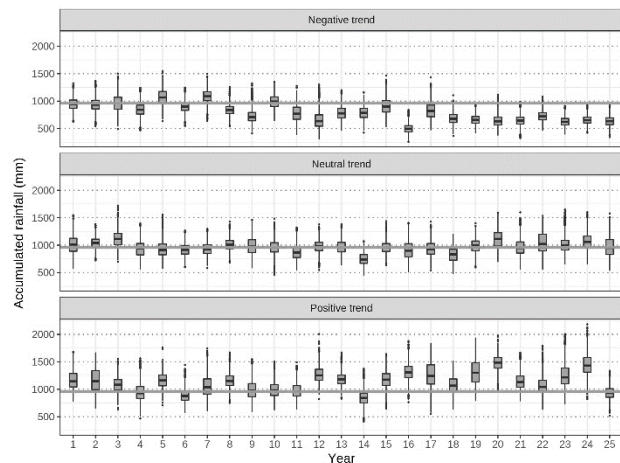


Figura 1.- Zona de estudio.

Resultados

Se realizaron dos grupos de ensayos: el primer tuvo como objetivo estudiar los efectos y el riesgo hídrico asociado de las tres trayectorias climáticas generadas bajo el mismo paradigma de uso del suelo que se observa actualmente en la SCA (las decisiones del agricultor no toman en cuenta la napa). La Figura 2 y 3 muestran, respectivamente, la napa media de la SAC y las áreas inundadas en toda la SAC esperadas para los tres

escenarios climáticos utilizadas (puede verse la estrecha relación entre áreas inundadas y profundidad de napa, en particular para los escenarios con tendencias de precipitaciones positivas o neutras). En el segundo grupo de ensayos se propone explorar un manejo agrícola donde los productores incluyen la napa como variable de decisión para definir cultivos del ciclo futuro. El manejo agrícola propuesto es el siguiente: i) Si la napa es inferior a 1.4 m, se impone a todos los agricultores realizar un doble cultivo (trigo + soja de segunda) y ii) si la napa es mayor de 2.5 m, el agricultor solo puede realizar cultivos simples (maíz temprano, maíz tardío, soja), es decir, no se permiten dobles cultivos ni cultivos de cobertura. Como ejemplo de los resultados obtenidos se muestra en la Figura 4 el área que se previene inundar utilizando el manejo propuesto para la serie climática que tiene una trayectoria neutra en las precipitaciones. Se observó en los distintos ensayos realizados que el manejo propuesto reduce riesgos asociados a inundaciones y en menor medida a los asociados a sequías. La inclusión de la napa en la toma de decisiones de los productores se traduce también en mejores resultados económicos asociados a los rindes de cultivos.

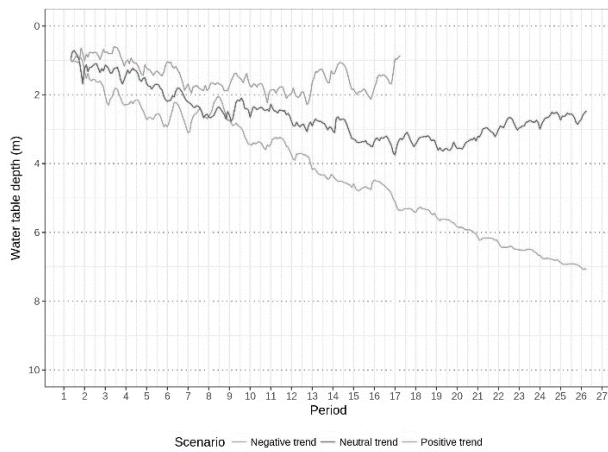


Figura 2.- Profundidad de napa integrada en la SCA para los tres escenarios climáticos ensayados. Escenario con tendencia de precipitaciones positiva (gris), neutra (gris oscuro) y negativa (gris claro).

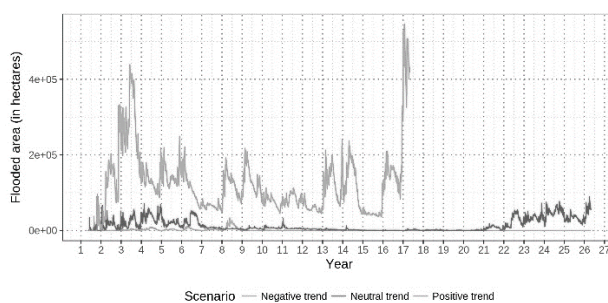


Figura 2.- Áreas inundadas en la SCA para los tres escenarios climáticos ensayados. Escenario con tendencia de precipitaciones positiva (gris), neutra (gris oscuro) y negativa (gris claro).

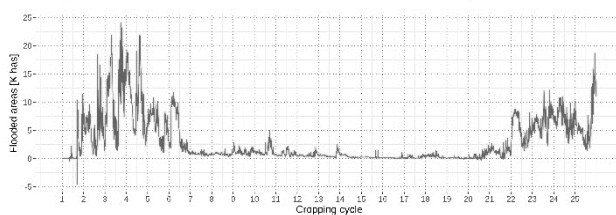


Figura 1.- Área que evita inundarse con el manejo agrícola propuesto para una tendencia de precipitaciones neutra.

Referencias bibliográficas

- Contreras, S., Jobbágy, E.G., Villagra, P.E., Nosetto, M.D., Puigdefábregas, J., 2011. Remote sensing estimates of supplementary water consumption by arid ecosystems of central Argentina. *Journal of Hydrology* 397(1–2) 10–22.
- García, P.E., Menéndez, Á., Podestá, G., Bert, F., Arora, P., Jobbágy, E., 2017. Land-Use as possible strategy for managing water table depth in flat basins with shallow groundwater. *The International Journal of River Basin Management*.
<https://doi.org/10.1080/15715124.2017.1378223>
- García, P.E., Badano, N., Menéndez, Á.N., Bert, F., García, G.A., Podesta, G., Verdin, A., Rajagopalan, B., Arora, P., 2018a. Influencia de los cambios en el uso de suelo y las precipitaciones sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina. *Revista Iberoamericana del Agua*.
<https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1495990>
- García, Guillermo A., Pablo E. García, Santiago L. Rovere, Federico E. Bert, Federico Schmidt, Ángel N. Menéndez, Marcelo D. Nosetto, Andrew Verdin, Balaji Rajagopalan, Poonam Arora and Guillermo P. Podestá. 2018b (Under revision) A linked modelling framework to explore interactions among climate, soil water and land use decisions in the Argentine Pampas. *Environmental Modelling and Software*. Under revision.
- Nosetto, M., Paez, R., Ballesteros, S.I., Jobbágy, E.G., 2015. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 206(0) 60–70.
- Rovere, S.L., North, M.J., Podestá, G.P., Bert, F.E., 2016. Practical Points for the Software Development of an Agent-Based Model of a Coupled Human-Natural System. *IEEE Access* 4 4282–4298.
- Verdin, Andrew, Balaji Rajagopalan, William Kleiberc, Guillermo Podestá and Federico Bert. 2015. A conditional stochastic weather generator for seasonal to multi-decadal simulations. *Journal of Hydrology*. Volume 556, January 2018, Pages 835–846.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.12.036>