



# SIMULACION DEL NIVEL FREATICO EN ESCENARIOS CLIMATICOS Y AGRONOMICOS REGIONALES PARA LA TOMA DE DECISIONES

Ana Clara Caprile<sup>1\*</sup>, Fabio Villalba<sup>1</sup>, Diego Colombini<sup>1</sup>, Adrián Andriulo<sup>1</sup>

**Palabras clave:** uso del suelo, bandas óptimas, agua subterránea, año Niño/Niña

Los cambios de uso y manejo de suelo son capaces de provocar impactos de elevada magnitud en la dinámica del agua subterránea. La incorporación de la medición del nivel freático en áreas donde fluctúa cerca de la superficie, se vislumbra como una herramienta fundamental para incorporar elementos de sustentabilidad y organizar la producción.

## INTRODUCCION

El nivel freático del agua subterránea fluctúa de acuerdo a la variabilidad climática y al uso y manejo del suelo. La recarga de dicho acuífero libre se genera durante los ciclos de balance hídrico positivo y/o por la reducción del consumo de agua. El ascenso de capas freáticas en extensas áreas de la región pampeana provoca frecuentes y prolongados anegamientos de suelos productivos, generando problemas de hipoxia y de presencia de sales a nivel de la raíz. Por otro lado, esa cercanía constituye como una oportunidad, ya que puede contribuir significativamente al consumo de agua de cultivos o pasturas (García *et al.*, 2017). Cada cultivo tiene su banda óptima de profundidad freática, para utilizar el agua y así reducir la brecha con respecto a su rendimiento potencial (Nosetto *et al.*, 2009).

Los objetivos de este trabajo fueron: a) calibrar y validar un modelo simple para estimar la fluctuación de la profundidad de la capa freática en la pampa ondulada y b) simular diversos escenarios climáticos y de uso y manejo de suelo.

## MATERIALES Y METODOS

Para estimar la fluctuación de la profundidad de la capa freática se utilizó el modelo empírico desarrollado por Cisneros *et al.* (1997), citado por Videla Mensegue *et al.* (2015). Este relaciona, con un paso de tiempo mensual, la variación del nivel freático ( $\Delta NF$ , cm) a partir de la precipitación (PP, mm) y la evapotranspiración potencial (ETP, mm).

$$\Delta NF = a + b (PP - ETP)$$

donde: el parámetro *a* representa una medida de la incertidumbre asociada al modelo empírico y el parámetro *b* constituye una aproximación a la porosidad no drenable del suelo. En este caso, el parámetro *b* se obtuvo restando a la porosidad total estimada para la zona vadosa, la porosidad drenable que se considera del 11% (Portela, 2012). El parámetro *a* se obtuvo utilizando la función *Solver de Microsoft Excel*. El grado de ajuste del modelo fue evaluado usando dos indicadores estadísticos: *RMSE* (raíz del error cuadrático medio) y *r* (coeficiente de correlación).

Los datos de precipitación y evapotranspiración potencial se obtuvieron de la estación agrometeorológica de la EEA INTA Pergamino. Se utilizaron las observaciones de profundidad de la capa freática registradas en un lote ubicado en la EEA Pergamino. La calibración del modelo se realizó con las mediciones desde octubre de 2004 hasta octubre de 2013, con el lote bajo pasturas. La validación se realizó con las mediciones de noviembre de 2013 a septiembre de 2016. En este último periodo se sembró soja y luego pastura en base a alfalfa. En el caso de soja, se modificó la ETP teniendo en cuenta el coeficiente de cultivo (*kc*) para estimar la evapotranspiración del cultivo (FAO 2006). Para pastura base alfalfa, se la consideró como ETP.

Se diseñaron varios escenarios de simulación de la campaña 2019/2020 para evaluar el posible comportamiento del nivel freático. Los escenarios resultaron de la combinación clima (Año normal: año promedio en PP y ETP, Año Niña: -25% PP y ETP, Año Niño: +25% PP y ETP) y de uso y mane-

1- INTA EEA Pergamino Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

\* [caprile.ana@inta.gob.ar](mailto:caprile.ana@inta.gob.ar)



**Figura 1.** Precipitaciones mensuales, profundidad de la capa freática observada en un sitio de referencia, calibración y validación del modelo.

jo del suelo (soja, trigo/soja, maíz, rotación, pastura).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Calibración y validación

En la figura 1 se muestran la calibración y la validación del modelo, acompañadas por las precipitaciones mensuales. El nivel freático bajo pasturas se mantuvo debajo de los 7 m de profundidad durante el periodo de calibración. La ruptura de la pastura y su pasaje a cultivo de soja durante el periodo de validación, al disminuir el consumo de agua, acercaron las fluctuaciones de la capa freática a la superficie del suelo. El modelo empírico copió bastante bien la tendencia en la variación de la altura de la capa freática con un error de aproximadamente 28 cm. El valor RMSE normalmente informado por otros modelos (e.g. Hydrus y Drainmod) se encuentra en el intervalo de 30 a 50 cm. Durante el periodo de validación, el modelo tuvo un error de 34 cm. Si bien copió las variaciones del nivel freático, lo sobreestimó en forma creciente.

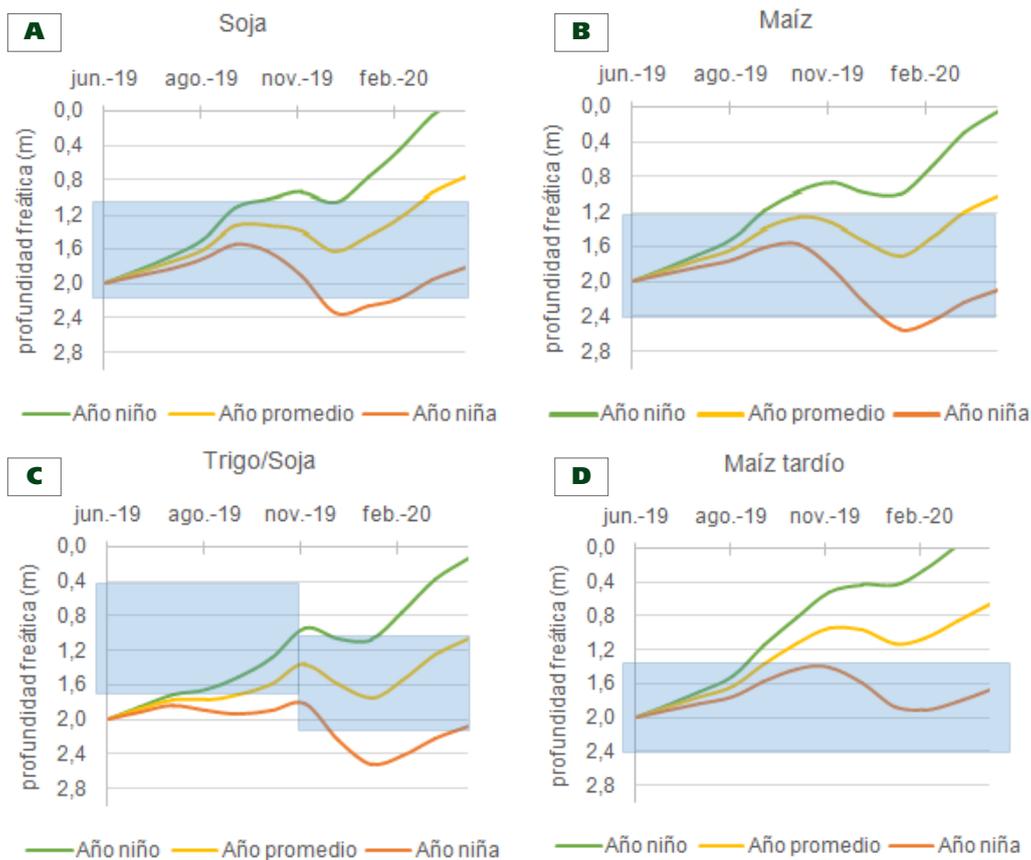
### Escenarios para la toma de decisiones productivas

En la figura 2 se observa la variación de la capa freática dependiendo de las características del año simulado (promedio, Niño, Niña). En todos los casos, el punto de partida del nivel freático se ubi-

có a dos metros de profundidad. También se graficaron las bandas óptimas de profundidad freática para maíz (1,40-2,40 m), soja (1,20-2,20 m) y trigo (0,70-1,70 m), las cuales fueron determinadas por Nosetto *et al.* (2009). Cuando el nivel freático se encuentra en esta banda, el cultivo la puede utilizar y potenciar su rendimiento.

En la figura 2 a, b y d se observa que el agua de la capa freática en el año Niña puede ser utilizada por los cultivos e, independientemente de las lluvias escasas, se puede lograr una estabilidad en los rendimientos de cultivo. En cambio, durante los años Niño, el consumo de agua de los cultivos no lograría bajar el nivel freático y hacia el final de la campaña agrícola habría una alta susceptibilidad al anegamiento y poca seguridad de cosecha. A diferencias de las situaciones anteriores, bajo doble cultivo trigo/soja (figura 2 c), durante el año Niño, si bien el cultivo de trigo podría beneficiarse, el de soja de segunda correría riesgo de anegamiento a cosecha. En condiciones de lluvias promedio histórico ambos cultivos podrían beneficiarse, maximizando su consumo de agua.

Los escenarios planteados son especialmente interesantes en lotes ubicados en posiciones de media loma a pie de loma, donde las capas freáticas pueden oscilar relativamente más cerca de la superficie del suelo. En años con lluvias anuales muy por encima del promedio anual histórico, el pie de la loma puede suministrar una importan-

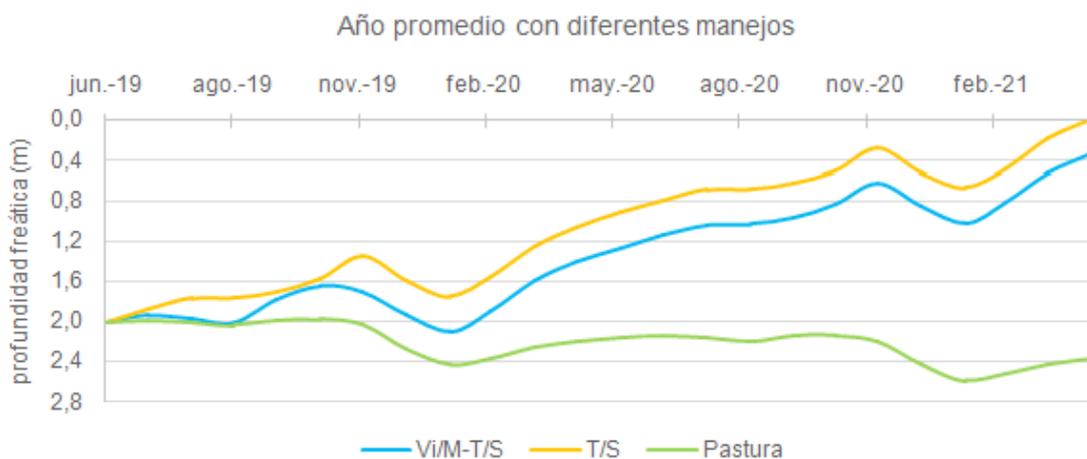


**Figura 2.** Variaciones de la profundidad de la capa freática en años promedio, Niño y Niña bajo diferentes usos y manejos del suelo. A) soja; B) maíz; C) trigo/soja; D) maíz tardío. Rectángulos celestes: bandas óptimas de profundidad de capa freática para cada cultivo.

te cantidad de agua y solutos a los cultivos. Por ejemplo, el maíz puede obtener aproximadamente la mitad de sus necesidades de agua (228–413 mm) y un cuarto de su requerimiento en N (38–76 kg/ha) desde el agua subterránea (Portela, 2012).

En la figura 3 se muestra la evolución posible del nivel freático con diferentes usos y manejos

del suelo durante condiciones climáticas de promedio histórico. Si bien la intensificación de la secuencia de cultivos con la inclusión de cultivos de cobertura (vicia) permite consumir más agua que la típica secuencia trigo/soja y, de ese modo, disminuir el nivel freático, la pastura permanente logra que la fluctuación de dicho nivel sea mucho menor y que se mantenga alrededor de los 2 m.



**Figura 3.** Variación de la capa freática en año promedio, rotación vicia/maíz-trigo/soja, trigo/soja y pastura permanente.



Agosto 2019, Argentina

Lotes con capas freáticas cercanas a la superficie en años muy húmedos a normales y con cultivos anuales plantean una revisión de las prácticas de manejo para evitar riesgos asociados con la inversión de insumos y con posibles pérdidas por falta de piso a cosecha.

Se cuenta con una herramienta que constituye una primera aproximación para la toma de decisiones agronómicas a nivel local. Para lograr disminuir la incertidumbre asociada con las fluctuaciones de profundidad de capas freáticas se debe aumentar la red freática regional, particularmente en posiciones de media loma y pie de loma y en situaciones contrastantes de uso y manejo. Para su construcción, se considera necesario recurrir a profesionales vinculados con la hidrogeología.

## REFERENCIAS

García, P.E.; Menéndez, A.N.; Podestá, G.; Bert, F.; Arora, P.; Jobbágy, E. 2017. En: *International Journal of River Basin Management*, 16(1):72-92.

FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje Nro. 56. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm> [consultado: 11 julio 2019].

Nosetto, M.D.; Jobbágy, E.G.; Jackson, R.B.; Sznaider, G. 2009. Reciprocal influence between crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. En: *Field Crops Res.* 113:138–148.

Portela, S.I. 2012. Transferencia de nitrógeno de ecosistemas agrícolas recientemente intensificados a acuíferos: efecto de la variación en las precipitaciones. Tesis Doctorado en Agronomía. Universidad de Buenos Aires (AR).

Videla Mensegue, H.; Cisneros, J.; Degioanni, A.; Canale, A.; Muñoz, S. 2015. Escenarios de variación del nivel freático para suelos agrícolas de la región de Marcos Juárez – Campaña 2015-16. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_nivel\\_freatico\\_mj15.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_nivel_freatico_mj15.pdf) [consultado: 11 julio 2019]. <<



**DECARGAR ARTÍCULO**