



Napas freáticas: pautas para comprender y manejar su impacto en la producción.

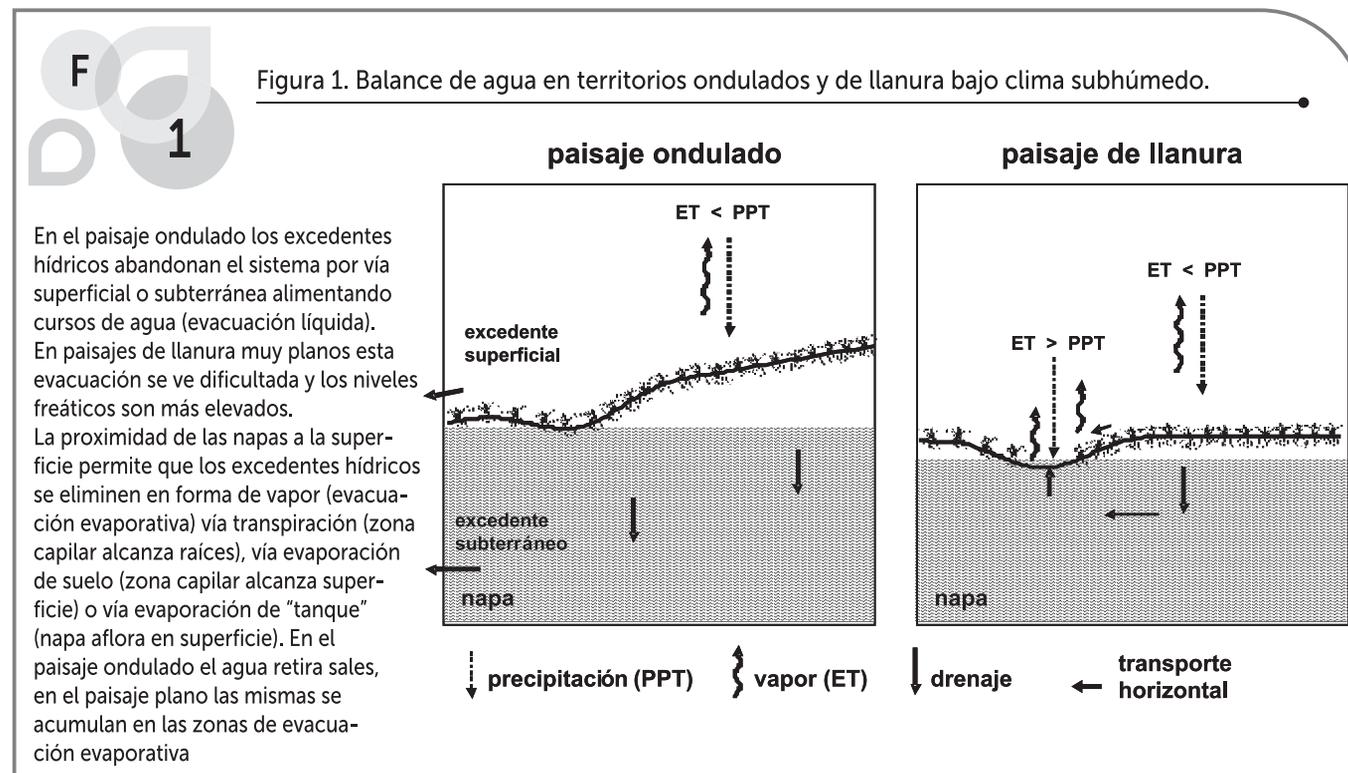
Esteban G. Jobbágy y Marcelo D. Nosetto
 Grupo de Estudios Ambientales - IMASL-CONICET & Departamento de Agronomía -
 FICES-Universidad Nacional de San Luis.

Palabras clave: Napa freática, producción, agua, profundidad, precipitación, drenaje, relieve, cultivo, salinidad

Napas en la llanura

Las planicies sedimentarias de muy baja pendiente regional suelen presentar características hidrológicas particulares (Fi-

gura 1, Jobbágy et al. 2008). En una gran porción de la región pampeana, que incluye el centro y oeste de Buenos Aires, sur de Córdoba, sudoeste de Santa Fe y noreste de La Pampa; la muy escasa pendiente regional y la presencia de cordones medanosos limitan la evacuación de los excesos hídricos ocasionales, propios de un clima subhúmedo, favoreciendo la existencia de napas freáticas (definidas aquí como el techo de la zona

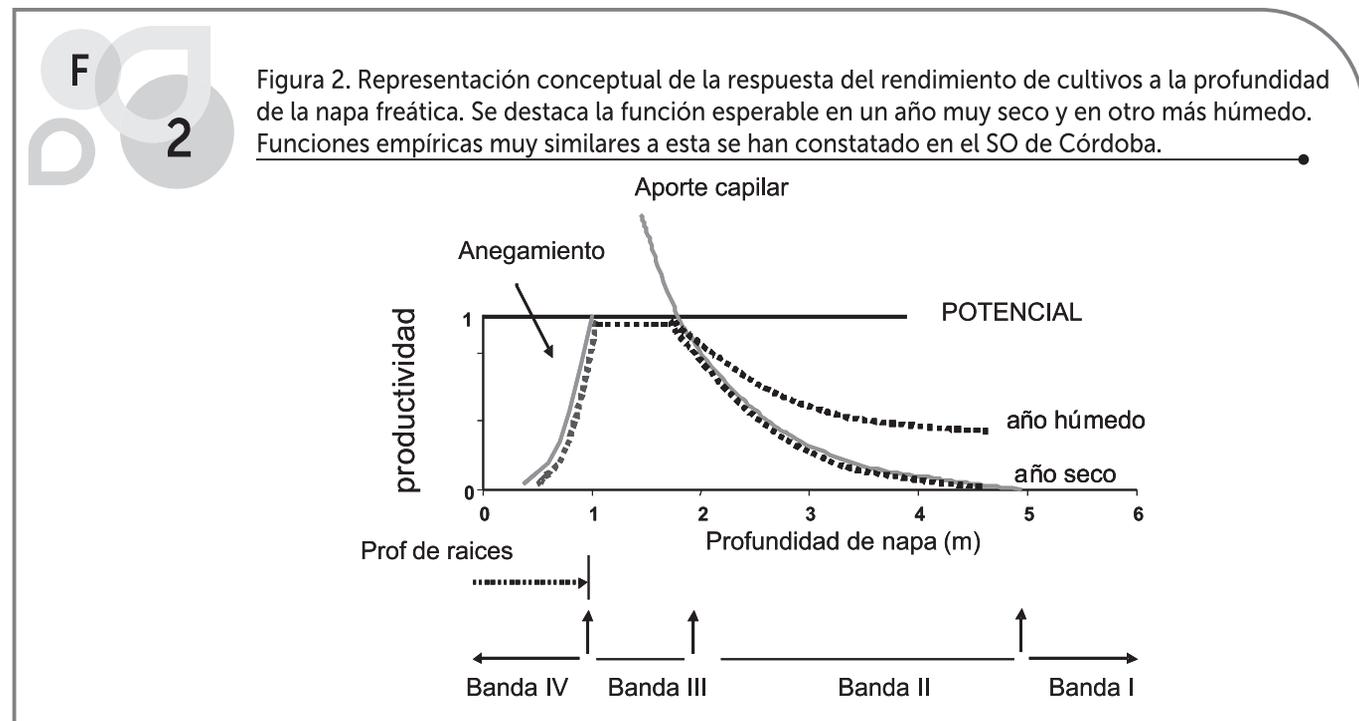


saturada de los perfiles de suelo/sedimento) muy cercanas a la superficie (< 5m de profundidad) en la mayor parte del paisaje. Estas napas interactúan con los cultivos. Dependiendo de las profundidades prevaletentes, el agua subterránea puede estar totalmente desacoplada de la vegetación, puede ser un valiosa fuente de agua, o bien transformarse en un agente de estrés por anegamiento y/o salinidad. En este trabajo exploramos estos efectos y evaluamos también en que medida la influencia recíproca de los cultivos hacia la napa es un factor importante en el ordenamiento de las tierras pampeanas.

Napa → cultivo

La principal variable que define la influencia de las napas sobre los cultivos es su profundidad. Comprender y cuantificar las relación profundidad-aporte/anegamiento en los sistemas pampeanos es la clave para incorporar el componente freático en la toma de decisiones. Es importante reconocer que la influencia de la napa sobre los cultivos esta mediada por el transporte capilar que permite desplazar agua hasta más de un metro por encima del nivel freático. Si se divide verticalmente el perfil de suelo/sedimento que puede ocupar la napa freática y se recono-

cen sus efectos sobre el balance de agua de los cultivos, pueden comprenderse mejor sus impactos sobre el rendimiento (Figura 2). En la banda I no hay efectos de las napas sobre los cultivos ya que la zona capilar no alcanza a contactar a las raíces. En la banda II el progresivo ascenso de la napa implica capacidades de transporte capilar a las raíces que crecen exponencialmente y por lo tanto aportes y rendimientos que crecen de la misma forma. La banda III se alcanza una vez que el la capacidad de transporte capilar supera la demanda del cultivo. En este caso mayores ascensos no provocan cambios en los rendimientos, que ya habrían alcanzado el óptimo esperable en condiciones de abastecimiento hídrico ideal. Finalmente en la banda IV se cruza un umbral muy crítico para el cultivo por encima del cual el sistema de raíces empieza a anegarse y el cultivo, primero en forma subclínica, y luego con síntomas más obvios, empieza a perder rendimiento. El anegamiento viene acompañado de pérdida de actividad de las raíces por anoxia, menor disponibilidad de algunos nutrientes, y en casos más extremos dificultades de piso para las labores. Las profundidades que definen cada una de los estados se aproximan a lo observado para cultivos anuales de verano en el Oeste Arenoso de la región pampeana en suelos sin impedancias subsuperficiales y con napas de baja salinidad,



según sugieren los mapas de rendimiento y las mediciones de nivel freático en la región (Nosetto et al. 2009). En esta región se han definido rangos para la banda III de 0.7 a 1.7 m, 1.2 a 2.2 m y 1.4 a 2.4 m para trigo, soja y maíz, respectivamente.

Debe destacarse que la función descripta cambia según los siguientes factores: a) balance hídrico (precipitación – demanda) del sitio y período considerado, b) salinidad del agua freática, c) textura del suelo, y d) profundidad de raíces del cultivo. En el caso del balance hídrico, ofertas pluviales crecientes diluirán los consumos y beneficios otorgados por la napa en las bandas II y III manteniendo o incrementando de la banda IV. Del mismo modo, demandas mayores de agua asociadas a mayor radiación y temperatura o a cultivos con mayor magnitud/duración del área foliar (ciclos más largos, fertilización, doble cultivo, cultivo + cobertura) aumentarán el consumo de agua freática y permitirán expresar mayores potenciales de producción. La salinidad del agua freática restringe el consumo y el rendimiento de los cultivos de acuerdo a su tolerancia a esta condición. Aguas con creciente salinidad mostrarán una disminución en los beneficios observados en las bandas II y III y posiblemente un aumento de los perjuicios de la banda IV. Cultivos más tolerantes a la salinidad compensarán parcialmente este efecto. Con respecto a la textura de los suelos, aquellos con alto porcentaje de arcilla limitarán el transporte de agua desde la napa a la zona de absorción generando un techo de rendimientos menor al potencial y una banda III inexistente que será reemplazada por una banda II de mayor espesor. Las impedancias subsuperficiales como horizontes calcáreos o “thaptos” inhibirán los beneficios de las bandas II y III. Finalmente, la banda III se desplazará hacia mayores profundidades en la medida en que los cultivos alcancen profundidades de raíces mayores y en menor tiempo (p.ej. girasol vs. soja).

Los niveles freáticos, respecto de la precipitación, presentan variaciones más lentas y predecibles. De esta forma es posible anticipar el escenario freático que enfrentará un cultivo con cierta precisión y en función de ello plantear las estrategias de cultivo y el riesgo hídrico asociado. Particularmente interesante es el hecho de que los niveles freáticos muestren su menor variación en el período mayo-septiembre, permitiendo utilizar las mediciones del primer mes para definir los planteos de los cultivos de verano. En lotes de importantes variación topográfica (medanosos) y por lo tanto de profundidad freática, la agricultura por ambientes y/o variable puede permitir incorporar las variaciones de oferta freática a los esquemas variables de fecha y densidad de siembra

o fertilización. En estos casos la visión del sistema freático como un “blanco móvil” es fundamental ya que año a año los niveles variarán y, cómo ha sucedido después de la muy seca campaña 2008-2009, los lotes que ofrecieron aporte freático en medias lomas pero experimentaron descensos de napas de un metro o más, posiblemente sólo ofrezcan aportes freáticos en los bajos al año siguiente. Omitir el análisis de la salinidad de las aguas freáticas puede llevar a sorpresas inesperadas para quienes busquen aplicar el esquema de la figura 2. Superados los umbrales de tolerancia de los cultivos, la napa pasará a ser cada vez más un problema a evadir que una oportunidad a aprovechar.

Cultivo → napa

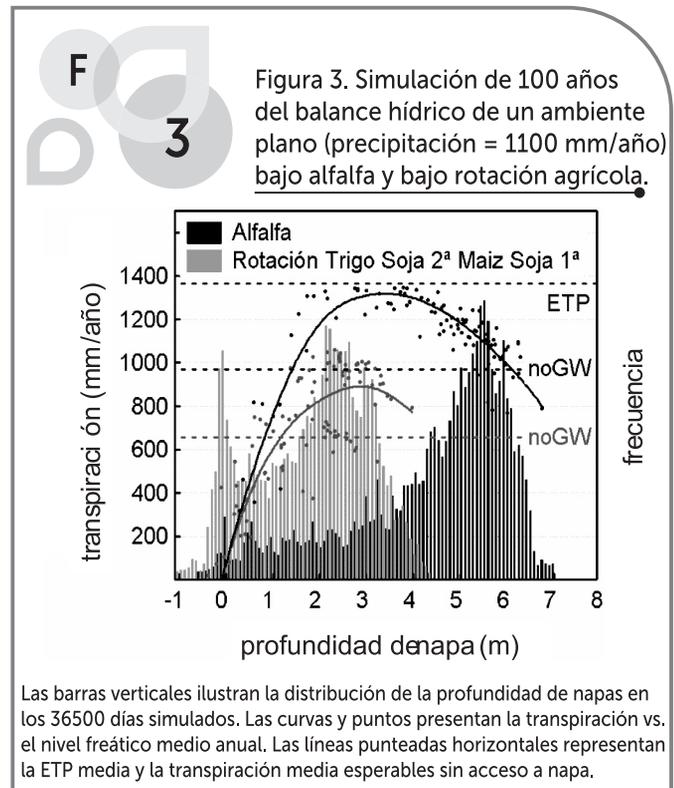
Posiblemente el manejo de los cultivos tenga un impacto mayor sobre el comportamiento freático de lo que hasta hoy se acepta en la región pampeana. En un contexto de niveles freáticos cercanos a la superficie y de cuerpos de agua intermitentes que pueden llegar a cubrir una gran fracción del paisaje o desaparecer por años, resulta importante preguntarse que papel juegan la agricultura y su manejo sobre la regulación hidrológica. Tradicionalmente se ha identificado al clima, más específicamente a los períodos plurianuales de precipitaciones elevadas, como el principal responsable de las inundaciones por anegamiento en la región pampeana. Esta visión “abiótica” del problema ha sustentado la formulación de soluciones hidráulicas a las inundaciones que buscan evacuar los excesos hídricos, en contraste con acciones de ordenamiento territorial que busquen prevenir la generación de tales excesos hídricos y la presencia sostenida de niveles freáticos superficiales. Los excesos hídricos responden no solo a los flujos de ingresos de agua por precipitación sino también a los egresos, cuya vía principal en la llanura es la evapotranspiración. Este hecho señala que el uso de la tierra interviene en el control de inundaciones por sus efectos sobre este último flujo.

El avance agrícola en la región pampeana puede tener múltiples efectos sobre la evapotranspiración. Si bien no está claro en qué medida el reemplazo de vegetación puede haber contribuido a exacerbar los dos fuertes ciclos de inundaciones severas experimentados por el centro-oeste de la región pampeana durante los últimos veinticinco años, se puede especular que existe una tendencia a generar mayores excesos hídricos en la trayectoria histórica que va desde pastizales naturales (dominantes hasta

principios del siglo XX) a rotaciones de pasturas y cultivos anuales (típicas hasta a la década del ochenta) a cultivos anuales continuos (preponderantes en la actualidad). Si bien las tasas máximas de evapotranspiración de los cultivos anuales pueden superar a las de pasturas cultivadas y estas a las de especies del pastizal natural, es importante reconocer que en el mismo gradiente la frecuencia temporal y espacial de períodos de inactividad de la vegetación (barbechos planificados, siembras fallidas o evitadas por anegamiento o sequía) es cada vez mayor. El balance de agua (precipitación - evapotranspiración) anual y plurianual entonces, puede volverse más positivo en el gradiente pastizal-rotación agroganadera-agricultura continua, estimulando los excesos y el anegamiento (Viglizzo et al. 2009). Muchas de las estrategias que disminuyen el riesgo de sequía en agricultura, como es el caso de la acumulación de rastrojos y siembra directa, apuntan a la conservación del agua y pueden favorecer la generación de excesos hídricos. Otras como el establecimiento de cultivos de cobertura o el doble cultivo trigo-soja, que apuntan a maximizar la productividad y el uso de agua, pueden disminuir los excesos hídricos.

En el caso de la Pampa Interior, la ocurrencia de períodos muy lluviosos bajo los escenarios contrapuestos de cultivos anuales vs. pasturas perennes, podrían generar distintos tipos de retroalimentaciones que deben explorarse. En ambos casos las napas tenderían a elevarse causando anegamientos, sin embargo podrían diferir las respuestas de la evapotranspiración a este cambio (Jobbágy et al. 2008). En el caso de los cultivos, el anegamiento impide la siembra y limita la transpiración de los cultivos ya establecidos al dañarlos (banda IV en figura 2). Ello genera una retroalimentación positiva sobre la inundación, al cerrarse parcialmente la vía transpirativa de evacuación de agua. Bajo pasturas perennes, la transpiración podría limitarse parcialmente por anegamiento, pero la cobertura vegetal perenne se mantiene y, si el anegamiento es prolongado, los procesos sucesionales (reemplazo espontáneo de especies) pueden conservar las tasas de transpiración (desaparece banda IV si se establecen plantas tolerantes al anegamiento).

Estos mecanismos hipotéticos no han sido aún evaluados en la región y, en general, han sido poco explorados a nivel global. Un ejercicio de simulación simple basado en un modelo numérico que permite acoplar el acuífero freático al agroecosistema (Contreras et al. 2008), sugiere que las rotaciones agrícolas, en contraste con pasturas de alfalfa, tendrían dos dominios



de atracción en cuanto a sus niveles freáticos (modo anegado y modo no anegado), manifiestos en una distribución bimodal y mas superficial de niveles (Figura 3). La situación bajo alfalfa mantendría niveles más profundos, fundamentalmente por su mayor profundidad de raíces y raramente alcanzaría el estado de anegamiento. Las pocas evidencias disponibles asignan a la vegetación un papel significativo en la regulación hidrológica de la región pampeana.

Napa y nutrientes

La carga de solutos en la napa puede representar un problema cuando se llega a niveles de salinidad que perjudican a los cultivos. Sin embargo algunos de los solutos presentes en el agua subterránea son nutrientes, a veces limitantes para el cultivo. Un nutriente a menudo limitante y muy significativo en el aporte freático es el azufre. Presente en la mayoría de las aguas como uno de los aniones dominantes en la forma de sulfato, su aporte puede superar los 25 Kg/Ha por cada 100 mm de lámina de napa consumida en la mayoría de las situaciones pampeanas.

Esto podría explicar resultados contradictorios o inesperados en muchos ensayos de fertilización con este elemento. En paisajes fuertemente fertilizados, la presencia de nitratos en napas es un problema desde la perspectiva de la calidad de agua para consumo humano, pero una oportunidad nutricional para los cultivos. En la región pampeana el relevamiento de concentraciones de nitratos en napas sugiere niveles relativamente bajos (< 20 ppm N-NO₃) que pueden representar un aporte modesto, pero no despreciable a los cultivos (< 20 Kg N/ha si se el cultivo consume 100 mm de napas). Si los niveles de fertilización crecen en el futuro, estas concentraciones posiblemente lo harán también. Así como el agua desaprovechada puede usarse en otro tiempo y lugar cuando hay acople cultivo-napa, lo mismo puede esperarse para nutrientes móviles en la napa, especialmente los nitratos.

Conclusión

La llanura pampeana, especialmente en sus porciones de menor pendiente regional y paisaje medanoso, hospedan aguas freáticas superficiales con fuerte influencia sobre los cultivos. Es necesario avanzar en la visión integrada del sistema cultivo-suelo-napa para reconocer mejor las oportunidades y riesgos hídricos que plantea. Si bien las napas freáticas no ofrecen un suplemento real por sobre las precipitaciones, ya que su alimentación depende de ellas, permite diferir agua en el tiempo y en el espacio. Esto ofrece una “segunda oportunidad” de aprovechar la lluvia cuando excedentes hídricos se pueden transferir de un año a otro o de un sector a otro. Manejar este componente de almacenamiento hídrico con mayor habilidad debería permitir incrementar y estabilizar la producción de granos de la región pampeana ante un panorama climático regional y global de crecientes incertidumbres. Además de oportunidades y riesgos, la relación napa-cultivo señala una responsabilidad pocas veces asumida por los agricultores: la de regular la hidrología y el riesgo de inundación de la región. Compatibilizar estrategias agrícolas con estrategias de ordenamiento hidrológico del territorio, tanto en la región pampeana como en otras regiones del país, es un desafío que debería encontrar a agricultores y a instituciones públicas dialogando con información e inteligencia. 

Referencias

- Contreras López S, Calderón S, EG Jobbágy, MD Nosetto. 2008. Dinámica acoplada del agua subterránea y la vegetación en llanuras: El código VEG-NAP. Reunión Argentina de Ecología. San Luis, Argentina
- Jobbágy EG, MD Nosetto, CS Santoni, G Baldi. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología Austral*, 18:305-322
- Nosetto MD, EG Jobbágy, GA Sznaider, RB Jackson. Reciprocal influence between crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. *Field Crop Research*, 113: 138-148
- Viglizzo EF, EG Jobbágy, LV Carreño, FC Frank, R Aragón, L de Oro, VS Salvador. 2009. The dynamics of cultivation and floods in arable lands of central Argentina. *Hydrology & Earth System Science* 13, 491-502

la era del
ecoprogreso