



El tiempo de los nativos sustentables

Napas y anegamiento en la llanura: Clima, paisaje, selección de cultivos y obras hidráulicas

Esteban G. Jobbágy, Marcelo D. Nosetto, Raul Gimenez, Jorge L. Mercau

Grupo de Estudios Ambientales - IMASL, CONICET y Universidad Nacional de San Luis

Los anegamientos

Una fracción creciente de las llanuras agrícolas de la Argentina; incluyendo partes de la Pampa, el Espinal y el Chaco; muestra problemas de anegamiento severos que afectan a la actividad agrícola, al transporte y en algunos casos a los asentamientos urbanos. Estas acumulaciones de agua en superficie son duraderas y no corresponden a encharcamientos causados directamente por eventos intensos de lluvia sino a ascensos freáticos progresivos capaces de alcanzar la superficie en una gran fracción del paisaje ¿Es este un problema nuevo? ¿Es solamente producto de las fluctuaciones climáticas? ¿O por lo contrario, existe un factor ecológico relacionado al uso de la tierra? Esta línea del proyecto BEST-P aporta evidencias en favor de la última posibilidad ofreciendo no sólo explicaciones al problema, sino también guías para su solución.

Entre el año 2015 y 2016 un recorrido de 800 km de sur a norte desde Trenque Lauquen (Buenos Aires) en el oeste pampeano hasta Bandera (Santiago del Estero) en el Chaco Seco, muestra una presencia generalizada de tierras anegadas y de lotes que no han podido sembrarse o cosecharse. En el oeste pampeano, tierras que han mostrado históricamente ciclos de anegamiento, vieron gestar su última "gran ola" de inundaciones entre 1996 y 2001. En ese quinquenio un exceso de 20% de las precipitaciones acumuladas por encima del promedio histórico generó una expansión del área inundada del 3 al 27% y un ascenso freático desde 3.5 a 1.3 m de profundidad (Kuppel et al. 2015). La lámina albergada en cuerpos de agua superficiales y napas correspondió a 300 y 500 mm respectivamente, indicando que fueron necesarios 800 mm de aumento del almacenaje durante 5 años para causar una disrupción hidrológica de gran magnitud capaz de reducir el área agrícola de la región a la mitad en la campaña más severa. Si bien la inundación se retrajo, los niveles freáticos no han vuelto a la situación de 1996 y se encuentran hoy cerca de los 2 m de profundidad. La mitad del aumento de almacenaje de agua necesario para causar la inundación de 2001 alcanzaría hoy para repetir esta situación. Una inundación de esas proporciones es entonces mucho más probable en la actualidad.

Mientras que tierras naturalmente anegables del Oeste de Buenos Aires, Sudeste de Córdoba y Noreste de La Pampa muestran este incremento en su propensión a la inundación, otras zonas de la llanura en las que no existe registro histórico de anegamientos masivos, los muestran en recién en los últimos cinco años. Los niveles freáticos en la estación de INTA en Marcos Juárez han venido trepando desde los 11 m de profundidad en 1970 hasta llegar a menos de 2 m de la superficie en la actualidad (Bertram y Chiacchiera , 2013). En muchos pueblos de la región construcciones de más de un siglo sufren daños

relacionados al anegamiento y fallas estructurales asociadas a la falta de piso por primera vez. Si bien las fluctuaciones de las lluvias han explicado parte de las oscilaciones freáticas observadas, no se relacionan a la tendencia sostenida de ascenso. Al presente una fracción cada vez mayor de la región centro-este de Córdoba, cuyas tierras originalmente ocupadas por pastizales se encontraban entre las más aptas para la agricultura del país, esta hoy cubierta por agua (>5%) o anegada (>20%). Más al norte, en Bandera, en uno de los focos agrícolas más antiguos y extensos que se estableció en el bosque chaqueño seco, también se registran anegamientos sin precedentes. Hasta los años 90 esta región se cubría de agua esporádicamente sólo en la zona de cauces de río, en ambientes salinos y de poca aptitud agrícola. Desde los 2000 y especialmente en los últimos años, se registran por primera vez anegamiento de lotes ubicados en la matriz alta del paisaje. Los niveles freáticos, ubicados por debajo de los 8 m de profundidad cuando se construía el ferrocarril en la región, han alcanzado la superficie en algunos de estos lotes acercando aguas mucho más salinas que las que se encuentran en la llanura pampeana. El examen de las series históricas de precipitación en esta región al igual que en el centro de Córdoba no muestra una situación sumamente excepcional; si bien los últimos años han sido húmedos, se han registrado períodos con anomalías positivas mayores en el pasado.

Cambios de vegetación y de balance hídrico

¿Por qué se inundan por primera vez algunas regiones y otras, naturalmente anegables, sostienen niveles freáticos tan superficiales? Cabe especular que el progresivo reemplazo de pasturas, pastizales y montes por secuencias de cultivo puramente agrícolas es responsables de los cambios observados ya que el exceso hídrico en la llanura no es sólo producto de los ingresos de agua al sistema sino el resultado de la diferencia entre aquellos y las pérdidas evaporativas, que son fuertemente reguladas por la vegetación. También cobra importancia el tipo de rotación agrícola implementada. Las evidencias más sólidas en apoyo de esta hipótesis vienen de la combinación de aproximaciones de campo y de modelos de simulación. Un estudio de diez pares de lotes vecinos de pasturas de alfalfa y cultivos de maíz en las inmediaciones de Trenque Lauquen muestra que consistentemente las pasturas tienen napas 20 cm más profundas (Nosetto et al. 2015). Esta pequeña diferencia se logra sostener a pesar del constante transporte lateral de agua subterránea desde la matriz agrícola a la "isla" de pastura y mediciones más detalladas de nivel de napas muestran que se mantienen gracias a dos procesos: Por un lado las pasturas dejan "escapar" hacia abajo menos agua que los cultivos y por el otro son capaces de alcanzar y aprovechar napas en períodos secos a mayor profundidad (consumo observado hasta 5 m de profundidad). Observaciones satelitales del verdor de la vegetación indican que las pasturas consumen por transpiración unos 1075 mm/año. Los cultivos de verano de primera (soja y maíz son similares) sólo 680 mm/año (Nosetto et al 2015). Con la misma metodología se compararon tambos con explotaciones agrícolas, encontrándose que consumen por transpiración 850 vs. 720 mm/año. Estas diferencias en consumo por transpiración inclinan la balanza hacia el exceso hídrico con agricultura continua, más aún cuando esta no implementa doble cultivo, y son suficientes para causar a lo largo de los años los



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

anegamientos observados. Un modelo de simulación simple que incorpora esta información indica que en la zona los niveles freáticos hubiesen alcanzado <0.5 m de profundidad desde los 70 al presente en 5 campañas bajo una secuencia sostenida de cultivos simples de verano, pero nunca bajo alfalfa, donde los niveles se hubiesen mantenido siempre por debajo de 2 m de la superficie.

En Bandera una comparación similar de lotes pareados a la descrita antes para Trenque Lauquen, en este caso comparando cinco pares de parcelas agrícolas y vecinas ocupadas por monte, arrojo contrastes mayores con niveles 70 cm más profundos bajo la vegetación natural (Gimenez et al. 2016). Aquí las napas son muy salobres y si bien su recarga bajo agricultura las diluye parcialmente, continúan siendo de difícil aprovechamiento para los cultivos y amenazan dañar los suelos. Observaciones continuas de niveles freáticos en Bandera entre 2013 y 2015, durante un bienio relativamente lluvioso, mostraron ascensos freáticos marcados que demuestran recarga bajo cultivos anuales pero no bajo montes o pasturas de gatton panic. La secuencia de dos temporadas lluviosas disparó ascensos freáticos de más de 2 m bajo lotes agrícolas. Por otra parte se encontró que los relictos de monte consumieron agua freática a pesar de su muy elevada salinidad, sugiriendo que las cortinas o remanentes de vegetación natural prestan un servicio hidrológico importante pero ignorado.

El balance de agua de los sistemas agrícolas y su impacto sobre las napas freáticas es sensible al tipo y secuencia de cultivos que se elige. Si bien las rotaciones más intensivas con más de un cultivo al año no parecen acercarse a la vegetación nativa o de pasturas, se observa que estos esquemas en la región pampeana incrementan el consumo transpirativo de agua en el orden de unos 100 mm/año, generando depresiones del nivel freático de medio metro en una campaña respecto a lotes con cultivo simple para situaciones observadas en el sudoeste de Córdoba y en el oeste de Buenos Aires (Florio et al. 2016, Mercau et al. 2016). Esto es válido también para los cultivos de cobertura, con la secuencia centeno-maíz tardío comportándose en forma similar a la de trigo-soja de segunda. En sentido opuesto, la tendencia a elegir fechas de siembra más tardías en esquemas de cultivo simple de verano, agravan el problema de los excesos hídricos. En Bandera, el retraso de las siembras hacia el verano, originalmente concebido como estrategia para escapar del estrés hídrico y térmico, ha contribuido a incrementar la recarga freática y el ascenso de napas salobres (Gimenez et al. 2015). Las simulaciones del balance hídrico de toda esta región sugieren que la deforestación explica una recarga de napas de de aproximadamente 40 mm/año, mientras que los cambios en los períodos de cultivo suman otros 20 mm/año más al problema. Cabe destacar que el paisaje forestal mantenía una recarga virtualmente nula, como se ha corroborado en Bandera, pero también en bosques secos de San Luis y Salta (Marchesini et al. 2016).

El color de las soluciones



El tiempo de los nativos sustentables

¿Cómo convive la actividad agrícola con los problemas crecientes de anegamiento? ¿Deben depositarse todas las expectativas en soluciones puramente hidráulicas? ¿Es posible mitigar el problema con medias agronómicas? ¿Puede hacerlo un único productor en su establecimiento o son necesarias medidas orquestadas a una escala mayor? Históricamente en los períodos de máximo anegamiento, especialmente cuando los impactos desbordan a la producción primaria y alcanzan al transporte y la vida urbana; surgen las demandas de obras hidráulicas. Son soluciones "azules" al problema que implican facilitar la salida del agua del establecimiento, pueblo, región, o provincia en cuestión. Muchas de estas obras han tenido impactos positivos en situaciones de emergencia, pero se plantea aquí que su alcance de largo plazo es limitado y conflictivo. Hay dos razones principales para ello: las obras hidráulicas remueven excesos hídricos en forma efectiva sólo durante los períodos de máximo anegamiento y por otro lado se enfrentan con la dificultad de transferir el problema de una localidad a otra, disparando conflictos de muy difícil resolución (Mercau et al. 2014). Si se reconoce que el problema de los anegamientos no sólo radica en la magnitud del exceso de agua puntual si no también en el nivel de almacenamiento de agua con que se lo recibe, queda claro que las soluciones incluyen aumentar consumo y evacuación de agua en períodos húmedos, pero también maximizar el consumo y "vaciado del balde freático" en los períodos secos. Las observaciones regionales de nivel freático y las mediciones y simulaciones bajo pasturas vs. cultivos en el oeste pampeano muestran que la vulnerabilidad al anegamiento ha aumentado (Nosetto et al. 2015, Gimenez et al. 2016) y que la causa radica en la incapacidad de deprimir los niveles freáticos a tanta profundidad como solía lograrse cuando la mitad del territorio estaba cubierto por pasturas o bosques.

Las prácticas agronómicas entonces abren la posibilidad de soluciones más estructurales al problema de los anegamientos. Estas soluciones "verdes" implican aumentar la capacidad de consumir agua (trayendo el beneficio adicional de mayor productividad vegetal) pero también la capacidad de acceder a ella a mayor profundidad. En períodos húmedos necesitamos más cobertura verde, aun en las fracciones del paisaje que ya están anegadas. En los períodos secos necesitamos mayor profundidad de extracción de agua, lo que se logra con raíces más profundas, o (ignorando una serie grande de complejidades e incertidumbres) riego con agua subterránea. Obviamente un esquema rígido de siembras de verano tardío de maíz o soja sin cultivos acompañantes no ayuda en este sentido. Dentro de los planteos puramente agrícolas se requieren esquemas flexibles, apoyados en el monitoreo freático y con más opciones de cultivo disponibles. Ejemplos de la flexibilidad basada en el monitoreo son elegir en mayo si se hará maíz con nivel medio de insumos, maíz con nivel máximo de insumos, trigo-soja, o cobertura de raigras según los lotes presenten napas demasiado profundas (>3m), ideales (1.5 a 3 m), riesgosas (0.7 a 1.5 m) o problemáticas (<0.7 m). Con una regla de decisión de este tipo pueden controlarse parcialmente los niveles freáticos y reducir el riesgo de anegamiento sin limitar el consumo de agua, cosa que no se lograría si ante el anegamiento sólo se elige retrasar la fecha de siembra o incluso no sembrar nada. Respecto a las opciones en sistemas puramente agrícolas, está pendiente aún conocer mejor la profundidad de raíces y en general el comportamiento ante las napas de los cultivares



El tiempo de los nativos sustentables

disponibles de maíz y soja. Por otra parte los cultivos de cobertura deberían expandir sus nichos y un menú ideal tendría que incluir opciones para años húmedos que toleren el anegamiento (y la salinidad si las napas y suelos la presentan) y opciones con buena exploración del perfil de suelo para años secos.

Las soluciones "verdes" incluyen también el establecimiento de pasturas o la conservación de relictos de vegetación natural. Simulaciones para las cortinas forestales en Bandera sugieren que por su capacidad de consumir agua freática, un 20% de la superficie cubierta por las mismas sería capaz de reducir sensiblemente el anegamiento del otro 80% del territorio (Loheide et al. 2015), si bien estas son estimaciones preliminares que requieren una cuidadosa evaluación de campo y una moderación inmediata de los desmontes masivos. En zonas sin bosque, las plantaciones forestales pueden cumplir una función similar. Debe reconocerse que estas soluciones "verdes" más drásticas dependen fuertemente de incentivos o regulaciones públicas.

Una dificultad que introduce la presencia de napas superficiales es la conectividad horizontal entre lotes. Las prácticas implementadas en un establecimiento terminan afectando a otros vecinos. En este sentido cabe aplicar como regla general que los efectos de corto plazo son pequeños y locales y los de largo plazo son más grandes y regionales. Asumamos que en un determinado año y lote la implementación de doble cultivo deprime el nivel de napa mientras que el cultivo simple la mantiene en la misma posición. Si toda la vecindad implementa el mismo esquema de doble cultivo que nuestro lote en cuestión, la depresión de napa generada se mantendría, mientras que si apuesta al cultivo simple la depresión se diluiría con el correr del tiempo. Simulaciones hidrológicas en espacio 3D para el noroeste de Buenos Aires sugieren que la siembra de pasturas de alfalfa en sectores de 9x9 km sería capaz de causar depresiones de napa de un par de metros y propagar este efecto a territorios vecinos en un radio de varios kilómetros (Menéndez et al. en preparación). Cabe aclarar que estos efectos son muy sensibles al tipo de sedimentos y varían fuertemente de una región a otra. Los mismos desafíos de diseño del paisaje y efectos de vecindad se aplican a la cuestión de las cortinas de monte y nos plantean que las soluciones "verdes" más estructurales requieren coordinación territorial. Esto es válido también para una solución que puede llamarse "verde-azulada", que es el riego con agua subterránea. Con fracciones regadas del 20% o más del territorio, podría lograrse la depresión de los niveles freáticos. La propagación de los efectos en el paisaje es muy incierta y depende de las condiciones hidrogeológicas del acuífero utilizado y su conexión con el nivel freático. El riego de este tipo en muchas regiones del mundo ha provocado el descenso sostenido de los niveles al punto de dañar humedales naturales y volver cuestionable la sustentabilidad del riego a largo plazo. El riego como herramienta de control del anegamiento impone numerosos desafíos técnicos y de organización y política territorial, pero no debería descartarse dentro de la familia de soluciones posibles.

Conclusiones

Los períodos climáticamente húmedos vienen y van, sin embargo el nivel de las aguas en nuestra llanura, como la hoja de un serrucho inclinada hacia arriba, sube rápido y baja más gradualmente sin alcanzar la profundidad inicial al final de cada ciclo. Podemos dejar librado este sistema "en ascenso" a su autorregulación espontánea. Por ejemplo, con más lagunas y zonas con napas a menos de medio metro de profundidad el territorio queda expuesto a la evaporación directa. Este flujo, secundario en condiciones normales, puede compensar lo que no consume la vegetación en condiciones de anegamiento (Nosetto et al. 2015). Pero dejar el sistema librado a esta regulación tiene sus costos: Sales en superficie, falta de piso, limitaciones ambientales para muchos cultivos, entre otros. Con más anegamiento también, los sistemas productivos pueden migrar a un uso más marginal con una agricultura oportunista en la creciente fracción del paisaje que está expuesta periódicamente al anegamiento. La articulación de soluciones verdes y azules a tiempo y con un continuo monitoreo de sus resultados puede llevar a la llanura a una situación mucho más virtuosa, en donde más agua se utilice para la transpiración vegetal y se convierta en producción y en la que un menú mayor de opciones de cultivo se implemente en forma inteligente y flexible. Este no es un desafío puramente técnico que resuelven "jardineros" y "plomeros" del paisaje. La parte más importante se resuelve en la "mesa familiar". El desafío del territorio en último término es político y requiere que productores, pobladores y gobiernos sean capaces de aceptar la realidad de nuestra llanura que, habiendo incubado grandes riquezas, pide hoy miradas y acciones más creativas y justas.

Referencias

- Betram N y Chiacchiera S. 2013. Reporte sobre la dinámica de la precipitación, el nivel freático y el uso de la tierra en el departamento Marcos Juárez (Córdoba). INTA
- Gimenez R, Mercau JL, Houspanossian J, Jobbágy EG. 2015. Balancing agricultural and hydrological risk in farming systems of the Chaco plains. *Journal of Arid Environments*, 123:81-92
- Gimenez R, Mercau JL, Paez RA, Jobbágy EG. 2016. The ecohydrological imprint of deforestation in the semiarid Chaco: Insights from the last forest remnants of a highly cultivated landscape. *Hydrological Processes*, in press
- Kuppel S, Houspanossian J, Nosetto MD, Jobbágy EG. 2015. What does it take to flood the Pampas? Lessons from a decade of strong hydrological fluctuations. *Water Resources Research*, 51:2937-2950
- Mercau JL, Nosetto MD, Bert FE, Giménez R, Jobbágy EG. 2016. Shallow groundwater dynamics in the Pampas: Climate, landscape and crop choice effects. *Agricultural Water Management*, 163:159-168.
- Nosetto MD, Paez RA, Ballesteros SI, Jobbágy EG. 2015. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 206:60-70.
- Marchesini VA, Gimenez R, Nosetto MD, Jobbágy EG. 2016. Ecohydrological transformation in the Dry Chaco and the risk of dryland salinity: Following Australia's footsteps? *Ecohydrology*, in press



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

Florio EL, Mercau JL, Nosetto MD. 2016. Factores que regulan la dinámica freática en dos ambientes de la Pampa Interior con distintos regímenes de humedad. Ciencia del Suelo, en prensa