

Esteban G. Jobbágy / Roxana Aragón / Marcelo D. Nosetto

Grupo de Estudios Ambientales – Universidad Nacional de San Luis & IMASL-CONICET.

jobbagy@unsl.edu.ar

Los cultivos y la napa freática en la llanura pampeana

En la presente publicación se describe la relación entre las napas freáticas y los rendimientos de los cultivos en la Pampa Central o Arenosa, los factores que actúan sobre esta relación y la influencia de la actividad agrícola sobre la dinámica de las napas.

El agua que circula a través de los sistemas agrícolas es uno de los determinantes principales de su producción y su nexos con los sistemas hidrológicos. Este nexos puede ser recíproco, dado que existe la posibilidad de intercambio mutuo de agua y sales entre la napa freática y los agroecosistemas. Si bien esta vinculación afecta el riesgo y las oportunidades de la agricultura, su incorporación en el análisis de los sistemas de producción pampeanos es aún incipiente. ¿Cuál es el efecto de las napas sobre el rendimiento de los cultivos? ¿Qué factores condicionan esta influencia? ¿En qué medida puede la actividad agrícola afectar la dinámica de las napas modificando positiva o negativamente el ambiente que la sustenta? Se ex-

A NIVEL REGIONAL LAS CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DEFINEN LA POSIBILIDAD DE APORTES FREÁTICOS Y MOLDEAN ASÍ LA ESTABILIDAD DE LOS RENDIMIENTOS.

ploran aquí estas preguntas identificando los mecanismos de conexión entre napas y cultivos, y resaltando los riesgos y oportunidades que presentan para la producción en la Pampa Central o Arenosa (noroeste de Buenos Aires, noreste de La Pampa, sur de Córdoba y sudeste de San Luis).

En vastos sectores de la llanura, como resultado de un clima húmedo y un relieve muy plano con pobres redes de escurrimiento

superficial, la napa freática (techo de la zona saturada de agua del perfil) es muy poco profunda y puede ofrecer un aporte de agua adicional a los cultivos. Esta influencia, sin embargo, puede tornarse perjudicial cuando, por su cercanía a la superficie, la napa causa anegamiento y anoxia al cultivo (**Figura 1**).

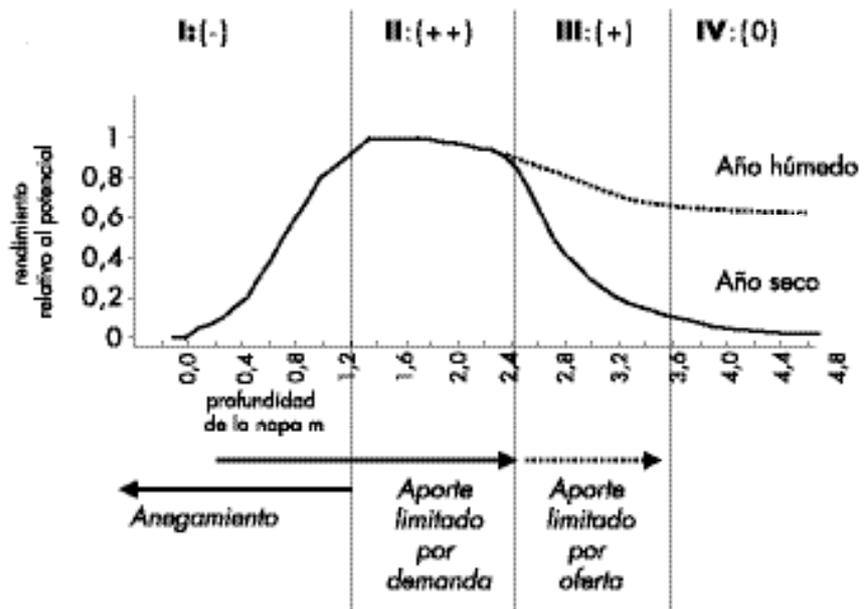
Si se divide verticalmente el perfil que puede ocupar la napa freática se pueden reconocer

distintos estados que facilitan la toma de decisiones en función del nivel (**Figura 1**). En el estado I, predominan los efectos negativos relacionados al anegamiento y la anoxia del sistema radical. En esta fase, el descenso del nivel freático provoca aumentos de rendimiento. En el estado II, los niveles permiten un buen abastecimiento de agua freática al cultivo que resulta limitado solamente por la demanda propia del cultivo. En este estado el cultivo explora la zona de ascenso capilar ubicada por encima de la napa freática, obteniendo aportes de agua ilimitados sin experimentar anoxia. En el estado III, los aportes de agua freática comienzan a disminuir con la profundidad, al distanciarse la zona de ascenso capilar del perfil explorado por las raíces del cultivo. Finalmente se alcanza el estado IV en el que no hay efectos de la napa. 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.

Debe destacarse que la función descrita en la figura 1 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 los estados II-III manteniendo o incre-

Figura 1: Función de respuesta de los rendimientos a la profundidad de napa. Los rendimientos se expresan como valores relativos al potencial que puede obtenerse cuando no hay limitaciones hídricas.



mentando los perjuicios del estado I. Del mismo modo, demandas mayores de agua asociadas a mayor radiación y temperatura o a cultivos con mayor duración del área foliar (ciclos más largos, fertilización, doble cultivo, cultivo con más 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 los estados II y III y posiblemente un aumento de los perjuicios del estado I. Cultivos más tolerantes a la salinidad compensarán parcialmente este efecto.

Con respecto a la textura de los suelos, aquellos con alto porcen-

taje de arcilla limitarán el transporte de agua desde la napa a la zona de absorción generando un techo de rendimientos menor al potencial y un estado II inexistente que será reemplazado por un estado III de mayor espesor. Todo tipo de impedancia subsuperficial como horizontes calcáreos o "thaptos" inhibirán los beneficios del estado II y III.

Finalmente, el estado II de la función esbozada en la figura 1 se desplazará hacia mayores profundidades en la medida en que los cultivos alcancen profundidades de raíces mayores y en menor tiempo. De esta forma se esperaría, por ejemplo, un estado II de mayor espesor para alfalfares respecto a pasturas de gramíneas.

La función de la **figura 1** se manifiesta en el espacio a escalas que van desde el lote a la región. En este sentido, los efectos más

obvios y visibles del anegamiento contrastan con la influencia más sutil de las napas ofreciendo agua a los cultivos. Sin embargo, el creciente auge del mapeo de rendimientos orientado al manejo agrícola por ambientes ha puesto de manifiesto en los últimos años la existencia de grandes heterogeneidades. En campañas con relativamente baja precipitación, lotes con marcados gradientes topográficos, comunes en los paisajes medanosos del oeste de la región pampeana, han generado de 2 a 10 veces más producción en los bajos que en las lomas. Esta hete-

cultivo principal, a la fuerte sequía del ciclo 2003-2004. Mientras los departamentos sin acceso a la napa sufrieron una merma de 40% en los rendimientos respecto a una campaña húmeda como 2000-2001 (2.850 vs. 1.730 kg/ha), los departamentos con acceso a napa mostraron rendimientos muy similares en ambas campañas (2.120 vs. 2.150 kg/ha). La precipitación octubre-marzo en ambas regiones fue similar (867 y 762 mm en 2000-2001, y 419 y 416 mm en 2003-2004 para los departamentos sin y con acceso a la napa respectivamente).

taciones que alimenta las napas (recarga) y por el otro, como se destacó más arriba, también regulan su consumo y evacuación evaporativa (descarga). Por esta razón el agua freática en los sistemas pampeanos no debe verse como un recurso ilimitado sino más bien como un gran regulador regional.

Así como el perfil de suelo puede transferir agua almacenada en períodos húmedos a períodos más secos, las napas freáticas pueden extender esta posibilidad al ofrecer una "segunda oportunidad" de aprovechar lluvia no utilizada, no sólo de una campaña hacia las siguientes, sino también desde sectores con baja evapotranspiración, como lomas arenosas, a áreas más bajas del paisaje.

El uso sostenido de agua freática en períodos secos, sin embargo, llevará a un descenso de niveles y/o al aumento de la salinidad del agua como resultado del consumo de agua y la exclusión de las sales que la acompañan en la zona de absorción. Así, sistemas que se encuentran en el estado II y III de la figura 1 pasarán progresivamente al estado IV. Es importante destacar que el consumo en épocas de anegamiento puede también liberar del estado I a las partes más bajas del paisaje generando un beneficio.

En general, puede plantearse como estrategia viable para minimizar riesgos y maximizar oportunidades freáticas, favorecer el consumo de las napas mientras estas sean accesibles. Esto limitará el consumo posterior si las campañas sucesivas son secas, pero reducirá el daño por anegamiento si son húmedas 

PUEDE PLANTEARSE COMO ESTRATEGIA VIABLE PARA MINIMIZAR RIESGOS Y MAXIMIZAR OPORTUNIDADES, FAVORECER EL CONSUMO DE LAS NAPAS FREÁTICAS, MIENTRAS ÉSTAS SEAN ACCESIBLES.

rogeneidad es la manifestación en el paisaje de la función propuesta en la figura 1 y es causada por la topografía que regula la separación vertical entre las raíces de los cultivos y la napa (estado II en bajos y III y IV en lomas).

A nivel regional las condiciones hidrogeológicas definen la posibilidad de aportes freáticos y moldean así la estabilidad de los rendimientos, como sugiere el análisis de la estadísticas productivas de la SAGPyA de departamentos de la provincia de Córdoba sin acceso a la napa (Río Primero, Río Tercero, Calamuchita, Santa María y Colón) y con acceso a la napa (Juárez Celman, Roca, San Martín y Sáenz Peña). Estos territorios mostraron respuestas contrastantes de los rendimientos de soja, su

Los contrastes anteriores sugieren que las napas juegan un papel regional regulando los rendimientos. No se ha avanzado aún en el mapeo regional de áreas agrícolas influenciadas por la napa, pero el análisis de estadísticas agrícolas y la observación satelital del grado de verdor de la vegetación en campañas de precipitación contrastante, como las dos ejemplificadas aquí, complementadas con información de suelos e hidrogeología permitirán avanzar rápidamente en este sentido.

El análisis de los riesgos y oportunidades asociados a las napas freáticas no debe ignorar que los agroecosistemas afectan los niveles freáticos de dos maneras. Por un lado, los agroecosistemas regulan el excedente de precipi-