



SIMPOSIO FERTILIDAD REGIONAL 2026

Nutrición de Cultivos
y Pasturas en Regiones
Semiáridas y Subhúmedas

20 de mayo

Hotel Mercure. Santa Rosa, La Pampa

ACTAS



www.fertilizar.org.ar

ÍNDICE

- **02** El desafío de producir donde el agua es el límite: la nutrición estratégica como motor de eficiencia
- **03** Agregado de valor al agua a través de la nutrición de cultivos
- **06** Estado de la fertilidad de suelos y respuesta a estrategias de nutrición en regiones semiáridas y subhúmedas de Argentina
- **08** Innovaciones para nutrir efectiva y responsablemente cereales de invierno
- **12** Estrategias de nutrición en pasturas perennes: Integrando el diagnóstico físico-químico y el manejo por ambientes en la Región Pampeana
- **13** Fertilización de cereales de verano
- **14** Fertilización de soja y girasol
- **17** Mirada integrada del manejo de la nutrición en sistemas con limitaciones hídricas

El desafío de producir donde el agua es el límite: la nutrición estratégica como motor de eficiencia

► ► Ings. Agr. Maria Fernanda Gonzalez Sanjuan
Ing. Agr. Roberto Rotondaro

FERTILIZAR AC

En las regiones semiáridas y subhúmedas de la Argentina, la sustentabilidad y rentabilidad agropecuaria se dirimen en una carrera contra la restricción hídrica. Bajo la premisa de implementar innovaciones y tecnologías "para que el agua rinda al máximo", el próximo Simposio Nacional FERTILIDAD 2026 se consolida como un espacio neurálgico para debatir el futuro de la producción en ambientes frágiles. Organizado de manera conjunta por FERTILIZAR Asociación Civil y la Facultad de Agronomía de la UNLPam, este encuentro presencial en Santa Rosa pone el foco en un paradigma clave: la fertilización ya no es solo una herramienta de rendimiento, sino el catalizador indispensable para optimizar el recurso más escaso y valioso: el agua

Históricamente, los sistemas de producción bajo condiciones de vulnerabilidad climática han adoptado posturas conservadoras en lo que respecta a la inversión en insumos. Sin embargo, la ciencia y la práctica agronómica moderna demuestran lo contrario. Una correcta nutrición de cultivos y pasturas mejora radicalmente la eficiencia del uso del agua (EUA). A través de distintas conferencias el Simposio desglosará cómo el agregado de valor al agua mediante nutrientes estratégicos permite a las plantas explorar mejor el perfil del suelo, mitigar situaciones de estrés y maximizar la captura de biomasa por cada milímetro disponible

La propuesta del simposio destaca por su abordaje integral e interdisciplinario. No se limita a la teoría académica; convoca a un diálogo directo a través de paneles técnicos específicos que cubren desde los cereales de invierno y verano hasta cultivos clave como el girasol, la soja y las pasturas perennes. Responde a las necesidades reales de los asesores y productores del centro de la región pampeana, quienes se enfrentan diariamente a la toma de decisiones complejas en la gestión integrada de la fertilidad y los sistemas de producción

El bloque final, enfocado en "la nutrición en acción", con la participación de productores, asesores y funcionarios del Ministerio de la Producción de La Pampa, subraya que la transferencia tecnológica requiere de una articulación público-privada sólida. Frente a escenarios climáticos cada vez más variables, la sinergia entre las instituciones de investigación, las empresas de insumos y los actores del lote es el único camino viable para construir sistemas resilientes. Nutrir efectiva y responsablemente el suelo es, en definitiva, asegurar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Agregado de valor al agua a través de la nutrición de cultivos

► ► Reussi Calvo NI^{1,2,3*} & Iglesias MP^{1,2,3}

¹Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP), ²CONICET, ³Raíz Científica SRL.

✉ nahuelreussicalvo@raizcientifica.com

RESUMEN

La producción agropecuaria enfrenta actualmente el desafío simultáneo de incrementar la productividad de los sistemas y sostener la calidad y fertilidad de los suelos en un contexto de elevada variabilidad climática. En la región pampeana, las brechas de rendimiento continúan siendo importantes y, en numerosos ambientes, están asociadas tanto a limitaciones hídricas como nutricionales (Aramburu Merlos et al., 2015). En este escenario, la nutrición de cultivos constituye una herramienta estratégica no solo para aumentar los rendimientos, sino también para mejorar la eficiencia de uso del agua (EUA) y la resiliencia de los sistemas productivos.

La disponibilidad de agua representa uno de los principales factores determinantes del rendimiento de los cultivos extensivos. Sin embargo, el aprovechamiento eficiente de esa agua depende en gran medida del estado nutricional de las plantas y de la fertilidad integral del suelo. En sistemas agrícolas degradados, caracterizados por pérdidas de materia orgánica, deterioro físico y disminución de nutrientes disponibles, la capacidad de transformar agua en biomasa y rendimiento disminuye significativamente. Por el contrario, sistemas con mejores niveles de salud y calidad de suelo logran una mayor eficiencia en la captura y utilización de recursos.

Diversos trabajos han demostrado que existe una estrecha relación entre evapotranspiración y rendimiento alcanzable. Para trigo, Sadras y Angus (2006) propusieron una EUA potencial cercana a 22 kg de grano por milímetro consumido, mientras que para maíz Grassini et al. (2009) reportaron valores próximos a 37 kg/mm. Sin embargo, en numerosas situaciones productivas los rendimientos reales se encuentran muy por debajo de dichos valores potenciales, evidenciando que gran parte del agua disponible no se transforma efectivamente en producción. Esta situación plantea una pregunta central para los sistemas agrícolas y ganaderos actuales: **¿Cómo agregar valor a cada milímetro de agua disponible?**

La respuesta involucra necesariamente una adecuada estrategia de nutrición. La fertilización balanceada permite incrementar el crecimiento radical, mejorar la captura de agua y nutrientes, aumentar la intercepción de radiación y sostener procesos fisiológicos clave durante períodos de estrés hídrico. Nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), zinc (Zn) y boro (B) cumplen funciones complementarias que impactan directamente sobre la productividad y estabilidad de los cultivos.

En términos de manejo, resulta fundamental diferenciar nutrientes móviles y no móviles en el suelo. Los nutrientes móviles, como N y S, requieren estrategias de diagnóstico y ajuste de dosis asociadas a la dinámica hídrica, la demanda del cultivo y los procesos de mineralización. En cambio, nutrientes de menor movilidad, como P y Zn, dependen en mayor medida de la oferta localizada en el suelo y de características edáficas como textura, mineralogía y compactación.

La interacción entre disponibilidad hídrica y nutrición no es homogénea para todos los nutrientes. En el caso del P, distintos estudios muestran que las respuestas relativas tienden a incrementarse en años secos, debido a las restricciones que presenta su difusión en el suelo bajo condiciones de baja humedad. Telleria et al. (2012) reportaron mayores respuestas a la fertilización fosfatada durante años Niña respecto de campañas Niño. Por otro lado, para N, la demanda del cultivo y la magnitud de respuesta se encuentran fuertemente asociadas al potencial productivo definido por el ambiente y las precipitaciones (Correndo et al., 2021). En campañas favorables, la mayor producción de biomasa incrementa los requerimientos de N, mientras que en años restrictivos el manejo debe orientarse a maximizar eficiencias y minimizar pérdidas.

La evidencia generada en la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe demuestra consistentemente que la nutrición balanceada con NPS incrementa la EUA en distintos cultivos y condiciones ambientales. En maíz, la fertilización con NPS permitió aumentos de EUA promedios de entre 28% y 72% respecto de los tratamientos testigo, observándose los mayores impactos relativos en campañas con menores precipitaciones. Asimismo, ensayos de largo plazo mostraron incrementos superiores al 50% en la EUA bajo esquemas de fertilización balanceada. Además del aumento de productividad, la nutrición balanceada con base en el diagnóstico de suelo contribuye a reducir la variabilidad interanual de rendimientos y el riesgo productivo. Sistemas con mejores niveles de fertilidad presentan respuestas más estables entre años, incluso bajo escenarios climáticos contrastantes (Manenti et al., 2020). Esto refuerza el concepto de la fertilidad como un componente central de la resiliencia de los agroecosistemas.

No obstante, el agregado de valor al agua no puede analizarse únicamente desde la fertilización. La mejora sostenida de la eficiencia de uso del agua requiere integrar prácticas de manejo sustentable orientadas a fortalecer la salud del suelo. La inclusión de rotaciones intensificadas, gramíneas, cultivos de cobertura, siembra directa y estrategias de nutrición balanceada generan efectos sinérgicos sobre la estructura del suelo, el almacenamiento hídrico, la actividad biológica y la dinámica de nutrientes.

En síntesis, la nutrición de cultivos constituye una herramienta clave para transformar agua disponible en producción eficiente y estable. En un contexto de creciente variabilidad climática y deterioro de la fertilidad de los suelos, avanzar hacia esquemas de manejo basados en diagnósticos integrales y fertilización balanceada permitirá no solo incrementar rendimientos, sino también construir sistemas agrícolas más resilientes, eficientes y sustentables. La posibilidad de **“agregar valor al agua”** dependerá, en gran medida, de nuestra capacidad para integrar el manejo nutricional dentro de una visión sistémica de la fertilidad y salud del suelo.

>. REFERENCIAS

Aramburu Merlos, F.; Monzon, J.P.; Mercau, J.L.; Taboada, M.; Grassini, P. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Fields Crops Research*. 184: 145-154. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.10.001.

Correndo, A.A.; Gutiérrez-Boem, F.H.; García, F.O.; Alvarez, C.; Álvarez, C.; Angeli, A.; Barbieri, P.; Barraco, M.; Berardo, A.; Boxler, M.; Calviño, P.; Capurro, J.E.; Carta, H.; Caviglia, O.; Ciampitti, I.A.; Díaz-Zorita, M.; Díaz-Valdéz, S.; Echeverría, H.E.; Espósito, G.; Ferrari, M.; Ferraris, G.N.; Gambaudo, S.; Gudelj, V.; Loeleu, J.P.; Melchiori, R.J.M.; Molinow, J.; Orcellet, J.M.; Pagani, A.; Pautasso, J.M.; Reussi Calvo, N.I.; Redel, M.; Rillo, S.; Rimski-Korsakov, H.; Sainz-Rozas, H.R.; Saks, M.; Tellería, M.G.; Ventimiglia, L.; Zorzín, J.L.; Zubillaga, Ma.M.; Salvagiotti, F.. 2021. Attainable yield and soil texture as drivers of maize response to nitrogen: A synthesis analysis for Argentina. *Field Crops Research*. 273:108299. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108299>.

Grassini, P.; Yang, H.; Cassman, K.G. 2009. Limits to maize productivity in Western Corn-Belt: A simulation analysis for fully irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1254–1265.

Manenti, L.; Garcia, F.O.; Rubio, G. 2020. El rol de la fertilización en la eficiencia de uso de agua en cultivos de la región pampeana. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes.

Sadras, V.O.; Angus, J.F. 2006. Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 847–856.

Telleria, P.; Barraco, M.; Vivas, H.; Gudelj, V.; Ferraris, G. 2012. Interacción entre disponibilidad hídrica y respuesta a la fertilización fosfatada en maíz en la región pampeana. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 8: 15–20.

Estado de la fertilidad de suelos y respuesta a estrategias de nutrición en regiones semiáridas y subhúmedas de Argentina

► ► Esteban Ciarlo

Fertilizar AC - FAUBA

RESUMEN

Las regiones semiáridas (SA) y subhúmedas (SH) de Argentina presentan condiciones ambientales que condicionan fuertemente la producción agrícola, caracterizadas por precipitaciones limitantes, alta variabilidad interanual, marcada estacionalidad y elevada amplitud térmica. En este contexto, los suelos muestran una elevada heterogeneidad y, en general, contenidos bajos de materia orgánica, lo que plantea desafíos para sostener niveles productivos y estabilidad en el tiempo.

El objetivo de este trabajo fue integrar información sobre el estado actual de la fertilidad de los suelos en estas regiones con resultados de ensayos de larga duración que evalúan distintas estrategias de nutrición de cultivos. Para el diagnóstico edáfico se utilizaron datos provenientes de dos relevamientos coordinados por Fertilizar Asociación Civil y realizados por el IPADS (CONICET–INTA–UNMdP), incluyendo la región pampeana occidental y áreas del NOA y NEA (excluyendo zonas húmedas), comparando suelos prístinos y agrícolas. Se evaluaron indicadores de fertilidad química tales como pH, materia orgánica (MO), fósforo extractable (P-Bray), cationes básicos (Ca, Mg, K) y micronutrientes (Zn y B).

Los resultados evidencian un proceso generalizado de degradación de la fertilidad asociado al uso agrícola. En la región pampeana semiárida y subhúmeda se observó una acidificación moderada (6–9% de disminución del pH), atribuible a la extracción de bases no compensada. En contraste, en sectores del NOA y NEA se detectaron procesos de alcalinización, posiblemente vinculados a ascenso de sales por cambios en el balance hídrico del sistema, lo que puede afectar la disponibilidad de micronutrientes.

El fósforo extractable mostró una de las mayores caídas, particularmente en la región pampeana (hasta 82% respecto de suelos prístinos). En NOA y NEA, si bien los niveles absolutos aún son mayores en algunas zonas, las disminuciones observadas, incluso en áreas con menor historia agrícola, sugieren una baja capacidad buffer, resaltando la necesidad de monitoreo y reposición. Los cationes básicos también evidenciaron disminuciones importantes: Ca y Mg mostraron reducciones cercanas al 50% en la región pampeana, alcanzando valores próximos a umbrales críticos en algunos casos. En el norte del país, los niveles absolutos son mayores, aunque con tendencias variables según zona, incluyendo aportes asociados a sales. El potasio intercambiable, si bien se mantiene en niveles relativamente altos, presenta disminuciones consistentes en diversas regiones, lo que sugiere aportes desde fracciones no intercambiables o capas más profundas. En cuanto a micronutrientes, se destacan caídas significativas de Zn (hasta 75%), con valores promedio por debajo de niveles críticos (~1 ppm), y reducciones generalizadas de B, atribuibles principalmente a la falta de reposición.

La materia orgánica emerge como el indicador más crítico, con disminuciones marcadas en todas las regiones evaluadas, incluso en aquellas con menor historia agrícola. Esto sugiere una alta vulnerabilidad de estos ambientes, probablemente asociada a temperaturas más elevadas y dinámicas de mineralización aceleradas. La reducción de MO implica además una menor disponibilidad de nitrógeno mineralizable, con descensos estimados de 60–120 ppm a 40–60 ppm en NAN, reforzando su rol central en la productividad.

Complementariamente, se analizaron resultados de una red de ensayos de fertilización de larga duración coordinada por Fertilizar AC, con 37 sitios en regiones SA y SH durante los últimos 10 años. En estos ensayos se compararon cuatro estrategias: testigo sin fertilización, manejo frecuente (modal), manejo mejorado basado en diagnóstico y manejo completo orientado a maximizar productividad con nutrición balanceada.

En términos de rendimiento relativo (normalizado respecto al manejo frecuente), la ausencia de fertilización generó pérdidas cercanas al 10%, mientras que estrategias mejoradas y completas permitieron incrementos de hasta 25%. Estos resultados fueron consistentes entre cultivos, aunque con magnitud variable: en soja (15 ensayos) las respuestas oscilaron entre -6% (testigo sin fertilizar) y +17% (estrategias mejoradas), en maíz (14 ensayos) entre -10% y +20%, y en trigo (6 ensayos) entre -13% y +30%, siendo este último el cultivo de mayor respuesta.

Asimismo, se evidenciaron efectos residuales positivos de la fertilización en cultivos no fertilizados como maní, donde las estrategias más intensivas generaron incrementos superiores al 10% respecto a manejos frecuentes, destacando la importancia de la nutrición en el mediano y largo plazo.

En relación con la eficiencia en el uso de recursos, las estrategias mejoradas incrementaron la eficiencia del uso del agua hasta en un 50%, lo que equivale a un mayor aprovechamiento de las precipitaciones, principal limitante en estas regiones. Este aumento se traduce en beneficios económicos estimados en aproximadamente 30 USD adicionales por cada 100 mm de agua, considerando los valores del trigo, maíz y soja.

Contrariamente a lo esperado por la ley de rendimientos decrecientes, la transición desde estrategias frecuentes hacia estrategias mejoradas no redujo la eficiencia de uso de nutrientes, sino que en muchos casos la incrementó, lo cual se explica por efectos de nutrición balanceada y una co-limitación de nutrientes.

Desde el punto de vista económico, todas las estrategias de fertilización mostraron márgenes positivos en promedio, aunque los manejos de baja tecnología presentan resultados ajustados. Sin embargo, un aspecto clave emerge del análisis de balances de nutrientes: en la mayoría de los casos las extracciones superan a las reposiciones, especialmente en ausencia de fertilización, con déficits que pueden alcanzar 82 kg ha⁻¹ de nutrientes principales. Incluso en esquemas de alta reposición, los balances son ajustados, lo que plantea desafíos a cubrir sobre la sostenibilidad del sistema productivo.

Finalmente, se resalta que la evaluación del sistema productivo debe trascender el rendimiento, incorporando la calidad de los productos (ej. contenido proteico en trigo) y los indicadores de sustentabilidad del suelo. En conjunto, los resultados indican que los suelos de regiones semiáridas y subhúmedas de Argentina presentan un proceso avanzado de empobrecimiento nutricional y de materia orgánica, y que estrategias de manejo nutricional más intensivas y balanceadas permiten mejorar significativamente la productividad, la eficiencia en el uso de recursos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Innovaciones para nutrir efectiva y responsablemente cereales de invierno

▶ ▶ Diego Hernán Rotili

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa
América Agroinnova
CREA Regiones Oeste y Oeste Arenoso

✉ drotili@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN

Un enfoque integral para la nutrición de cereales de invierno, con énfasis en trigo, debe orientarse a maximizar la probabilidad de retorno a la fertilización y ejecutar las prácticas nutricionales de manera agronómica y económicamente lógica. La fertilización no debe pensarse como una receta fija, sino como una decisión condicionada por el ambiente, el potencial productivo, la fecha de siembra, la disponibilidad de agua, el estado nutricional del suelo, la estrategia de largo plazo y la correcta ejecución de las aplicaciones.

El ambiente define la productividad potencial de los cultivos. Distintas zonas y situaciones dentro de la región del oeste arenoso pampeano presentan rendimientos esperados muy diferentes, con medias en años promedio que pueden ubicarse alrededor de 2500 a 4600 kg/ha. No obstante, los máximos de años favorables superan los 4000 o 5000 kg/ha, dependiendo de la subregión. Por lo tanto, antes de definir dosis o tecnologías, es necesario estimar qué cultivo se está diseñando y cuál es el techo razonable de rendimiento. Fertilizar un cultivo de bajo potencial con el mismo criterio que uno de alto potencial puede reducir la eficiencia económica; del mismo modo, subfertilizar ambientes de alto potencial puede generar pérdidas importantes de rendimiento.

Para definir el potencial productivo del ambiente pueden considerarse probabilidades, pronósticos y variables predictoras. Además de la probabilidad de alcanzar cierto rendimiento en base a información histórica mencionada con anterioridad, el efecto del clima, particularmente de eventos del fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENSO), es generalmente considerada por productores y asesores. No obstante, al considerar los cereales de invierno, el impacto del ENSO sobre el rendimiento esperado no debe interpretarse de forma simplificada. Años Niño pueden asociarse con menor rendimiento en gran parte de la región pampeana, mientras que un evento Niño en el año anterior puede favorecer mayor productividad esperada en zona núcleo y norte por recarga hídrica otoñal. Sin embargo, la magnitud del efecto en la región semiárida y subhúmeda pampeana sería entre leve y directamente nula. En contraste, las señales más útiles para anticipar alta productividad son fácilmente medibles al momento de la siembra: la profundidad de la napa (máximos rendimientos potenciales entre 90 y 170 cm) y el agua útil disponible en los primeros 120 cm del suelo (pasando de una expectativa de rendimiento de 2000 kg/ha con menos de 50 mm a más de 5000 kg/ha con valores mayores a 180 mm). Estos indicadores sencillos permiten ajustar mejor la expectativa de rendimiento y, por lo tanto, la estrategia nutricional.

El análisis económico muestra que las decisiones no deberían basarse únicamente en relaciones insumo/producto o precios de venta al momento de la siembra. Márgenes reales de gestiones cerradas entre 2008 y 2025 en empresas pertenecientes a CREA Región Oeste, se concluye que la relación de precios urea/trigo ($R^2 = 0,051$), gasoil/trigo ($R^2 = 0,033$) o el valor del trigo forward enero ($R^2 = 0,005$) al momento de la siembra no fueron buenos predictores del resultado económico del trigo. Por el contrario, el rendimiento en grano del trigo presentó un poder explicativo al menos 4 veces mayor ($R^2 = 0,224$) que el resto de las variables mencionadas. Es decir, la rentabilidad depende fuertemente de lograr altos rendimientos, y para eso la nutrición debe estar alineada con el potencial real del ambiente. Reducir fertilización como reacción automática a un aumento del precio de los insumos puede comprometer el resultado final si el ambiente tiene alta probabilidad de respuesta.

La premisa de diseñar cultivos que maximicen la probabilidad del retorno a la fertilización parte de que el resto de las prácticas de manejo basadas en procesos se orienten a limitar en la menor medida posible la expresión del rendimiento. La fecha de siembra es una decisión clave para maximizar el retorno de la fertilización. Experimentos regionales y análisis de bases de datos de lotes de trigo durante muchas campañas para las regiones CREA Oeste Arenoso y Oeste (compilados en la base DAT CREA) muestran una penalidad clara por el atraso en la fecha de siembra. Más allá del 20 de mayo, el atraso de la siembra genera pérdidas tanto considerando un lote promedio como situaciones de techo productivo, expresadas como el percentil 90 de los rendimientos. Al promediar todas las subzonas de CREA Oeste y Oeste Arenoso (Oeste de Buenos Aires y la región semiárida central de La Pampa), atrasarse luego de la última semana de mayo implica una pérdida media de 13 kg/ha por día, y de 19 kg/ha por día para el techo productivo. En definitiva, un cultivo sembrado tarde reduce su potencial y, en consecuencia, limita la eficiencia esperable del uso de los nutrientes aplicados.

En términos de manejo de insumos, las evidencias regionales también son contundentes para determinar cómo disminuir brechas de rendimiento. A partir de 34 ensayos realizados durante cinco años (2022 a 2025) en tres regiones CREA ubicadas en la zona subhúmeda y semiárida pampeana —Oeste Arenoso, Oeste y Sudoeste—, se cuantificó que el manejo promedio del productor CREA (altamente tecnologizado y actualizado) alcanza aproximadamente el 65% del rendimiento potencial. En promedio, el aporte de macronutrientes en niveles de baja limitación aporta alrededor de un 8% de rendimiento adicional, mientras que la aplicación de micronutrientes de manera foliar aporta cerca de 1%. Aplicaciones dobles de fungicidas con triple mezcla con carboxamida agregan aproximadamente otro 1%, mientras que la elección de la mejor genética en función de datos públicos del año anterior suma 8%. El manejo ajustado de todas las prácticas a cada sitio, no predecible y sólo posible de conocer ex post, cerraría la brecha de rendimiento adicional. Así, se puede establecer que la nutrición es una parte fundamental de la brecha, pero no actúa sola: su impacto depende de adecuar la genética, la sanidad, la fecha de siembra y el ambiente. No obstante, se destaca que el efecto absoluto del uso de insumos es mayor en ambientes de alto potencial. Por lo tanto, la intensificación debe ser más precisa y ambiciosa donde el ambiente permite capturar más kilos.

Un elemento fundamental al considerar el impacto de la nutrición sobre los sistemas de producción de cereales de invierno es considerar el efecto de las decisiones de largo plazo. Los ensayos de la primera Red de Larga Duración de la región CREA Oeste (RIDZO) entre 2014 y 2019, publicados en Rotili et al. (2023), *Agricultural Systems*, muestran que el trigo fue el cultivo con mayor respuesta al incremento en la aplicación de fertilizantes en el “mediano plazo” de 6 años en el Oeste de Buenos Aires. En promedio de dos vueltas de rotación Soja-Trigo/Soja-Maíz y siete sitios, la respuesta a incrementar la fertilización respecto a la típica regional en términos de fósforo y nitrógeno fue de 6,7%, la respuesta a azufre fue de 7,5% y la respuesta a una reposición otoñal de fósforo fue de 8,9%. Un análisis económico observó que, en promedio, aumentar la provisión de nutrientes en términos de diversidad y cantidad pudo aumentar hasta 150 U\$S/ha/año el Margen Neto de la actividad considerando todos los cultivos de la rotación. Un

aspecto importante es que la mayor respuesta se observó en ambientes con buena disponibilidad hídrica, pero degradados nutricionalmente luego del diagnóstico por muestreo de suelos. Esto refuerza la idea de que el agua define la posibilidad de respuesta, pero la fertilidad acumulada define cuánto de ese potencial puede capturarse. La segunda Red de Larga Duración de la Región CREA Oeste (RIDZO), desarrollada entre 2020 y 2026, confirma la fuerte respuesta del cultivo de trigo a la nutrición de largo plazo. En promedio de dos vueltas de rotación Soja-Trigo/Soja-Maíz y ocho sitios, la respuesta a la reposición otoñal de fósforo fue de 10,5%, mientras que la respuesta a la aplicación de zinc fue de 3,4%.

En cuanto a la nutrición de corto plazo, los nutrientes con mayor limitación documentada en los suelos de la región son fósforo, nitrógeno, azufre y zinc. A la hora de diagnosticar y tomar la decisión de fertilización, se debe considerar la movilidad del nutriente en el suelo y observar evidencias locales de experimentos en los que se haya evaluado la respuesta del rendimiento a la fertilización. Respecto de fósforo, un nutriente poco móvil en el suelo, el umbral diagnóstico más documentado es el valor de 15 ppm de fósforo extractable (Bray 1) (0-20 cm). Este valor indica la probabilidad de perder 10% o más del rendimiento potencial en un sitio y año determinado, pero mientras más se aleje la concentración en el suelo de este valor, mayor será la respuesta esperada a la fertilización. Así, por ejemplo, para un rendimiento potencial de 5000 kg/ha, un suelo con 15 ppm de P puede perder alrededor de 500 kg/ha si no se corrige; con 10 ppm, la pérdida estimada asciende a 1000 kg/ha; y con 6 ppm, a 1500 kg/ha. Por el contrario, para un potencial de 3000 kg/ha, las pérdidas estimadas son menores en términos absolutos: 300, 600 y 900 kg/ha para 15, 10 y 6 ppm, respectivamente. La relevancia de la pérdida esperada en términos económicos dependerá de la relación de precios insumo/producto en cada año particular, pero siempre contemplando que el diagnóstico de fósforo es crítico, y que el impacto económico de una deficiencia aumenta cuando el ambiente tiene mayor potencial.

La nutrición con nitrógeno, un nutriente muy móvil en el suelo, se puede abordar desde modelos regionales y herramientas de apoyo a la decisión. Modelos locales desarrollados por Grupo de Acción Agrícola de CREA Región Oeste Arenoso determinan requerimientos agronómicos de cantidad de nitrógeno en función del rendimiento esperado, con mayores niveles del nutriente cuando se desea aumentar la proteína en el grano para un mismo nivel de rendimiento. Sin embargo, una decisión económica debería contemplar modelos dinámicos y agregar información de relaciones de precios para la toma de decisiones. La herramienta Triguero 2.0 de la Unidad de I+D CREA con modelos de simulación calibrados zonalmente evidencia que, aunque aumente mucho el precio de las fuentes nitrogenadas, la dosis óptima de nitrógeno no cae proporcionalmente. Esto se debe a la respuesta de tipo cuadrática-plateau del rendimiento a la disponibilidad inicial de nitrógeno (suelo + fertilizante), con rendimientos marginales decrecientes. En escenarios de altas relaciones de precios insumo/producto, se aplica el concepto de que “la urea vale el doble, pero el modelo no baja a la mitad” sintetizando que la respuesta económica debe evaluarse con modelos de productividad y precios, no con ajustes lineales simplistas. En resumen, la dosis de N debe considerar el rendimiento objetivo, el nitrógeno disponible en el suelo, la proteína buscada, la relación de precios y los modelos calibrados zonalmente.

El azufre, de alta movilidad en el suelo, aparece como otro nutriente relevante. Las evidencias regionales del pasado distante y más reciente son muy similares, aunque aparentan un aumento en la magnitud de las respuestas a azufre. En ensayos de 2005, 2006 y 2007 (Barraco et al., 2009), la respuesta promedio a azufre fue de 234 kg/ha, equivalente a 4,1%, con respuestas significativas en el 38% de los casos. En datos de 2015 y 2018 de la 1ra Red de Larga Duración de CREA Región Oeste (RIDZO), la respuesta promedio fue mayor, de 371 kg/ha, equivalente a 7,5%, con respuestas significativas en el 36% de los casos. En consecuencia, se debe considerar que la respuesta a azufre no ocurre en todos los ambientes, pero cuando aparece puede ser agrónomicamente importante. Indicadores de probabilidad de limitación son generalmente una prolongada historia agrícola, bajos niveles de materia orgánica, alto rendimiento esperado y elevada respuesta esperada a nitrógeno.

Respecto al zinc, de baja movilidad en el suelo, las evidencias recientes indican respuestas positivas a su inclusión en la fertilización y valores alarmantes de disponibilidad edáfica. En el oeste de Buenos Aires, durante 2021 y 2024, la respuesta promedio a zinc fue de 180 kg/ha, equivalente a 3,4% (2da Red de Larga Duración CREA Región Oeste – RIDZO-). Además, en 76 casos de muestreos de suelos en el oeste de Buenos Aires y este de La Pampa, se observó una relación positiva entre zinc y materia orgánica, y el 84% de los sitios estuvo por debajo de 1 ppm de Zn (Regiones CREA Oeste y Oeste Arenoso). Esto indica que la deficiencia potencial de zinc puede estar muy extendida, especialmente en suelos con menor materia orgánica, aunque la magnitud de la respuesta debe evaluarse por ambiente.

En síntesis, nutrir cereales de invierno de manera efectiva y responsable requiere diseñar de manera completa el cultivo incluido el ajuste de la nutrición. El rendimiento esperado depende del ambiente, la fecha de siembra, el agua disponible, la napa, el suelo y la genética. La fertilización debe acompañar ese potencial: no es recomendable subinvertir en ambientes de alta respuesta ni sobreinvertir en ambientes con baja probabilidad de capturar rendimiento. La evidencia de redes de largo plazo muestra que fósforo, nitrógeno, azufre y zinc pueden generar respuestas relevantes en trigo, especialmente en ambientes con buena disponibilidad hídrica pero degradados nutricionalmente. La innovación no consiste solo en usar nuevos insumos o herramientas, sino en mejorar el diagnóstico, integrar escalas de corto y largo plazo y tomar decisiones que combinen productividad, rentabilidad y sostenibilidad.

>. BIBLIOGRAFÍA

Barraco, M., Díaz-Zorita, M., Brambilla, C., Álvarez, C., & Scianca, C. (2009). Respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada y nitroazufrada en suelos arenosos. *Ciencia del suelo*, 27(2), 217-224.

Rotili, D. H., Álvarez Prado, S., Barattini, A., Lamattina, I., Saks, M. G., Gregorini, M., García, F. O., Andrade, J. F. (2023). Medium-term fertilization strategies on extensive grain cropping systems under water table influence. *Agricultural Systems*, 210, 103715.

Estrategias de nutrición en pasturas perennes: Integrando el diagnóstico físico-químico y el manejo por ambientes en la Región Pampeana

▶ ▶ Álvarez, C.^{1,2}; Fernández, R.^{1,2}; Lert, L.³; Quiroga, A.^{1,2}

¹INTA EEA Anguil; ²Facultad de Agr. UNLPam;

³Chacra Aapresid.alvarez.cristian@inta.gob.ar

RESUMEN

En la Región Pampeana, la producción ganadera se sustenta mayormente en pasturas perennes, con la alfalfa (*Medicago sativa*) y el agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) como pilares según la aptitud del suelo. Actualmente, estos sistemas enfrentan un **balance negativo de nutrientes** debido a las altas tasas de extracción y bajas tasas de reposición, lo que compromete la persistencia y genera fenómenos de degradación como el "manchoneo" en alfalfa por compactación/perdida de nutrientes y agropiro por sobrepastoreo y salinización. El objetivo de este trabajo es presentar estrategias de fertilización que integren el diagnóstico de limitantes físicas, la respuesta productiva a la fertilización (P, S y N) y el valor de la **ambientación** en diferentes escenarios edafoclimáticos. Se evaluaron respuestas en dos sitios con diferente potencial: un Haplustol Éntico (MD) y un Paleustol Petrocálcico (SM) con pasturas de alfalfa, bajo tratamientos de P, S y P+S. Complementariamente, en ambientes halo-hidromórficos (bajos sódicos), se evaluó el efecto de dosis crecientes de Nitrógeno (N: 0 a 200 kg ha⁻¹) sobre la biomasa y la **infiltración del suelo**. Los resultados indican que la respuesta a la fertilización está estrictamente ligada al ambiente: **Sinergia P+S**: En suelos con limitantes, la aplicación conjunta aumentó la biomasa entre un 16% y 38%, mejorando la **Eficiencia de Uso de Agua (EUA)**. El aporte de S incrementó significativamente la extracción de P y Zn, evidenciando su rol como facilitador nutricional. **Efecto de la Compactación ("Manchones")**: Se detectó que áreas con menor crecimiento presentan reducciones de biomasa de hasta el 46% debido a deficiencias en la **conductividad hidráulica (CH)** y **porosidad total (PT)** en la profundidad de 6-18 cm. Además, estos sectores presentan un 59% más de P extractable por la nula exportación, confirmando que la limitante es física y no química. **Dinámica de la Materia Orgánica (MO)**: En áreas normales, la MO aumentó entre un 11% y 16%, mientras que en sectores degradados se mantuvo estática, afectando la estabilidad estructural. La fertilización responsable en el semiárido debe superar el modelo de receta fija. **Nitrógeno como restaurador físico**: En bajos sódicos, dosis de 200 kg N ha⁻¹ no solo elevaron la producción de biomasa y proteína total en un 300 y 361% respectivamente, sino que incrementó la infiltración acumulada en un 48%, posicionando al fertilizante como una herramienta de **mejora de la condición física**. El éxito de la estrategia radica en: 1) Realizar un **diagnóstico físico previo** para identificar compactaciones que anulan la respuesta química; 2) **Ambientar** las aplicaciones según el potencial del suelo (suelos someros vs. profundos); y 3) Utilizar la nutrición (especialmente N en gramíneas, y en leguminosas con P y S) como motor para mejorar la **salud del suelo** (infiltración y MO) y la persistencia del sistema.

>. PALABRAS CLAVE

Alfalfa, Agropiro, Compactación, Balance de Nutrientes, Eficiencia de Uso de Agua.

Fertilización de cereales de verano

► ► **Gabriel Espósito**

Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC)

RESUMEN

El manejo nutricional de cultivos de verano como maíz y sorgo bajo el concepto de buenas prácticas agrícolas requiere ajustar correctamente, fuente, dosis, momento y localización. En especial en ambientes semiáridos donde la principal limitante es la oferta hídrica, es necesario evitar las deficiencias nutricionales para maximizar la eficiencia en el uso del agua.

La planificación de los cultivos comienza con la correcta selección del lote de producción, donde la evaluación del cultivo antecesor y el diagnóstico de la disponibilidad de agua almacenada en el perfil resultan imprescindibles. Sobre esta base, debe realizar un análisis de la fertilidad física (espacio poroso para el movimiento del agua y crecimiento radical), química (disponibilidad completa de nutrientes esenciales) y biológica (dinámica de microorganismos de participación activa en procesos de estimulación del crecimiento de raíces y puesta en biodisponibilidad de los nutrientes esenciales).

El proceso requiere que el análisis de la disponibilidad de nutrientes sea completo y no se limite a evaluar cuanto P disponible hay, sino que incluya: pH, CE, C orgánico (lábil y total), N, S, CIC, Ca, Mg, K, Na, Zn y B en la capa arable del suelo, agregando algunas de estas propiedades en profundidad para describir la posible influencia (positiva o negativa) de la napa freática.

El empleo de indicadores de disponibilidad y el uso de umbrales de respuesta permite ajustar estrategias de fertilización en función de cada criterio empresarial. Así, con valores de P crítico entre 16 y 18 mg kg⁻¹, de Zn y B de 1 mg kg⁻¹ y el agregado de 20 kg ha⁻¹ de azufre se pueden proponer dosis de suficiencia y/o recuperación de la fertilidad del suelo. Estos nutrientes deben ser incorporados al momento de la siembra, preferentemente por debajo y al costado de la línea de las semillas para evitar fitotoxicidad. Su deficiencia provoca severas restricciones del crecimiento radical que impactan negativamente en la absorción de agua y otros nutrientes cruciales para los cultivos.

Cabe destacar que la dosis mínima requerida por estos nutrientes de base no depende del nivel de rendimiento objetivo, sino de la capacidad de inmovilización del suelo (propiedad intrínseca dada por sus características principales, por ejemplo, textura entre otros. Por lo tanto, no son nutrientes rendimientos dependientes y en general es factible esperar mayor respuesta a su agregado en años o ambientes secos que húmedos.

Otro aspecto relevante es el manejo del N, los requerimientos nitrogenados son rendimiento dependiente y por ello se debe ajustar su dosificación a la demanda de los cultivos. Además, el cultivo antecesor juega un rol determinante en la dinámica de inmovilización/nitrificación. Por ello, las mejores recomendaciones surgen de un análisis con el cultivo con cierto grado de avance fenológico lo cual permite interpretar el rendimiento alcanzable en cada lote y así su demanda final. Por este motivo, en ambientes áridos se recomienda una fertilización de base a la siembra o en estadios tempranos y un refertilización entre V8-12 preferentemente detrás de una lluvia y con incorporación del fertilizante dentro de suelo. Ambos aspectos ayudan a maximizar la eficiencia en el uso del agua y de N.

Es imprescindible considerar además que, existe interacción densidad de siembra por fertilización nitrogenada y que si se utilizan bajas densidades por riesgo climático con híbridos de reconocida plasticidad reproductiva, la misma ocurre si y solo si, se incrementa la fertilización nitrogenada para disparar las estrategias de plasticidad (prolificidad o flexibilidad).

Fertilización de soja y girasol

► ► Miriam Barraco

EEA INTA General Villegas

✉ barraco.miriam@inta.gob.ar

RESUMEN

El avance de la agricultura en la región subhúmeda y semiárida pampeana, con genotipos de mayor potencial ha incrementado la demanda de nutrientes por parte de los cultivos. Esto ha contribuido en parte a una disminución en el nivel de algunos elementos (fósforo, calcio, zinc, etc.), sobre todo en lotes con insuficiente reposición de nutrientes. Por otro lado, dada la textura arenosa de los suelos, con medios a bajos contenidos de materia orgánica, la provisión de algunos nutrientes como nitrógeno, azufre y boro resulta insuficiente para el logro de altos rendimientos. Como consecuencia, esto ha llevado que, en cultivos de soja y girasol, que en décadas anteriores eran poco fertilizados, recientemente se haya incrementado el uso de fertilizantes con respuestas económicas a su agregado. Por otro lado, al ser cultivos oleaginosos requieren mayor consumo de nutrientes que los cereales debido a su composición bioquímica y metabólica para producir en grano altos contenidos de proteína y aceite.

La **soja** es uno de los cultivos más relevantes de la región, sobre todo el sector norte (sur de Córdoba, noroeste de Buenos Aires y noreste de La Pampa) obteniéndose en campañas de buena disponibilidad hídrica muy altos rendimientos, asociado a alto consumo de nutrientes. Por ejemplo, para producir 4000 kg de grano por hectárea se requieren alrededor de 260 kg de nitrógeno, 24 kg de fósforo y 16 kg de azufre. En el caso de nitrógeno (N) los aportes desde el suelo resultan insuficientes para la normal producción de estos cultivos y esta demanda es cubierta en parte por la fijación biológica en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Para que este proceso ocurra es necesario inocular todos los años, aún en lotes con historia sojera, para asegurar cepas eficientes y alta carga bacteriana. Además, el proceso de inoculación tiene que lograr que todas las semillas reciban el inoculante y que a los 25 días de sembradas al menos el 80% de las plantas tengan nódulos formados en la parte superior del sistema radical. Estudios regionales muestran una contribución media de la inoculación en los rendimientos de alrededor de 250 kg por ha con aportes de N por fijación biológica de entre 48 a 64%, siendo mayores al incrementarse el crecimiento del cultivo y sus rendimientos. En el caso de fósforo (P), el nivel (umbral) crítico por debajo del cual es mayor la probabilidad de obtener respuesta a la fertilización varía entre 9,4 -10,6 ppm de fósforo extractable (Pe). Ensayos realizados en el noroeste de Buenos Aires mostraron que el agregado de este nutriente en lotes con menos de 13 ppm de Pe los cultivos fertilizados rindieron en promedio un 6,1% más que los testigos sin fertilizar, con una respuesta media de 229 kg ha⁻¹. Por otro lado, los rendimientos de los cultivos fertilizados fueron superiores a los no fertilizados en todo el rango de productividad evaluada. Dado que la probabilidad de respuesta del cultivo al agregado de P depende fundamentalmente de su disponibilidad en el suelo, aún en campañas de déficit hídrico el agregado de

este nutriente contribuye a un mayor desarrollo radicular y mejoras en el rendimiento. En cuanto a la forma de aplicación de los fertilizantes, dada la susceptibilidad de la soja a efectos fitotóxicos generados por la disolución de las sales de los fertilizantes, es recomendable evitar la aplicación en contacto directo con las semillas. Estos riesgos son independientes de la fuente de fertilizante fosfatado y son mayores en condiciones de bajo contenido de humedad de los suelos, textura más arenosas y distanciamientos entre hileras de 42 y 52 cm. Por este motivo se aconseja la aplicación separada de la línea de siembra (2-3 cm), el manejo de la oferta de P a partir de aplicaciones en otros cultivos de la rotación o de aplicaciones al voleo anticipadas a la siembra del cultivo. No obstante, en suelos de muy baja disponibilidad puede ser necesario el agregado de bajas dosis de fertilizante fosfatado a la siembra, dado la baja movilidad del nutriente en el suelo. Con respecto a azufre (S) se han observado respuestas positivas a su agregado, sobre todo en suelos degradados y con muchos años de agricultura continua sin la aplicación de este elemento. En este caso el análisis de suelo de S de sulfatos no ha mostrado ser un indicador confiable de probabilidad de respuesta al agregado de fertilizantes, por lo que la decisión de fertilizar se basa en la integración de las otras variables de suelo y de manejo. Por otro lado, en ambientes donde la napa freática realiza aportes significativos al cultivo se recomienda realizar análisis del contenido de sulfatos, ya que en muchos casos su aporte es altamente significativo. Dado que este nutriente se absorbe en el cultivo más tarde que el P es posible agregarlo bajo diferentes formas o momentos de aplicación, ya sea en mezclas físicas o químicas o como superfosfato simple al momento de la siembra o bien utilizando posteriormente otras fuentes como sulfato de calcio al voleo. La respuesta al agregado de este nutriente varía entre 200 a 500 de grano por ha, con aplicaciones de 10 a 15 kg de S por ha. También asociado a los bajos contenidos de materia orgánica, sumado a la nula reposición de cationes en los suelos se ha observado una disminución en sus contenidos, sobre todo en los niveles de calcio. Estudios preliminares muestran una tendencia a moderadas mejoras en los rendimientos de soja con aplicaciones foliares de calcio en estados reproductivos (R3), o mediante el aporte de enmiendas básicas tales como calcita y dolomita aplicadas en superficie previo a la siembra de la soja. En el caso de micronutrientes algunos estudios evidencian mejoras en los rendimientos por el agregado de cobalto y molibdeno en tratamiento de semillas junto con el inoculante o de aplicaciones de boro (B) en etapas reproductivas.

En el cultivo de **girasol**, una adecuada nutrición no solo es fundamental para alcanzar altos rendimientos, sino también para mejorar la calidad del grano, particularmente su contenido de aceite, ya que influye en el precio de comercialización. Este cultivo tiene la característica de tener un sistema radicular que puede explorar mayor profundidad de suelo (si no hay limitantes en el perfil) obteniendo agua y nutrientes a mayor profundidad. Por otro lado, su mayor tolerancia a la sequía lo convierte en un cultivo más rentable en campañas de menor disponibilidad hídrica o en ambientes más limitantes. Para obtener un rendimiento de 3000 kg por ha son necesarios alrededor de 105 kg de N, 29 kg de P y 13 kg de S. La respuesta al agregado de P es significativa cuando la disponibilidad de P en el suelo es inferior a las 12 ppm, con incrementos medios de 300 a 400 kg por ha. Al igual que soja es un cultivo muy sensible a los efectos salinos y fitotóxicos de los fertilizantes en la línea de siembra por lo que en condiciones más predisponentes (suelos arenosos o condiciones de sequía) es aconsejable utilizar dosis moderadas (12 a 15 kg de P por ha) para no afectar el porcentaje de emergencia o la uniformidad del cultivo. Con respecto al N incide directamente en el desarrollo del área foliar y su duración verde en el período post floración. El contenido de N de nitratos de los suelos (0-60 cm) depende de la duración del barbecho y cultivo antecesor, entre otros, por lo que resulta fundamental determinar su contenido para un adecuado manejo de la fertilización. Estudios desarrollados en el noroeste bonaerense muestran aumentos en los rendimientos hasta disponibilidades cercana a los 130-150 kg de N ($N_{\text{suelo}} + N_{\text{fertilizante}}$). Por otro lado, la aplicación de dosis excesivas puede tener un efecto negativo al generar un desarrollo foliar exuberante que se mantiene durante mayor tiempo post floración, lo que puede promover desarrollo de enfermedades. La concentración de nitratos en pecíolos de hojas jóvenes también resulta un buen indicador del status nitrogenado del cultivo, siendo recomendado aplicaciones de N cuando estos niveles son inferiores a 3000 ppm. Dado que la demanda de N se incrementa a partir de 6 hojas es recomendable aplicaciones previas o cercanas a este estadio. Con respecto al S algunos estudios

regionales muestran que su agregado en combinación con P o N muestran en algunos ambientes mejoras en los rendimientos, aunque las respuestas no son generalizadas. En cuanto a los micronutrientes, el B ha mostrado ser limitante en esta región, sobre todo en suelos arenosos, pobres en materia orgánica y en campañas de menor disponibilidad hídrica y con altas temperaturas. Dado que es un nutriente cuya función está relacionada con la germinación del polen y el llenado de los granos se recomiendan aplicaciones vía foliar antes de floración (R1), aunque también se pueden aplicar en suelo al momento de la siembra en dosis de 1 kg por ha. Esta deficiencia no es generalizada en toda la región y es recomendable el análisis de en suelo (0-20) cm siendo el umbral sugerido de 0,5 ppm.

El análisis de suelo sigue constituyendo una herramienta fundamental para decidir una correcta fertilización, sobre todo en los nutrientes más deficitarios en la región subhúmeda y semiárida pampeana (N, P y B). En el caso de S la información debe ser complementada con otras variables que hacen a la potencialidad productiva del ambiente, los años de agricultura continua o la presencia de napa freática. Por otro lado en el manejo de B es necesario considerar que aproximadamente el 50% de los lotes de la región presentan niveles por debajo de los umbrales de estos cultivos, y dado la imposibilidad del uso de altas dosis en cercanías de las semillas resulta necesario un manejo del nutriente dentro de la rotación.

Mirada integrada del manejo de la nutrición en sistemas con limitaciones hídricas

▶ ▶ Martín Díaz-Zorita

FA UNLPam - CONICET

RESUMEN

La variabilidad de las precipitaciones y la incertidumbre de los balances hídricos condicionan la productividad de cultivos y pasturas en regiones semiáridas y subhúmedas. En estos ambientes, el agua disponible suele ser el principal factor limitante de la producción. Sin embargo, su aprovechamiento no depende solo de la cantidad de lluvia recibida, sino también de la capacidad del sistema para captarla, almacenarla, conservarla y transformarla en biomasa, grano o forraje. Por lo tanto, el manejo de la nutrición debe interpretarse no solo como una práctica orientada a corregir deficiencias o reponer los nutrientes exportados por la producción agropecuaria, sino también como una herramienta central para mejorar la eficiencia de uso del agua.

Las deficiencias nutricionales limitan el crecimiento normal de las plantas y reducen su capacidad para convertir agua en producción. Sus efectos se expresan en menor expansión foliar, menor interceptación de radiación, menor actividad fotosintética, reducción del crecimiento de raíces, menor exploración del suelo y menor formación de estructuras reproductivas. Como consecuencia, disminuyen la producción de biomasa, el rendimiento y la estabilidad productiva. El menor crecimiento asociado a deficiencias nutricionales no implica ahorro de agua; por el contrario, reduce la eficiencia con la que el agua disponible se transforma en biomasa, grano o forraje. Además, al restringir el crecimiento de los cultivos, disminuye la producción de rastrojos y raíces necesarios para proteger y estabilizar los suelos.

En las regiones semiáridas y subhúmedas argentinas se han identificado limitaciones frecuentes de nitrógeno, fósforo, azufre y, en situaciones específicas, de micronutrientes como zinc y boro. Dado que la ocurrencia de estas limitaciones no es uniforme entre regiones, lotes ni sectores dentro de un mismo lote, las estrategias de nutrición deben sustentarse en diagnósticos ambientados que integren la condición de los suelos con la expectativa productiva de cada ambiente.

En sistemas de secano con incertidumbre hídrica, la oportunidad de disponibilidad de los nutrientes es tan importante como la dosis empleada. La aplicación de fertilizantes en la siembra o durante las primeras etapas del crecimiento puede mejorar la eficiencia de uso del agua almacenada cuando favorece la implantación, la exploración radical y el crecimiento inicial. Para ello, los nutrientes aplicados deben incorporarse tempranamente a la solución del suelo y estar disponibles en cantidad suficiente para acompañar la demanda inicial de los cultivos. En particular, la implantación de cultivos en suelos sin restricciones nutricionales, especialmente de fósforo, constituye una condición relevante para sostener sistemas agropecuarios estables.

En regiones con escasez e incertidumbre hídrica, el objetivo es crear ambientes productivos capaces de transformar el agua disponible en producción estable. Mejorar la eficiencia de uso del agua, de los nutrientes y de otros insumos requiere decisiones técnicas, económicas y culturales que reconozcan la

construcción de fertilidad como parte de la sustentabilidad productiva, integrando prácticas de manejo de suelos y cultivos. La fertilización forma parte de este proceso y su aporte es mayor cuando se combina con prácticas que mejoran la infiltración, reducen la evaporación, conservan la estructura del suelo y favorecen la exploración del perfil por las raíces.

En sistemas semiáridos, donde la variabilidad climática puede ocultar o amplificar respuestas de corto plazo, es necesario planificar en el mediano plazo y superar los análisis basados solo en el resultado de un ciclo agrícola. La construcción de ambientes más estables requiere la participación amplia de la cadena agropecuaria, una distribución adecuada del riesgo y decisiones sostenidas en el tiempo. Solo así es posible expresar plenamente los beneficios de prácticas orientadas a conservar los suelos, mejorar la nutrición, estabilizar los rendimientos y aumentar la productividad del agua.



www.fertilizar.org.ar