

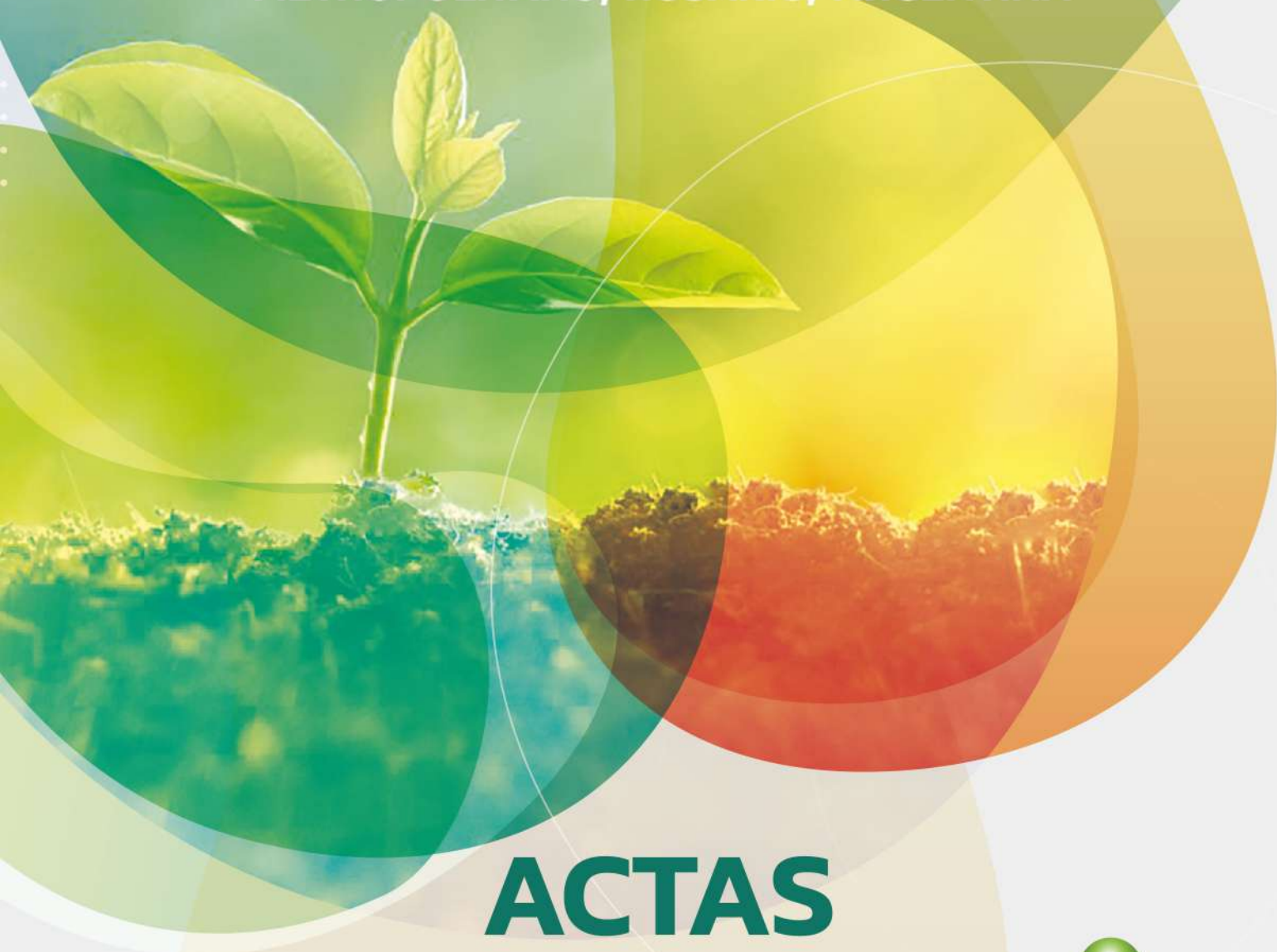


Simposio  
**Fertilidad 2023**

***AL GRAN SUELO ARGENTINO ¡SALUD!***

**10 Y 11 DE MAYO 2023**

**METROPOLITANO, ROSARIO, ARGENTINA**



**ACTAS**

[www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar)

  
**FERTILIZAR**  
ASOCIACION CIVIL

## Estrategias y manejo para la nutrición de cultivos en zona núcleo Pampeana

Gustavo N. Ferraris

Manejo de cultivos INTA Pergamino  
[ferraris.gustavo@inta.gob.ar](mailto:ferraris.gustavo@inta.gob.ar)

### TRIGO, en la búsqueda de rendimiento y calidad.

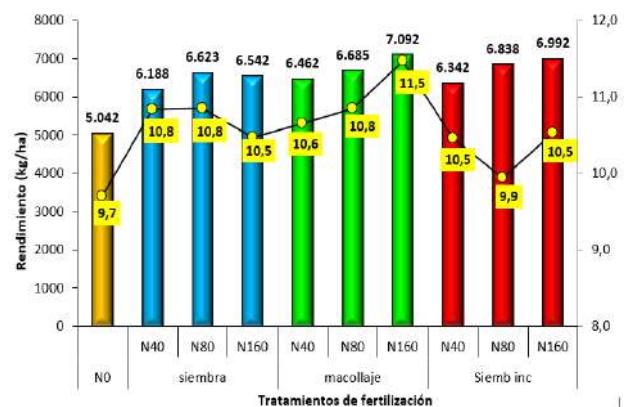
El trigo es el principal cultivo de invierno de la Región Pampeana Argentina. Su potencial productivo y la época del año en la que crece, lo hacen una de las especies con mayor exigencia de nutrientes. En los últimos años, se han liberado variedades que significan un enorme avance en el potencial de rendimiento del cultivo, alcanzando en la zona central, niveles de producción que hasta hace poco tiempo eran propios del sudeste de Buenos Aires.

Para lograr altos rendimientos es necesario acumular una buena cantidad de agua en el perfil de suelo. El trigo crece en una estación fría y seca, por lo tanto, necesita de las reservas para crecer en buena condición. Es posible sostener altos rendimientos con escasas precipitaciones, si el suelo está adecuadamente cargado de humedad al momento de la siembra.

El nitrógeno (N) es el principal nutriente del trigo. Su disponibilidad es un factor clave para determinar los rendimientos y la calidad, a través de la concentración de gluten y proteína de sus granos. La decisión más importante que debe tomar el productor es la dosis a aplicar. En la región, se determina definiendo un objetivo de N, entre el disponible en suelo al momento de la siembra y el agregado a través de los fertilizantes. Este N objetivo depende a su vez, del rendimiento y proteína que el productor busca alcanzar. Así, rendimientos del orden de 6000 kg/ha, un objetivo ambicioso pero alcanzable para la zona núcleo pampeana, se obtienen proporcionando de 170 a 180 kgN/ha. Además del N disponible, existen índices de mineralización que permiten estimar la cantidad liberada al sistema por mineralización de la materia orgánica. Una baja fertilización determinará menores rendimientos, pero especialmente granos de baja calidad, que afectan la aptitud panadera de las harinas.

A causa del ciclo seco actual, en las tres últimas campañas ha incrementado la superficie en la que N se incorpora, por lo general en forma previa a la siembra

(Figura 1). Esto reúne diversas ventajas: La remoción previa aumenta la temperatura del suelo, mejorando la implantación y facilitando la mineralización de la materia orgánica. Mejora la distribución del fertilizante, respecto al de aplicadores de doble plato. El fertilizante es colocado en la solución del suelo, por debajo de los residuos. La relevancia de esta práctica aumenta en regiones continentales, con escasas o nulas lluvias invernales. En un escenario más húmedo, el costo y logística podrían desalentar su adopción privilegiando otras estrategias como la partición de la aplicación, entre siembra y macollaje.



**Figura 1.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y concentración de proteína en grano para diferentes dosis y momentos de aplicación de nitrógeno en un sitio de alto rendimiento en Pergamino. Campaña 2022/23.

Para un adecuado balance entre rendimiento y calidad, no sólo es importante la cantidad sino también la distribución del N en el tiempo. En las aplicaciones a la siembra o en las primeras etapas del cultivo, se prioriza la formación del área foliar y un alto número de macollos, apuntando rendimiento. Aplicaciones más tardías promueven la acumulación de N en grano, aumentando la calidad. Para un monitoreo en tiempo real del cultivo, se

han desarrollado un gran número de herramientas digitales, de fácil manejo, que permiten la aplicación justa y precisa de N cuando se detecta una deficiencia, a través de cambios en la coloración del canopeo. El uso de estas modernas tecnologías de sensoramiento tiene grandes beneficios económicos y ambientales.

El fósforo (P) es el otro nutriente que determina los rendimientos del cultivo. Presenta un ciclo más cerrado que N, con menores vías de ingreso y salidas del sistema. Su reservorio es el suelo, a través de sus coloides, arcilla y materia orgánica. La evolución en el tiempo depende de las cantidades aportadas a través de los fertilizantes y abonos orgánicos i.e. estiércol, y de la extracción con las cosechas. Por este motivo, es aconsejable el aporte de dosis similares a las que se prevé exportar con los granos. A diferencia de otros países, la Región Pampeana Argentina se ha caracterizado por un historial de balance negativo, y disminución de las reservas de los suelos. Numerosos estudios de larga duración han documentado las ventajas de una estrategia de mayor fertilización a la actual. El fósforo agregado al cultivo de trigo, servirá de abastecimiento a la soja posterior, y a los siguientes cultivos de la secuencia.

Azufre (S) es un elemento cuyo ciclo en el suelo y funciones en la planta están emparentadas con las de N. Su reservorio es la materia orgánica del suelo. Ambientes degradados, con baja materia orgánica, erosión, rotación con escasa frecuencia de gramíneas, constituyen ambientes con alta frecuencia de respuesta positiva a la fertilización. Por el contrario, el uso de riego complementario o la presencia de napas conteniendo sales de sulfatos constituyen una vía de ingreso al sistema, que reduce la necesidad de fertilizantes. Fuentes o mezclas que aportan N y S en relación 8:1 son utilizadas habitualmente a campo, asegurando una nutrición balanceada. Al igual que P, el S agregado a trigo impactará positivamente en los rendimientos del cultivo de verano subsiguiente.

Entre los microelementos, el Zinc (Zn) cobra especial importancia en los cultivos de gramíneas como trigo, cebada o maíz. La oferta se reduce en condiciones de pH alto, presencia de calcio (Ca) en abundancia, baja materia orgánica, tiempo seco y bajas temperaturas. El agregado de altas dosis de P en línea de siembra disminuye temporalmente su disponibilidad. La necesidad de fertilización se identifica en base a un análisis de Zn en

suelo. Cuando su disponibilidad se encuentra por debajo de 1 mg/kg (0-20 cm), se han documentado respuestas en el rango de 5 a 10 %.

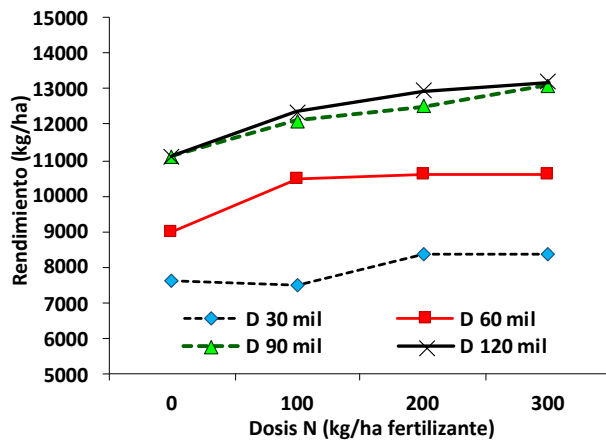
Por último, existen numerosas tecnologías emergentes como el uso de hormonas de crecimiento, microorganismos promotores y otras moléculas de origen orgánico que, por una vía intermedia entre la mejora fisiológica y la nutrición, están siendo paulatinamente adoptadas con beneficios crecientes desde lo productivo, siendo insumos que por su origen y comprobada inocuidad pueden contribuir a generar una renovada visión de nuestra agricultura.

La nutrición representa la principal inversión del productor en los cereales de invierno, y la herramienta más eficaz para incrementar sus rendimientos, calidad y rentabilidad. Aplicar el abundante conocimiento disponible es de singular importancia para lograr una mejora continua, en cultivos que no cesan de crecer. .

## **MAÍZ. El cultivo más tradicional de zona núcleo pampeana**

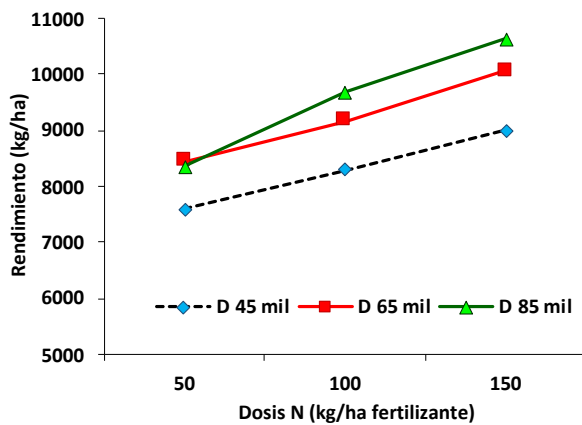
El maíz es un cultivo emblemático de la región central de Argentina. Su versatilidad, amplitud de fechas de siembra, facilidad de manejo, control de malezas y cosecha generan un crecimiento en la superficie, año tras año. En la actualidad conviven diferentes sistemas, alternativos a la siembra tradicional de primavera. La siembra diferida a noviembre-diciembre amplía el período de barbecho facilitando la acumulación de nutrientes en el suelo. La inclusión de leguminosas de cobertura aumenta la dotación de N por fijación biológica. Sin embargo, es creciente la cantidad de has implantadas como cultivo de segunda, tras de una legumbre o gramínea de cosecha. En este caso, los suelos resultan agotados en su disponibilidad, incrementando las necesidades de fertilización.

Las dosis óptimas resultan de la combinación de clima y suelo, fecha de siembra, densidad, potencial de rendimiento del cultivar y sus requerimientos internos. Por este motivo, los experimentos que combinan estas variables están ampliamente difundidos, privilegiando el estudio de las interacciones frente a los efectos simples (Figuras 2 y 3).



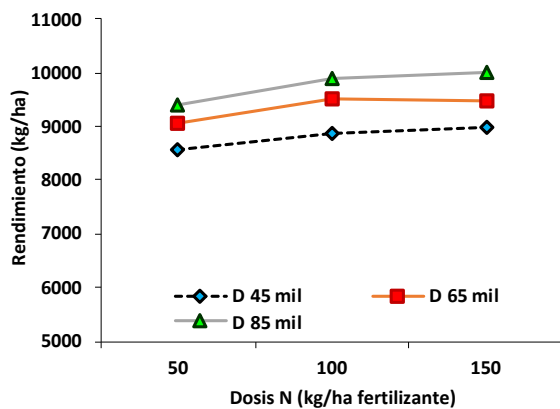
Variables como efectos fijos, Error tipo III				
Efectos	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AÑO	2	48	27.97	<.0001
DENSIDAD	3	48	55.81	<.0001
NITRÓGENO	3	48	5.80	0.0018
DENS*N	9	48	0.34	0.9549

Figura 2. Producción media (kg ha<sup>-1</sup>) según tratamientos de densidad y fertilización nitrogenada en maíz. INTA Pergamino, maíz de siembra temprana. Media de campañas 2019/20, 2021/22 y 2021/22.



Variables como efectos fijos, Error tipo III	
Efectos	Pr > F
HÍBRIDO (A)	< 0.0001
DENSIDAD	< 0.0001
NITRÓGENO	< 0.0001
DENS x N	< 0.0013
AÑO	< 0.0001
DENSI x AÑO	< 0.0003
NITROG x AÑO	< 0.0001
DENS x N x AÑO	0.2351

Figura 3. Producción media (kg ha<sup>-1</sup>) según tratamientos de densidad y fertilización nitrogenada en maíz. Localidad de Ramallo, maíz de siembra temprana. Media de campañas 2015/16 a 2019/20.



Variables como efectos fijos, Error tipo III	
Efectos	Pr > F
HÍBRIDO (A)	< 0.0001
DENSIDAD	< 0.0001
NITRÓGENO	< 0.0001
DENS x N	0.8046
AÑO	< 0.0001
DENSI x AÑO	< 0.0002
NITROG x AÑO	< 0.0001
DENS x N x AÑO	0.9514

Figura 4. Producción media (kg ha<sup>-1</sup>) según tratamientos de densidad y fertilización nitrogenada en maíz. Localidad de Ramallo, maíz de siembra tardía. Media de campañas 2015/16 a 2019/20.

## Nutrición del cultivo de SOJA. Logros y avances recientes

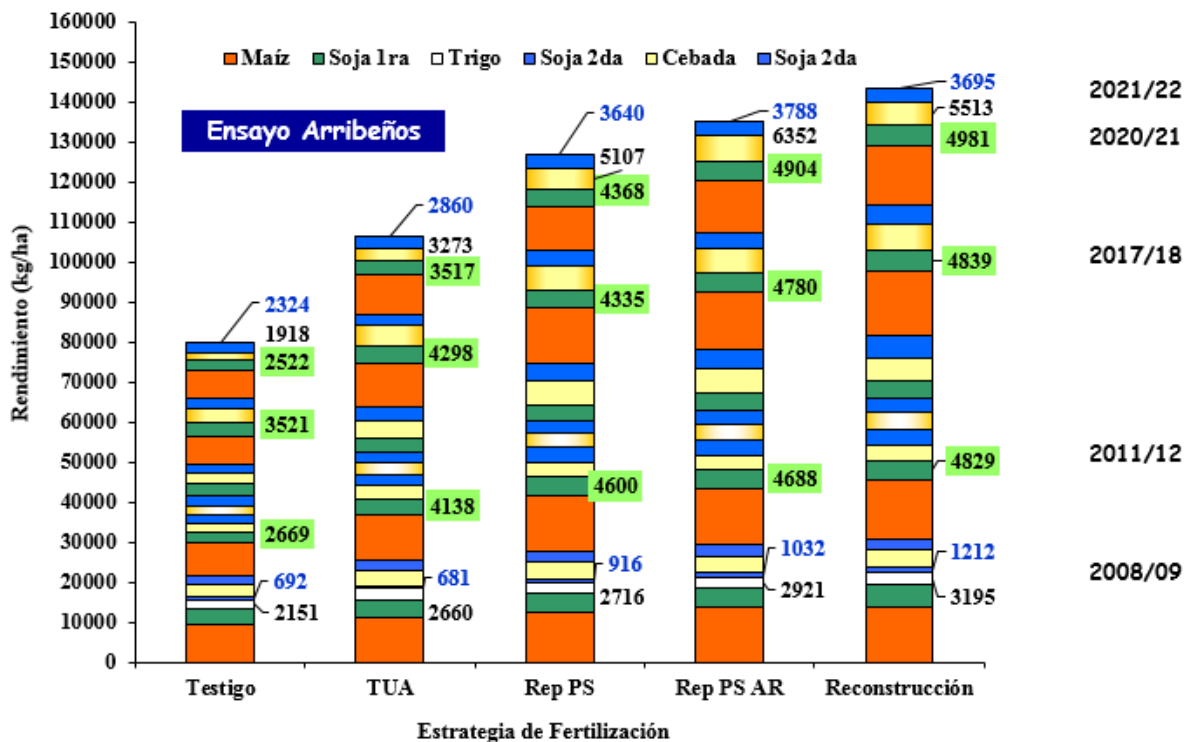
La soja es el cultivo más importante de la Argentina. A pesar de su alta concentración de nutrientes en los granos, es el menos fertilizado. Su singular adaptación para crecer en suelos de baja fertilidad ha determinado la originación de un balance fertilización – extracción netamente negativo.

En la Región Pampeana Argentina, el nutriente que mayor frecuencia de respuesta ha presentado es fósforo (P). La disponibilidad disminuye hacia el este y sur de Argentina. Este se debe a la mayor extracción –las isohietas aumentan desde el oeste hacia el este- y por la mineralogía y textura de los suelos, que determina una mayor fuerza de retención.

La respuesta esperada de la soja a la fertilización con P depende de su nivel en el suelo. En diferentes regiones y situaciones agronómicas se han documentado respuestas económicamente positivas cuando la disponibilidad en el estrato 0-20 cm es inferior a un nivel crítico que suele variar

entre 12 y 16 mg kg<sup>-1</sup>, medido por el método de Bray y Kurtz I. No obstante, el incremento derivado de la fertilización puede estar afectado por variables de manejo. En INTA Pergamino, se han documentado incrementos de mayor magnitud en cultivos de alto rendimiento, en siembras tempranas, con grupos de maduración cortos – especialmente GIV- y espaciamiento reducido entre hileras.

La fertilización fosforada impacta en los rendimientos de soja, pero podría generar un incremento en el cultivo siguiente, por lo común una especie invernal, a partir del contenido residual que permanece en el suelo. Esto es de particular importancia cuando se implementan rotaciones intensivas o en ambientes de alto rendimiento, donde la extracción se maximiza. En esta línea, en un experimento conducido en Arribeños, General Arenales, se determinó que a mediano plazo, esquemas de reposición y aun de reconstrucción de los niveles de P lograron mayores rendimientos y rentabilidad respecto de fertilizaciones de mínima con el criterio de ahorrar costos. La respuesta se mantuvo proporcionalmente estable en campañas históricamente secas, bajo diferentes cultivos. (Figura 5).



**Figura 5.** Producción por cultivo (kg ha<sup>-1</sup>) de diferentes estrategias de fertilización acumulada en una secuencia maíz - soja - trigo/soja - cebada/soja - maíz - soja - cebada/soja – trigo/soja – soja – cebada/soja -maíz. Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2021/22.

En Argentina, hay una diversidad muy grande de fuentes de P entre las cuales puede optar el productor. Esto incluye variantes en formas físicas –macrogranulados, microgranulados o líquidos- y químicas –ortofosfatos o polifosfatos-. La práctica abarca diferentes manejos como la aplicación anticipada, en la línea de siembra o en bandas al costado o por debajo de las semillas.

Azufre (S) es otro elemento relevante. Asociado a la materia orgánica, se han observado las mayores respuestas en ambientes de larga tradición agrícola, mal rotados, erosionados o con barbechos cortos previo a la siembra. Numerosos grupos de investigación han desarrollado indicadores de diagnóstico y predictores de la respuesta esperable combinando la disponibilidad actual como sulfatos con el potencial de mineralizar S durante el ciclo del cultivo. En soja, el S es agregado comúnmente mediante mezclas físicas o químicas junto a P, prioritariamente bajo la forma de sulfato de calcio, y en menor medida como S elemental.

Además de PS, varios microelementos se han tornado deficientes en los suelos argentinos, y su aporte podría generar incrementos adicionales. Estos pueden ser aplicados vía tratamiento de semilla, directamente al suelo o en forma foliar sobre el canopeo del cultivo. Algunos ejemplos son los de cobalto (Co) y molibdeno (Mo), cofactores de enzimas muy importantes en el proceso de fijación biológica de nitrógeno (N). Boro (B) es esencial por su participación en la diferenciación y retención de estructuras reproductivas. Zinc (Zn), aun cuando es un elemento con frecuencia relacionado a los cereales, en un importante activador enzimático y controlador de patógenos de diverso origen. Regionalmente, esta lista podría incluir otros elementos muy relevantes como Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y molibdeno (Mo).

En los últimos tiempos, se han desarrollado numerosos productos con efecto fisiológico cuyo rol principal no es nutrir al cultivo sino apuntalar el crecimiento durante una etapa clave para el rendimiento. Estos se denominan por su funcionalidad “bioestimulantes” o “fisiactivadores”. Incluye una variedad de formas orgánicas que pueden ser muy disímiles entre sí, constituyendo un agrupamiento más funcional que bioquímico. El verdadero impacto de estos insumos, así como factores tecnológicos relacionados a dosis, momentos de aplicación o compatibilidad con defensivos es hoy motivo de numerosos estudios.

Finalmente, cabe destacar la particular forma que tiene la soja para proveerse de N, el elemento principal y requerido en mayor cuantía. El alto contenido proteico de granos y planta entera ha generado un mecanismo evolutivo, que es la fijación biológica (FBN). Por medio de este proceso, la soja establece un mecanismo de simbiosis con una bacteria presente en el suelo, pero a la vez introducida a través de inocular las semillas, el *Bradyrhizobium japonicum* (Bj). Cuando este mecanismo falla, el cultivo podría sufrir una severa penalidad en los rendimientos, lo que ha originado una industria proveedora de inoculantes en constante evolución. El éxito de Bj ha motivado otros desarrollos microbianos más recientes, basados en la introducción de controladores biológicos – biofungicidas- promotores de crecimiento vegetal o solubilizadores de nutrientes presentes en el suelo.

A pesar de su reconocida rusticidad, la variedad de tecnologías enumeradas da cuenta del grado de tecnificación que ha alcanzado esta especie en nuestro país. La correcta nutrición a partir de un diagnóstico preciso asegura la conservación de los suelos, a la vez que permite aprovechar al máximo el potencial de nuevas tecnologías, maximizando los ingresos para el productor y el país.



**FERTILIZAR**

ASOCIACION CIVIL



**FERTILIZAR.ORG.AR**