

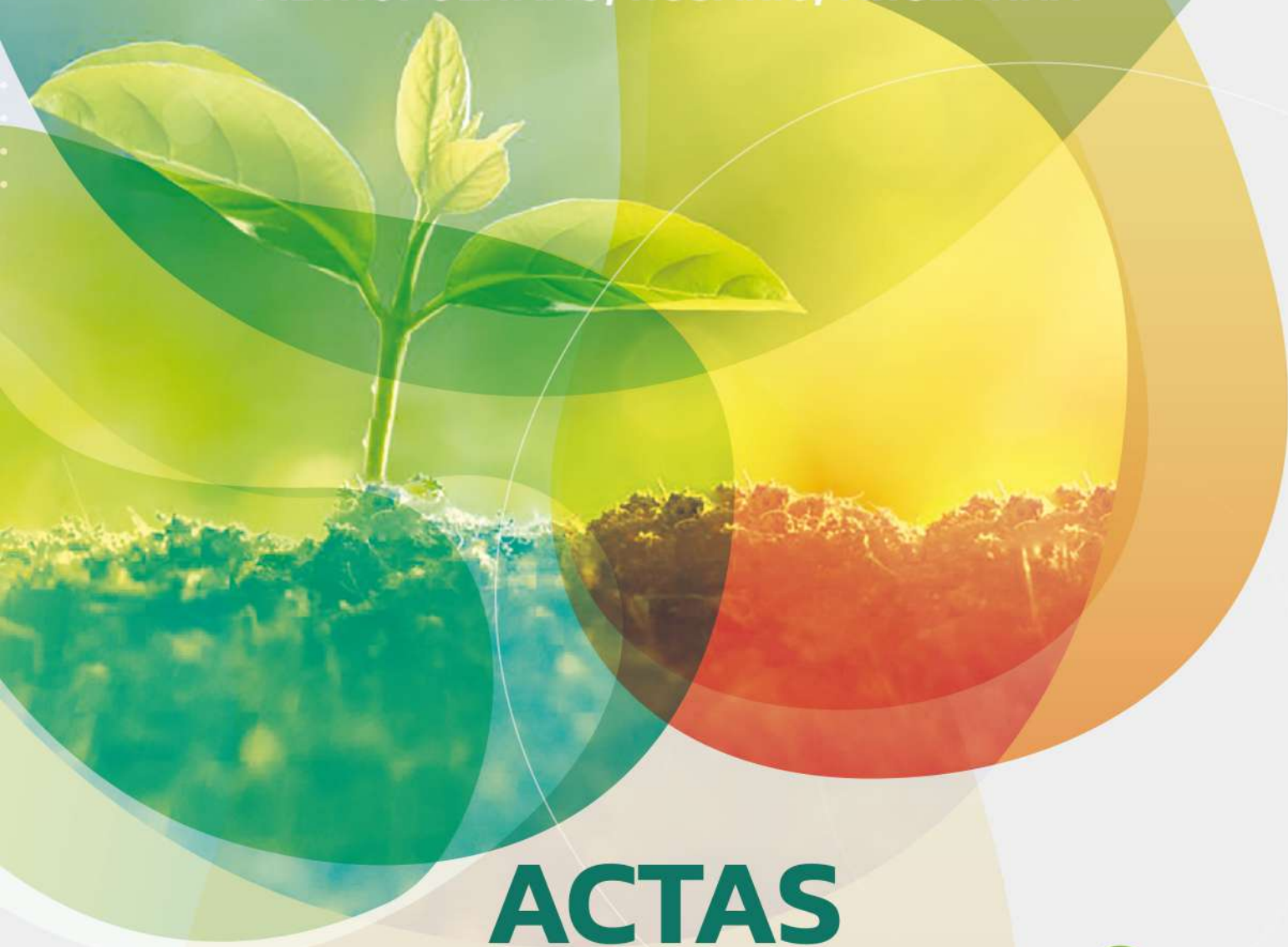


# Simposio **Fertilidad 2023**

***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

## Fertilización o Nutrición Foliar de los Cultivos

### El desafío de reducir las dosis de insumos y aumentar la productividad al mismo tiempo

César E. Quintero

Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos  
cesar.quintero@uner.edu.ar

#### Introducción

La nutrición foliar se refiere a la alimentación de las plantas a través de los tejidos aéreos con nutrientes minerales esenciales. Dejo de lado aquí los bioestimulantes y otro tipo de productos que provocan un mayor crecimiento o resistencia al estrés. En 2019 hice una primera presentación sobre este tema destacando algunos aspectos relevantes que repaso brevemente (Quintero, 2019).

La aplicación foliar de nutrientes es una estrategia importante de manejo para maximizar los rendimientos de los cultivos que puede complementar la fertilización del suelo. Cuando los nutrientes se aplican a los suelos, son absorbidos por las raíces de las plantas y se trasladan a las partes aéreas. En caso de aplicación foliar, los nutrientes penetran en la cutícula de la hoja o los estomas y luego ingresan a las células. Por lo tanto, la respuesta del cultivo ocurre en menor tiempo en la aplicación foliar en comparación con la aplicación al suelo (Fageria, et al. 2009).

La fertilización tradicional al suelo es la más utilizada y racionalmente aceptada. Sin embargo, la eficiencia de uso de los fertilizantes tradicionales no es lo que uno quisiera. En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno (N), se sabe que la eficiencia de utilización del N es inferior al 50%. Para el caso del fósforo (P), que interactúa muy fuertemente con los sólidos del suelo, la eficiencia de utilización es mucho más baja aún. Esto ha llevado, en algunos países, al uso de dosis de fertilizantes elevadas y consecuentemente a la contaminación de suelos y aguas (Fernández et al. 2013).

La fertilización foliar surge hoy entonces como una alternativa más amigable con el ambiente dado que el nutriente colocado directamente sobre el tejido vegetal, durante el período crítico de requerimiento, tendría una eficiencia de utilización muy superior y menor riesgo de contaminación (Marschner, 2012).

Para todos los nutrientes (móviles e inmóviles dentro de la planta) **el papel más relevante de la fertilización foliar es prevenir deficiencias inmediatas y transitorias que no se pueden abordar de forma rápida por aplicaciones al suelo.**

#### ¿Cuándo se dan condiciones oportunas para la fertilización foliar?

Fernández, et al. (2013) enumeran las condiciones en las cuales la fertilización foliar puede ser exitosa:

1. Cuando el abastecimiento de algunos nutrientes por parte del suelo es deficiente y no se ha fertilizado adecuadamente por la vía tradicional.
2. En los períodos de crecimiento pico de los cultivos que generan una demanda de nutrientes que excede el suministro de nutrientes incluso en un suelo fértil o bien fertilizado.
3. En los frutales, durante principios de la primavera, cuando muchas especies de hoja caduca florecen y fructifican y la humedad o temperatura del suelo no son favorables para la absorción de nutrientes del suelo.
4. Cuando la arquitectura de la planta y el desarrollo de órganos crean una demanda local de nutrientes que excede la capacidad de entrega o transporte

dentro de la planta por limitaciones en el transporte de elementos del floema-inmóviles a órganos con conectividad vascular inadecuada o baja transpiración.

5. Biofortificación de cultivos. Especialmente para mejorar el contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn) en los granos y su biodisponibilidad como alimentos.

### ¿Qué expectativa de respuesta a la fertilización foliar tenemos?

La posibilidad de administrar nutrientes por las hojas tiene limitaciones fisiológicas en las cantidades a colocar en cada aplicación (por la fitotoxicidad) y económicas (dado los costos de la aplicación) que reducen el número de aplicaciones. Las expectativas de respuestas son proporcionales a las cantidades aportadas respecto a la demanda.

En términos generales, Argentina presenta una muy baja tasa de aplicación de fertilizantes, siendo una de las zonas agrícolas del mundo con mayor desbalance de P y otros elementos como el potasio (K). Sin embargo, existen productores que aplican alta tecnología y fertilizan adecuadamente. Los fertilizantes foliares podrían mejorar los rendimientos en ambos casos. Sobre todo, si se aplican como complemento o como aporte extra que se suma a la fertilización que se realiza actualmente.

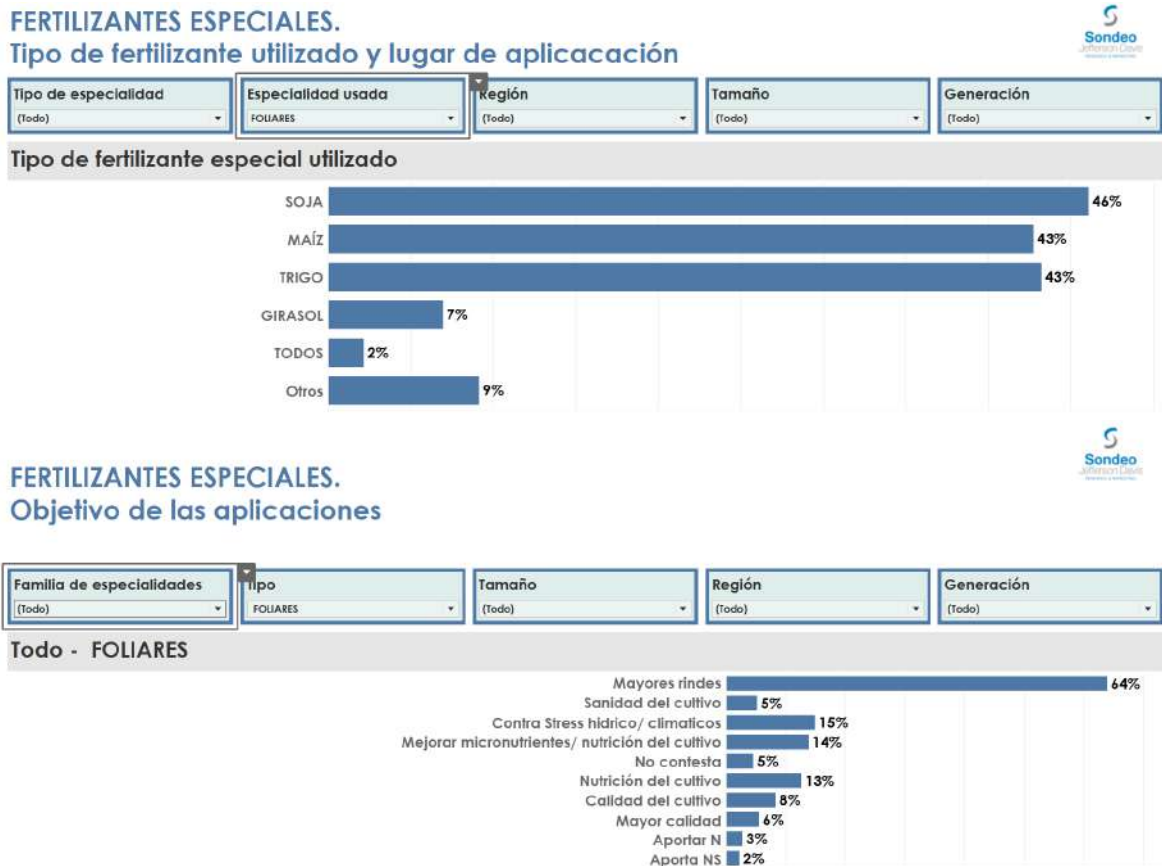
En los cultivos anuales de grano, la fertilización foliar puede ser beneficiosa cuando existen deficiencias claras de algún elemento como Zn o N y cuando las aplicaciones coinciden con el inicio del período de mayor demanda de nutrientes.

En una encuesta reciente realizada por Fertilizar AC en Argentina, se pudo apreciar que 18% de los productores encuestados utilizan fertilizantes foliares, mayormente en soja, trigo y maíz (**Tabla 1**). El objetivo de su uso es principalmente aumentar los rendimientos, aunque piensan también en la nutrición, la disminución del estrés y la mejora en la calidad del producto.

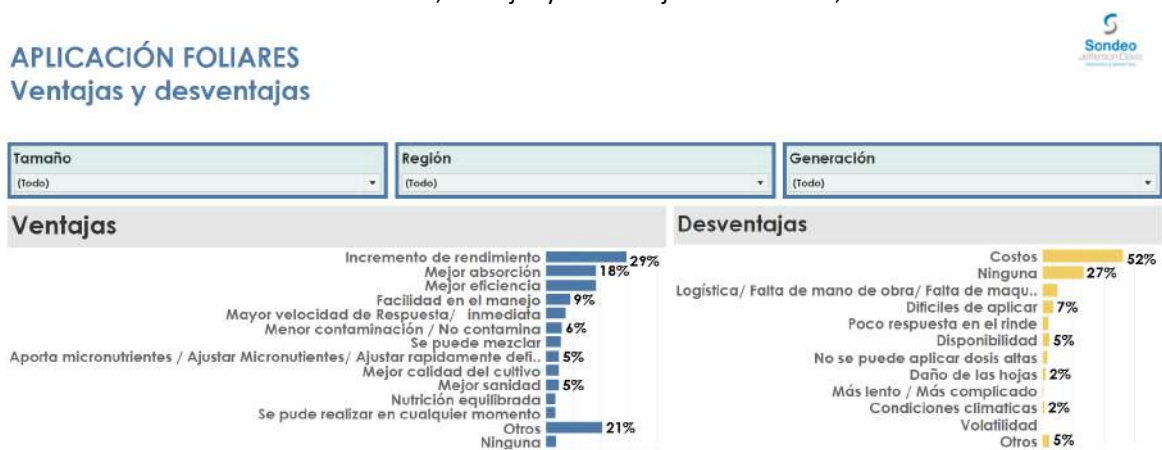
Los productores destacan como ventajas de la utilización de foliares el incremento de rendimientos, la mejor absorción, la mayor eficiencia de utilización de los nutrientes y la facilidad de manejo (**Tabla 2**). La principal desventaja es el costo de los productos.

El análisis de las ventas de productos de las distintas compañías que proveen fertilizantes foliares en Argentina, en los últimos años, indica que su utilización en cultivos extensivos cubre más del 10% de la superficie, con un interés creciente. En cultivos intensivos, el uso de nutrientes foliares ocupa un volumen de productos similar, en una superficie significativamente menor. Por lo cual se puede decir que la fertilización foliar en cultivos intensivos es muy frecuente y de amplia cobertura con aplicaciones múltiples a lo largo del ciclo de producción.

**Tabla 1.** Encuesta de uso de fertilizantes foliares. Fertilizar AC, 2022.



**Tabla 2.** Encuesta de uso de fertilizantes foliares, ventajas y desventajas. Fertilizar AC, 2022.



## Investigaciones y experiencias de fertilización foliar

Las publicaciones científicas sobre fertilización foliar son muy abundantes en los últimos años. En una revisión reciente, Niu et al. (2021) sostienen que el uso de grandes cantidades de fertilizantes químicos promueve la agricultura de alto rendimiento, pero también está asociado con una serie de problemas, como baja eficiencia de utilización de los nutrientes, acidificación y salinización del suelo. Estudios exhaustivos han demostrado que la aplicación de fertilizante quelado sobre las hojas puede reducir la cantidad total de fertilizante aplicado y lograr una alta eficiencia de uso del fertilizante. La aplicación de fertilizantes foliares junto con la fertilización del suelo es un método eficaz para aumentar los contenidos de oligoelementos y el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, la cantidad óptima y el método de aplicación de elementos nutritivos deben determinarse de acuerdo con las condiciones locales y una evaluación integral del estado de fertilidad del suelo que se va a cultivar. Se necesitan estudios sistemáticos de la eficiencia de la fertilización de diferentes combinaciones de fertilizantes de suelo y foliar, especialmente con respecto a las interacciones entre los nutrientes foliares y los nutrientes del suelo, para establecer un modelo de fertilización sistemático y científico, promover el uso generalizado de fertilizantes foliares en la producción agrícola y reducir el impacto ecológico de los fertilizantes químicos en el medio ambiente.

Giordano et al. (2023) realizaron un metaanálisis sobre la respuesta del trigo al N tardío. Mostraron que la aplicación tardía de N fue neutral para el rendimiento y mejoró la concentración de proteínas de los granos. La respuesta en proteínas a la fertilización tardía fue mayor con una mayor proporción de N tardío en relación con el N total, cuando se aplicó más tarde dentro de la ventana GS 37-71 y se utilizaron fuentes de fertilizantes foliares. También ocurrieron mayores respuestas en ambientes de alto rendimiento donde las condiciones climáticas eran favorables en el período crítico. La fertilización foliar mejoró el porcentaje de proteína de manera más consistente que los fertilizantes del suelo. La absorción de N de los fertilizantes foliares no depende de la lluvia, lo que brinda ventajas particularmente en entornos donde la disminución

del suministro de agua posterior a la antesis puede comprometer la absorción de N del suelo.

Con un objetivo similar, Di Mauro et al. (2023) analizaron prácticas de nutrición para aumentar los rendimientos y la proteína de soja en Argentina. La aplicación foliar de 0.4 kg/ha de N y 0.1 kg/ha de B en R5, mostró cambios significativos en la región central argentina. Para campos de baja productividad, la aplicación de fertilizante foliar rindió 363 kg/ha más que el tratamiento sin aplicación. Por el contrario, no se encontraron diferencias en campos de alta productividad ni tampoco mejoras en la concentración de proteína.

Motivados en que más de 25% de la población mundial padece carencias de micronutrientes, Saquee et al. (2023) hicieron una revisión enfocados en el rendimiento y la calidad del trigo. Encontraron que la aplicación de micronutrientes mezclados con macronutrientes aumentó significativamente el crecimiento de las plantas, las características fisiológicas, los componentes del rendimiento, el rendimiento del grano y las características de calidad. Entre los tipos de aplicaciones, la aplicación foliar de nutrientes fue muy rentable debido a su eficiencia en términos económicos, ecológicos y de rendimiento cualitativo y cuantitativo. Para los autores, el cálculo de la dosis correcta de micronutrientes debe basarse en el balance de nutrientes del campo. El rendimiento esperado del trigo determina la cantidad de nutrientes que deben estar disponibles.

Por otro lado, necesitamos considerar cuidadosamente los nutrientes disponibles basados en análisis de suelo y todos los diferentes aportes de nutrientes, como los residuos de cultivos, insumos orgánicos, deposición atmosférica y nutrientes en el agua de riego, etc. Los requerimientos de nutrientes de una planta cambian durante su desarrollo. En el cultivo de trigo, existen tres principales periodos "críticos" en los que se observa la mayor necesidad de nutrientes: (1) germinación: la nutrición adecuada temprana estimula el crecimiento del brote principal, el establecimiento de brotes laterales en las axilas de las hojas en germinación y el crecimiento del sistema radical; (2) macollamiento: la aparición de macollos activa procesos morfofisiológicos, asegurando el crecimiento de un sistema radicular secundario; y (3) la etapa de la hoja bandera, que marca el comienzo de la

aparición de las espigas. La fertilización foliar, en esta etapa, mejora cualitativamente los procesos de floración, formación de granos y desarrollo. Sin embargo, es muy importante que los agricultores comprendan que la productividad de los cultivos es un proceso gradual. Por lo tanto, si no se presta atención a ciertos aspectos de la producción del cultivo en las primeras etapas de desarrollo, las prácticas agronómicas en las últimas fases del desarrollo de la planta no lo pueden compensar.

El P, un nutriente esencial para las plantas, es clave para numerosas estructuras y procesos en los cultivos y su deficiencia puede restringir severamente el rendimiento y la calidad. Como la disponibilidad de P del suelo para la absorción de las plantas suele ser limitada, la aplicación foliar de P puede ser un medio alternativo para suministrar P a las plantas durante el período de crecimiento. Los resultados de Duarte et al. (2023), sugieren que la aplicación foliar de Pi después de la floración de la soja, al proporcionar una sincronización adecuada entre el suministro de nutrientes y la demanda de la planta, permite aliviar las deficiencias de P y mejorar el rendimiento. Tales resultados están en línea con el uso de la fertilización foliar orientada al objetivo de cubrir las demandas nutricionales en etapas fenológicas críticas para mejorar la estabilidad del rendimiento en condiciones desfavorables para una absorción eficiente de las raíces.

En un trabajo anterior, Henningsen et al. (2022), encontraron que la aplicación foliar de P aumentó significativamente la asimilación de CO<sub>2</sub> y los valores SPAD y además, mejoró la producción de biomasa en todos los componentes de la planta. El análisis elemental reveló mayores concentraciones de P en los tejidos después de la aplicación foliar de P en comparación con las plantas deficientes. Mientras que el aumento del crecimiento de las plantas deficientes en P fue promovido constantemente por la aplicación de P foliar durante todo el período experimental, el efecto positivo sobre la asimilación de CO<sub>2</sub> y la concentración de P fue transitorio y desapareció algunos días después del tratamiento foliar. Como conclusión, la fertilización foliar con P mejoró los parámetros fisiológicos y agronómicos de la planta, pero no logró restaurar completamente la funcionalidad de las plantas de maíz con deficiencia de P durante un período

experimental prolongado en comparación con plantas bien nutridas desde la raíz.

La fertilización foliar se ha utilizado como una estrategia complementaria a la nutrición de las plantas, especialmente en cultivos con alto potencial de rendimiento. La aplicación de nutrientes en pequeñas dosis estimula la fotosíntesis y aumenta el rendimiento. En Brasil, para la soja y el maíz, Oliveira et al. (2022) encontraron que la aplicación de molibdeno (Mo) aumentó la actividad de nitrato reductasa de la hoja, el contenido de N y proteína, la actividad de Rubisco, la fotosíntesis neta y el rendimiento de grano. Estos resultados indican que la fertilización foliar con Mo puede mejorar de manera eficiente el metabolismo del N y la respuesta de la planta a la fijación de carbono, lo que resulta en mejores rendimientos de los cultivos. No se observaron efectos adversos de la aplicación de Mo. Por el contrario, los efectos positivos de la fertilización foliar con Mo fueron claros con la aplicación de sólo 30 gramos de Mo por hectárea.

La introducción de la nanotecnología en la ciencia agrícola allana el camino para la creación de nuevas estrategias de aplicación de nutrientes. Debido a su pequeño tamaño inherente y sus propiedades de superficie adaptables, las nanopartículas (1-100 nm) permiten la entrega de nutrientes esenciales para las plantas en una forma sustancialmente diferente de sus contrapartes de iones minerales. Además, la modificación de la química de la superficie de las nanofertilizantes (NF) permite una mejor adhesión y penetración en la superficie de la hoja, así como el transporte a través de diferentes barreras celulares. En contraste con los fertilizantes convencionales, los NF ofrecen una serie de beneficios, que incluyen solubilidad variable, alta consistencia, efectividad, descarga controlada en el tiempo, actividad específica mejorada con concentración efectiva y menos ecotoxicidad con una entrega segura y simple (Nitesh et al. 2023). Los avances recientes, especialmente dentro de la investigación biomédica, ahora brindan herramientas interesantes que esperan su implementación en la agricultura. Sin embargo, la mayoría de las revisiones actuales exageran la importancia de la nanofertilización para la agronomía, ya que sólo un número limitado de estudios presenta evidencia experimental significativa de la capacidad de los

nanofertilizantes para superar a sus contrapartes convencionales (Husted et al. 2023).

En síntesis, la fertilización foliar se puede visualizar como una alternativa complementaria al uso de fertilizantes de suelo que permite mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados cubriendo necesidades específicas en momentos críticos para los cultivos. El desarrollo de nuevos productos y tecnologías contribuirá a un uso más intensivo de los foliares, a partir de la evidencia que proporcionen los estudios científicos en distintos cultivos y regiones.

## Bibliografía

- Di Mauro Guido, Raí Schwalbert, Santiago Alvarez Prado, Matías G. Saks, Hugo Ramírez, Jerónimo Costanzi, Gonzalo Parra.** 2023. Exploring practical nutrition options for maximizing seed yield and protein concentration in soybean. *European Journal of Agronomy* 146 (2023) 126794.
- Duarte, F. C. N., Cipriano, M. A. P., Andrade, S. A. L., & Zambrosi, F. C. B.** (2023). Foliar application of phosphite reduces grain weight of soybean facing postflowering phosphorus deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 186, 30–37.
- Fageria N.K., Barbosa Filho M.P., Moreira A. y Guimarães C.M.** 2009. Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*. 32: 1044–1064.
- Fernández V., Sotiropoulos T. y Brown P.** 2013. Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices. Paris. International Fertilizer Industry Association.
- Giordano, Nicolas, Víctor O. Sadras, Rómulo P. Lollato** 2023. Late-season nitrogen application increases grain protein concentration and is neutral for yield in wheat. A global meta-analysis. *Field Crops Research* 290 (2023) 108740.
- Henningsen, J.N.; Görlach, B.M.; Fernández, V.; Dölger, J.L.; Buhk, A.; Mühling, K.H.** 2022. Foliar P Application Cannot Fully Restore Photosynthetic Capacity, P Nutrient Status, and Growth of P Deficient Maize (*Zea mays L.*). *Plants* 2022, 11, 2986.
- Husted Søren, Francesco Minutello, Andrea Pinna, Stine Le Tougaard, Pauline Møs, and Peter M. Kopittke.** 2023. Review. What is missing to advance foliar fertilization using nanotechnology? *Trends in Plant Science*, Vol. 28, No. 1
- Junhao Niu, Chang Liu, Mingli Huang, Kezhong Liu, Dongyuan Yan.** 2021. Effects of Foliar Fertilization: a Review of Current Status and Future Perspectives *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (2021) 21:104–118.
- Marschner P.** 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. San Diego: Academic Press.
- Nitesh Kumar, Shiv Ram Samota, Karnam Venkatesh, S.C. Tripathi.** 2023. Global trends in use of nano-fertilizers for crop production: Advantages and constraints – A review. *Soil & Tillage Research* 228 (2023) 105645.
- Oliveira SL, Crusciol CAC, Rodrigues VA, Galeriani TM, Portugal JR, Bossolani JW, Moretti LG, Calonego JC and Cantarella H.** 2022. Molybdenum Foliar Fertilization Improves Photosynthetic Metabolism and Grain Yields of Field-Grown Soybean and Maize. *Front. Plant Sci.* 13:887682
- Quintero, C.** 2019. Fertilización Foliar. ¿Porqué? ¿Para qué? *Actas Simposio Fertilidad 2019*. 131-135.
- Saquee, F.S.; Diakite, S.; Kavhiza, N.J.; Pakina, E.; Zargar, M.** 2023. The Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains. *Agronomy* 2023, 13, 566.



**FERTILIZAR**

ASOCIACION CIVIL



**FERTILIZAR.ORG.AR**