

## DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES EN EL SUELO: PAUTAS PARA SU DIAGNÓSTICO

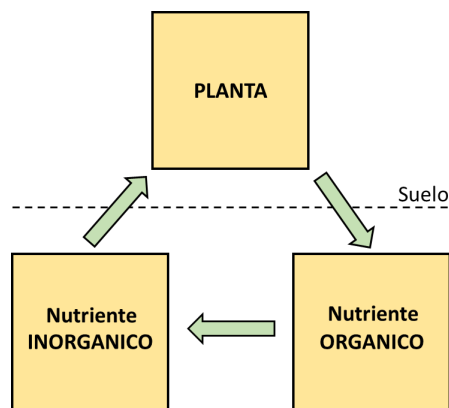
*Nicolas Wyngaard*

*Unidad Integrada Balcarce FCA – INTA Balcarce; CONICET*

*wyngaard.nicolas@inta.gob.ar*

Los nutrientes que más limitan la producción agrícola en la región pampeana son el nitrógeno (N) y el fósforo (P), aunque recientemente se han reportado deficiencia de otros nutrientes como S (Echeverría et al., 2015). La deficiencia de estos nutrientes hace necesario el uso de métodos de diagnóstico que nos permitan definir la necesidad de fertilización y, en caso de que sea necesario fertilizar, la dosis a aplicar. El diagnóstico de disponibilidad de nutrientes implica el muestreo del suelo, el análisis de las muestras y la interpretación de los resultados obtenidos. Sin embargo, estas tres etapas difieren en función al nutriente que estemos considerando, lo que hace necesario que pensemos: ¿Qué medimos cuando medimos disponibilidad de N, P y S?

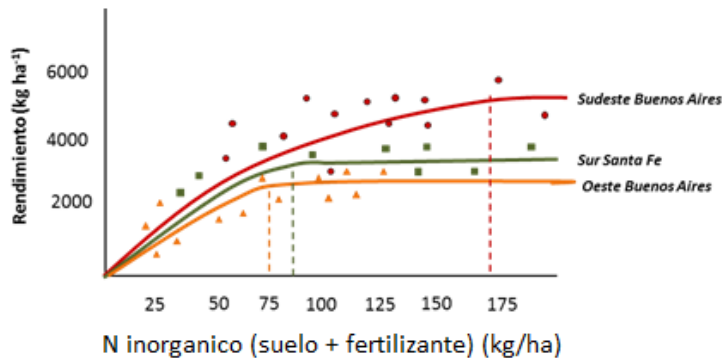
Lo primero que tenemos que tener en cuenta es que las plantas solo toman nutrientes en su forma inorgánica, y no en forma orgánica (Figura 1). Así, antes de que la planta pueda tomar los nutrientes contenidos en la materia orgánica la misma tiene que ser descompuesta por los microorganismos del suelo. Esta conversión de orgánico a inorgánico se llama mineralización. Los métodos tradicionales de diagnóstico sólo tienen en cuenta directamente a la fracción inorgánica de N, P y S.



**Figura 1.** Ciclo general simplificado de nutrientes en su interacción suelo-planta.

En el caso de N y S, es importante aclarar que todas sus formas inorgánicas están disponibles para el cultivo. El muestreo de formas inorgánicas de N y S se realiza previo a la siembra y a una profundidad de hasta 60 cm dada la movilidad de estos dos nutrientes en el perfil del suelo. En este planteo tradicional la decisión de fertilización es fácil: la diferencia entre el contenido de N o S en suelo necesario para lograr el rendimiento objetivo y lo que hay disponible a la siembra del cultivo es lo que hay que aplicar en forma de fertilizante. La cantidad de N o S necesaria para obtener el rendimiento objetivo se determina en ensayos a campo realizados para cada zona y cultivo. En la Figura 2 se muestran los resultados de estos ensayos para trigo. En el eje horizontal

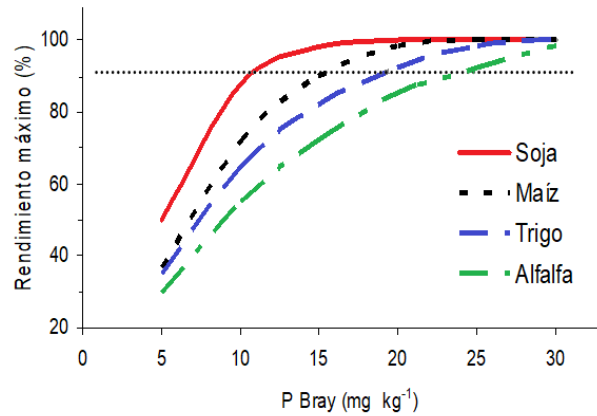
se describe el N disponible (sin distinguir si es del suelo o del fertilizante) mientras que en el eje vertical se encuentra el rendimiento. A niveles crecientes de N, el rendimiento relativo aumenta hasta llegar a un máximo donde, aunque aumente el nivel de N, el rendimiento no aumenta más. El nivel de N inorgánico al cual se alcanza el 95% del rendimiento máximo se conoce como **umbral crítico** de fertilización



**Figura 2.** Relación entre el rendimiento del cultivo de trigo y el nivel de N a la siembra + fertilizante para tres zonas de la región pampeana (Divito et al., 2017)

En el caso del P el planteo no es tan simple porque si bien la planta solo puede tomar formas inorgánicas, no todo lo inorgánico está disponible para el cultivo. Entonces, la concentración de P inorgánico en el suelo no da información sobre la capacidad que tiene un suelo para nutrir con P al cultivo. Por eso, se buscó la manera de medir no todo el P inorgánico sino sólo el disponible. Se determinó que tratando a la muestra de suelo con soluciones de composición y concentración determinada (Bray, o Mehlich, u Olsen) se extraía una parte del P inorgánica total asociada con el rendimiento de los cultivos. Los valores de P así obtenidos son **índices**: datos de naturaleza empírica (sin fundamento, basados en la observación) que permiten valorar el nivel de P disponible para los cultivos (Cox, 1994).

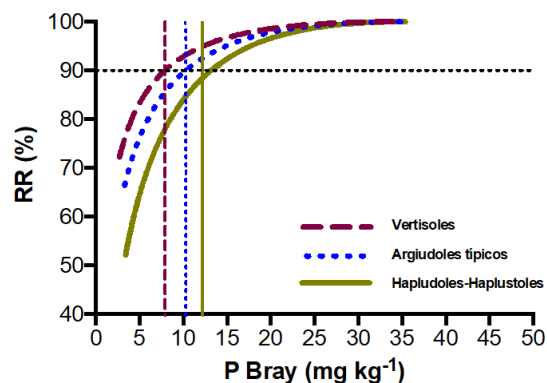
Para el caso del P surge la pregunta: ¿en el caso debo fertilizar? Como para N y S, para responder a esta respuesta es necesario realizar ensayos de calibración a campo. Estos ensayos consisten en determinar el rendimiento relativo (el porcentaje de lo que rinde el cultivo en relación a lo que podría rendir sin limitaciones) en función a diferentes niveles del indicador. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de calibración de P para diferentes cultivos. En el eje horizontal se observa niveles crecientes del índice de disponibilidad de P (P-Bray) mientras que en el eje vertical se encuentra el rendimiento relativo. Podemos observar que el umbral difiere entre cultivos: es 12 ppm para soja y 18 ppm para trigo. Esto quiere decir que si el suelo tiene menos de 18 ppm no sería necesario fertilizar a la soja, pero sí trigo.



**Figura 3.** Relación entre el rendimiento relativo de los cultivos y la disponibilidad de P-Bray. Adaptado de García et al. (2007)

Es importante aclarar que los índices de disponibilidad y los umbrales críticos determinados se definen y son válidos sólo a una profundidad de muestreo: aquella profundidad que se utilizó para desarrollar la calibración. Por ejemplo, en el caso de P-Bray la profundidad de muestreo utilizada es de 0 a 20 cm. Entonces, si quiero conocer la disponibilidad de P para los cultivos, las muestras que debo enviar al laboratorio de servicios deben ser de 0 a 20 cm, que es la profundidad a la cual se determinaron los umbrales críticos. Hacer muestreos de 20 a 40 cm o a mayores profundidades para P no va a proveer ninguna información que ayude al diagnóstico. ¿Por qué se utiliza una profundidad de 0 a 20 cm? Porque es el estrato de suelo más dinámico, con mayor contenido de materia orgánica, mayor temperatura, donde está la mayor densidad de raíces y donde generalmente está la mayor concentración de P disponible.

Debe tenerse en cuenta que estas calibraciones a campo que nos permiten determinar el umbral crítico, además de variar en función del cultivo varían en función a la región (tipo de suelo y clima). Por ejemplo, en la Figura 4 se observa que el umbral de P para maíz varía entre 8 y 12 ppm entre tres diferentes suelos de la región pampeana.



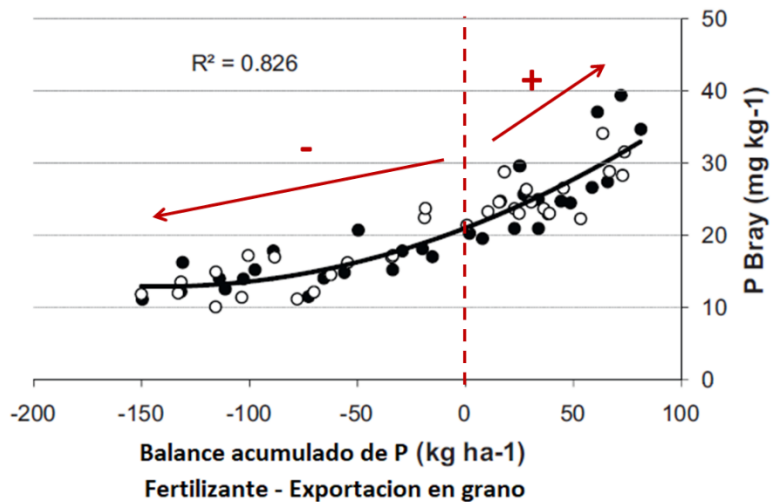


**Figura 4.** Curva de calibración de P en maíz para tres diferentes suelos de la región pampeana. Adaptada de Correndo et al. 2016

Una pregunta frecuente es: ¿Puedo realizar un balance de P? La respuesta es sí, puedo calcular la diferencia entre el P que agrego y el que lleva el cultivo. Puede observarse en la figura 5 que a valores bajos de balance (la extracción de P supera a la fertilización) el contenido de P disponible también baja hasta cierto punto y luego se mantiene. Los niveles no bajan más de determinado nivel por la capacidad buffer de P del suelo, que involucra procesos por los que formas no disponibles de P pasan a ser disponibles para el cultivo. Cuando el balance es positivo (la fertilización supera la extracción de P por el cultivo) los niveles de P disponible aumentan rápidamente. Este incremento puede ser productivamente positivo, pero no debe perderse de vista el riesgo ambiental de un aumento excesivo en el contenido de P del suelo. Si bien es correcto realizar un balance entre entradas y salidas de P, no es correcto hacer balances de P-Bray ya que el P disponible o P-Bray es sólo un índice de suficiencia. Es fácil pensarlo de la siguiente manera: cuando fertilizo, no fertilizo con P-Bray. No todo el P que aplique será disponible. Entonces no puedo simplemente pensar que si quiero aumentar en 2 ppm el nivel de P-Bray debo aplicar 2 ppm de P como fertilizante.

Ahora bien, una vez que se determinó la necesidad de fertilizar la siguiente pregunta es ¿Cuánto debo fertilizar? Esta pregunta es compleja y depende de la estrategia de fertilización con P que se considere:

- **Suficiencia** (“fertilizar el cultivo”): esta estrategia se basa en realizar análisis de suelo anuales para determinar la cantidad de fertilizante requerida para obtener la máxima respuesta en cultivo (económicamente viable). Así, la idea de esta estrategia es aplicar la dosis mínima necesaria de fertilizante, reduciendo el costo de esta práctica. Sin embargo, esta estrategia no tiene en cuenta que gran parte del P que toma el cultivo no viene de la fertilización sino del suelo, lo que genera un balance de P negativo en el sistema. El balance de P (Figura 4) sería inferior a cero.
- **Construcción** (“fertilizar el suelo”): esta estrategia se usa cuando el nivel de P disponible está muy por debajo del umbral crítico. La idea es aplicar fertilizante en una dosis tal que permita que el nivel de P-Bray suba hasta el valor del umbral. La dosis final también incluye una cantidad de fertilizante equivalente a la extracción por parte del cultivo. Es necesario el muestreo periódico del suelo para garantizar que el nivel de P disponible no baje. El balance de P (Figura 4) sería superior a cero.
- **Mantenimiento**: esta estrategia se utiliza cuando el nivel del índice Bray es igual o supera al umbral crítico y consiste en aplicar una cantidad de fertilizante igual a la cantidad de P extraído por el cultivo. El balance de P (Figura 4) sería igual a cero.



**Figura 5.** Relación entre el balance de P del sistema y el contenido de P disponible (P-Bray). Adaptado de Wyngaard et al. 2012

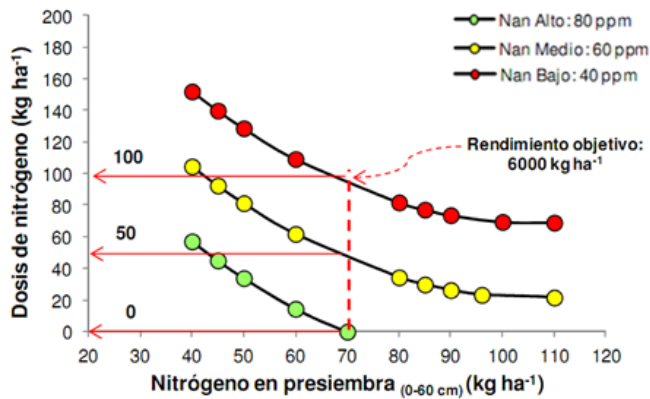
Anteriormente, se aclaró que las plantas solo pueden tomar nutrientes en forma inorgánica y que los métodos de diagnóstico tradicionales no consideran directamente a la fracción orgánica, que para los tres nutrientes considerados (N, S y en muchos casos P) representa la mayor parte del total. Sin embargo, el solo uso de la fracción inorgánica al inicio del ciclo del cultivo puede llevar a errores en el diagnóstico. Por ejemplo, un suelo A y otro B pueden tener el mismo contenido de N disponible a la siembra, pero el suelo A puede tener mayor rendimiento si posee más materia orgánica en comparación a B. Esta materia orgánica liberará N disponible al descomponerse durante el ciclo del cultivo. Es por eso que actualmente se están realizando esfuerzos para incorporar la fracción orgánica en el diagnóstico de fertilización.

Se ha demostrado que la cuantificación del N liberado en una incubación de 7 días en ausencia de aire (Nan) en muestras de 0 a 20 cm es un indicador de la capacidad del suelo para suministrar N durante el ciclo del cultivo a través de la descomposición de la materia orgánica. Nótese que Nan es un indicador al igual que P-Bray es un indicador de disponibilidad de P, por lo que también requiere de calibración zonal y por cultivo. En la Figura 6 se observa en el eje horizontal el N disponible al comienzo del cultivo y en el eje vertical la dosis de N necesaria para obtener un rendimiento de 6000 kg/ha de trigo. Puede observarse que al aumentar el nivel de Nan (capacidad del suelo para liberar N por mineralización durante el ciclo del cultivo) baja la dosis de fertilizante a aplicar para un mismo nivel de N inicial en suelo. También se observó que el Nan está asociado a la capacidad de los suelos para liberar S disponible desde su pool orgánico (Figura 7). Esto se basa en la estrecha relación que hay entre N y S en la materia orgánica. Si bien hay estimadores de mineralización de N y S para la región pampeana, no hay índices para P.

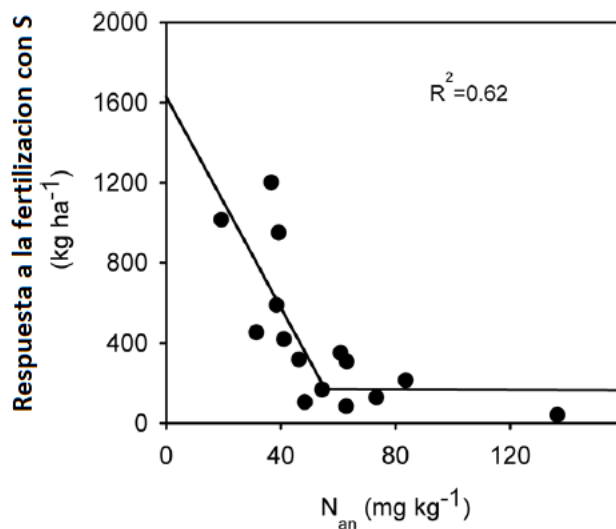


**kairós**

El tiempo de los nativos sustentables



**Figura 6.** Relación N en presembrado y dosis requerida de fertilizante nitrogenado en función a diferentes valores de Nan (Reussi et al., 2015)



**Figura 7.** Relación entre un índice de mineralización de N y la respuesta de maíz a la fertilización azufrada. (Adaptado de Carciochi et al., 2016)

## Conclusiones

El diagnóstico de la deficiencia de N, P y S se basa en la cuantificación de formas inorgánicas, aunque se están realizando esfuerzos para considerar también la contribución de la mineralización de la fracción orgánica. El diagnóstico de los tres nutrientes requiere la determinación de un umbral crítico que varía dependiendo de la zona y del cultivo. Para el N, la dosis a aplicar dependerá de la diferencia entre el valor umbral y el contenido de



N en presiembra determinado tras el muestreo de suelo. En el caso de P la decisión es más compleja y depende fundamentalmente de la estrategia de fertilización, el cultivo y el tipo de suelo.

### **Bibliografía**

- Carciochi, W.D; Wyngaard, N.; Divito, G.A.; Reussi Calvo, N.I.; Cabrera, M.L.; Echeverría, H.E. 2016. Diagnosis of sulfur availability for corn based on soil analysis. *Biol. Fert. Soils*. 52:917-926.
- Correndo, A.A.; Gutiérrez-Boem, F.H.; Salvagiotti, F.; García, F.O. 2016. Método alternativo para estimar niveles críticos de nutrientes. *Actas XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*.
- Cox, F. R. 1994. Current phosphorus availability indices: characteristics and shortcomings. *Soil Testing: Prospects for improving nutrient recommendations*. *Soiltestingpros* 101-113.
- Divito, G.A.; Correndo, A.A.; Garcia, F.O. 2017. La nutrición del cultivo de trigo. IPNI.
- Echeverría, H.E., Reussi Calvo, N.I.; Pagani, A. 2015. Azufre. En: Echeverría, H.E.; García, F.O. (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 287-315
- García, F.O.; Picone, L.I.; Berardo, A. 2007. Fosforo. En: Echeverría, H.E. y García, F.O. (Eds.) *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. INTA Ediciones.
- Reussi Calvo, N.; H.E. Echeverría; H. Saiz Rozas; A. Berardo & N. Diovisalvi. 2015. Mejorando el diagnóstico de nitrógeno. *Visión Rural* 107: 17-19.
- Torri, S.; Urricariet, A.S.; Lavado, R. 2011. Micronutrient availability in crop soils of the Pampas region, Argentina. En: *Soil Nutrients*. M. Miransari, Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY 11788. ISBN: 978-1- 61324-785-3.
- Wyngaard, N.; Echeverría, H.E.; Sainz Rozas, H.R.; Divito, G. 2012. Long-term fertilization and tillage effects on soil properties and maize yield in a southern pampas Argiudol. *Soil Till. Res.* 119:22-30.