

☼ Nutrición general de maíz



1. INTRODUCCIÓN

Hay una serie de factores que limitan la producción de maíz a nivel mundial. Uno de los principales, luego de la disponibilidad hídrica es la provisión de nutrientes.

Aquí nace el concepto de fertilización de cultivos y la importancia que tiene la misma en disminuir las brechas de rendimiento.

Para que el cultivo exprese su potencial genético, debe estar **nutrido de manera balanceada**, debe disponer de macro y micronutrientes en su dosis justa. Solo de esta manera nos permitirá cubrir las expectativas del ambiente tanto sea a nivel productivo como económico.



Figura 1: La **Ley del mínimo** o **Ley de Liebig** dice que el rendimiento de la cosecha está determinado por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad. Además, un exceso en cualquier otro nutriente, no puede compensar la deficiencia del elemento nutritivo limitante.

1.1. Fertilización en maíz

La producción de maíz demanda prácticas de manejo que les permitan a los productores obtener rendimientos acordes a los potenciales de cada zona productiva con costos productivos razonables y con bajos riesgos ambientales, de manera que sus sistemas sean sustentables en el tiempo.

Cuando hablamos de prácticas de manejo debemos tener en cuenta una correcta elección del híbrido, época y densidad de siembra, fertilización, control de malezas, sanidad y cosechar el grano y o forraje en forma y momento adecuado. En este contexto, la fertilización es un engranaje clave del sistema de producción.

1.2. ¿Cuál es el punto de partida?

Para definir cualquier estrategia de fertilización debemos caracterizar el estado nutricional de nuestros suelos. El mismo se logra con un adecuado muestreo de suelo que permitirá evaluar con mayor precisión la disponibilidad de los distintos nutrientes y, por ende, realizar un correcto diagnóstico y planificación de la fertilización por lote y/o ambiente, maximizando la eficiencia y rentabilidad del sistema.



El **nitrógeno** y el **fósforo** son los nutrientes que con mayor frecuencia limitan el rendimiento del cultivo de maíz, sin embargo, en las últimas décadas es cada vez más frecuente encontrar respuesta al agregado de azufre y zinc. Sumado a estos nutrientes, aparece el potasio como un nutriente a monitorear en el corto plazo para algunas regiones del país, particularmente en Entre Ríos sobre la costa del río Uruguay donde ya se observan respuestas.

2. FÓSFORO (P): Bien nutrido desde la siembra

El P es un nutriente poco móvil en el suelo, esto nos permite hacer su diagnóstico en cualquier momento del año, o previo a la siembra de cualquiera de los cultivos de una rotación. La recomendación de fertilización fosfatada se basa en el diagnóstico de fertilidad a partir del análisis de suelo del P extractable (P Bray) a 0-20 cm.

Para maíz es ideal ubicarse por arriba del rango crítico de P Bray de 9-12 ppm, el cual varía según la textura de los suelos (Figura 2).

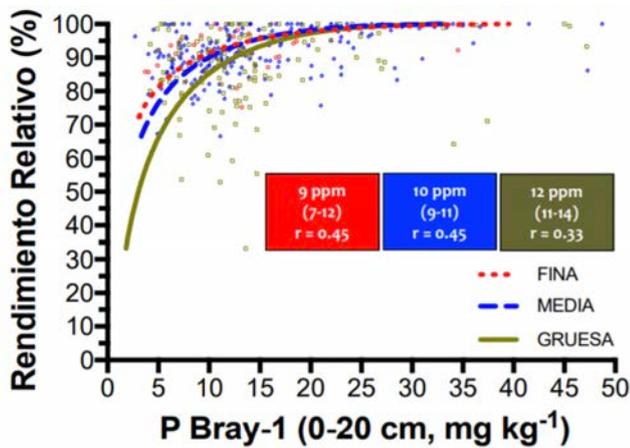


Figura 2: Rendimiento relativo de maíz en función del nivel de PBray-1 (0-20 cm) a la siembra. Los valores de los recuadros indican el nivel crítico de PBray-1 para obtener 90% del rendimiento relativo y su intervalo de confianza al 95% según textura de los suelos (Fina: Argiudoles Vérticos, Media: Argiudoles Típicos y Gruesa: Hapludoles). n= 377 ensayos en región pampeana entre 1980 y 2016. Fuente: Correndo y col. (2018)

La recomendación a partir del análisis puede orientarse a satisfacer las necesidades del cultivo, también llamada Suficiencia, o a mejorar/mantener los niveles de P Bray del suelo, Reconstrucción y Mantenimiento.

La Tabla 1 muestra recomendaciones generales sugeridas para distintos niveles de P Bray del suelo y según el rendimiento objetivo:

- Las dosis de Suficiencia sugeridas dependen del nivel de P Bray y consideran solo el cultivo de maíz siguiente.
- Las dosis de Reconstrucción y/o Mantenimiento buscan elevar niveles bajos a 20 ppm y mantener niveles altos de P Bray (entre 20 y 30 ppm), de esta manera se lograría estar próximos al umbral de los cultivos más demandantes dentro de una rotación (ej. trigo). En este caso se estima que para subir 1 ppm de P Bray se requiere aplicar 3 kg de P por arriba de la remoción de grano de los cultivos (Tabla 1), pero este valor varía entre 2.5 y 4 kg P por ppm P Bray según zonas. Para reponer el P removido en granos se estima una concentración de 2.6 kg P por tonelada de grano (Tabla 1), y este valor también varía entre 2.2 y 3.0 kg P/t grano.

Debemos recordar que no todos los años son iguales, estos valores van a estar sujetos a la relación insumo/producto, a la perspectiva climática y a cada situación puntual de lote y productor en particular.

Tabla 1: Recomendaciones sugeridas de fertilización fosfatada para maíz según niveles de P extractable (ppm P Bray, 0-20 cm) y rendimiento objetivo (t/ha). Tabla tomada de publicación del grupo técnico de Fertilab. “Del Paper al Lote”.

Nivel de P extractable (P Bray 0-20 cm)	Dosis de suficiencia (kg P*/ha)	Dosis de reconstrucción y/o mantenimiento (kg P*/ha)
Menor de 10 ppm	15-20	$((20 - P \text{ Bray}) * 3 \text{ kg P/ppm}) + (t/ha * 2.6 \text{ kg P/t})$
10-15 ppm	10-15	$((20 - P \text{ Bray}) * 3 \text{ kg P/ppm}) + (t/ha * 2.6 \text{ kg P/t})$
15-20 ppm	8-10	$((20 - P \text{ Bray}) * 3 \text{ kg P/ppm}) + (t/ha * 2.6 \text{ kg P/t})$
20-25 ppm	-	$(t/ha * 2.6 \text{ kg P/t})$
25-30 ppm	-	$(t/ha * 2.6 \text{ kg P/t})$
Más de 30 ppm	-	No fertilizar, muestrear año siguiente

* Para transformar de P a P₂O₅ multiplicar por 2,29.

2.1. ¿Cómo me conviene aplicar el P?

En caso de tener situaciones donde los suelos presentan bajo nivel de P Bray y/o para dosis bajas de fertilización, una mayor eficiencia de la aplicación se observa al depositar el fertilizante en la línea respecto al voleo.

En caso de aplicaciones anticipadas, dosis altas o niveles de P Bray altos, no suelen encontrarse diferencias. En situaciones de campo propio donde se realizan planteos de Reconstrucción y/o Mantenimiento, las aplicaciones al voleo son una herramienta muy útil.

3. Nitrógeno (N): El más importante

La oferta de Nitrógeno del suelo está dada por la oferta de N disponible a la siembra y por la cantidad de N que se mineralice durante el ciclo del cultivo. Con esta oferta propia del suelo, sin contemplar la oferta de fertilización, podríamos estimar el rendimiento sin fertilizar o comúnmente llamado rendimiento testigo (Fig. 3).

3.1. ¿Cómo y cuándo lo mido?

Para evaluar la disponibilidad de N inicial se recomienda el muestreo de suelo a la siembra del cultivo en los estratos superficiales (0-20 cm) y subsuperficiales (20-50 o 20-40 y 40-60 cm). Se han propuestos distintos umbrales de disponibilidad de N a la siembra ($N_{\text{suelo}0-60\text{cm}} + N_{\text{fertilizante}}$) que varían desde 125 kg N/ha para alcanzar 7 t/ha de rendimiento hasta 250 kg N/ha para 14 t/ha.

El N mineralizado de la materia orgánica durante el ciclo de crecimiento del cultivo puede estimarse a partir de la determinación del N anaeróbico (Nan). El diferente potencial de mineralización que existe entre lotes o ambientes dentro de un mismo lote debido al manejo previo y/o los efectos de tipo suelo, se refleja en este índice. El muestreo de Nan puede realizarse en cualquier época del año y solo en el estrato 0-20 cm. En general, para el cultivo de maíz el aporte de N por mineralización es de 3.0 a 4.2 kg N/ha por cada ppm de Nan, valor que varía según zona, fecha de siembra y textura del suelo.

El aporte o inmovilización que surge desde el residuo del cultivo antecesor dependerá de la relación C/N del rastrojo. Se esperan aportes de N de antecesores leguminosas como soja o vicia y situaciones neutrales o inmovilización de N, con residuos de gramíneas.

Para producir 1 tonelada de maíz, el cultivo necesita absorber aproximadamente 18-22 kg de N. Considerando una eficiencia de recuperación de N del sistema del 60%, se necesitan 30-32 kg de N en el suelo para producir 1 tonelada de maíz (Figura 3). De la misma manera, necesitamos aplicar 30-32 kg de N como fertilizante por cada tonelada de rendimiento que queremos producir por sobre el cultivo sin fertilizar. No obstante, los mismos pueden variar entre 20 y 40 kg N en función de la eficiencia de absorción del N del suelo y potencial del ambiente.

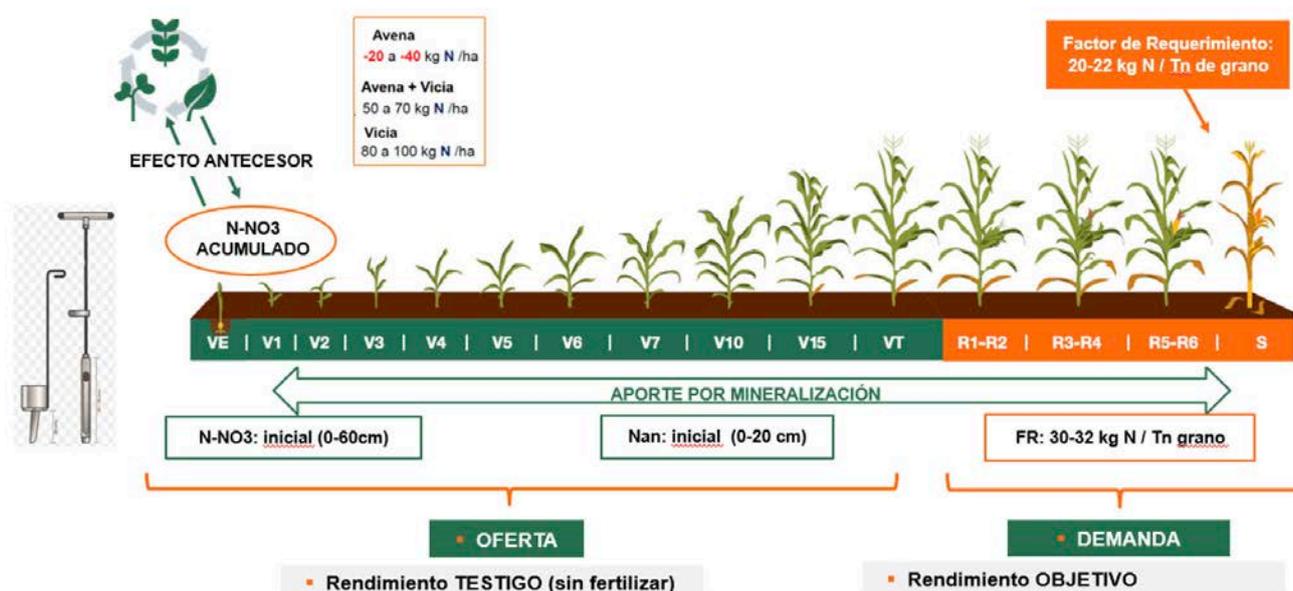


Figura 3: Ciclo del cultivo de maíz y cómo se relaciona con los conceptos de fertilización y compartimientos de nitrógeno del suelo.

3.2. Modelos de diagnóstico dinámicos: más allá de la siembra

El uso de imágenes satelitales, o sensores remotos como SPAD 502 y Green Seeker son herramientas que nos permiten caracterizar, de forma rápida y no destructiva, el estatus nitrogenado durante el ciclo del cultivo. Su utilidad se basa en monitorear al cultivo para evaluar posibles refertilizaciones dadas por cambios en las condiciones hídricas, principalmente. Hacen aún más factibles y precisos los fraccionamientos de dosis de N con el objetivo de maximizar el rendimiento y la eficiencia de uso de dicho nutriente.

dad de identificar ambientes o lotes con deficiencias, por lo tanto, debemos considerar varios aspectos para un diagnóstico correcto. Para entender esto debemos saber que la principal reserva de S del suelo es la materia orgánica.

Los aspectos a considerar para identificar lotes deficientes de S son los siguientes:

- Suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos arenosos.
- Sistemas de cultivo más intensivos, disminución del contenido de materia orgánica.
- Análisis de S-sulfato: Nivel crítico menor de 7 ppm (0-20cm).



Por otra parte, en ambientes de alto potencial de rendimiento y/o cultivos bajo riego, las aplicaciones hasta estadios reproductivos podrían ser una alternativa promisoría para corregir potenciales deficiencias de N. Además, es válido recordar que los híbridos modernos de maíz absorben post-floración hasta un 40% del total del N requerido a madurez fisiológica, lo cual ampliaría la ventana de aplicación de dicho nutriente en ambientes sin restricciones hídricas.

- Presencia de napa o uso de riego: Frecuentemente las napas y las aguas de riego pueden contener altos niveles de sulfato. Algo similar se observa en suelos con tosca por acumulación de sulfato.

Para la región pampeana, trabajos realizados por INTA han determinado un umbral crítico a la siembra del cultivo de 40 kg S ha⁻¹ (0-60 cm).

4. AZUFRE (S): El tercer nutriente en discordia

La determinación de S-sulfato en el suelo a la siembra, como única herramienta de diagnóstico, presenta escasa capaci-

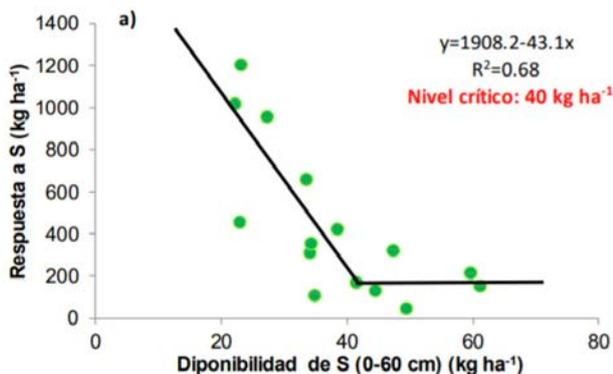


Figura 4: Rendimiento relativo de maíz en función de S-sulfato en presiembra. Fuente: W. Carciochi-Grupo Relación Suelo-Cultivo (Unidad Integrada Balcarce).

Otra alternativa es realizar análisis de grano, de esta manera se puede cuantificar cuán deficiente fue el cultivo cosechado y planificar la fertilización del cultivo siguiente o la rotación. Para maíz, el umbral de concentración de azufre en grano que define la suficiencia o no, está alrededor del 0,11%.

Al igual que para N, la aplicación de S puede realizarse a la siembra o en estadios avanzados del cultivo debido a la absorción demorada de dicho nutriente.

5. ZINC (Zn): ¿Qué pasa con los Micronutrientes?

Los niveles de Zn de la región pampeana han disminuido drásticamente con la agricultura continua y la baja reposición de dicho nutriente, esto produce que cada día más lotes de maíz se presenten como deficientes. La sintomatología característica es un **rayado internerval**.

El diagnóstico se basa en identificar los lotes deficientes a partir de las siguientes observaciones:

- Suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos arenosos.
- Sistemas de cultivo más intensivos, disminución del contenido de materia orgánica.
- Fecha de siembra temprana: Este nutriente, al igual que el fósforo es **poco móvil** en el suelo y llega a la planta por interceptación radical y difusión. Por lo tanto, **es común que en FS temprana**, donde las

temperaturas de suelo son bajas, el cultivo presente este síntoma.

Se ha calibrado el análisis de suelo en presiembra de Zn-DTPA (0-20 cm), con alta frecuencia de respuesta a la aplicación con valores menores de 1 mg/kg.

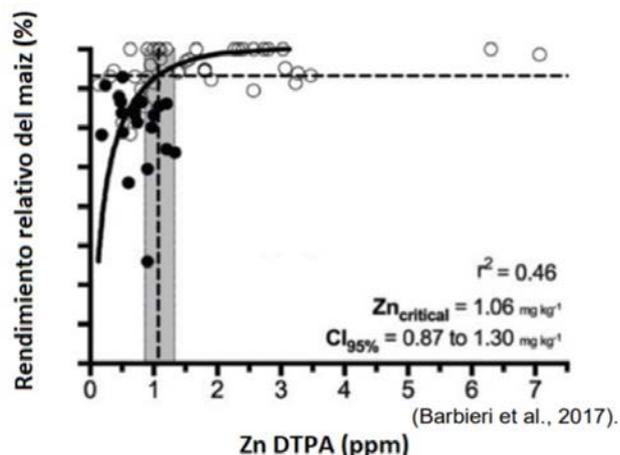


Figura 5: Relación entre los contenidos de Zn DTPA ppm (0-20 cm) y el rendimiento relativo del cultivo de maíz (Barbieri et al., 2017)

En cuanto a la tecnología de fertilización, las respuestas de rendimiento oscilan entre 5% y 10%. Las mismas se observan tanto con aplicaciones al suelo de mezclas sólidas (químicas o físicas) y con líquidos, o en tratamientos de semillas y foliares. La dosis dependerá del producto a utilizar, el momento de aplicación y la eficiencia de utilización del mismo.

6. ANÁLISIS DE GRANOS: ¿Monitoreo final?

Conocer la concentración de nutrientes en el grano puede indicarnos si hicimos un manejo correcto de la nutrición del cultivo y es una herramienta fácil y complementaria al muestreo de suelos, para empezar a monitorear otros nutrientes secundarios que no hay que dejarlos fuera del radar de la fertilidad. Además, nos indica si hicimos un correcto manejo de la nutrición del cultivo.

Se han sugerido las siguientes concentraciones de nutrientes en grano para cultivos de maíz sin limitaciones nutricionales:

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- % -----						----- ppm -----				
1.2	0.25	0.34	0.02	0.14	0.11	4	3	38	27	23

7. CONCLUSIONES

- *Debemos conocer el estado y la oferta inicial y potencial de nuestros suelos, para esto es fundamental la realización de muestreos de suelo.*
- *Si existe deficiencia, las respuestas a la fertilización superan el costo de su aplicación.*
- *Construyamos el rendimiento de manera dinámica: Imágenes satelitales, sensores remotos, usemos franjas de referencia.*
- *Repongamos nutrientes, así construimos mejores ambientes.*
- *Usemos la información que generan las Universidades, empresas y el INTA.*



8. FUENTE

- **Publicaciones:** Grupo Técnico del Laboratorio de Suelos FERTILAB.
- **Libro:** Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Hernán E. Echeverría y Fernando O. García. INTA – Ediciones.
- **Libro:** Crop Physiology 2021. Sadras y Galderini.
- **Referente externo para KWS Argentina:** Dr. Nahuel I. Reussi Calvo