
1. Aspectos económicos de la fertilización

1.1. Evolución de la campaña fina

La campaña de cereales de invierno evoluciona favorablemente desde la perspectiva climática. En términos generales, los suelos tienen adecuados niveles de reserva de humedad y en algunas zonas también se observa influencia de napa. Por otro lado, la cosecha gruesa viene mostrando niveles récord de producción en la mayoría de las zonas, contrastando con la última campaña. También cabe destacar la excelente y atípica condición climática durante el otoño en donde, debido a una serie prolongada de días consecutivos soleados, favoreció una rápida cosecha de los cultivos de verano, aspecto que también contrasta con la última campaña en donde los excesos hídricos y la temperatura afectaron seriamente la calidad de los granos en varias zonas.

En cuanto a la perspectiva económica, se observa una relación de precios menos favorable debido al incremento de los precios de los fertilizantes (particularmente de la urea y otros fertilizantes nitrogenados) y la disminución del precio del trigo. Sin embargo, como se discutirá más adelante, las relaciones de precios se ubican dentro de los rangos de campañas recientes.

Cabe resaltar que en general, pero en especial en tiempos difíciles, se recomienda diagnosticar la disponibilidad de nutrientes en cada lote y/o ambiente mediante análisis de suelos como base para decidir la fertilización de los cultivos de invierno.

1.2. Precios relativos de fertilizantes y granos

En la Tabla 1 se consignan los precios orientativos de los fertilizantes más comunes (sin IVA) y el precio por unidad de nutriente. Los mismos no incluyen flete y son promedios elaborados en base a datos provistos por diferentes empresas y por consiguiente deben considerarse como orientativos.

Tabla 1. Precios de fertilizante y de la unidad de nutriente

Fertilizante	Precio	Precio por unidad de nutrientes
	U\$/ton	U\$
Urea granulada	405	0,88
UAN 32	325	1,00
UAN+TSA (28-0-0 +5%S)	315	0,95
FDA	528	0,82
FMA	528	0,83
SFT	453	0,98
SFS	245	0,74

En la Tabla 2 se consignan los precios netos estimados de trigo disponible y futuro a enero de 2020. Los mismos deben ser tomados solamente como indicativos, al igual que los gastos de cosecha y comercialización, que varían de acuerdo a la logística y ubicación de cada

establecimiento. Para esta campaña se consideró un gasto de cosecha y comercialización del 21%.

Tabla 2. Precios netos de trigo del MATBA

Precios	U\$/ton	Gastos comercialización y cosecha (%)	Precio Neto (U\$/ton)
Disponible	186	(39)	147
Enero 2020	165	(35)	130

En la Tabla 3 se presenta la variación de los precios de los fertilizantes y del trigo en relación a la campaña anterior.

Tabla 3. Variación del precio de los fertilizantes y del trigo

Fertilizante	Precio		Variación
	U\$/ton		%
	2018	2019	
Urea granulada	381	405	+6,2
UAN 32	300	325	+8,3
Sol Mix (28N, 5S)	285	315	+10,5
FDA/FMA	553	528	-4,5
SFT	461	453	-1,7
SFS	243	245	+0,8
Trigo Disponible	226	186	-17

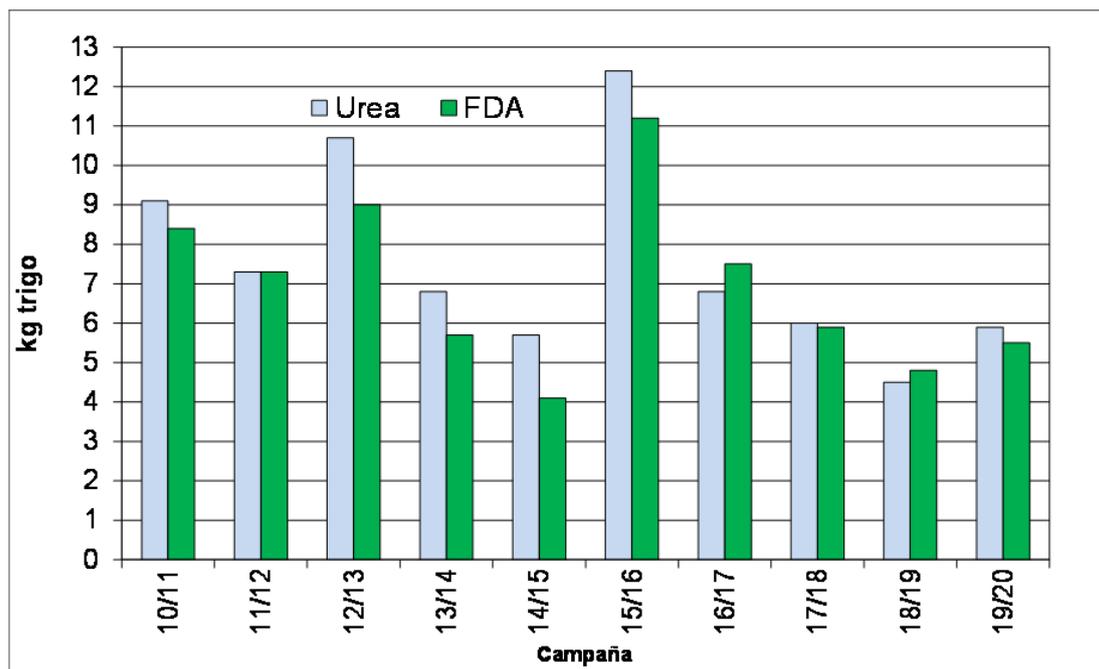
Como se puede apreciar, la mayor variación de precios corresponde a los fertilizantes nitrogenados, que aumentaron moderadamente en relación con la campaña previa. Asimismo, los precios de los fertilizantes fosfatados variaron poco, inclusive en algunos casos bajaron levemente. Por otro lado, el precio del trigo disponible se redujo un 17%.

Finalmente en la Tabla 4 se incluye el cálculo de los kg de trigo necesarios para pagar un kg de nutriente

Tabla 4. Relación de precios (kg de trigo para pagar 1 kg de nutriente total)

Fertilizante	Disponible	Enero 2019
Urea granulada	5,9	6,7
UAN 32	6,8	7,7
Sol Mix (28N, 5S)	6,4	7,3
FMA	5,6	6,3
FDA	5,5	6,3
SFT	6,6	7,5
SFS	5,0	5,7

Fig. 1. Kilogramos de trigo necesarios para pagar la unidad de nutriente



Como se observa en la Fig. 1, la relación de precios entre el grano y los nutrientes aumentó 31 y 14% para la urea granulada y el FDA, respectivamente. Sin embargo, las relaciones se ubican muy por debajo de los máximos que se han alcanzado en otros años.

Cabe destacar que, a la fecha de escritura de este boletín, el precio local de la urea granulada se mantenía firme y con tendencia alcista según analistas del mercado.

2. Aspectos técnicos que ayudan a tomar mejores decisiones

2.1. ¿Cómo diagnosticar deficiencias de zinc en cereales de invierno?

Si bien en la mayoría de nuestros boletines venimos insistiendo en el gran impacto que tiene la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de los granos del trigo y la cebada, no debemos descuidar otros nutrientes que también limitan el rendimiento de los cereales de invierno.

Debido a la rápida expansión de las deficiencias de zinc en los suelos de la Región Pampeana y de los abundantes antecedentes experimentales que muestran evidencias de respuestas al agregado de zinc en el cultivo de maíz (cultivo especialmente sensible a las carencias de este nutriente esencial), deberíamos prestar especial atención a la posible deficiencia de zinc en cereales de invierno. De hecho, investigaciones realizadas por la Unidad Integrada INTA Balcarce y Facultad de Ciencias Agrarias de Mar del Plata, muestran una muy significativa reducción en la concentración de zinc extractable en relación con los suelos originales ("prístinos"), y sobre todo una muy significativa reducción de este micronutriente en el período 2011-2018 en particular en la zona central de la Región Pampeana (Simposio de Fertilidad, 2019).

En la actualidad se dispone de calibraciones regionales que se han publicado en trabajos científicos que permiten diagnosticar deficiencias de zinc en el cultivo de maíz en base al análisis del contenido de zinc extractable en la capa de 0-20 cm (método DTPA) en ambientes de la Región Pampeana. De acuerdo con información presentada por Ferraris en el Cuadernillo de Trigo

de CREA (editado en 2017), cuando los suelos presentan contenidos de zinc extractable menor a 0,8-1 ppm, hay probabilidad de obtener una respuesta rentable a la fertilización con zinc.

En cereales de invierno, si bien la información sobre diagnóstico y respuesta a fertilizantes portadores de zinc es aún escasa, considerando la extensión geográfica de las deficiencias que se han observado en maíz, deberíamos estar atentos a las carencias de zinc en trigo y cebada. En la Fig. 2 se muestra un modelo conceptual en donde se analizan las condiciones predisponentes a las carencias de zinc en agrosistemas que resulta de gran ayuda para contextualizar el problema y como base también para decidir explorar la respuesta a la fertilización con zinc.

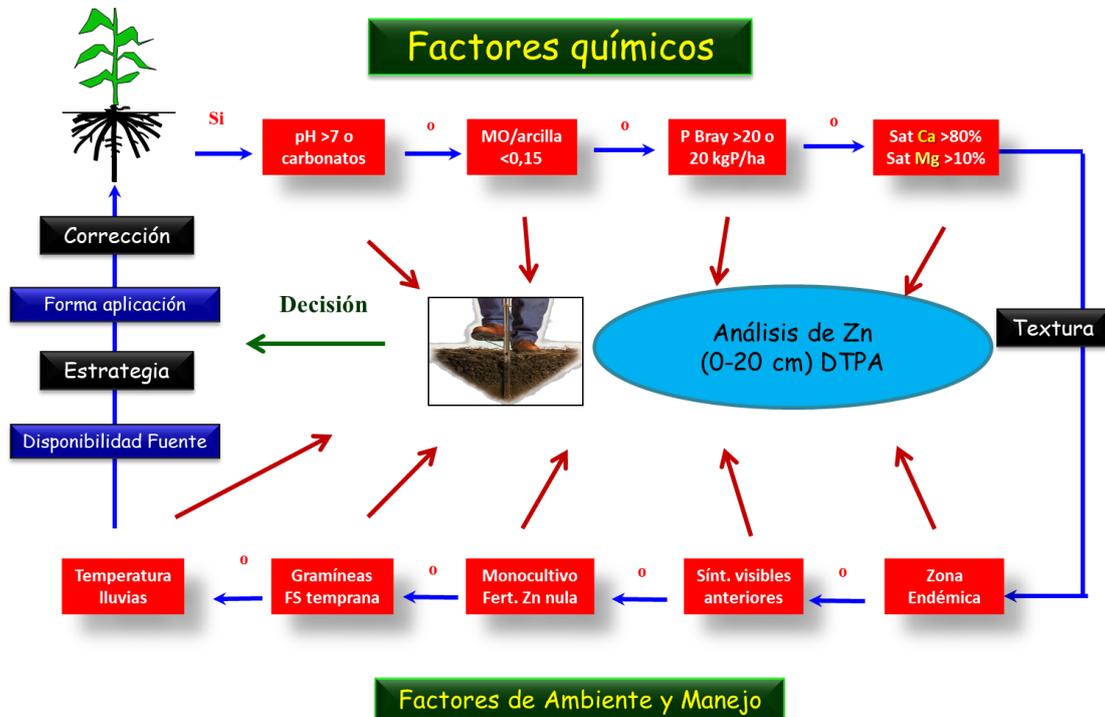
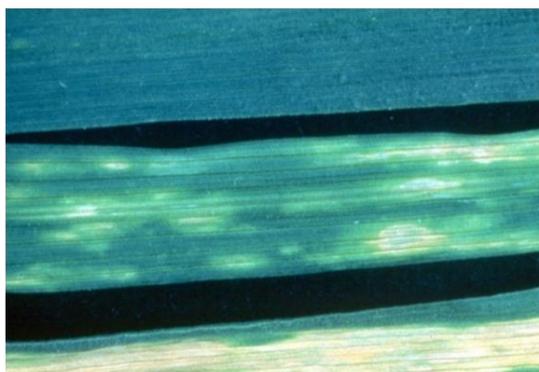


Fig. 2. Factores predisponentes a tener en cuenta en el diagnóstico de las deficiencias de zinc y decidir su corrección mediante fertilización. Fuente: Ferraris (2017).

Como se puede apreciar, existen factores edáficos y del ambiente que inciden en las deficiencias de zinc. Por ejemplo, suelos con baja relación MO/arcilla; alta concentración de calcio y magnesio intercambiables y/o elevado contenido de P extractable son variables que se asocian con menores niveles de Zn extractable. Asimismo, por el lado del ambiente (incluyendo el manejo), se debe tener en cuenta los antecedentes de deficiencias y su distribución geográfica; antecedentes de sintomatologías de deficiencias en los cultivos; tipo de secuencia o tipo de cultivos, entre otros factores. A los fines exploratorios, se pueden considerar dosis de aplicación en el rango de 1-2 kg de Zn/ha en aplicaciones al voleo en cobertura total en ambientes deficientes. En aplicaciones vía foliar, se deberá seguir las recomendaciones del proveedor del fertilizante en cuanto a dosis y pautas para su aplicación.

Síntomas de deficiencias de zinc en trigo, maíz y soja



Imágenes tomadas de Alloway (2008); García et al. (2019) y G. Ferraris (INTA Pergamino)

2.2. ¿Qué son los bioestimulantes y cuáles son sus beneficios?

Concepto de bioestimulante

Los bioestimulantes son productos que se utilizan para mejorar la performance de los cultivos en condiciones de estrés abiótico (e.g. sequía, golpe de calor, salinidad, entre otras). En estas situaciones, el agregado de los bioestimulantes produce una serie de procesos fisiológicos que incrementan la adquisición y/o eficiencia en el uso de los nutrientes que terminan aumentando el rendimiento en grano y/o la calidad de los cultivos. Como se puede apreciar, los bioestimulantes, a diferencia de los fertilizantes, no se los analiza en términos de su contenido de nutrientes, sino por sus efectos fisiológicos que impactan en la utilización de nutrientes en condiciones de estrés abiótico.

Los bioestimulantes son un grupo muy amplio de productos y/o formulaciones, típicamente se incluyen a las fitohormonas, extractos de algas, ácidos orgánicos (e.g. ácidos húmicos y fúlvicos), aminoácidos y/o digeridos proteicos, entre otros. La gran diversidad y heterogeneidad de las formulaciones de bioestimulantes representa un gran desafío tanto para la producción de este tipo de productos (por ejemplo para mantener la homogeneidad de su composición) como así también en la evaluación agronómica. Debido a que las formulaciones comerciales contienen, en general, más de un "ingrediente activo", resulta difícil predecir los efectos globales de la aplicación de los productos sobre el rendimiento y/o calidad de los cultivos.

¿Por qué hay un crecimiento tan significativo del uso de bioestimulantes a nivel mundial?

En los últimos años tuvo lugar un marcado crecimiento del mercado de bioestimulantes a nivel global, alcanzando tasas del orden del 12% o superiores. Si consideramos que el incremento esperado en el consumo global de fertilizantes para las próximas décadas se ubica en 0,8-1%, se puede deducir rápidamente el gran interés técnico y comercial sobre la utilización de bioestimulantes en la agricultura.

Algunas de las causas que determinan el crecimiento en la demanda de productos biológicos en general y de los bioestimulantes en particular son:

- ✓ Demanda de alimentos obtenidos mediante procesos productivos “naturales”
- ✓ Tendencia al consumo de productos agroalimentarios obtenidos cuidando los recursos naturales (“sustentables”)
- ✓ Tendencia hacia una economía circular, que recicle y reutilice pasivos ambientales y los transforme en productos y/o coproductos de utilidad y bajo impacto ambiental
- ✓ Demanda creciente de alimentos que debe ser obtenidos mediante el aumento de la productividad de las tierras (es decir incrementando el rendimiento por unidad de superficie) ya que hay escaso margen para expandir la superficie agrícola mundial (por restricciones ambientales y de disponibilidad de tierras aptas para el cultivo)
- ✓ Necesidad de mitigar el impacto del cambio climático mediante el uso de insumos de origen biológico o natural

En América Latina, Brasil, México y Argentina son los países con mayor consumo actual de bioestimulantes, participando con el 43, 24 y 15% del mercado, respectivamente.

¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre los cultivos?

De acuerdo con artículos científicos publicados recientemente, los bioestimulantes se los posiciona como productos de origen biológico que complementan la fertilización tradicional, específicamente en contextos de estrés abiótico. Los beneficios se pueden manifestar en mejoras del rendimiento y también en la calidad de los cultivos. Debido a que los efectos fisiológicos de este tipo de productos incrementan la eficiencia de uso de los nutrientes disponibles en el suelo y/o de los aplicados vía fertilización, los bioestimulantes frecuentemente se los considera como ecoinnovaciones.

En la Región Chaco-Pampeana, en donde se produce la mayor parte de la agricultura extensiva de la Argentina, se encuentra fuertemente influenciada por la variabilidad climática y la incidencia de varias fuentes de estrés ambiental como sequías, anegamientos, golpes de calor, heladas, entre otras. Bajo este escenario, los bioestimulantes funcionan complementando la fertilización balanceada (agregado de los nutrientes que limitan el rendimiento y la calidad de los cultivos en cantidades y proporciones adecuadas) mitigando parcialmente los efectos del estrés abiótico. En términos simples, en la mayoría de los casos este tipo de productos funcionan como un “seguro” ante el estrés ambiental, cuya probabilidad viene aumentando en contextos de variabilidad y cambio climático. Asimismo, en algunos casos, el agregado de bioestimulantes permite resolver *ex post* la incidencia de problemas como la fitotoxicidad de herbicidas y/o daño por heladas, permitiendo una mejor recuperación del cultivo.

En la Tabla 5 se detallan los efectos de los principales bioestimulantes utilizados en la agricultura a diferentes escalas de análisis.

Tabla 5. Mecanismos generales de acción de los bioestimulantes más difundidos sobre la producción y calidad de los cultivos a diferentes escalas de análisis.

Escala	Ácidos húmicos	Extractos de algas	Hidrolizados de proteínas de origen animal
Mecanismo celular	Activación de "ATPasas" en membranas plasmáticas (bomba de protones), mayor permeabilidad de membranas y elongación de células radicales	Los <i>extractos de Ascophyllum nodosum</i> inducen la expresión de genes que codifican la síntesis de transportadores de micronutrientes (e.g. Cu, Fe, Zn)	Inducción de expresión génica asociados con la síntesis de hormonas de crecimiento (e.g. auxinas, citoquininas, giberelinas), síntesis de enzimas y aceleración de reacciones metabólicas
Función fisiológica	Mayor profundidad y biomasa de raíces	Incremento de la concentración de micronutrientes en tejidos y mayor traslocación de éstos desde la raíz al tallo	Efecto antiestrés, incremento de tasa fotosintética (asimilación de C), menor transpiración, sinergia con organismos rizosféricos benignos, entre otros
Mejora agronómica	Aumento de la eficiencia de uso de nutrientes	Mejora de la composición mineral de los tejidos	Aumento en la biomasa de raíces y en el crecimiento foliar que se traducen en mejoras en la utilización de nutrientes por las plantas en condiciones de estrés abiótico (e.g. altas o bajas temperaturas, sequía, salinidad, etc.) y biótico (e.g. incidencia de enfermedades)
Beneficio económico y ambiental	Mayor rendimiento, y menor impacto ambiental	Mejora del valor nutricional (biofortificación) de los productos cosechados	Aumento del rendimiento y de la calidad de los productos cosechados en condiciones de estrés abiótico y biótico

Fuente: Adaptado de Jardin (2015) y Yakhin et al. (2017).

Es relevante destacar que la magnitud de la respuesta a la aplicación de bioestimulantes depende del cultivo y sobre todo de la severidad del estrés abiótico. En la mayoría de los casos el incremento en el rendimiento es moderado. Asimismo, por esta misma razón es muy habitual que los ensayos de campo realizados con pocas o directamente sin repeticiones no tengan la potencia estadística para detectar efectos significativos. Esto implica un gran desafío tanto para los investigadores y/o usuarios que desean testear a campo este tipo de productos. Así, para poder estudiar los efectos de los bioestimulantes se debería incrementar considerablemente el número de repeticiones como así también establecer ensayos de larga duración y en un gradiente de condiciones agroecológicas que permita explorar la incidencia de estreses abióticos sobre la performance del cultivo.