

## Fertilización del Cultivo de Trigo

El objetivo final de la práctica de la fertilización, ya sea en el trigo como en cualquier otro cultivo, es el de aumentar la rentabilidad del mismo.

Una de las formas de conseguir un aumento en la rentabilidad, es aumentando la productividad y la calidad. Es en este punto dónde los nutrientes cumplen un rol fundamental. El concepto que hay que remarcar permanentemente es el de **nutrición de los cultivos**, la que se consigue con una buena práctica de la fertilización.

Para ello hay que tener muy claro cuáles son los componentes de rendimiento que afectan directamente el rendimiento final y la calidad, y cómo se verán afectados por la incorporación de nutrientes. En el caso del trigo estos son:

Componentes que afectan el rendimiento	Etapas del cultivo en la que se debe actuar
Número de macollos por metro cuadrado	Crecimiento Vegetativo.
Número de espigas por planta.	Crecimiento Vegetativo.
Número de granos por espiga.	Pre-floración.
Peso de granos.	Llenado de granos.
Componentes que afectan la calidad	Etapas del cultivo en la que se debe actuar
Sanidad.	Durante todo el ciclo.
Tenor de proteína en grano.	Llenado de granos.

El trigo, como toda gramínea, es altamente demandante en nitrógeno, por lo que es este nutriente el principal a tener en cuenta en cualquier plan de fertilización, lo que no implica descuidar el resto. Esto es, para poder conseguir que la planta de trigo trabaje óptimamente, es necesario un aporte balanceado de nutrientes. Por eso es fundamental conocer la importancia relativa de todos los demás elementos de forma tal de entender cuáles son los caminos a seguir para conseguir un cultivo bien balanceado desde el punto de vista nutricional.

A continuación una breve descripción de la función de los distintos nutrientes en el cultivo de trigo:

- Nitrógeno (N):** Es el nutriente motor del crecimiento. Cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas, y es este nitrato el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, cuyo exponente principal es el AIA (ácido indol acético). Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas.
- Fósforo (P):** Es la fuente de energía necesaria para que se produzcan todos los procesos metabólicos en la planta. Su deficiencia le imposibilita a la planta completar normalmente dichos procesos metabólicos. Los dos momentos críticos en los que su presencia es fundamental son: a la germinación, para favorecer un rápido crecimiento radicular y en pre-floración.
- Potasio (K):** Su rol más relevante lo cumple en todo proceso de traslado de azúcares fotosintetizados. A medida que la planta va fotosintetizando, va acumulando azúcares en las hojas. Estos azúcares son los que la planta trasloca a los granos en el momento del llenado de los mismos. El potasio es el responsable principal de este traslado. El trigo es altamente exigente en este nutriente.
- Calcio (Ca):** Es uno de los nutrientes más importantes, y tal vez al que menos atención se le presta por considerar a los suelos "supuestamente" bien abastecidos del mismo. Su rol principal está asociado a la síntesis de componentes de estructura de la planta en la forma de pectato de calcio. La demanda de este nutriente es lineal a lo largo de todo el ciclo, puesto que la planta la utiliza durante la etapa de crecimiento radicular, durante la etapa de crecimiento vegetativo, durante la floración y finalmente durante la etapa de crecimiento del fruto. Así mismo cumple un rol muy importante en todos los órganos en crecimiento, manifestándose más claramente durante la etapa del desarrollo inicial de raíces. Es fundamental en el balance hormonal: el Calcio es conocido como el nutriente antiestrés, ante la deficiencia la planta altera su comportamiento hormonal, acelerándose los procesos de degradación de tejidos. Esto se traduce en menor duración del ciclo de cultivo.

- Magnesio (Mg):** Cumple tres roles importantes en la planta (entre otros). En primer lugar es integrante de la clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares. También interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio aunque en un segundo plano de importancia. Y finalmente optimiza el aprovechamiento del fósforo dentro de la planta facilitando el desdoblamiento del ATP (fuente de fósforo).
- Azufre (S):** Fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno. Una vez que el nitrógeno se acumuló como nitrato en las hojas, debe ser transformado en proteína. En ese proceso interviene una enzima llamada nitrato reductasa, en la que el azufre es uno de sus principales componentes. También forma parte de la síntesis de aminoácidos azufrados (cisteína, metionina), de algunas vitaminas (tiamina, biotina) y de la coenzima A, fundamental para la respiración.
- Hierro (Fe):** Directamente ligado a la fotosíntesis. Participa en la síntesis de clorofila junto con el magnesio. Es fundamental para el aprovechamiento del Nitrógeno, cumpliendo un rol, similar al azufre en este sentido, cómo así también para el aprovechamiento interno del fósforo por parte de la planta.
- Manganeso (Mn):** Este nutriente, junto con el zinc, es fundamental para las gramíneas. Es el primer nutriente que interviene en el proceso de la fotosíntesis, permitiendo el desdoblamiento de la molécula de agua encargada de liberar los electrones para que se desencadene el proceso. Sin manganeso la fotosíntesis no se desencadena. Por otro lado tiene propiedades fungistáticas, esto es, en la medida que la planta esté bien nutrida en este elemento, la tolerancia a las enfermedades es mayor.
- Zinc (Zn):** Otro nutriente fundamental para las gramíneas. Junto con el nitrógeno son los dos promotores del crecimiento en las plantas al promover también la síntesis de hormonas de crecimiento. Su carencia limita también el desarrollo radicular y ya que son las raíces las promotoras de la floración, en la medida que falte este nutriente la ésta se verá perjudicada. También tiene propiedades fungistáticas. Potencia el cuaje de frutos. Promueve la síntesis de proteínas.
- Cobre (Cu):** Fundamental para optimizar el transporte del agua dentro de la planta al potenciar la síntesis de lignina (rigidez de tejidos). En la medida que los tejidos se encuentren lignificados, las pérdidas de agua por transpiración serán menores. Al hacer los tejidos más fuertes por la síntesis de lignina, la planta se vuelve menos susceptible a las enfermedades. Junto con el manganeso y el zinc, tiene efectos fungistáticos al promover la síntesis de fitoalexinas, compuestos sintetizados en la misma planta que actúan contra los hongos.
- Boro (B):** Este nutriente cumple varios roles dentro de la planta entre los que podemos citar a los siguiente como los más importantes: junto con el calcio interviene en la síntesis de la pared celular, dándole mayor rigidez a los tejidos; Junto con el potasio y el magnesio, completa el trío de “carriers” de azúcares; es fundamental para el cuaje, ya que favorece el crecimiento del tubo polínico, en especial en aquellos granos que se encuentran en el extremo de las espigas.
- Molibdeno (Mo):** Finalmente el molibdeno, cuya función principal es la de potenciar el aprovechamiento del nitrógeno. Junto con el Azufre y el Hierro, es el responsable del pasaje del nitrógeno de formas inorgánicas no aprovechables por las plantas (nitratos), a formas orgánicas si aprovechables (proteínas).

A modo de síntesis presentamos el cuadro 1 en dónde se resume el consumo de nutrientes en trigo, por tonelada de grano. Estos datos fueron obtenidos de diversas fuentes locales y extranjeras, así como datos propios.

**Cuadro1: requerimientos de nutrientes del cultivo de trigo.**

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
	kg/ha						g/ha					
por tonelada	31	11	26	3	3.8	4.2	137	70	52	10	25	10
3.000 kgs.	93	33	78	9	11.4	12.6	411	210	156	30	75	30
5.000 kgs.	155	55	130	15	19	21	685	350	260	50	125	50

El cuadro 2 muestra una síntesis de en que proceso metabólico interviene cada uno de estos nutrientes.

Componente	Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Número de macollos por m <sup>2</sup>	N, P, Zn	Promoviendo el crecimiento vegetativo.	Promoviendo mayor desarrollo radicular.							Promoviendo crecimiento aéreo y radicular.			
Número de espigas por planta	N, P, Zn, Cu	Promoviendo el crecimiento vegetativo.	Promoviendo mayor desarrollo radicular.							Promoviendo el alargamiento de tallos.	Aumentando la resistencia de los tejidos, a enfermedades y vuelco.		
Número de granos por espiga	N, P, B, Zn	Mayor síntesis de proteínas.	Aportando la energía necesaria para la síntesis proteica.		Mayor resistencia de la pared celular.					Promoviendo el cuaje.		Promoviendo el cuaje.	
Peso de grano.	N, P, K, Mg, B	Mayor síntesis de proteínas.	Aportando la energía necesaria para el transporte de azúcares.	Transporte de azúcares fotosintetizados.		Transporte azúcares fotosintetizados.						Transporte de azúcares.	
Tenor de proteína	N, S, Mo, Fe	Mayor síntesis de proteínas.					Reducción de nitratos a proteínas.	Reducción de nitratos a proteínas.					Reducción de nitratos a proteínas.
Sanidad	N, Ca, S, Mn, Zn, Cu	El efecto es negativo. Mayor contenido de nitratos en hojas, menor sanidad.			Mayor resistencia de la pared celular.		Facilitando la reducción del exceso de nitratos a forma de proteína.		Efecto fungistático.	Efecto fungistático.	Efecto fungistático.		Mayor reducción de nitratos a proteína.

Cuadro 2: nutrientes intervinientes en la potenciación de los componentes de rendimiento del trigo.

Entendido el rol que cumplen los nutrientes en la formación de los componentes de rendimiento, es fundamental entonces saber si los suelos cuentan con los mismos.

Para ello la herramienta de diagnóstico obligada que se utiliza en estos casos es el análisis de suelo. El análisis de suelo es una radiografía del campo y nos permitirá inferir cuales de ellos pueden estar siendo limitantes para la producción. A continuación en los cuadros 3, 4 y 5 pueden apreciarse algunos datos obtenidos por nuestro equipo en dónde se muestran las características de algunos suelos del país en dónde se produce trigo:

**Cuadro 3: Suelos del centro sur de la provincia de Santa Fe.**

Parámetro	Unidad	Firmat	Firmat	Firmat	Lucio V. López	Lucio V. López	Santa Teresa	Arequito	Valores Óptimos
pH		6.0	6.2	5.9	6.2	6.1	6.0	6.8	5.8 - 6.2
CIC	meq/100 gr	14.0	14.4	15.2	13.7	14.2	17.2	12.7	15 - 18
Mat. Org.	%	2.6%	3.4%	3.3%	3.0%	2.7%	3.4%	2.5%	> 3%
Nitr. Total	%	0.13%	0.18%	0.17%	0.16%	0.14%	0.18%	0.12%	> 0.15%
P (P <sub>5</sub> O <sub>2</sub> )	ppm	11	10	34	27	22	15.0	9.8	> 15
K (OK <sub>2</sub> )	ppm	523	658	659	607	554	416	560	> 250
Ca	ppm	1,754	1,925	1,960	2,087	1,946			> 1.700
Mg	ppm	200	273	220	220	298	230	241	> 170
S	ppm	14	13	14	14	14	15	15	10 - 15
Fe	ppm	133	132	152	100	98			> 50
Mn	ppm	49	46	50	44	46			> 25
Zn	ppm	1.3	1.3	2.1	1.3	0.8	2.1	2.1	> 4.0
Cu	ppm	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2			> 0.6
B	ppm	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.1	0.1	> 1.0

**Cuadro 4: Suelos del NOA.**

Parámetro	Unidad	Catamarca	Tucumán Sur	J. V. González Salta	Avellaneda Santa Fe	Valores Óptimos
pH		6.9	6.9	7.7	6.4	5.8 - 6.2
CIC	meq/100 gr	16.0	15.3	13.0	12.7	15 - 18
Mat. Org.	%	3.9%	3.1%	2.1%	2.6%	> 3%
Nitr. Total	%	0.19%	0.16%	0.11%	0.14%	> 0.15%
P (P <sub>5</sub> O <sub>2</sub> )	ppm	104	52	81	101	> 15
K (OK <sub>2</sub> )	ppm	715	818	441	671	> 250
Ca	ppm	2,679	2,525	2,509	2,011	> 1.700
Mg	ppm	280	253	354	338	> 170
S	ppm	18	17	19	15	10 - 15
Fe	ppm	82	55	63	72	> 50
Mn	ppm	32	36	26	40	> 25
Zn	ppm	2.1	2.1	2.1	0.8	> 4.0

Cu	ppm	0.4	0.6	0.1	0.8	> 0.6
B	ppm	1.8	1.9	3.4	1.2	> 1.0

**Cuadro 5: Suelos de la provincia de La Pampa.**

Parámetro	Unidad	La Pampa	La Pampa	La Pampa	Valores Óptimos
pH		7.3	7.7	7.5	5.8 - 6.2
CIC	meq/100 gr	16.9	16.9	17.0	15 - 18
Mat. Org.	%	1.3%	1.7%	1.4%	> 3%
Nitr. Total	%	0.06%	0.08%	0.08%	> 0.15%
P (P <sub>5</sub> O <sub>2</sub> )	ppm	20	17	18	> 15
K (OK <sub>2</sub> )	ppm	424	410	397	> 250
Ca	ppm	4,839	5,021	5,488	> 1.700
Mg	ppm	138	139	152	> 170
S	ppm	20	19	26	10 - 15
Fe	ppm	46	58	43	> 50
Mn	ppm	15	18	15	> 25
Zn	ppm	1.3	1.3	0.8	> 4.0
Cu	ppm	0.1	0.1	0.1	> 0.6
B	ppm	1.0	0.9	1.2	> 1.0

Del análisis de los cuadros anteriores puede observarse que las características de los suelos son marcadamente diferentes, sin embargo los criterios de fertilización que se están usando en todos los casos son prácticamente los mismos. Los fertilizantes deben diferenciarse de acuerdo a las zonas. Esto también se ve influenciado por las prácticas de manejo, rotaciones, precipitación, disponibilidad de riego, etc.

Los valores de nitratos no se muestran en estos cuadros porque éstos están muy correlacionados con las prácticas de manejo y fertilización de cada caso.

Hay algunos datos interesantes que se pueden rescatar, por ejemplo:

Los contenidos de fósforo de los suelos del NOA son muy superiores que los de la provincia de Santa Fe. A medida que nos desplazamos hacia el noroeste estos valores se incrementan significativamente. Una de las razones por lo que se manifiesta esta deficiencia en los suelos de Santa Fe es la continua explotación agrícola que tienen prácticamente todos los suelos de la región pampeana, en los cuales el P se ha ido consumiendo gradualmente hasta encontrarse en la actualidad en niveles cercanos a los críticos.

Mucho se ha hablado de las deficiencias de zinc y boro. Está claro que estos nutrientes son deficitarios en la mayoría de los suelos de la región pampeana. Esta situación se evidencia de la misma forma para el NOA y La Pampa para el caso del zinc, no así para el boro, en donde si comienzan a ser limitante el cobre y en algunos casos el manganeso. Sin embargo en algunas zonas de la Pampa Húmeda se manifiestan las deficiencias de cobre y manganeso.

Con respecto al potasio, normalmente se encuentra en abundantes cantidades en los suelos, sin embargo puede encontrarse en franco desequilibrio con el calcio y con el magnesio. Estos 3 nutrientes son antagonistas y compiten e interactúan entre sí, por lo que un desbalance a favor de alguno de ellos en detrimento de los otros dos producirá una deficiencia inducida, aunque los niveles en el suelo sean aparentemente satisfactorios. En Pampa Húmeda muchas veces esta situación hace que el magnesio y en alguna medida el calcio se encuentren desbalanceados. En otras zonas es el magnesio o alguno de los otros dos solamente. Esto hará que tengamos que tener en cuenta alguno de los mismos de acuerdo a la problemática que se plantee.

Así como estos ejemplos, se suceden otros tantos, que en definitiva van en detrimento de una práctica eficiente de la fertilización. Por ello para poder usar correctamente esta técnica, es muy importante remarcar nuevamente el valor del diagnóstico de suelos.

#### **Criterios a seguir para la Fertilización del Trigo que recomienda agroEstrategias:**

En función de lo explicado en los párrafos anteriores vamos a mencionar algunos criterios para el manejo de la nutrición del trigo, utilizando como herramienta la fertilización. Estos criterios son los utilizados por agroEstrategias y son los que mejores resultados nos ha permitido obtener.

- El trigo, como todas las gramíneas, es muy demandante de nitrógeno. Este es fundamental en todo el ciclo del cultivo. Si usamos el conocimiento del comportamiento del cultivo en cuanto a formación de componentes de rendimiento, deducimos que es fundamental durante las primeras etapas del ciclo, desde macollaje hasta aparición de la hoja bandera. De la misma forma que durante el período vegetativo el nitrógeno es fundamental, también lo es el zinc. Entre el nitrógeno y el zinc desarrollarán la parte aérea de la planta.
- La mejor forma de aprovechar el nitrógeno es dividiendo las aplicaciones de forma tal que al momento de la aparición de la hoja bandera ya esté incorporado al cultivo, ya que Prácticamente el 85% se consume hasta aparición de la espiga. Respecto al zinc, debe estar incorporado dentro de la planta durante el macollaje.
- Si el manejo del nitrógeno se realiza en forma desbalanceada respecto de los otros nutrientes, se producirá acumulación de nitratos en hojas que no serán aprovechados por la planta traduciéndose en una baja eficiencia de uso de este nutriente. Por otro lado, el exceso de nitrógeno acumulado en hojas es fuente de alimento para los hongos, por lo que se estará aumentando la susceptibilidad a enfermedades, atentando contra la calidad del grano. De la misma forma se hace al cultivo más susceptible al vuelco. El nitrógeno en exceso, acumulado en hoja como nitrato a la espigazón, atenta contra la formación de espigas pues se fomentará el crecimiento vegetativo por sobre el reproductivo.
- En cuanto al fósforo, este también se consume prácticamente durante el mismo período en que lo hace el nitrógeno, es decir macollaje-hoja bandera. El fósforo junto con el zinc serán los promotores de la formación de raíces, quienes son, en definitiva las que regulan la cantidad y calidad de la floración.
- El azufre, si bien no es tan relevante en el trigo, es importante considerarlo en aquellos casos en los que se plantee el doble cultivo trigo-soja, especialmente en zonas de suelos erosionados, de bajo contenido de materia orgánica o con muchos años de agricultura.
- Otro criterio a considerar es la calidad del cuaje, es decir el número de granos por espiga logrado. Nuevamente el fósforo cumple un rol fundamental, en este caso de la mano del boro y del zinc. El mejor momento para la aplicación del boro es en pre-floración.
- En la etapa de llenado la mayor incidencia la tiene el potasio. Pero en este caso, si el boro y el magnesio no se encuentran presentes y/o disponibles, este proceso de llenado no será tan eficiente.
- Si el objetivo es hacer proteína en grano, se deben considerar las aplicaciones de nitrógeno al inicio de la etapa de llenado.

#### **Resumen final**

No debe aplicarse el mismo criterio de fertilización del trigo en todas las regiones porque los suelos tienen características diferentes. De la misma forma no debería usarse el mismo tipo de fertilizante para dos situaciones diferentes. Para ello es fundamental un diagnóstico, el que se inicia con un **análisis de suelo**, herramienta fundamental a la hora de invertir en fertilización. Si el diagnóstico lo establece, deben respetarse las recomendaciones correspondientes, las que deben ser realizadas apuntando a un beneficio económico del uso de fertilizantes.

La fisiología del cultivo de trigo exige prestar atención a los momentos críticos en los que comienzan a diferenciarse los componentes de rendimiento (macollaje, encañazón, aparición de la hoja bandera, floración), teniendo siempre presente que no es sólo nitrógeno y fósforo lo que la planta necesita para potenciar esa diferenciación, más aún cuando en los suelos siempre se presentan deficiencias de otros nutrientes.

De todos modos, en la medida que entendamos el comportamiento de la planta y consideremos a la nutrición de los cultivos como una inversión y no como un gasto, estaremos en condiciones de optimizar el uso de la fertilización como herramienta maximizadora de la rentabilidad del cultivo.