

Balance de nitrógeno para el cálculo de la dosis de fertilizante en trigo

Juan M. Martínez, Matías Duval, María R. Landriscini, Fernando López y Juan A. Galantini

En las regiones semiárida y subhúmeda con suelos de texturas gruesas y bajos niveles de materia orgánica, no existe información disponible sobre la mineralización del nitrógeno proveniente de la descomposición de los residuos y de la materia orgánica del suelo para la aplicación del método de balance de nitrógeno como una herramienta en la recomendación de fertilizantes.



Es necesario conocer la dinámica del nitrógeno (N) debido a su importancia en la sostenibilidad de los sistemas productivos (Martínez et al., 2015a,b; 2016 a,b). En el manejo eficiente del N es necesario un correcto diagnóstico de la necesidad de fertilización para optimizar la nutrición nitrogenada de los cultivos. La variabilidad de los rendimientos en las regiones semiárida y subhúmeda obliga a un correcto diagnóstico de la fertilización para maximizar la relación costo-beneficio, evitando problemas económicos y ambientales. En estos ambientes con limitaciones climáticas la oferta de N del suelo proviene de la mineralización del N orgánico, residuos de cosecha, enmiendas orgánicas, además del N inorgánico remanente de otros años (St. Luce et al., 2011). La mineralización de N proviene principalmente de la materia orgánica (MO) del suelo, proporcionando del 50 al 80% de las necesidades de N de los cultivos, que pueden liberar o retener al N para aumentar la productividad en el corto plazo o la conservación del sistema a largo plazo.

Los suelos del sudoeste bonaerense se caracterizan por texturas gruesas y bajos niveles de materia orgánica (Martínez et al., 2016b). Además, existe escasa información sobre la mineralización del nitrógeno proveniente de la MO del suelo, para aplicar el balance de N como herramienta en la recomendación de fertilizantes. Generalmente, los productores aplican bajas dosis de N, sin realizar previamente un muestreo de suelos para la evaluación de la fertilidad. Se podría esperar un aumento del rendimiento si se desarrollaran estrategias de recomendación de fertilización precisas para la región que permitan evaluar si los balances de N son positivos o negativos. El balance de N evalúa la oferta de N por el suelo y la demanda por el cultivo. Es uno de los métodos más aceptados para cuantificar la dinámica del N en el sistema suelo-planta y simula procesos de ganancias, pérdidas y transformaciones del elemento en el sistema (García & Davedere, 2007). Sin embargo, surge la incertidumbre sobre la cuantificación de la mineralización de N en estos suelos. Para un cultivo de ciclo

anual, el balance general de N en el suelo se calcula según la siguiente ecuación (Meisinger, 1984):

$$Nf+Na+Nmo+Nii=Np+Ng+Ne+NI+Niin+Nif$$

Nf: N aportado por fertilizante

Ng: N perdido en forma gaseosa

Na: N aportado de fijación biológica

NI: N perdido por lavado

Nmo: N mineralizado de la materia orgánica

Ne: N perdido por erosión

Nii: N inorgánico inicial

Niin: N inorgánico inmovilizado

Np: N absorbido por la planta

Nif: N inorgánico en cosecha

A partir de este balance propuesto, Meisinger (1984) sugirió que los principales componentes de entrada de N tienen diferente eficiencia de uso (eficiencia del Nii (EF-Nii), de la mineralización (EF-Nmo y del Nf (EF-Nf) por lo que a partir del balance se podría calcular la necesidad de fertilizante nitrogenado a partir de la siguiente ecuación (Salvagiotti et al., 2008):

$$Nf = \frac{Np - (Nmo * EF - Nmo) - (Nii * EF - Nii)}{(EF - Nf)}$$

La mayoría de las estimaciones de la contribución de N por mineralización del suelo, se basan en las incubaciones aeróbicas durante largos períodos (Stanford & Smith, 1972). Una de las principales desventajas de estas metodologías es que demanda mucho tiempo operativo (Walley et al., 2002). Permite determinar la fracción del N del suelo que es susceptible de ser transformada a formas minerales, también denominada N potencialmente mineralizable (Martínez et al., 2017; Martínez & Galantini, 2017). Esta fracción del N orgánico se considera una estimación estandarizada de la máxima mineralización que podría producirse en el suelo. Se han desarrollado diversos métodos químicos y biológicos (Griffin, 2008; Martínez & Galantini, 2017), rápidos y sencillos para identificar el potencial de mineralización proveniente del N orgánico, con distintos niveles de éxito. Entre ellos, las incubaciones anaeróbicas de suelo (Nan) son importantes debido a la sensibilidad del método para observar cambios que se producen en el suelo debido al manejo (Fabrizzi et al., 2003). Además, sus valores se asemejan a los obtenidos por incubaciones aeróbicas de largo plazo, por lo que el Nan ha sido propuesto como el mejor indicador del N potencialmente mineralizable (Martínez et al., 2017). El objetivo de este trabajo fue estimar las dosis de fertilizante nitrogenado a partir de balances de masa de N durante dos años en sitios con diferencias edafoclimáticas.

Aspectos metodológicos

Durante 2010 y 2011 se seleccionaron dos sitios (Las Oscuras, LO y Tornquist, T) bajo siembra directa, pertenecientes a productores de la Regional AAPRESID Bahía Blanca. Se seleccionaron cinco lotes en LO y tres en T. Los lotes seleccionados fueron destinados al

cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.). Los mismos se ubican en el sudoeste bonaerense, dentro de lo que comprende la región semiárida y subhúmeda. Se tomaron muestras compuestas de suelos al momento de la siembra y cosecha del trigo en las profundidades 0-20 cm y 20-60 cm en ambos años. Algunas de las propiedades edáficas químicas y físicas de los lotes seleccionados para el 2010 se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas y físicas de los lotes muestreados por sitio en 2010 en la capa de 0-20 cm.

Sitio	Lote	COT	Pe	pH	Textura
		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
LO	A	7,4	15	6,3	Arenosa franca
	B	13,3	16	6,2	Franca
	C	14,8	13	6,2	Franca
	D	10,8	19	6,0	Franca arenosa
	E	7,0	13	6,1	Arenosa franca
T	A	16,2	13	6,4	Franca
	B	23,0	15	6,4	Franca
	C	23,1	26	6,8	Franca

COT, carbono orgánico total; Pe, fósforo extraíble.

En madurez fisiológica del trigo se cosechó la biomasa aérea total, se determinó rendimiento en grano, N en el grano y N en paja. El N del suelo proveniente de la mineralización de la MO, se cuantificó a partir de incubaciones anaeróbicas del suelo (Nan) (Waring & Bremner, 1964) sobre las muestras obtenidas de la profundidad 0-20 cm. Para la conversión de concentración a cantidad se utilizó una densidad aparente de 1,3 Mg m⁻³.

Para calcular la cantidad de fertilizante nitrogenado a aplicar se utilizó el balance de masa (Meisinger, 1984). Como eficiencia del N inorgánico inicial, de mineralización y de fertilizante se tomaron los valores propuestos por la bibliografía (EF-Nii=0,5 y EF-Nmo=0,6 y EF-Nf=0,65). Como fuente del fertilizante nitrogenado se usó urea granulada (46-0-0).

Resultados y discusión

En ambos sitios y años se observó una concentración otoño-estival de las precipitaciones y alta variabilidad (Figura 1), tanto en la cantidad total como en la distribución mensual, siendo una característica de estos sitios del sudoeste bonaerense (Landriscini et al., 2015; Martínez et al., 2015a; Martínez et al., 2017). Los rendimientos hallados en cada sitio y lote fueron variables de acuerdo al año estudiado (Figura 1). En LO se observaron los mayores rendimientos para el año 2010, mientras que en los lotes seleccionados en T los mayores rendimientos se determinaron en 2011, a excepción del lote A. La variabilidad obtenida en

los rendimientos es una situación usual en estas regiones con limitantes hídricas, por lo que el cálculo de la eficiencia del fertilizante cobra gran relevancia.

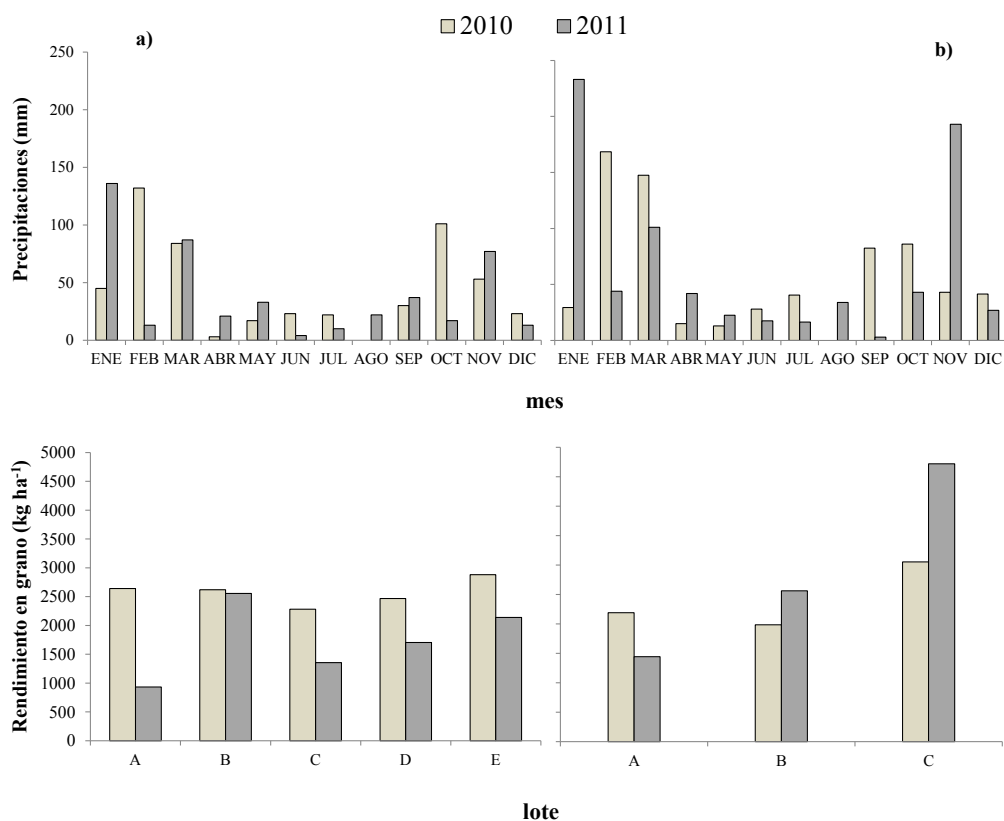


Figura 1. Precipitación mensual y rendimientos de trigo para a) Las Oscuras y b) Tornquist en 2010 y 2011.

A partir de los datos obtenidos, la necesidad de fertilizante (urea) fue variable, sin una tendencia firme y dependiendo principalmente de la absorción de N por el cultivo y del N inorgánico al momento de la siembra (Tabla 2). En los dos años se observaron diferencias, confirmando la tendencia anterior y demostrando el efecto de la variabilidad climática, que produjo sobre el cultivo una diferente absorción de N. Debido a que se consideran insignificantes las pérdidas de N en estos suelos por las condiciones climáticas, el método del balance de N sería una herramienta certera para calcular la necesidad de fertilizante a aplicar. Sin embargo, la variabilidad anual de todos los factores del balance de masa, indica que la estrategia de fertilización debería ser ajustada anualmente de acuerdo a un potencial de rendimiento del cultivo.

Tabla 2. Necesidad de N y fertilizante en forma de urea (46-0-0) para trigo, estimados a partir del balance de masa de nitrógeno (Nf) por cada establecimiento, lote y año.

Año	Sitio	Lote	Nii	Nmo	Np	Necesidad de N	Urea a aplicar
			(kg ha ⁻¹)				
2010	LO	A	18	60	91	70	153
		B	76	42	100	57	124
		C	26	59	76	43	92
		D	41	62	94	56	121
		E	24	61	100	80	174
	T	A	55	59	31	0	-
		B	41	52	87	55	119
		C	29	96	40	0	-
2011	LO	A	37	132	65	0	-
		B	55	110	70	0	-
		C	67	56	73	9	19
		D	45	62	64	7	16
		E	50	137	107	0	-
	T	A	26	68	43	0	-
		B	14	123	87	11	23
		C	54	121	124	37	82

LO, Las Oscuras; T, Tornquist. Nii, N inorgánico al momento de la siembra; Nmo, N proveniente de la mineralización; Np, N absorbido por la planta en madurez fisiológica. $Nf = (Np + (Nmo * Ef - Nmo) - (Nii * Ef - Nii)) / Ef - Nf$

Conclusiones

El método del balance de N permite cuantificar de manera certera la necesidad de N de fertilizante, debido a que explica mayormente la dinámica del N dentro del sistema suelo-planta, especialmente cuando las pérdidas de N pueden considerarse despreciables. A pesar de la precisión en la determinación de la necesidad de fertilizante, la variabilidad encontrada en estas zonas no hace posible establecer una única dosis de fertilizante para todos los años.

Es importante conocer el nitrógeno inorgánico al momento de la siembra, así como el N que se mineraliza durante la estación de crecimiento en cada lote para mejorar el diagnóstico y optimizar la dosis de fertilizante a aplicar.

Es necesario repetir estos estudios durante muchos años para plantear estrategias de fertilización que permitan incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno, favoreciendo los márgenes económicos y reduciendo los riesgos ambientales por el uso irracional.

Bibliografía consultada

- Fabrizzi K.; A. Morón; F. Garcia. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. Non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 1831-1841.
- García F.O.; I. Daverede. 2007. Diagnóstico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés económico. En: Yamada, T et al. (eds.). *Nitrogenio e enxofre na agricultura brasileira*. Pp. 277-320. IPNI Brasil. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.
- Griffin, TS. 2008. Nitrogen availability. En: Schepers JS et al.(eds.) *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy Monograph 49. 616-646. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA
- Landriscini M.R.; J.M. Martínez; J.A. Galantini. 2015. Fertilización foliar con nitrógeno en trigo en el sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo*, 33, 186-193.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini. 2017. A Rapid Chemical Method for Estimating Potentially Mineralizable and Particulate Organic Nitrogen in Mollisols. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* 48, 113-123.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.E. Duval; F.M. López. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semi-humid climate of Argentina: A long-term field study. *Soil & Till. Res.* 169, 71-80.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.R. Landriscini. 2015a. Diagnóstico de fertilidad nitrogenada en el sudoeste bonaerense mediante el uso de un clorofilómetro en trigo. *Ci. Suelo* 33, 31-43.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.R. Landriscini. 2015b. Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de Buenos Aires (Argentina): efectos de la dosis y momento de aplicación. *Agriscientia* 32, 15-28.
- Martínez J.M.; J.A. Galantini; M.E. Duval; F.M. López. 2016a. Indicadores edáficos de la calidad de suelos con trigo bajo siembra directa en el sudoeste bonaerense. *Rev. Ci. Agron.* XXVI, 23-31.
- Martínez J.M.; M.R. Landriscini; G.V. Minoldo; J.A. Galantini. 2016b. Uso de un clorofilómetro para el diagnóstico de fertilización nitrogenada en la región del sudoeste bonaerense en trigo de secano sobre dos antecesores. *Rev. Ci. Agron.* XXVIII, 35-45.
- Meisinger J.J. 1984. Evaluating plant-available nitrogen in soil crops system. En: Hauck,R.D. (ed) *Nitrogen in Crop Production*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin, pp. 391-416.
- Salvagiotti F.; H. Pedrol; J. Castellarín. 2008. Utilizacion del metodo del balance de nitrogeno para la recomendacion de la fertilizacion nitrogenada en maíz. *Infom. Agron.* IPNI 38: 11-13.
- St. Luce M.; J.K. Whalen; N. Ziadi; B.J. Zebarth. 2011. Nitrogen dynamics and indices to predict soil nitrogen supply in humid temperate soils. *Adv. Agron.* 112, 55-102.
- Stanford G.; S. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36, 465-472.
- Walley F.; T. Yates; J.W. Groenigen; C. van Kessel. 2002. Relationship between soil nitrogen availability indices, yield, and nitrogen accumulation of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1549-1561.
- Waring S.A.; J.M. Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201, 951-952.