

## Ajuste en la Estimación de los Requerimientos de Nitrógeno del Cultivo de Maíz en la Pampa Ondulada

Steinbach HS; Alvarez R; Roveri A; Salas J; Montané O; Grigera S  
Trabajo presentado en Congreso Nacional de Maíz

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue mejorar la estimación de requerimientos de nitrógeno del cultivo de maíz para cuantificar la dosis de fertilizante por el método del balance de nitrógeno en la Pampa Ondulada. Se llevaron a cabo 35 experimentos a campo a lo largo de la estación de crecimiento. Se establecieron dos parcelas en cada campo, una fertilizada con la dosis de nitrógeno usada por el agricultor y la otra sin fertilización nitrogenada. Los cultivos de maíz incluían lotes con siembra directa y lotes con laboreo, generando 70 combinaciones de año x sitio x manejo. Al estado de madurez del cultivo se cuantificaron biomasa aérea y de raíces. También se determinó la concentración de nitrógeno. Estos resultados se utilizaron para calcular

- N absorbido: nitrógeno en grano + paja + raíces + rizodeposición (kg N ha<sup>-1</sup>);
- Eficiencia de conversión: eficiencia de conversión de nitrógeno: (kg MS grano/kg N absorbido);
- Índice de cosecha de materia seca: MS grano/MS biomasa aérea;
- Índice de cosecha de nitrógeno: N grano/N biomasa aérea .

Se encontró una relación negativa ( $R^2=0.52$ ) entre la eficiencia en el uso de nitrógeno y el nitrógeno absorbido por el cultivo. El índice de cosecha para materia seca no fue modificado por el nitrógeno absorbido por el cultivo, en promedio fue de 0.51, y el índice de cosecha para nitrógeno, bajó a medida que la absorción de N aumentaba. La concentración de nitrógeno en grano y paja fue mayor a medida que la absorción de N por el cultivo aumentaba. El coeficiente b promedió entre 15-27 kg N t<sup>-1</sup> de grano con un valor medio de 19 kg N t<sup>-1</sup> de grano, y se correlacionó con la absorción de N del cultivo ( $R^2=0.54$ ). El rendimiento en grano también se correlacionó con la absorción de N ( $R^2=0.83$ ) y se obtuvo una regresión lineal: absorción de N = 23 \* rendimiento en grano (t ha<sup>-1</sup>) - 45. La relación entre la estimación del nitrógeno absorbido por el cultivo con el valor promedio del coeficiente b (19 kg N t<sup>-1</sup> grano) y el N absorbido, mostraron que los requerimientos de N del cultivo estaban sobrestimados (10 kg N ha<sup>-1</sup>) para bajos rendimientos (8 t grano ha<sup>-1</sup>) y estaban subestimados (25 kg N ha<sup>-1</sup>) para rendimientos mayores (16 t grano ha<sup>-1</sup>). Proponemos utilizar el modelo desarrollado para la absorción de N para estimar los requerimientos de N y de esa manera mejorar las recomendaciones de fertilización nitrogenada.

**Keyword:** corn, nitrogen uptake, nitrogen use efficiency, nitrogen balance sheet method.

**Palabras clave:** maíz, nitrógeno absorbido, eficiencia de conversión de nitrógeno, balance de nitrógeno

### Introducción

La recomendación de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz por el método del balance de nitrógeno requiere de la estimación del nitrógeno absorbido por el cultivo (N absorbido). La cuantificación del N absorbido, se realiza generalmente estimando un rendimiento objetivo, que varía para cada situación, afectado por el coeficiente b (requerimiento de nitrógeno por unidad de rendimiento). Andrade et al. (1996) y Alvarez, (1999) han propuesto un valor fijo para el coeficiente b de 20 y 22 kg N t<sup>-1</sup> grano, (14 % agua) respectivamente, que considera el nitrógeno en raíces. Sin embargo, otros autores han estimado el coeficiente b sin considerar el nitrógeno de las raíces y han observado que bajo un amplio rango de oferta de nitrógeno del suelo y ambientes variables el coeficiente b es variable (Ruiz et al. 1997, Di Nápoli y Gonzalez Montaner, 1997). En un caso (Di Nápoli y Gonzalez Montaner, 1997) se ha propuesto un valor del coeficiente b de 18 kg N t<sup>-1</sup> grano (ajustado a 14 % de agua) como promedio de situaciones con respuesta a la fertilización y de 21 kg N t<sup>-1</sup> grano (ajustado a 14 % de agua) en promedio de las situaciones sin respuesta. Ruiz et al. (1997) proponen un valor promedio de 22 kg N t<sup>-1</sup> grano (ajustado a 14 % de agua) hasta una absorción de N de 240 kg N ha<sup>-1</sup>, mostrando que por arriba de dicha absorción el coeficiente b varía entre 22 y 30 kg N t<sup>-1</sup> grano (ajustado a 14 % de agua). Estas diferencias pueden determinar errores en el cálculo del nitrógeno absorbido por el cultivo dando una recomendación de fertilizante menor o mayor a la realmente requerida. En este trabajo se propone estudiar el comportamiento del coeficiente b del cultivo de maíz en lotes de producción de la Pampa Ondulada bajo un amplio rango de condiciones ambientales y de manejo, con el objetivo de mejorar la estimación de los requerimientos de nitrógeno del cultivo de maíz para el cálculo más ajustado de la dosis fertilizante nitrogenado a aplicar.

### Materiales y Métodos

Se seleccionaron 35 lotes de producción de maíz en establecimientos de productores ubicados en el norte de la Provincia de Buenos

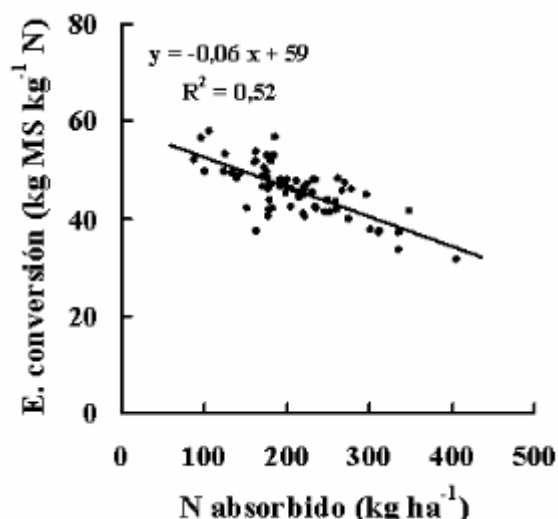
Aires durante las campañas 2000-01, 2001-02 y 2002-03. Los lotes presentaban una amplia gama de condiciones de textura, materia orgánica y manejo (ver Tabla 1, Alvarez et al. 2005). En todos los casos el cultivo antecesor fue soja, estando 18 de los lotes bajo labranza (arado de reja o rastra de disco) y 17 bajo siembra directa). En cada lote al estado de 2-4 hojas del maíz se establecieron parcelas de 500 m<sup>2</sup> divididas en dos franjas, una no fertilizada y la otra fertilizada con la dosis aplicada por el productor. Los muestreos de suelo y determinaciones realizadas fueron descriptas en Alvarez et al. (2005). Al estado de madurez del cultivo se cosecharon 10 plantas por parcela y se tomaron muestras de suelo con barreno hasta los 30 cm de profundidad en la hilera y a distintas distancias del surco para evaluar la masa de raíces. Las plantas se secaron en estufa, se separó el grano y se determinó la masa y contenido de nitrógeno en grano y paja. Para el cálculo del N absorbido se estimó que las raíces de 0-30 cm representaban el 80 % del total de raíces del cultivo (Molina et al. 2001) y que la rizodeposición de nitrógeno era equivalente al 4% del nitrógeno encontrado en madurez en raíces + parte aérea (Balesdent et al. 1992). Con estas determinaciones se calcularon las siguientes variables:

1. N absorbido: nitrógeno en grano + paja + raíces + rizodeposición (kg N ha<sup>-1</sup>)
2. Eficiencia de conversión: eficiencia de conversión de nitrógeno: (kg MS grano/kg N absorbido)
3. ICMS: Índice de cosecha de materia seca: MS grano/MS biomasa aérea
4. ICN: Índice de cosecha de nitrógeno: N grano/N biomasa aérea
5. Coeficiente b: requerimiento de nitrógeno por unidad de rendimiento (14 % de agua): (kg N absorbido/kg grano).

Con las variables obtenidas se establecieron relaciones por regresión simple seleccionando los modelos por el R<sup>2</sup> y el nivel de significancia se probó por la F (P= 0.01).

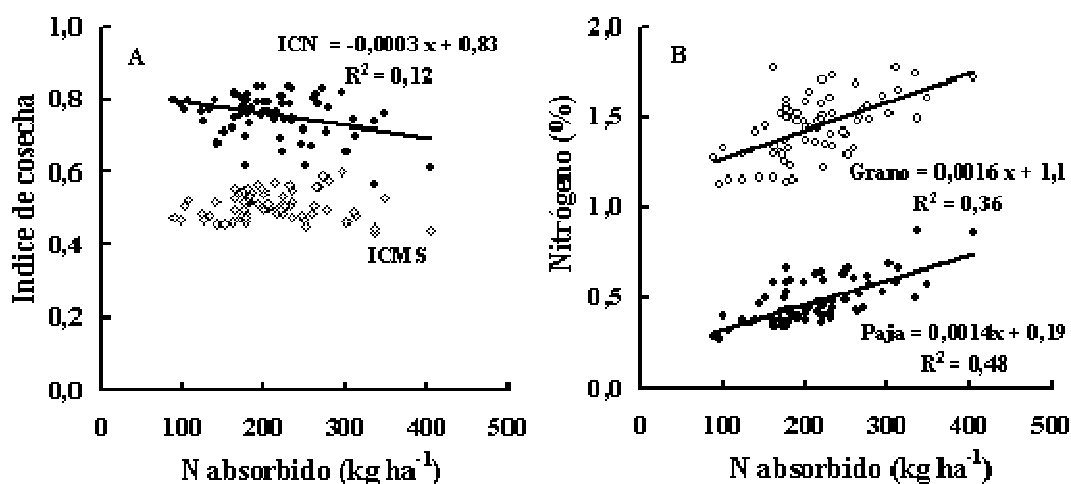
### Resultados y discusión

La absorción de nitrógeno del cultivo varió entre 88 y 405 kg N ha<sup>-1</sup> con un promedio de 210 kg N ha<sup>-1</sup> con rendimientos entre 4,6 a 14,5 t MS ha<sup>-1</sup>. La eficiencia de conversión de N se relacionó negativamente con el N absorbido (Figura 1), presentando un amplio rango de variación entre 32 y 58 kg MS kg<sup>-1</sup> N. El cultivo fue menos eficiente en convertir materia seca en grano cuanto mayor fue el N absorbido.



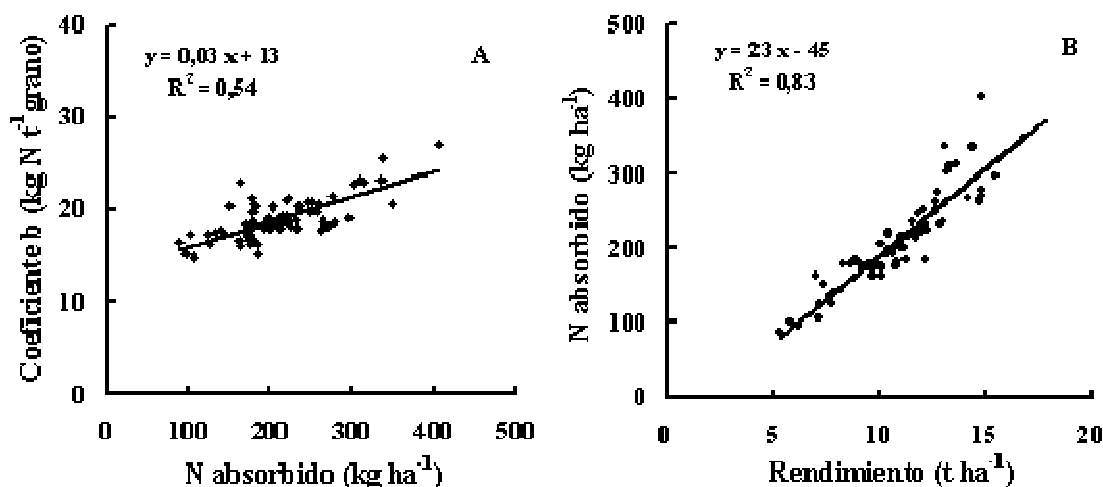
**Figura 1.** Relación entre la eficiencia de conversión de nitrógeno y el nitrógeno absorbido en madurez fisiológica.

El ICMS no mostró relación con el N absorbido, presentándose relativamente constante en todo el rango de absorción de N, con un valor promedio de 0,51. El ICN mostró una débil relación negativa con el N absorbido (Figura 2A). La concentración de nitrógeno en grano y en paja aumentó con el N absorbido (Figura 2B).



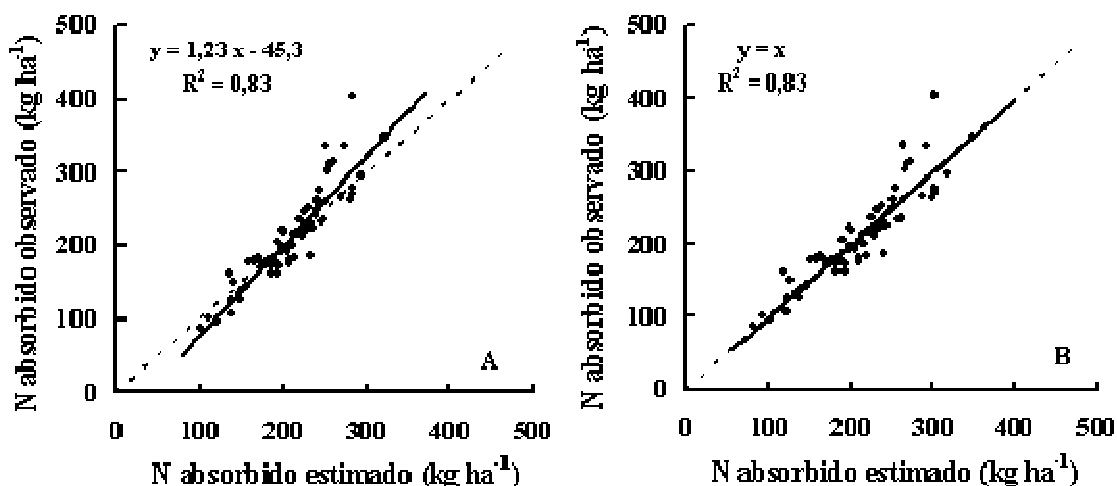
**Figura 2. A.** Índice de cosecha de materia seca (ICMS) y nitrógeno (ICN) en función del N absorbido en madurez. Puntos llenos ICN, puntos vacíos ICMS.  
**B.** Concentración de nitrógeno en grano y paja en función del N absorbido en madurez. Puntos vacíos concentración de N en granos y puntos llenos concentración de N en paja.

El coeficiente b presentó un amplio rango de variación entre 15 y 27 kg N t<sup>-1</sup> grano con un valor medio de 19 kg N t<sup>-1</sup> grano relacionándose en forma positiva con el N absorbido (Figura 3A). La relación entre N absorbido y rendimiento fue muy estrecha ( $R^2$  0,83) pudiéndose ajustar una función lineal con ordenada negativa y significativa, indicando un impacto distinto del N absorbido para bajos y altos rendimientos (Figura 3B).



**Figura 3. A.** Relación entre el coeficiente b y el N absorbido a madurez.  
**B.** Relación entre el N absorbido y el rendimiento en grano (14 % de agua).

Para evaluar el efecto de utilizar un coeficiente b fijo en la estimación del N absorbido por el cultivo, se graficó el N absorbido estimado, calculado con el valor promedio del coeficiente b de todas las situaciones (19 kg N t<sup>-1</sup> grano) y se lo correlacionó con el N absorbido observado (Figura 4A). La utilización de un coeficiente fijo mostró que para las situaciones con rendimientos bajos (8 t grano ha<sup>-1</sup>), se produce una sobrestimación del N absorbido de 10 kg N ha<sup>-1</sup> y por el contrario una subestimación del N absorbido de aproximadamente 25 kg N ha<sup>-1</sup> para rendimientos altos, (16 t grano ha<sup>-1</sup>). Utilizando la ecuación obtenida en la Figura 3B fue posible predecir en forma más ajustada el requerimiento de nitrógeno del cultivo (Figura 4B).



**Figura. 4. A.** Relación entre el nitrógeno absorbido en madurez del cultivo observado y el nitrógeno absorbido estimado con el coeficiente b fijo.  
**B.** Nitrógeno absorbido en madurez observado en función del nitrógeno absorbido estimado utilizando la ecuación de la Figura 3B para el cálculo del requerimiento de nitrógeno. Líneas de puntos representa la relación 1:1.

Estos resultados muestran que el coeficiente b del cultivo de maíz es muy variable. El valor promedio obtenido (19 kg N t<sup>-1</sup> grano) es inferior al promedio reportado en trabajos previos. La utilización de valores fijos conduce a errores en el cálculo del requerimiento de nitrógeno del cultivo. En este sentido proponemos estimar el requerimiento de N del maíz para el cálculo de la dosis de fertilizante a aplicar por el método de balance la siguiente ecuación:

$$N \text{ absorbido} = 23 * \text{rendimiento (t grano ha}^{-1}\text{)} - 45$$

#### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado con el subsidio del proyecto UBACYT G.004.

#### Bibliografía

- Alvarez R. 1999. Uso de modelos de balance para determinar los requerimientos de fertilizante nitrogenado de trigo y maíz. EUDEBA, Buenos Aires.
- Andrade F.H, H.E. Echeverría, N.S. González, S. Uhart y N. Darwich. 1996. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín técnico N° 134. INTA.
- Alvarez R., H.S. Steinbach, A. Roveri, J. Salas, O. Montane, S. Grigera. 2005. Aporte de nitrógeno al maíz desde los componentes orgánicos del suelo en la Pampa Ondulada. VIII Congreso Nacional de Maíz (Arg.)
- Balesdent J., and M. Balabane 1992. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural <sup>13</sup>C abundance. Soil Biol. Biochem. 24:97-101.
- Di Napoli M.R. y J.H. Gonzalez Montaner. 1997. Parámetros del modelo de balance de nitrógeno para el cultivo de maíz en el sur de la provincia de Santa Fé. VI Congreso Nacional de Maíz (Arg.) 3: 166-172.
- Molina J.A.E., C.E. Clapp, D.R. Linden, R.R. Allmaras, M.F. Layese, R.H. Dowdy, H.H. Cheng. 2001. Modeling the incorporation of corn (*Zea mays* L.) carbon from roots and rhizodeposition into soil organic matter. Soil Biol. Biochem. 33: 83-92.
- Ruiz R.A., E.H. Satorre, G.A. Maddonni, D. F. Calderini, D.J. Miralles, J. Cárcova y M.R. Di Nápoli. 1997. Bases funcionales de la respuesta a la fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en el norte de la provincia de Buenos Aires. VI Congreso Nacional de Maíz (Arg.) 3: 121-128.