

# ¿ES POSIBLE CARACTERIZAR EL ESTATUS NITROGENADO EN MAÍZ CON EL MEDIDOR DE CLOROFILA SI HAY UNA DEFICIENCIA DE AZUFRE?

Agustín Pagani; Hernán E. Echeverría; Fernando H. Andrade y Hernán R. Sainz Rozas

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce  
CC 720 – (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina  
paganiagustin@hotmail.com

## Introducción

El nitrógeno (N) es un nutriente fundamental en la producción de maíz, ya que es uno de los principales determinantes del rendimiento del cultivo (Uhart y Andrade, 1995). Para este nutriente se han desarrollado numerosos métodos de diagnóstico basados en el análisis de muestras de suelo (Uhart y Echeverría, 2002) y de material vegetal (Sainz Rozas *et al.*, 2001). Si bien con los primeros se pueden realizar adecuados diagnósticos de requerimientos de N, los métodos en material vegetal presentan la ventaja de integrar factores climáticos, edáficos y propios del cultivo (Echeverría y Sainz Rozas, 2005). Estos análisis se basan en la determinación de alguna forma de N dentro de la planta. Una alternativa superadora a tales métodos lo constituye el empleo de instrumentos portátiles que permiten cuantificar la intensidad de color verde de las hojas, disminuyendo el esfuerzo requerido para la toma de la muestra, el procesamiento de la misma y el análisis de laboratorio. La intensidad de color verde de la hoja está relacionada con su contenido de clorofila, el que a su vez se asocia con la concentración de N foliar (Wolfe *et al.*, 1988). El instrumento más difundido es el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® que determina un indicador llamado índice de verdor (IV). El empleo de esta herramienta ha sido de utilidad en numerosos cultivos, especialmente en estadíos avanzados de desarrollo (Blackmer y Schepers, 1995; Sainz Rozas y Echeverría, 1998).

En la práctica, es necesario relativizar las lecturas absolutas de este instrumento debido a la diferente coloración de los genotipos de maíz y a las diferentes condiciones ambientales que pueden influir en la coloración del canopeo (Schepers *et al.*, 1992; Jemison y Litle, 1996). Para evitar estas interferencias es necesario establecer un área dentro del lote con N no limitante, como una referencia del máximo valor de IV, a fin de relativizar las lecturas absolutas a través de un índice de suficiencia de nitrógeno (ISN). Por otra parte, en el norte y noreste de la Región Pampeana se han determinado deficiencias de azufre (S) en algunos cultivos (Martínez y Cordone, 1998; Ventimiglia, 2005), hecho que se manifestó en los últimos años en el sudeste Bonaerense para el trigo (Reussi Calvo *et al.*, 2006). Si bien para el maíz no se habían determinado respuestas generalizadas en rendimiento por el agregado de S (Echeverría, 2002),

recientemente Pagani *et al.* (2009) han reportado moderadas respuestas a su agregado. La deficiencia de S provoca un leve amarillamiento de las hojas, lo que probablemente disminuya las lecturas de IV y, por lo tanto, la colimitación de N y S podría derivar en situaciones en las que resulte inviable el empleo del ISN para determinar el estatus nitrogenado del cultivo. De todas maneras, no se han encontrado trabajos que señalen la utilidad de este índice cuando dichos nutrientes se encuentran en niveles limitantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la utilidad del ISN y de un nuevo índice, también basado en la intensidad de color verde de las hojas, para detectar deficiencias de N en el cultivo de maíz ante una deficiencia de S.

## Materiales y métodos

Se realizaron cuatro experimentos en dos localidades de la Región Pampeana Argentina durante las campañas 2005-06, 2006-07 y 2007-08. En la campaña 2005-06 se empleó un experimento de larga duración en la Estación Experimental INTA de Balcarce en adelante denominado Balcarce I (Bce I), mientras que en la campaña 2006-07 se realizaron dos experimentos, uno en el mismo sitio denominado Balcarce II (Bce II) y otro en la localidad de 9 de Julio denominado 9 de Julio I (9dJ I). Durante la campaña 2007-08 se condujo un cuarto experimento en 9 de Julio, en adelante denominado 9 de Julio II (9dJ II). Los experimentos se realizaron en los siguientes suelos: Bce I y Bce II en un Argiudol típico, 9dJ I en un Hapludol típico y 9dJ II en un Hapludol. Algunas características de los suelos de los tres experimentos a la siembra del maíz son presentadas en la Tabla 1. Todos los ensayos fueron fertilizados con 20-30 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P), asegurando una elevada disponibilidad. La fuente de N, P y S fue urea granulada (46-0-0), superfosfato triple de calcio (0-20-0) y sulfato de calcio (20% S, 16% Ca), respectivamente. En Bce I se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El arreglo fue en parcelas divididas, en donde la parcela principal fueron dos sistemas de labranza, convencional (LC) y directa (SD), y la subparcela cuatro tratamientos de fertilización. Estos últimos fueron: testigo (T), azufre (S), nitrógeno (N) y nitrógeno más azufre (NS); di-

chos nutrientes fueron agregados en cantidades no limitantes (N: 125 kg ha<sup>-1</sup> y S: 15 kg ha<sup>-1</sup>). En Bce II, 9dJ I y 9dJ II, el sistema de labranza utilizado fue SD y se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (tres repeticiones) con un arreglo factorial de los tratamientos. Los factores utilizados fueron N, con niveles de 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> para Bce II y 0, 60, 120 kg ha<sup>-1</sup> para 9dJ I y 9dJ II; y S, con niveles de 0, 8 y 16 kg ha<sup>-1</sup> para Bce I y 9dJ I y 0, 5, 10 y 20 kg ha<sup>-1</sup> para 9dJ II.

Se realizaron determinaciones de IV (30 lecturas por parcela) con el medidor de clorofila Minolta SPAD 502® en los momentos de: 51, 55, 62, 71 y 76 días después de la emergencia (DDE) en Bce I (V7, V8, V11, V13 y V15, respectivamente); 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE en Bce II (V5, V8, V12, V13, V16 y R2, respectivamente); 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE en 9dJ I (V5, V6, V11, V13, V18 y R2, respectivamente); y 37, 43, 56, 63, 73 y 80 DDE en 9dJ II (V6, V7, V11, V14, V18 y R2, respectivamente). Dichas determinaciones se realizaron en la última hoja expandida, aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice y a la mitad de la distancia entre el borde la hoja y la nervadura central (Blackmer y Schepers, 1995). El índice de suficiencia de N (ISN) se construyó de la siguiente manera:

$$ISN = IV_{\text{lot}} / IV_{\text{max}}$$

donde:  $IV_{\text{lot}}$ : IV de los tratamientos con N eventualmente limitante

$IV_{\text{max}}$ : IV de los tratamientos con N no limitante.

Un nuevo índice denominado índice de verdor relativo fue calculado como:

$$IVR = IV_{\text{lot}} / IV_{\text{NS}}$$

donde:  $IV_{\text{lot}}$ : IV de los tratamientos con N eventualmente limitante

$IV_{\text{max}}$ : IV de los tratamientos con NS no limitante.

Se determinó rendimiento en grano expresado a 14% de humedad. Se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno (RR N) de la siguiente manera:

$$RR N = Rto_{\text{lot}} / Rto_{\text{max}}$$

donde:  $Rto_{\text{lot}}$ : rendimiento de los tratamientos con N eventualmente limitante

$Rto_{\text{max}}$ : rendimiento de los tratamientos con N no limitante.

Además, se calculó el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) como:

$$RR NS = Rto_{\text{lot}} / Rto_{\text{NS}}$$

donde:  $Rto_{\text{lot}}$ : rendimiento de los tratamientos con N eventualmente limitante

$Rto_{\text{max}}$ : rendimiento de los tratamientos con NS no limitante.

El RR N y el ISN, así como el RR NS y el IVR fueron calculados de manera análoga, es decir que los mismos tratamientos fueron utilizados como denominadores de ambos pares de índices.

Se realizaron análisis de varianza y de regresión lineal simple utilizando los procedimientos GLM y REG, respectivamente, incluidos en las rutinas del programa Statistical Analysis System. Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas, se empleó el

Test de la diferencia mínima significativa (LSD). Para la comparación entre dos medias y entre dos rectas de regresión, se utilizó el Test de comparación de medias (t de Student) y el análisis de coincidencia y paralelismo, respectivamente (SAS Institute, 1996). En todos los análisis realizados se utilizó un nivel de significancia del 5%.

## Resultados y discusión

### Evolución de las precipitaciones

En Bce I y 9dJ I, las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo de maíz tuvieron una adecuada distribución, totalizando 490 y 594 mm, respectivamente, por lo que la disponibilidad de agua no habría limitado en forma significativa el crecimiento del cultivo. Por su parte, en Bce II y 9dJ II, las precipitaciones totales alcanzaron 522 y 453 mm pero con una inadecuada distribución, ya que éstas no fueron abundantes alrededor de la floración del cultivo, situación que condicionó el rendimiento en ambos experimentos.

### Rendimiento en grano

No se determinó interacción N x S sobre los rendimientos de ninguno de los cuatro ensayos. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el norte de la Provincia de Buenos Aires (Ferraris y Couretot, 2006).

En Bce I se registró un efecto significativo del sistema de labranza ( $p < 0.01$ ), siendo mayores los rendimientos bajo LC que bajo SD (Tabla 2), resultados que coinciden con los de Dominguez *et al.* (2001). El efecto del N sobre los rendimientos fue el de mayor importancia ( $p < 0.01$ ), con una respuesta promedio de 1916 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2), indicando que este nutriente es el que limitó en mayor medida el crecimiento del cultivo. Con respecto al S, si bien la respuesta no fue significativa ( $p < 0.22$ ), se observó un incremento promedio (a través de los sistemas labranza) del rendimiento por el agregado de dicho nutriente de 400 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2).

En Bce II, las reducidas precipitaciones alrededor del período crítico limitaron el rendimiento. Sin embargo, se registró un efecto significativo de N y S ( $p < 0.01$ ) siendo las respuestas medias de 382 y 682 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 2) y de 499 y 697 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las respuestas de magnitud similar a N y S se explicarían por la relativamente alta disponibilidad edáfica de N y por la baja disponibilidad de S (Tabla 1).

En 9dJ I se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ( $p < 0.01$ ), siendo las respuestas medias de 2545 y 4817 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y de 360 y 624 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente

(Tabla 2). Estos incrementos de rendimiento debidos a la adición de S coinciden con los reportados por otros autores en la Región Pampeana Norte (Fontanetto *et al.*, 2000). Si bien en este experimento no se determinó efecto de interacción N x S ( $p=0.11$ ), se evidenció una clara tendencia de aumento de rendimiento en la mayor dosis de N por el agregado de S (804 y 1471 kg ha<sup>-1</sup> para las dosis de 8 y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente), hecho que no ocurrió en los otros dos niveles de N.

En 9dJ II se determinó un efecto significativo de ambos nutrientes ( $p<0.01$ ), con las respuestas medias de 1440 y 3661 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 60 y

120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y de 541, 800 y 926 kg ha<sup>-1</sup> para el agregado de 5, 10 y 20 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 2).

La razón de no haber determinado interacción N x S probablemente se relacione con las moderadas deficiencias de N y S que se presentaron, sobre todo en Bce I y Bce II. Cuando el nivel de las deficiencias se incrementaron, como ocurrió en 9dJ I, se evidenciaron indicios de interacción entre ambos nutrientes ( $p=0.11$ ).

### Índice de verdor

En Bce I se encontró interacción N x labranza ( $p<0.05$ ) en el IV en los últimos dos momentos de determinación. Los tratamientos sin N mostraron mayores IV en LC que en SD (45.7 vs. 43 unidades SPAD; promedio de todas las determinaciones) mientras que los tratamientos con N no expusieron diferencias entre LC y SD (47.7 vs. 47.5 unidades SPAD; promedio de todas las determinaciones) (Figura 1). El IV de los tratamientos con N fue generalmente mayor al de los tratamientos sin este nutriente (IV promedio de 47.6 y 44.4, respectivamente). Estos valores concuerdan con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998). No se encontró interacción N x S pero el agregado de S incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en los momentos de 71 y 76 DDE (Figura 1).

En Bce II, el agregado de N incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en todos los momentos (46.2, 49.0 y 50.5 unidades SPAD para 0, 50, y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones). No se encontró interacción N x S en ningún momento. Se determinó efecto de S a los 56 DDE (48.6, 48.4 y 49.4 unidades SPAD para 0, 8, y 16 kg S ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 1).

El N incrementó el IV ( $p<0.05$ ) en todos los momentos de determinación en 9dJ I (43.3, 49.9 y 52.4 unidades SPAD para 0, 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones) (Figura 1). No se determinó interacción N x S pero el S incrementó el IV en los momentos de 33 y 76 DDE ( $p<0.05$ ) (Figura 1).

En 9dJ II se determinaron incrementos significativos ( $p<0.05$ ) del IV en todos los momentos debidos a la adición de N (42.1, 45.0 y 47.5 unidades SPAD para 0, 60 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente; promedio de todas las determinaciones) y en los últimos tres momentos por a aplicación de S ( $p<0.05$ ). Sólo se determinó interacción significativa N x S ( $p<0.02$ ) en el momento de 63 DDE (Figura 1).

### Relación entre IV y rendimiento

En Bce I se determinaron relaciones lineales y positivas entre el rendimiento y el IV ( $p<0.01$ ) (datos no mostrados). Los coeficientes de determinación de las regresiones fueron 0.47, 0.72, 0.79, 0.51 y 0.82

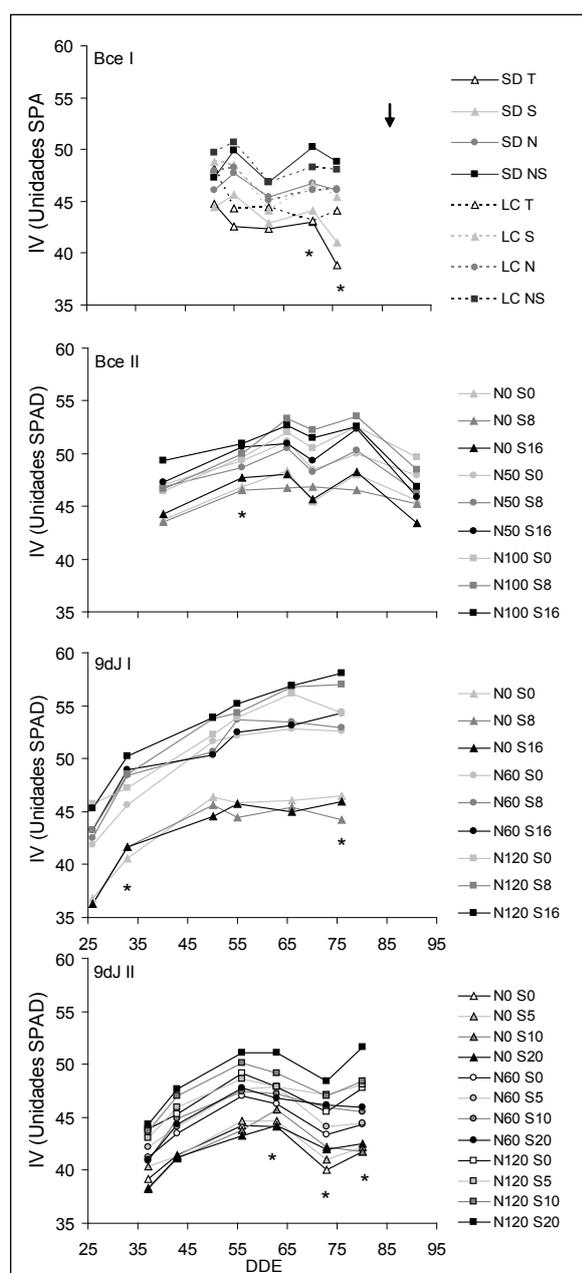


Figura 1. Evolución del índice de verdor (IV) a través del ciclo del cultivo para los cuatro experimentos, DDE = días después de la emergencia. Las flechas indican los momentos de floración y los asteriscos, efecto significativo de S.

para los momentos de 51, 55, 62, 71 y 76 DDE, respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por Blackmer y Schepers (1995) y Sainz Rozas y Echeverría (1998), autores que atribuyeron el bajo valor predictivo del IV en estadíos tempranos a dos causas principales: en primer lugar, las bajas temperaturas del aire que se registran generalmente durante las primeras fases del ciclo del cultivo limitan la síntesis de clorofila (Dwyer *et al.*, 1991), y en segundo lugar, a aportes tardíos de N por mineralización.

En Bce II, la regresión entre las lecturas de IV y el rendimiento fue significativa ( $p < 0.03$ ) para todos los momentos de determinación, a excepción del último (91 DDE). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales fueron 0.52, 0.55, 0.50, 0.50, 0.55 y 0.10 para los momentos de medición de IV de 40, 56, 65, 70, 79 y 91 DDE, respectivamente. En este experimento se observó que los valores de  $R^2$  no mejoraron a medida que avanzó el ciclo del cultivo, lo que se explicaría por el marcado déficit hídrico que tuvo lugar a partir de 80 DDE.

En la localidad de 9 de Julio, se encontró una muy estrecha asociación entre el IV y el rendimiento en todos los momentos de medición ( $p < 0.01$ ). Los coeficientes de determinación de las regresiones lineales

fueron 0.88, 0.83, 0.92, 0.88, 0.95 y 0.94 para los momentos de medición de IV de 26, 33, 50, 55, 66 y 76 DDE, respectivamente en 9dJ I, y de 0.84, 0.91, 0.89, 0.88, 0.87 y 0.93 para los momentos de 37, 43, 56, 63, 73, 80 DDE, respectivamente en 9dJ II. Estos valores difieren de los informados por Ferrari *et al.* (2000), quienes trabajando en el centro-norte de la Provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe, no encontraron relaciones entre las lecturas del medidor de clorofila y el rendimiento del maíz en momentos tempranos de determinación y hallaron ajustes de menor magnitud a los aquí presentados, en etapas posteriores. Estos elevados  $R^2$  pueden deberse en primer lugar a las adecuadas condiciones hídricas que se registraron durante todo el ciclo del cultivo, y a que la localidad de 9 de Julio presenta, generalmente, mayores temperaturas que las registradas en Balcarce, sobre todo en los primeros estadíos del cultivo. Además, el estrés nitrogenado que se presentó en estos experimentos (9dJ I y 9dJ II) fue de mayor magnitud en comparación con los otros dos (Bce I y Bce II), lo que determinó rangos de IV y de rendimientos mayores. Esta característica también contribuyó a explicar el mejor valor de ajuste de la segunda variable en comparación con la primera.

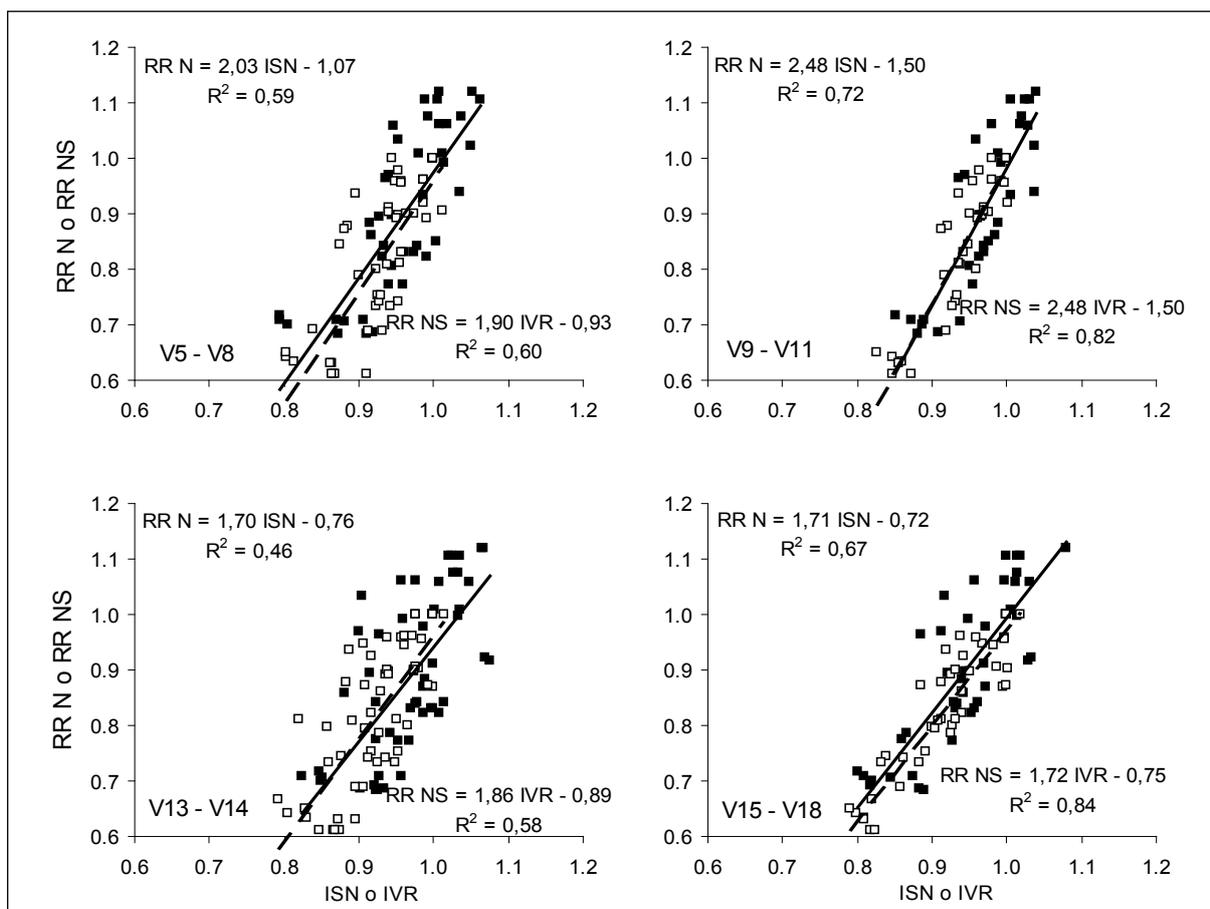


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo de nitrógeno (RR N) y el ISN (cuadrados negros, línea llena), y el rendimiento relativo de nitrógeno-azufre (RR NS) y el IVR (cuadrados blancos, línea discontinua) para distintos momentos de determinación. Datos de los cuatro experimentos.

Tabla 2. Rendimiento en grano de los cuatro experimentos en función del sistema de labranza y la adición de N y S (Bce I); y de la aplicación de N y S (Bce II, 9dJ I y 9dJ II). Letras iguales representan diferencias no significativas.

Labranza	Tratamientos		Rendimiento
	N	S	---- kg ha <sup>-1</sup> ----
<b>Bce I</b>			
SD	0	0	8064 d
	0	15	9026 cd
	150	0	10286 b
LC	150	15	10635 b
	0	0	9817 c
	0	15	9642 c
	150	0	11418 a
	150	15	11872 a
<b>Bce II</b>			
	0	0	8234 d
		8	8185 d
		16	8772 bc
	50	0	8410 c
		8	8991 b
		16	8998 b
	100	0	8482 c
		8	9386 a
		16	9383 a
<b>9dJ I</b>			
	0	0	9742 d
		8	9869 d
		16	9998 d
	60	0	12307 c
		8	12455 c
		16	12483 c
	120	0	13929 b
		8	14732 a
		16	15399 a
<b>9dJ II</b>			
	0	0	5501 f
		5	6490 ef
		10	6701 de
		20	6467 ef
	60	0	7300 cde
		5	7858 c
		10	7786 cd
		20	7975 c
	120	0	9467 b
		5	9544 ab
		10	10183 ab
		20	10606 a

### Comparación de índices

A fin de determinar si el efecto del S sobre el IV es lo suficientemente importante como para alterar el ISN, se empleó un test de comparación de medias (test t de Student) entre el ISN y el IVR, siendo este un nuevo índice que se propone para situaciones en las que se supone que podrían existir deficiencias de S. La Tabla 3 muestra que los valores de IVR tendieron a ser menores que los de ISN para la mayoría de los momentos de determinación (5, 2, 3 y 4% menores para Bce I, Bce II, 9dJ I y 9dJ II, respectivamente; promedio de todos los momentos). Estos resultados son consecuencia de los mayores valores de IV obtenidos en los tratamientos con N y S en comparación con los tratamientos con N.

Con el fin de visualizar las diferencias entre el ISN y el IVR, se tomaron los valores de los cuatro experi-

Tabla 3. Índice de suficiencia de N (ISN), índice de verdor relativo (IVR) y valor p para cada momento de determinación de IV para los cuatro experimentos. DDE = días después de la emergencia.

Índice	----- DDE -----					
	Bce I					
	51	55	62	71	76	-
ISN	0,98	0,98	0,99	0,98	0,95	-
IVR	0,95	0,93	0,96	0,90	0,91	-
valor P	0,10	0,13	0,11	0,001	0,10	-
<b>Bce II</b>						
	40	56	65	70	79	91
ISN	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,94
IVR	0,93	0,96	0,96	0,95	0,96	1,00
valor P	0,01	0,11	0,35	0,42	0,58	0,15
<b>9dJ I</b>						
	26	33	50	55	66	76
ISN	0,90	0,97	0,95	0,94	0,92	0,95
IVR	0,91	0,91	0,93	0,91	0,91	0,89
valor P	0,45	0,10	0,24	0,18	0,43	0,20
<b>9dJ II</b>						
	37	43	56	63	73	80
ISN	0,89	0,91	0,90	0,92	0,88	0,88
IVR	0,89	0,87	0,87	0,86	0,83	0,81
valor P	0,51	0,23	0,19	0,03	0,05	0,02

Tabla 1. Algunas características de los suelos de los sitios experimentales. MO: materia orgánica, P: fósforo disponible, N-NO<sub>3</sub>: nitrógeno como nitrato, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: azufre como sulfato.

	MO	pH	P	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
	(%)	(1:2,5)	(mg kg <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> a 60 cm)	(kg ha <sup>-1</sup> a 60 cm)
Bce I	5,3	5,9	19,8	66	36
Bce II	5,3	5,3	8,0	88	31
9dJ I	2,8	6,3	9,0	52	38
9dJ II	2,3	6,4	18,1	61	30

mentos y se agruparon en intervalos de momentos de muestreo: V5-V8, V9-V11, V13-V14 y V15-V18. En la Figura 2 se presenta la relación entre los rendimientos relativos (RR N y RR NS) y los dos índices (ISN e IVR). Se observa que las rectas de regresión resultantes de la utilización de ambos índices son coincidentes para todos los momentos de determinación (no existe diferencia significativa en sus pendientes ni en sus ordenadas al origen) ( $p=0.86$ ). Sin embargo, el IVR se ubica en la parte inferior de la recta de regresión, mientras que el ISN, en la parte superior. Lo anterior señala que el N no fue el único nutriente determinante de la intensidad de color verde del canopeo, no obstante, la falta de interacción con S permitiría utilizar el ISN como metodología de diagnóstico aún ante deficiencia de S, condición bajo la cual no se maximizan los rendimientos del cultivo ni la intensidad de color verde del canopeo (Figura 2).

## Conclusión

Ante una moderada deficiencia de S no se afectó la capacidad del clásico ISN, determinado con el medidor de clorofila, para caracterizar la deficiencia de N en maíz. No se percibieron ventajas significativas por la utilización de un nuevo índice (IVR) ya que este se relacionó de la misma manera que el ISN con el rendimiento relativo. Sería pertinente repetir esta experiencia en suelos con mayor estrés de S para confirmar estos resultados.

## Bibliografía

- Blackmer T.M. & J.S. Schepers.** 1995. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod. Agric.* 8:56-60.
- Dominguez G.F., G.A. Studdert, H.E. Echeverría y F.H. Andrade.** 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada de maíz. *Cien. Suelo* 19: 47-56.
- Dwyer L.M., M. Tollenaar & L. Houwing.** 1991. A non-destructive method to monitor leaf greenness in corn. *Can. J. Plant Sci.* 71: 505-509.
- Echeverría H.E.** 2002. Exploración de deficiencias de azufre en sistemas productivos del sudeste bonaerense. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. *Boletín Técnico* N° 156. 19 p.
- Echeverría H.E. y H.R. Sainz Rozas.** 2005. Maíz. p. 255-282. En: H.E. Echeverría y F.O. García (ed.) *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Ferrari M., J. Ostojic, L. Venimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M.R.L. de Galeto, F. Rimatori y M.V. Bernasconi.** 2000. Predicción de la respuesta de maíz a la fertilización nitrogenada a través de indicadores de suelo y planta al estado de seis hojas. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, XVII, Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina [CD-ROM]. 11-14 Apr. 2000. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo Publ., Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina.
- Ferraris G.N. y L.A. Couretot.** 2006. Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y fechas de aplicación y su interacción con azufre usando Fuentes líquidas en el norte de Buenos Aires. p. 70-73. En: *Maíz en siembra directa*. Revista técnica de la Asociación de productores en siembra directa. Ago. 2006.
- Fontanetto H., O. Keller, R. Inwinkelried, N. Citroni & F.O. García.** 2000. Phosphorus and Sulfur Fertilization of Corn in the Northern Pampas. *Better Crops* 14: 1-5.
- Jemison J.M. & D.E. Litle.** 1996. Field evaluation of two nitrogen testing methods in Maine. *J. Prod. Agric.* 9:108-113
- Martínez F. y G. Cordone.** 1998. Resultados de ensayos de fertilización azufrada en soja. Para Mejorar la Producción N° 8. E.E.A. Oliveros INTA.
- Pagani A., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2009. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la provincia de Buenos Aires. *Cien. Suelo* (en prensa).
- Reussi Calvo N.I., H.E. Echeverría y H.R. Sainz Rozas.** 2006. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. *Cien. Suelo* 24: 77-87.
- Sainz Rozas H.R. y H.E. Echeverría.** 1998. Relación entre lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en diferentes estados del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 103:37-44.
- Sainz Rozas H.R., H.E. Echeverría, E. Herfuth y G.A. Studdert.** 2001. Nitratos en la base de tallos en maíz. II Diagnostico de la nutrición nitrogenada. *Cien. Suelo.* 19:125-135.
- SAS Institute.** 1996. User's guide. Statistics. Version 6. SAS Inst., Cary, NC.
- Schepers J.S., T.M. Blackmer & D.D. Francis.** 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: using chlorophyll meters. p. 105-114. En: B.R. Bock y K.R. Kelley (ed.) *Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions*. Natl. Fert. Environ. Res. Cent., TVA, Muscle Shoals, AL.
- Uhart S.A. & F.H. Andrade.** 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
- Uhart S.A. y H.E. Echeverría.** 2002. Diagnóstico de la fertilización. p. 239-272. En: F.H. Andrade y V.O. Sadras (ed.) *Bases para el manejo de maíz girasol y soja*. INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina.
- Ventimiglia L.A.** 2005. Nutrición de cultivos en el centro de la provincia de Buenos Aires. En: *Simposio Fertilidad 2005*, Rosario (Santa Fé), Argentina. 27-28 Apr. 2005. INPOFOS y Fertilizar Asociación Civil Publ., Rosario (Santa Fé), Argentina.
- Wolfe D.W., D.W. Henderson, T.C. Hsiao & A. Alvino.** 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agron. J.* 80: 865-870. ■