

## Fertilización nitro-azufrada, expresión del Índice de verdor y rendimiento del nitrógeno en trigo

*Loewy, T y M. M. Ron  
VII Congreso Nacional de trigo, Santa Rosa (La Pampa)  
tloewy@bordenave.inta.gov.ar*

### Introducción

Es conocida la extendida deficiencia de nitrógeno (N) en los suelos del SO bonaerense. En los últimos años se incorpora el azufre (S) como un elemento -a reponer- de creciente importancia, especialmente en planteos donde la calidad adquiere entidad propia (Flaete, et al. 2005). Ambos elementos y su interacción, hacen aportes relevantes a la generación de biomasa e interceptación de radiación, luego reflejados en los saldos productivos (Salvagiotti y Miralles, 2008). La tecnología de fertilización en trigo, asume el fraccionamiento del N como una buena práctica agronómica. Esto implica la posibilidad de distintos momentos para análisis de suelo o planta, con fines diagnósticos y predictivos. El Índice de verdor (IV), es una de las herramientas útiles para evaluar la nutrición nitrogenada, al momento de la espigazón en trigo. Tiene interesantes aplicaciones, también, en la interpretación de los resultados del cultivo. Una variable muy asociada a este índice es, sin duda, el rendimiento de N (RN), que permite ponderar eficiencia, partición, recuperación y remoción del elemento. A los fines de utilizar valores de IV se requiere disponer de una escala interpretativa. Al efecto asumimos el valor 46/47 del Spad, como un valor de suficiencia nitrogenada. Esto es una nutrición que alcanza al menos para producir un 90 % del rendimiento máximo, proveyendo un nivel proteico del grano, próximo al 12 % (Loewy et al, 2005). Para rendimientos altos (v.g. mayores a 3.500 kg.ha<sup>-1</sup>) probablemente se requiera un valor ligeramente mayor del índice, para mantener ese nivel de proteína (Bergh, et al 2004) o recurrir a una aplicación de N foliar (complementaria). Los objetivos de este trabajo son estudiar el IV, en relación a los siguientes aspectos: a) ensayar una escala interpretativa para su ponderación; b) analizar su asociación con la nutrición nitroazufrada y c) evaluar su aporte en la predicción del RN, discriminando la contribución del nitrógeno foliar.

### Materiales y Métodos

Durante los años 2004-2005 y 2006 se condujeron 3 pares de ensayos, en lotes comerciales, de los partidos de Púan y Coronel Suárez (CS). Los tratamientos se incorporaban desde macollaje, en suelos con fósforo no limitante. Las variedades, características analíticas de suelo y precipitaciones ocurridas, según años y sitios, pueden observarse en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1 – Cultivares y análisis de suelos (0–20 cm), S (0-30 cm) y N (0-60 cm)**

Año	Partido	Varietal	pH	M.O.g kg <sup>-1</sup>	S disp. mg kg <sup>-1</sup>	N disp. Kg ha <sup>-1</sup>
2004	C. Suárez Puan	B. Guapo	6,55	39,1	5,5	21
		L. avanzada	6,35	13,4	5	46
2005	C. Suárez Puan	B. Sureño	6,40	38,2	8,1	60
		B. Farol	6,80	23,2	8,5	45
2006	C. Suárez Puan	B. Sureño	7,15	38,9	10,1	56
		B. Farol	6,62	15,0	15,0	59

El diseño de los experimentos fue de 3 bloques completos, con unidad experimental de 15 m<sup>2</sup>. En hoja bandera expandida, se protegían los cultivos mediante una aplicación de fungicida (Amistar Alto), con mochila manual y en cobertura total. Los tratamientos incluyeron niveles de N: testigo, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, nativo + fertilizado, con sol UAN, en macollaje. La fertilización de base contaba con y sin 25 kg.ha<sup>-1</sup> de N foliar (con urea líquida de bajo biuret) en hoja bandera. Los 5 niveles de N se combinaron con 0 y 10 kg S ha<sup>-1</sup>, como Sol-Plus, aplicados con el N basal. En el cultivo se determinaron IV en espigazón (Spad Minolta 502), rendimiento y % de proteína en el grano. El RN se calculó aplicando un factor proteína/N, de 5,75. Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre IV se realizaron análisis de varianza por ensayo, con test de mínima diferencia significativa (DMS 5%). Se incluyeron regresiones del IV en función del N disponible, desarrollando ecuaciones que representaban los efectos simples y de interacción encontrados en el ANOVA. Se ajustaron regresiones del RN en función de la nutrición nitrogenada, estimada por el IV en encañazón, y el aporte posterior del N foliar.

**Tabla 2: Precipitaciones mensuales y anual (mm) en los sitios de ensayo**

Año	Partido	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2004	C. Suárez	105	26	110	103	0	10	184	75	47	151	78	156	1045
	Puan	20	42	163	79	0	28	96	27	36	86	62	230	869
2005	C. Suárez	70	127	205	2	6	0	0	42	62	91	65	70	740
	Puan	112	36	43	9.5	9	8	19	27	50	47	49	68	477
2006	C. Suárez	152	111	56	58	0	13	27	7	63	157	17	130	790
	Puan	53	151	15	6	0	1	11	1	18	59	---	56	371

A los fines de ponderar los valores nutricionales, se recurrió a una escala interpretativa propia (Tabla 3), elaborada sobre mediciones e informes previos y difundida por Melgar (2006),

**Tabla 4. Valores del Índice de verdor (IV) y nutrición nitrogenada del trigo**

IV - (Spad-502)	Estado nutricional
25-30	Muy bajo
31-36	Bajo
37-42	Moderado
43-46	Provisto
47-50	Alto
Mayor a 50	Muy alto

## Resultados y Discusión

### Asociación de las variables medidas a cosecha con el IV

Las correlaciones entre el IV y proteína fueron siempre positivas y significativas. Con rendimiento no fueron significativas en Puan 2005 y 2006, por falta de respuesta a la fertilización. En el caso de Puan 2005, incluso apareció una tendencia de relación negativa. Se profundizó en la relación del RN y el IV, ya que la primera variable es la que mejor expresa la nutrición nitrogenada del cultivo, a cosecha.

Tabla 4. Correlación entre Índice de verdor y variables medidas a cosecha, según sitio

Año	Sitio	Rendimiento	Proteína	Rend N
2004	Puan	0.840**	0.808**	0.832**
	C. Suárez	0.874**	0.851**	0.913**
2005	Puan	-0,154 ns	0.697**	0.146ns
	C. Suárez	0.573**	0.881**	0.884**
2006	Puan	0.122 ns	0.807**	0.565**
	C. Suárez	0.632**	0.579**	0.684**

### Características del IV y RN, según año y sitio.

En la tabla 5 se puede observar el perfil de los datos empleados. El espectro de estado nutricional incluye valores de bajo a muy alto, según las categorías de la Tabla 3. Se destaca que la suficiencia nitrogenada, en los valores medios, sólo se alcanzó en Puan. Aun con fertilización basal similar, el mayor nivel de biomasa producida en C. Suárez explica la concentración menor del N en HB, durante espigazón. El RN, en cambio, siempre fue mayor en C. Suárez, por su mayor producción y dilución no proporcional de proteína.

Tabla 5. Estadística descriptiva del Índice de verdor y el rendimiento de N (RN) según año y partido

Variable		Índice de verdor			RN kg ha <sup>-1</sup>		
Año	Sitio	Media	Min.	Máx.	Media	Min.	Máx.
2004	Puan	48	39	51	89	43	113
	C. Suárez	42	35	45	102	52	135
2005	Puan	48	41	52	45	25	65
	C. Suárez	41	31	46	52	30	62
2006	Puan	47	41	51	41	27	58
	C. Suárez	37	31	45	51	30	68

### Efecto de la fertilización N-S sobre el índice de verdor

El N en Puan siempre generó mayor IV que en C. Suarez, por una menor expresión de su biomasa. En C. Suárez el IV no sobrepasa los 45 puntos mientras que en Puan siempre supera el valor 50 (Fig. 2). El S aumentó el IV, significativamente en Puan 2004, sólo en el menor nivel de N (testigo). En Puan 2005 y 2006, se mantuvo esta tendencia pero muy levemente. En C. Suárez el S no modificó el IV, en 2004. En 2005 afectó el IV, positivamente, en todo el rango de disponibilidad de N y en 2006 lo hizo sólo en los niveles de 120 y 160 Kg N disponible ha<sup>-1</sup> (Fig. 1). El impacto del incremento del IV, por N o S, fue muy distinto en términos de rendimiento y proteína y – por ende – de RN. El aumento de IV por N se dio en todos los ensayos y estuvo en el rango de 3 a 10 puntos por cada 100 kg N disponible. Esto derivó en aumentos significativos de proteína, en todos los casos y de rendimiento en Puan 2004 y los tres años de C. Suárez (Tabla 3). Cuando hubo incremento de IV por S, este fue de 3 a 7 puntos por los 10 Kg. de S aplicados. Sus efectos, en cambio, sólo se tradujeron en aportes significativos de proteína y rendimiento, en C. Suárez 2005 y 2006, respectivamente (Loewy et al. 2008).

### Relación RN con IV y la aplicación foliar

Todas las regresiones de RN en función del IV fueron significativas. La pendiente de las ecuaciones indica que para 2005 y C. Suarez 2006 se cosecharon unos 2 kg N ha por cada unidad de IV mientras que en el 2004 esto fue de 5 para Puan y 7 para Suárez. El efecto de la adición de la variable de clase foliar (F) fue significativo a  $P < 0,10$  para C. Suarez y Puan (2004). El coeficiente de F en las ecuaciones de la figura 3 representa los kg de N recuperado en grano. Asumiendo un índice de cosecha del N de 66 % se estima que la recuperación en biomasa aérea fue del 42- 43% en 2004.

### Conclusiones

El rendimiento de N es una variable muy útil en la interpretación y evaluación de resultados, en ensayos con fertilización nitrogenada. El Índice de verdor siempre tiende a correlacionar con proteína y muy frecuentemente con rendimiento y rendimiento de N, excepto cuando las respuestas productivas son nulas. El Azufre tuvo efectos significativos sobre el índice de verdor, pero con menor impacto que el nitrógeno, sobre el rendimiento, proteína o rendimiento de nitrógeno. Cada punto de índice de verdor aportó 6 y 2 kg de N al rendimiento de nitrógeno en trigo, para ciclos con buena y mala provisión hídrica, respectivamente. La fertilización foliar con 25 kg de N.ha<sup>-1</sup>, aportó 6 y 7 kg de N al rendimiento de nitrógeno, en 3 de los seis ensayos, superando el 40 % de recuperación en biomasa aérea.

### Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco de un Proyecto de Grupos de Investigación sobre Temas de Interés Regional de la Universidad Nacional del Sur. La financiación del mismo incluye fondos de la UNS, y el aporte de INTA, Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca, Petrobras Energía S.A. y Syngenta S.A.

### Bibliografía

**Bergh R., Loewy T. y H. Echeverría, 2004.** Aportes del índice de verdor al manejo del nitrógeno en trigo pan. V Congreso Nacional de trigo. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. 20 a 22 de octubre Bahía Blanca (Argentina)

**Loewy, T. Bergh, R. y H. Echeverría, 2005.** Nitrogen fertilization and wheat quality in the south of Buenos Aires Province . 7<sup>th</sup> International Wheat Conference 7 de Nov al 2 de diciembre, Mar del Plata (Argentina) Trabajo en CD – ROM

**Loewy, T. Pugliese, G. y M. M. Ron, 2008.** Nitrógeno y azufre para rendimiento y calidad del trigo en el SO bonaerense. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 13 al 16 de mayo. Potrero de los Funes. San Luis (Argentina).

**Melgar, R. , 2006.** Fertilización en trigo. [www.fertilizando.com](http://www.fertilizando.com)

**Salvagiotti, F y D. J. Miralles, 2008.** Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. ScienceDirect. European Journal of Agronomy 28:282-290

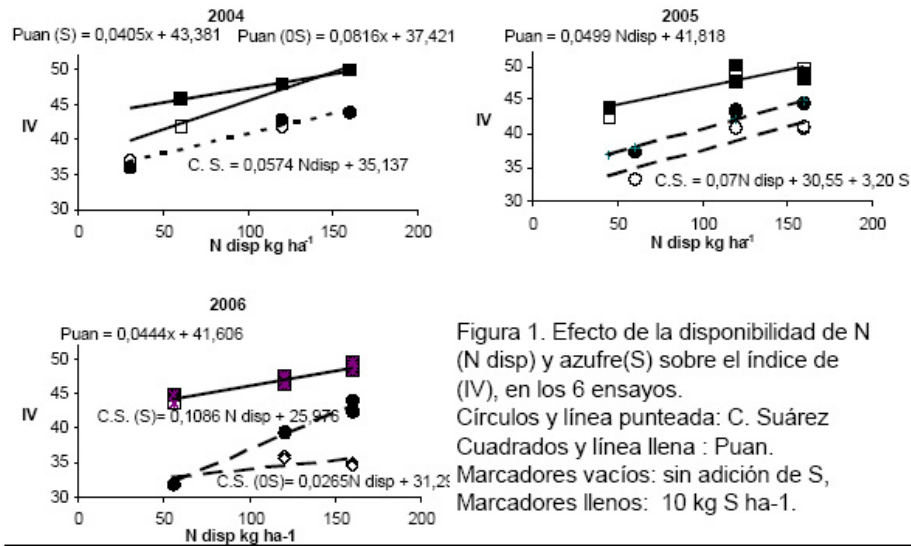


Figura 1. Efecto de la disponibilidad de N (N disp) y azufre(S) sobre el índice de (IV), en los 6 ensayos.  
 Círculos y línea punteada: C. Suárez  
 Cuadrados y línea llena : Puan.  
 Marcadores vacíos: sin adición de S,  
 Marcadores llenos: 10 kg S ha-1.

