

# El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) para conocer el balance nutricional del trigo

María Rosa Landriscini y Juan A. Galantini

*El método DRIS integra el balance nutricional de la planta, teniendo en cuenta la disponibilidad del suelo, los factores meteorológicos y los cambios durante el desarrollo del cultivo, permitiendo detectar los nutrientes más necesarios para lograr mayor eficiencia en la fertilización.*



El sistema DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) representa un enfoque holístico sobre la nutrición mineral de los cultivos y está constituido por un conjunto de normas (Walworth y Sumner, 1987). Estas normas representan la calibración de la composición del tejido de la planta, composición del suelo, elementos ambientales y prácticas agronómicas en función de los rendimientos de un cultivo. Fue aplicado inicialmente por Beaufils (1973) para el cultivo de caucho.

La técnica DRIS es un método alternativo que evalúa el análisis foliar de un cultivo, usando las relaciones entre nutrientes en vez de cada nutriente en particular. Confronta las relaciones de concentración obtenidas con las correspondientes a poblaciones de rendimiento máximo u óptimo, a las que denomina Normas DRIS para esos nutrientes y cultivos. A partir de ellas, el método provee un medio para ordenar las relaciones de nutrientes en expresiones llamadas Índices DRIS, los cuales producen el orden de requerimientos nutricionales (ORN). Los índices permiten clasificar los factores de rendimiento según su importancia relativa.

Matemáticamente, los índices se basan en la desviación media de cada relación respecto a su valor óptimo. Por ello, el Índice DRIS óptimo debería ser cero para cualquier nutriente. Los índices negativos indican deficiencias relativas mientras que los positivos excesos respecto a los nutrientes considerados en el diagnóstico (Sumner, 1975).

## **Normas DRIS**

El primer paso en la implementación del DRIS es realizar una comparación entre una muestra cualquiera y un patrón o estándar, el cual ha sido denominado Norma (Malavolta et al., 1997). El método se basa en el muestreo generalizado de un cultivo, para obtener una muestra representativa de la cual se obtienen las normas, a partir de un gran número de sitios, campos de producción o terrenos experimentales, por lo que la técnica produce un gran número de

observaciones, las cuales en conjunto, pueden ser consideradas como componentes de un gran experimento de campo, replicado en el tiempo y el espacio (Walworth y Sumner, 1987; Bishop y Mac Eachern, 1971).

Para desarrollar las Normas DRIS de una región, se debe utilizar una muestra representativa de un gran número de sitios al azar bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Se deben tomar muestras de hojas para su análisis y registrar el rendimiento (Sumner, 1986). Para el caso del trigo, se estableció un banco de muestras provenientes de sitios experimentales, estudios de campo o en macetas, tanto de productores particulares como de instituciones. Se coleccionaron 1108 grupos de análisis foliares para N, P, K y S y sus respectivos rendimientos en granos. El grupo de datos o poblaciones de observaciones fue dividido en 2 subgrupos: de alto y de bajo rendimiento (mayores y menores de 2600 kg ha<sup>-1</sup>). El origen de la base de datos usados para seleccionar las expresiones de nutrientes afectará profundamente el éxito de la metodología DRIS.

### **Cálculo de los Índices DRIS**

El sistema de diagnóstico DRIS provee una forma matemática de ordenar un gran número de relaciones entre nutrientes, en índices nutricionales interpretables (Landriscini et al., 1997).

### **Interpretación de los Índices Nutricionales DRIS**

Con respecto a los valores de los índices DRIS, cuando se encuentran entre  $\pm 15$  sugerirán un buen balance nutricional en la planta (Sumner, 2001). Al ordenarse los índices desde el más negativo al más positivo, se muestra el nivel relativo de balance en la planta, el nutriente más negativo será el más limitante, caso contrario para el más positivo, corresponderá al elemento con la menor necesidad relativa. El DRIS identifica el orden de limitación de los elementos, aun cuando todos estén presentes en concentraciones suficientes. Contrariamente un índice altamente positivo indicará que ese elemento está presente en cantidades relativamente excesivas.

El Índice de Balance Nutricional (IBN) se calcula a partir de la suma, en valor absoluto, de los índices y es una medida del balance relativo de los nutrientes analizados. Este balance mejora cuando los IBN se acercan al valor cero. El resultado, es un indicador del rendimiento máximo accesible, pero será necesario información complementaria (ambiente, plagas, otros nutrientes, etc.) para completar la ecuación y predecir el rendimiento actual.

***La principal ventaja del sistema DRIS sobre otros métodos es su habilidad para realizar diagnósticos foliares independientemente de la edad, variedad y parte de la planta utilizada.***

Para mejorar la precisión del diagnóstico DRIS sería necesario establecer normas provenientes de estudios regionales y locales que tomen en cuenta la variabilidad de los nutrientes en los cultivos estudiados (características climáticas, nivel de producción, etc.). Por otro lado, los déficit hídricos que afectan el crecimiento o el rendimiento del cultivo pueden interferir significativamente sobre los resultados obtenidos.

***Otra ventaja es que se determina la secuencia en la cual cada nutriente es limitante, el DRIS permite ordenar los nutrientes en forma secuencial de acuerdo a su grado o nivel de limitación del rendimiento del cultivo.***

El sistema DRIS puede visualizarse como una técnica de regresión modificada que usa líneas limitantes de un grupo incompleto de variables independientes para describir la variable dependiente, el rendimiento.

### **Obtención de Normas DRIS Regionales**

Desde 1987 se desarrollaron estudios para evaluar la concentración de nutrientes en diferentes momentos del ciclo del trigo en la región semiárida pampeana. Se han realizado evaluaciones del balance nutricional aplicando la metodología DRIS relacionándolas con diferentes pautas de manejo y niveles de rendimiento.

Los primeros estudios internacionales aplicando las normas DRIS con N, P, K y S en trigo presentaron resultados alentadores (Sumner, 1981). En nuestro país existe escasa información sobre niveles de S en tejido vegetal y el balance con los otros nutrientes, especialmente en la región semiárida pampeana. Estudios preliminares mostraron diferencias en los patrones de absorción de S en varias rotaciones con trigo (Rosell et al., 1987) y evidenciaron algunos desbalances en relación con el N, P y K (Landriscini y Galantini, 1999; Rosell et al., 1992).

Se crearon Normas Regionales a partir de 700 análisis (N, P y K) de plantas de trigo provenientes de diferentes ensayos llevados a cabo en la región de Bahía Blanca en el período 1986 a 1992 (Landriscini et al, 1990, 1992 y 1997). Para la obtención de las normas se aplicó la metodología propuesta por Sumner (1977, 1981). Se dividió a la población en dos subpoblaciones; una de bajos (menores de  $2,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , B) y otra de altos rendimientos (mayores de  $2,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ , A). Se realizaron todas las combinaciones posibles de relaciones entre variables para verificar cuales de ellas aportaron significativamente a la variabilidad de

las subpoblaciones. El grupo de expresiones seleccionadas coincidió con las utilizadas por la bibliografía internacional.

## Ejemplos de la Región Semiárida Pampeana

### 1. Efecto del momento de muestreo del trigo en dos sistemas de producción

Los Sistemas de producción utilizados fueron: Agricultura permanente con trigo (TT) y Rotación trigo con leguminosa (TL). Se muestreó la planta durante los estadios fenológicos del trigo: 5 hojas (F 2); 1<sup>er</sup> nudo visible (F 6); botón floral o booting (F 9-10) y grano acuoso (F 10.5.4) (Landriscini y Galantini, 2016).

Basándose en las pautas propuestas para la interpretación de los índices, se observó que la deficiencia de N (índices entre  $-15$  y  $-25$ ) fue creciendo a medida que el cultivo se desarrollaba, disminuyendo en el último muestreo (F 10.5.4). Los índices de P se mantuvieron con valores altamente positivos reflejando un posible exceso nutricional (índices mayores de  $+25$ ). El K mostró índices negativos pero se mantuvieron dentro del intervalo de normalidad o balance (índices entre  $\pm 15$ ) a lo largo del ciclo a excepción del muestreo de grano acuoso donde se observaron diferentes grados de deficiencia relativa (índices menores de  $-25$ ). El balance nutricional mostró que el N fue el nutriente más deficiente seguido por el K y el P ( $N > K > P$ ). El orden de requerimientos nutricionales permaneció constante a lo largo del ciclo no observándose cambios por efecto de la rotación de cultivos. El Índice de Balance Nutricional (IBN) mostró valores ascendentes en la medida que el ciclo del trigo avanzó, sin diferencias notables entre los sistemas de producción (Figura 1).

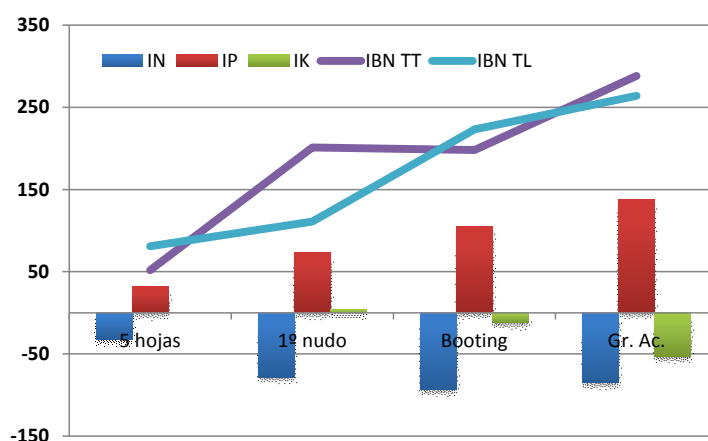


Figura 1. Evolución del IBN en cuatro momentos del ciclo del trigo.

## 2. Evolución regional de la concentración foliar de diferentes partes de la planta de trigo durante tres años

El estudio se realizó en tres áreas de la región semiárida bonaerense (Bahía Blanca, Cabildo y Bordenave), durante los años 1984-1986. Se aplicó el método DRIS para la determinación del balance nutricional de N, P y K en plantas de trigo muestreadas en encañazón (F 10) (planta entera) y en floración (F 10.5.1) (2° y 3° hoja).

El N fue en casi todos los casos el nutriente más deficiente independientemente de la parte de la planta o el momento en que fue muestreada. El muestreo de hojas indicó mejor balance nutricional (IBN) que el de planta entera, siendo este último más representativo del estado nutricional del cultivo (Figura 2).

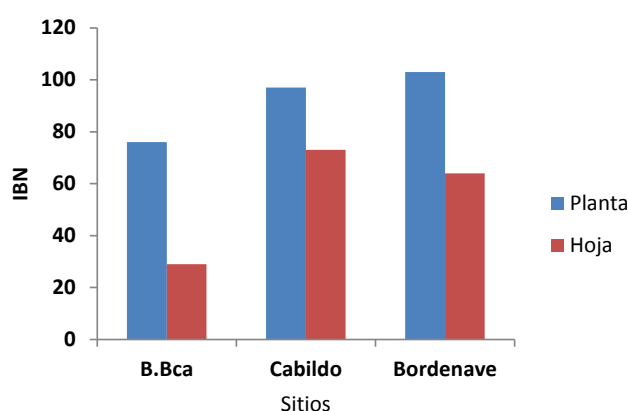


Figura 2. Evolución del IBN en planta entera y en hojas, en tres sitios experimentales.

## 3. Efecto de dosis crecientes de N en trigo

Se realizó un ensayo en el año 2004 sobre un lote de trigo ubicado en el Establecimiento Cumelén, partido de Coronel Dorrego (38° 48' S; 61° 37' O) que integra la red de ensayos de fertilización de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID. La fertilización consistió en tres dosis de N (como urea): 0, 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>.

Las plantas fueron muestreadas en elongación (1°-2° nudo, Feekes 6-7). Se determinó el contenido de nutrientes (N-P-K-S) y la producción de materia seca total aérea (MSta). A partir de ellos se aplicó la metodología DRIS para determinar los índices de cada uno de los nutrientes, el orden de requerimientos nutricionales (ORN) y el índice de balance nutricional (IBN) relativos.

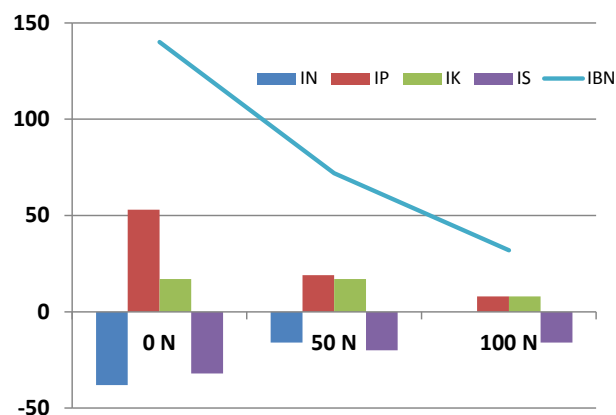


Figura 3. Índices de N, P, S e IBN en parcelas de trigo con dosis de N

En términos generales, el orden de deficiencias relativas tuvo al N como el elemento más deficiente y en segundo lugar al S, al menos hasta la etapa temprana de crecimiento. El índice de N (IN) fue siempre negativo y las dosis ascendentes de N mejoraron la deficiencia hasta ser 0 con 100 kg N ha<sup>-1</sup>. El S fue el nutriente que siguió en el orden de requerimientos nutricionales, mostrando deficiencias que oscilaron desde -32 hasta -16 (Figura 3). Es evidente que la metodología fue sensible para detectar las diferencias de nutrición del cultivo. Además, la aplicación de un nutriente modificó el balance con el resto de los nutrientes considerados. Esto confirma que la aplicación de fertilizantes destinadas a obtener la máxima productividad deben ser balanceada y teniendo en cuenta la disponibilidad en el suelo. El IBN decreció con valores de 140 (0N) a 32 (100N). La importancia del IBN es que reflejó el grado de desbalance entre los nutrientes considerados, aspecto que está ligado a su rendimiento final. Se encontró una relación altamente significativa ( $R^2= 0,88$   $p\leq 0,001$ ) entre el IBN y el rendimiento en grano a cosecha (Figura 4a). Ante condiciones adversas los desbalances detectados por la metodología podrían no reflejarse en el rendimiento en grano, pero deberían considerarse para el cultivo siguiente.

#### 4. Fertilización con N y S en trigo.

En 2011 se llevó a cabo un ensayo de fertilización con N y S en trigo en el sudoeste bonaerense de la provincia de Buenos Aires en el partido de Cnel. Dorrego (El Perdido). Se aplicaron tres dosis de N y 3 dosis de S, a la siembra. Se tomaron muestras de planta para evaluar la producción de biomasa aérea en el estadio de booting (F6). En las mismas se determinó la concentración de N, P, K y S totales. A cosecha se determinó el rendimiento de materia seca total y de grano y algunos parámetros asociados al rendimiento. Se aplicó la metodología DRIS utilizando las normas internacionales.

La aplicación de N modificó los índices haciéndolos menos negativos. Por otro lado, la fertilización con NS disminuyó el índice de S y el de N, mostrando balances nutricionales con valores decrecientes respecto al testigo. De esta forma, la aplicación combinada resultó en un mejor balance nutricional. Se observó buena asociación entre el balance nutricional y los rendimientos del grano ( $R^2 = 0,61$ ) (Figura 4b), reflejando el beneficio de la fertilización combinada con los principales nutrientes necesarios para la nutrición del trigo.

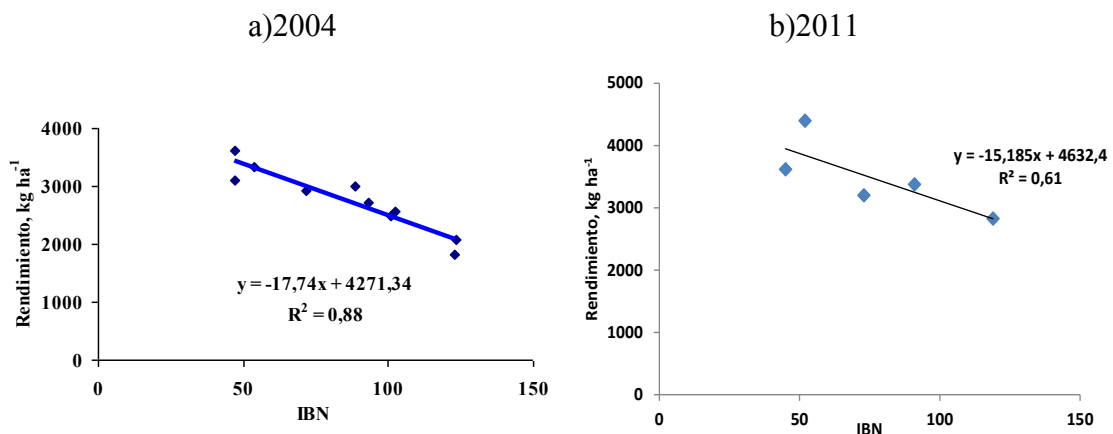


Figura 4. Relación entre el Índice de Balance Nutricional y el rendimiento en grano a cosecha durante el año 2004 y 2011.

### Consideraciones finales

La metodología DRIS detecta diferencias en la disponibilidad de los nutrientes analizados y las expresa en forma relativa.

La amplitud de la base de datos puede ser determinante de los resultados obtenidos.

La metodología DRIS debe ser utilizada como una herramienta más en el diagnóstico, dentro de un contexto que considere el análisis de suelo y demás datos de la población en evaluación.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a las empresas Profertil Nutrientes y Bunge por el aporte de fertilizantes y al Sr. Javier Irastorza (Regional Bahía Blanca - AAPRESID), por ceder su establecimiento para la realización del ensayo.

## Bibliografía consultada

- Beaufils E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Sci. Bull. 1, 130 pp. Univ. of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.
- Bishop R.F., C.R. Mac Eachern. 1971. Can. J. Soil Sci. 51:1.
- Galantini J.A., M.R. Landriscini, R.A. Rosell. 2000. Patrones de acumulación, balance y partición de nutrientes en diferentes sistemas de producción de trigo. [Revista de Investigaciones Agropecuarias \(RIA-INTA\) 29 \(2\) 99-110](#)
- Galantini J.A. 2001. Contenido y calidad de las fracciones orgánicas del suelo bajo rotaciones con trigo en la región semiárida pampeana. [Revista de Investigaciones Agropecuarias \(RIA-INTA\) 30 \(1\) 125-146](#)
- Landriscini M.R., J.A. Galantini, J.O. Iglesias, R.A. Rosell, A.E. Glave. 1990. Balance de N, P y K en trigo en diferentes sistemas de producción en la región semiárida bonaerense. II Congreso Nacional de Trigo. Capítulo I, 245-253. Pergamino.
- Landriscini M.R. 1992. Nivel de nutrientes edáficos y foliares en trigo en la región semiárida pampeana. Tesis de Magister en Ciencia del Suelo. UNS. Bahía Blanca.
- Landriscini M.R., J.A. Galantini, R.A. Rosell. 1997. Determinación de normas para la aplicación del sistema DRIS en cultivo de trigo de la región semiárida bonaerense. [Ciencia del Suelo 15: 17-21](#).
- Landriscini M.R., J.A. Galantini. 1999. Fertilización con nitrógeno y azufre en trigo en la región semiárida pampeana. XIX Reunión Argentina de Ecología, Tucumán, 21 al 23 de Abril. Pág. 69.
- Landriscini M.R., J.A. Galantini. 2016. Diagnóstico Nutricional en el Cultivo de Trigo. Aplicación de la metodología DRIS en la región semiárida bonaerense de Argentina. Editorial Academica Española, 47 pp Verlag ISBN 978-3-8417-5762-3, 55 págs
- Malavolta E.; G. Vitti, S. Oliveira. 1997. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Princípios e Aplicações. 2. Ed. Piracicaba: POTAFOS, Brasil.
- Miglierina A.M., J.O. Iglesias, M.R. Landriscini, J.A. Galantini, R.A. Rosell. 2000. The effects of crop rotations and fertilization on wheat productivity in the pampean semiarid region of Argentina. 1. Soil physical and chemical properties. [Soil & Till. Res. 53, 129-135](#)
- Rosell R.A., M.R. Landriscini, J.A. Galantini. 1992. N, P, and K DRIS balance in winter wheat in pampean semiarid region of Argentina. [Suelo y Planta \(España\) 2: 363-371](#).
- Sumner M. 1975. An Evaluation of Beaufils Physiological Diagnosis Technique for Determining the Nutrient Requirement of Crops. Soil Science. Bulletin N° 5. University of Natal, Sur Africa.
- Sumner M.E. 1977. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 8: 149-167.
- Sumner M.E. 1981. Diagnosing the sulfur requirement of corn and wheat using foliar analysis. Agron. J., 45: 87-90.
- Sumner M. 1986. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) as a Guide to Orchard Fertilization. Food and Fertilizer Technology Center. Boletín N° 231, Taiwan.
- Sumner M.E. 2001. Diagnóstico de los requerimientos de fertilización de cultivos extensivos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 5. INPOFOS 9: 8 pp.
- Walworth J.L., M.E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). 149-188. In: Adv. Soil Sci. Vol. 6. Springer-Verlag New York, Inc.