



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural

Estación Experimental Agropecuaria Pergamino "Ing. Agr. Walter Kugler"

PREDICCIÓN DE LA RESPUESTA A NITRÓGENO EN MAÍZ UTILIZANDO EL MEDIDOR DE CLOROFILA N-TESTER

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot*

Introducción:

El Nitrógeno (N) es el principal elemento para la producción de maíz. La magnitud de su demanda y su baja disponibilidad en los suelos hacen que, a excepción de los suelos de pradera, se deba recurrir al uso de fertilizantes para optimizar el crecimiento del cultivo. El diagnóstico de fertilidad nitrogenada se realiza habitualmente utilizando diversos indicadores de suelo y planta. Estos últimos se basan en monitorear la concentración del nutriente en un órgano vegetal, o medir la intensidad de verde, principal variable modificada ante cambios en la concentración de N en planta.

Los objetivos de este trabajo son 1. Monitorear en un ensayo de fertilización nitrogenada la intensidad de verdor a lo largo del ciclo de cultivo mediante el medidor de clorofila N-tester 2. Evaluar la respuesta en rendimiento de diferentes estrategias de fertilización nitrogenada y 3. Relacionar la respuesta con el índice verde determinado por N-tester, a fin de establecer un criterio de diagnóstico. Hipotetizamos que el cultivo de maíz responde aumentando sus rendimientos a dosis crecientes de N, y que esta respuesta es predecible mediante la determinación de un índice verde en estadíos tempranos del cultivo.

Materiales y métodos:

El ensayo fue conducido en la localidad de Wheelwright, departamento General López en el sur de Santa Fe, sobre un suelo serie Hughes, Argiudol típico, Clase de uso 1 de muy buena productividad.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos de fertilización evaluados en el ensayo. Dosis crecientes de nitrógeno en Maíz. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	N a la siembra kg ha ⁻¹	N V6 kg ha ⁻¹	N total kg ha ⁻¹
T1	Testigo	0	0	0
T2	N40	0	40	40
T3	N20 + 60	20	60	80
T4	N20 + 100	20	100	120
T5	N50 + 110	50	110	160
T6	N50 + 150	50	150	200

Todos los tratamientos fueron fertilizados con 20 kg ha⁻¹ de fósforo (P), en el T1 con Superfosfato Triple de Calcio (SPT, 0-20-0) y en los tratamientos T2 a T5 con Nitrocomplex (20-20-0). Además se agregó azufre (S), a la dosis de 18 kg ha⁻¹ como Sulfato de calcio (0-0-0-18S). Como fuente de N para alcanzar el objetivo de los tratamientos se usó Nitrodoble (27-0-0). Paralelo a este ensayo, se sembraron franjas de los cultivares Nidera Ax 878 MG, Nidera Ax 892 MG, Monsanto Dk 670 MG, Monsanto Dk 747 MG RR, Monsanto Aw 190 MG RR, Syngenta Nk 910 TD Max, La Tijereta

LT622 MG y Pioneer 2053Y, los cuales fueron fertilizados con una dosis similar al tratamiento T4, para monitorear en ellos la evolución del índice verde y así extrapolar la relación entre rendimiento y el valor de N-tester.

El ensayo se sembró el día 4 de Octubre de 2008 en SD, con antecesor trigo/soja, utilizando el híbrido Dekalb 670 MG SD. Por su parte, el análisis de suelo del sitio experimental se presenta en la Tabla 2. Se destaca un nivel de Materia orgánica y N normal, bajo de P y muy bajo de S.

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	P-disp.	N-Nitratos	N suelo	S-Sulfatos
Cm	Agua 1:2,5	%		ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	6,5	3,46	0,60	8,5	17	42,5	2
20-40					8	20,8	
40-60					4	10,4	
						73,7	

Se determinó la intensidad de verdor mediante N-tester en los estadíos V5, V7, V10 y R1 (Ritchie & Hanway, 1983), así como los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (P1000) de los granos. El rendimiento del ensayo de fertilización nitrogenada se evaluó mediante cosecha manual, con trilla estacionaria de las muestras. Las franjas de cultivares se cosecharon en forma completa, por medio de cosecha mecánica. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión entre las variables estudiadas.

Resultados y discusión

a) Condiciones ambientales

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q) para Pergamino. Se consideró la etapa entre el 10 de Diciembre y el 10 de Enero, la cual abarca el período crítico para la definición de los rendimientos del ensayo y los diferentes materiales evaluados. El déficit total acumulado, calculado como la diferencia entre la evapotranspiración real y potencial, alcanzó a 294 mm (Figura 1). Las condiciones de luminosidad no fueron restrictivas (Figura 2).

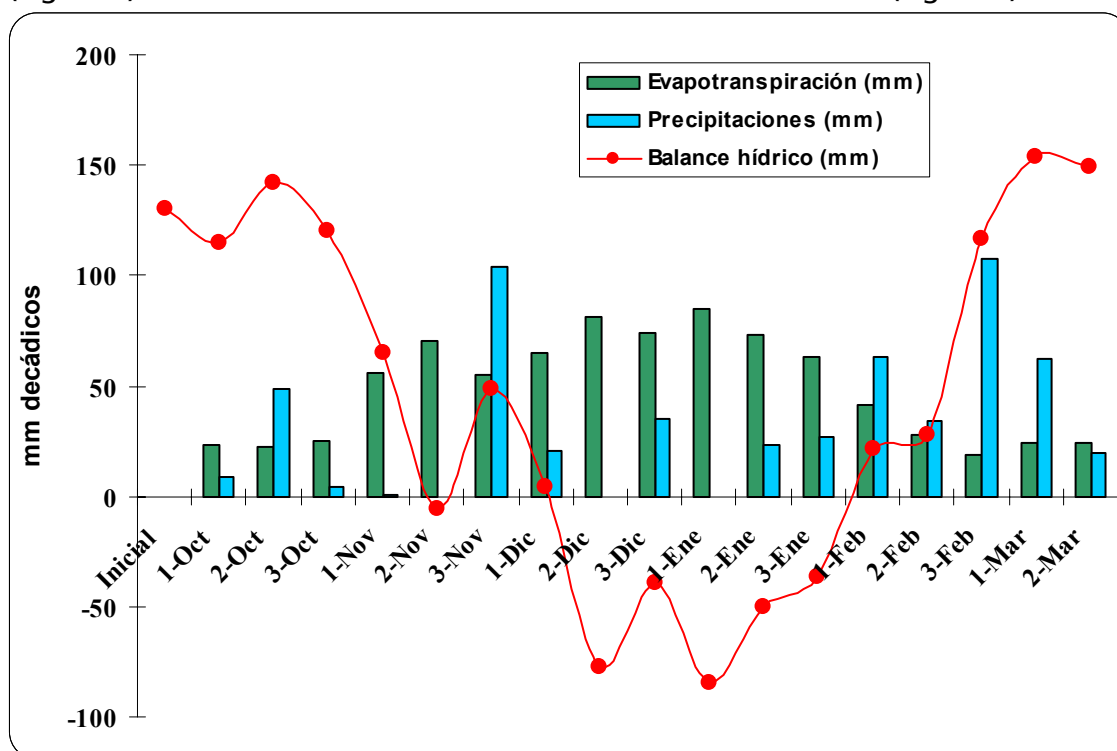


Figura 1: Precipitaciones decádicas acumuladas (mm) en el sitio experimental. Wheelwright, (Santa Fe), campaña 2008/09. Déficit (evapotranspiración potencial – evapotranspiración real) 294 mm.

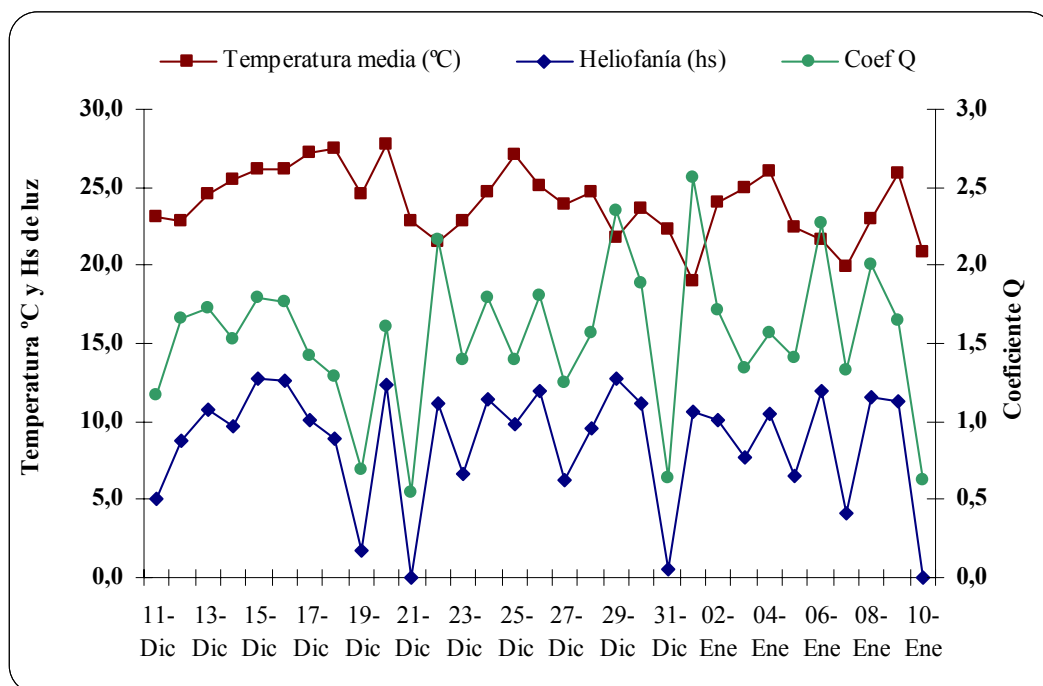


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diarias para el período 10 de Diciembre – 10 de Enero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica para la definición de los rendimientos en todos los materiales. Localidad de Pergamino, (Bs As), campaña 2008/09.

b) Resultados del ensayo

El medidor de clorofila N-Tester evalúa la intensidad de verdor en hoja, y esto puede considerarse una medida adimensional, no destructiva e indirecta del contenido de N foliar. Permite a la vez, cuantificar en forma objetiva y con mayor sutileza que la del ojo humano, eventuales diferencias entre tratamientos. En la Tabla 3 se presentan los valores registrados durante el ciclo, en los tratamientos de fertilización y en las franjas de los diferentes cultivares.

Tabla 3: Índice de verdor (N-tester) para tratamientos de fertilización nitrogenada y franjas de cultivares. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	Indice verde V5 (N Tester)	Indice verde V7 (N Tester)	Indice verde V10 (N Tester)	Indice verde R1 (N Tester)
T1	Testigo	639	638	554	426
T2	N40	685	661	683	608
T3	N20 + 60	705	673	723	642
T4	N20 + 100	733	694	761	712
T5	N50 + 110	731	675	727	686
T6	N50 + 150	730	672	745	732
Sign est. (P)		0,007	0,185	0,000	0,000
CV (%)		3,7	3,5	2,2	2,8
Dk 670 MG (franja)					
		730	697	735	736
P2053Y					
		735	792	831	678
NK 910 TD Max					
		730	745	747	675
LT 622 MG					
		721	726	762	706
DK 747 MG RR					
		705	747	765	744
AW 190 MG RR					
		715	715	739	697
Nidera Ax 878 MG					
		726	744	732	717
Nidera Ax 892 MG					
		772	787	826	697

Se observó una importante respuesta a la fertilización nitrogenada (Tn-T1), alcanzando un rango de 2251 a 5683 kg ha⁻¹, lo que representa un incremento de entre 31 a 77 % por sobre el rendimiento del testigo (Tabla 4 y Figura 3). No solo en el NG, sino también en el P1000 granos se modificaron fuertemente como resultado de la fertilización nitrogenada. Como sucediera con los rendimientos, valores cercanos al máximo en ambos parámetros se alcanzaron en el T4 (Tabla 4).

Tabla 4: Índice de verdor (Spad), Rendimiento de grano y sus componentes, número y peso de los granos. Calibración de N-tester en ensayo de dosis crecientes de nitrógeno y franjas de cultivares en Maíz. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2008/09.

Nº	Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG m ⁻²	P1000 (g)
T1	Testigo	7373	3191	285
T2	N40	9624	3098	296
T3	N20 + 60	11204	3071	304
T4	N20 + 100	12761	3675	354
T5	N50 + 110	12099	3500	369
T6	N50 + 150	13056	3465	350
Sign est. (P)		0,000		
CV (%)		8,1		
Dk 670 MG (franja)		12166	3436	354
P2053Y		11498	3685	312
NK 910 TD Max		11171	3736	299
LT 622 MG		10693	3739	286
DK 747 MG RR		11334	4498	252
AW 190 MG RR		9689	3741	259
Nidera Ax 878 MG		10336	3469	298
Nidera Ax 886 MG		9827	3708	265
Nidera Ax 892 MG		10747	3771	285

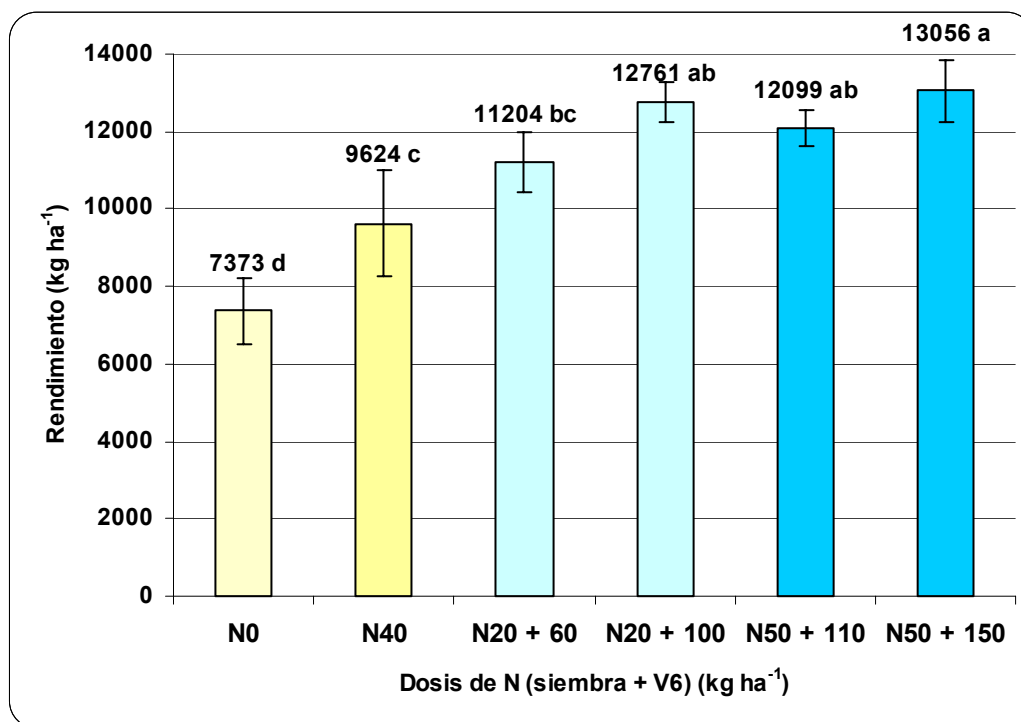


Figura 3: Rendimiento (kg ha⁻¹) por la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada en maíz. Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales indican la desviación Standard de la media. Wheelwright, Santa Fe, Campaña 2008/09.

La lectura de N-tester fue sensible a cambios en la intensidad de verdor originada por variaciones en las dosis de N, o diferencias varietales. Se observó una clara relación entre el

rendimiento y la lectura de N-tester, en todos los estadios de cultivo (Figura 4). Es decir, ya desde un estado tan temprano como V5 diferencias en la dosis de N se manifestaron en la intensidad de verdor, y pudieron ser detectadas por las lecturas de N-tester. La relación entre rendimiento y lectura N-tester siguió una función lineal, salvo en el estadio V7 donde la asociación fue cuadrática.

Los umbrales críticos variaron en función del estadio de medición. Así, para un rendimiento relativo (RR) del 95 % del máximo, que en general es sindicado como aquel que permite alcanzar el óptimo económico, fue necesario obtener un valor N-tester de 735, 680, 750 y 700 unidades, para los estadios V5, V7, V10 y R1, respectivamente (Figura 5). La relación RR y N-tester fue ajustada a una función cuadrática, que representa una dinámica de incrementos decrecientes en los rendimientos ante cambios en la dosis de N, como se espera que suceda en la realidad.

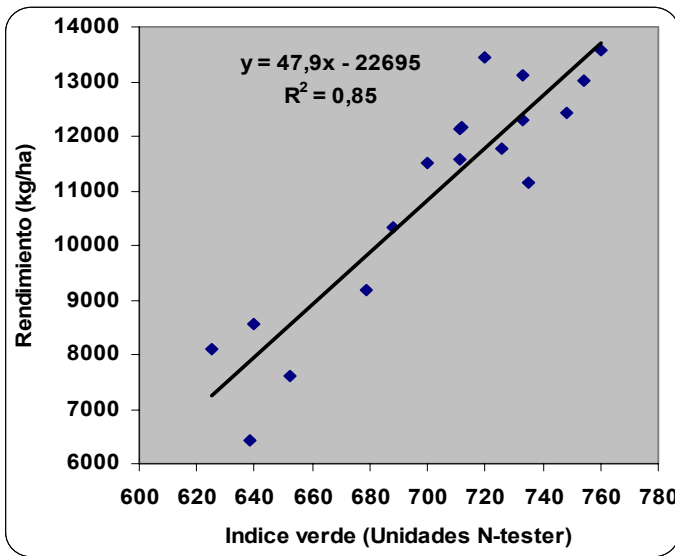


Figura 4.a

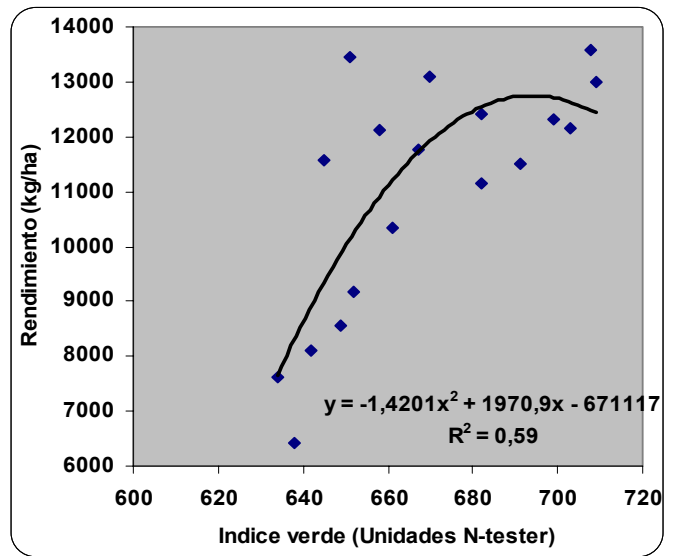


Figura 4.b

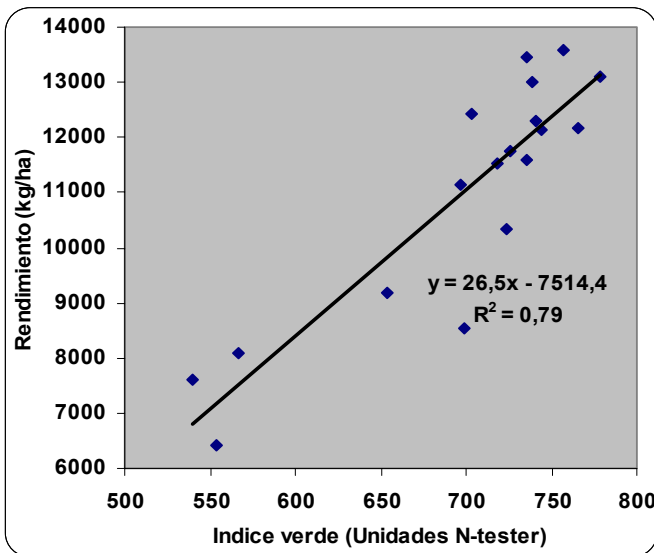


Figura 4.c

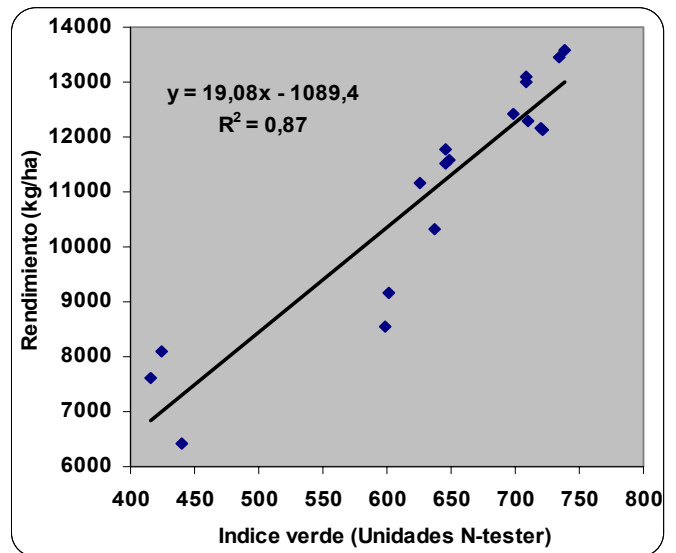


Figura 4.d

Figura 4: Relación entre el rendimiento e índice verde medido por N-tester en maíz en los estadios a)V5 b)V7 c)V10 y d)R1. Calibración de N-tester en ensayo de dosis crecientes de nitrógeno en Maíz. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2008/09.

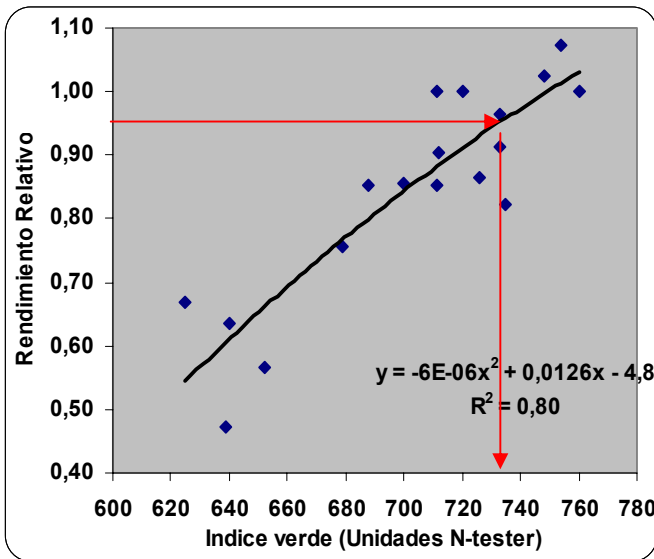


Figura 5.a

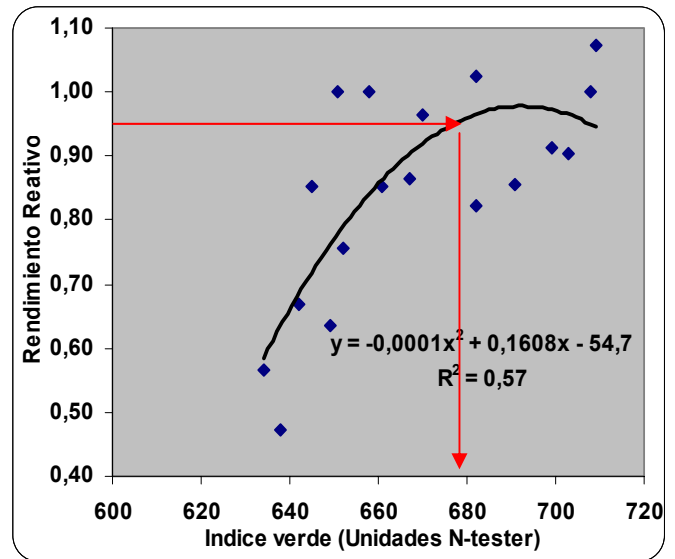


Figura 5.b

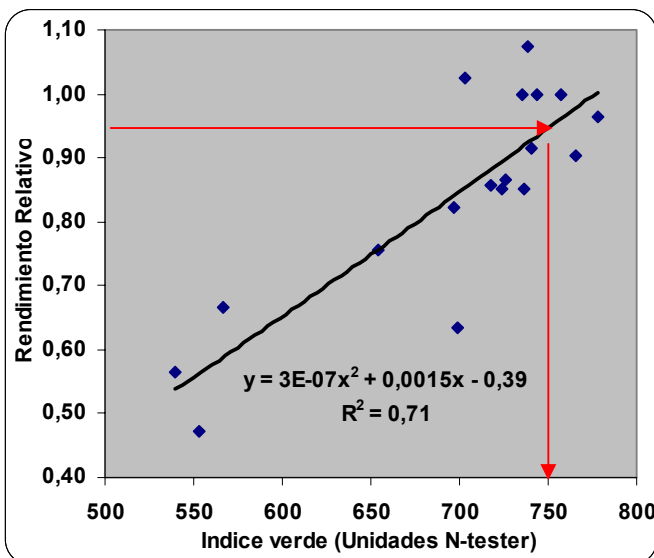


Figura 5.c

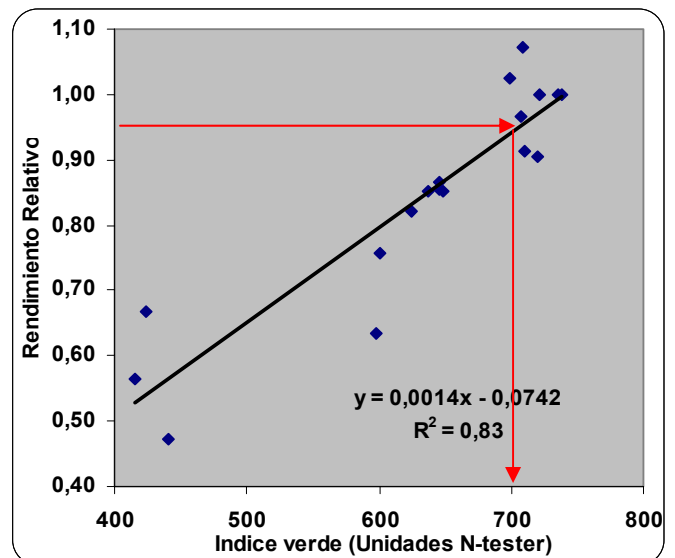


Figura 5.d

Figura 5: Relación entre el rendimiento relativo al máximo y el índice verde medido por N-tester en maíz en los estadios a) V5 b) V7 c) V10 y d) R1. Calibración de N-tester en ensayo de dosis crecientes de nitrógeno en Maíz. Wheelwright, Santa Fe. Campaña 2008/09.

Los valores de la franja de referencia sembrada con el mismo cultivar del ensayo (Dk 670 MG), mostraron durante todo el ciclo lecturas N-tester muy cercanas al umbral crítico, siendo las diferencias siempre menores al 5 % (Figura 6). Esto es razonable si se tiene en cuenta que dicha franja fue fertilizada con una dosis de N similar a T4, siendo esta la mínima que no difirió significativamente del máximo rendimiento, a sólo 295 kg ha⁻¹ de alcanzarlo (Figura 3). Por este motivo, se considera que los valores de las lecturas N-tester registradas a lo largo del ciclo en los diferentes materiales genéticos, están próximas al valor crítico que permite alcanzar un RR = 0,95 en cada uno de ellos, siendo prudente otorgar un margen de +- 5% para contemplar posibles desvíos por causas ambientales o de muestreo. Esto constituye una aproximación para un ambiente en particular, siendo necesario para lograr mayor precisión ampliar los datos a partir de un mayor número de experimentos.

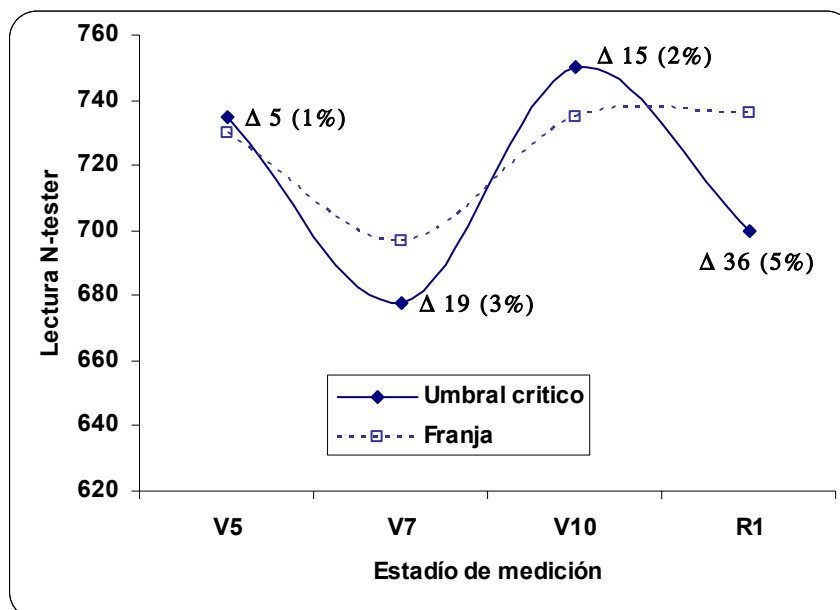


Figura 6: Evolución del umbral crítico y las lecturas N-tester de la franja realizados con el Híbrido Monsanto Dk 670 MG en distintos estadios del ciclo del cultivo. El Δ entre ambos valores fue en todos los casos menor o igual al 5 %.

Conclusiones:

- En el presente ensayo, se observaron altos niveles de rendimiento a pesar de registrarse un severo estrés hídrico.
- Se verificó una considerable respuesta a la fertilización nitrogenada, alcanzando un rango de 2251 a 5683 kg ha⁻¹, entre 31 a 77 % por sobre el rendimiento del testigo. El tratamiento T4 (N20 a la siembra + N100 en V6) fue la mínima dosis que no se diferenció del máximo rendimiento.
- Las lecturas de N-tester fueron sensibles a diferencias en la intensidad de verdor, y correlacionaron en forma significativa y con buen ajuste con los rendimientos y la respuesta a Nitrógeno.
- Para el ensayo de dosis realizado en esta investigación y el híbrido DK 670 MG, se alcanzaron RR = 0,95 con lecturas N-tester de 735, 680, 750 y 700 unidades, para los estadios V5, V7, V10 y R1, respectivamente. De manera indirecta, umbrales de referencia fueron establecidos para otros materiales genéticos ampliamente difundidos.