

Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal

*Ings. Agr. Ricardo Bergh, Agustín Baez, Ariel Quattrocchio y Martín Zamora
CEI MAGyA - INTA Barrow
C.C. 216 – (7500) Tres Arroyos
Buenos Aires, Argentina
cebarro@inta.gov.ar*

Introducción

La producción de trigo candeal en Argentina se realiza mayoritariamente, bajo contratos entre los productores y las Empresas Molineras o Fideeras. Esta particular forma de producir le permite, por un lado a la industria modificar el precio del producto en relación al mayor o menor cumplimiento de las pautas de calidad requeridas por la misma y por otro lado al productor obtener un precio, en promedio, 15 a 20 % superior al de trigo pan con el consecuente incremento en la rentabilidad.

La proteína y la vitreosidad son las principales características consideradas para definir la bonificación en el precio del trigo candeal, desde el punto de vista de la industria es deseable que se supere el 11% de proteína y el 75% de vitreosidad. Los niveles de proteína y vitreosidad dependen principalmente, de las condiciones climáticas y del suelo en el que se desarrolla el cultivo, como así también del manejo que se realice de la fertilización nitrogenada.

En trigo candeal en secano, las aplicaciones tardías (antesis) de nitrógeno (N) para elevar la proteína presentan el problema que se realizan sin disponer de un método de diagnóstico que permita identificar las situaciones donde realmente se justifica, tanto técnica como económicamente, la fertilización. Además es escasa la información referida a dosis, fuentes y otros aspectos de la tecnología de la fertilización nitrogenada para el mejoramiento de la calidad en trigo candeal.

Además, la aplicación de cantidades excesivas de fertilizante nitrogenado puede reducir la eficiencia de uso del mismo e incrementar el potencial lavado de nitratos con su consecuente impacto ambiental.

Es necesario disponer de un método de diagnóstico simple para tener una mayor certeza de obtener una respuesta rentable a la aplicación tardía de N en trigo candeal y desarrollar un eficiente manejo de la aplicación de N para el mejoramiento de la calidad y rentabilidad del cultivo de trigo candeal.

Hipótesis y Objetivos

Basándonos en las hipótesis:

1. La evaluación de la nutrición nitrogenada en pre-antesis podría ser una herramienta útil, cuando se requiere predecir la proteína que tendrá un cultivo.
2. La aplicación tardía de N permite incrementar la proteína en Trigo candeal.

Se realizaron entre 1996 y 1999 doce ensayos con la finalidad de responder a los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de aplicaciones tempranas (implantación) de distintas dosis de N sobre el rendimiento y la calidad del trigo candeal, bajo diferentes condiciones climáticas y en distintos tipos de suelo.
2. Determinar si los índices de nutrición nitrogenada: contenido de N total y/o clorofila en hoja durante pre-antesis son buenos predictores de la proteína del grano y por ende herramientas de diagnóstico útiles para decidir aplicaciones de nitrógeno en antesis.
3. Cuantificar el efecto de aplicaciones tardías de distintas dosis y fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad del grano, bajo distintos niveles de nutrición nitrogenada del cultivo.

Materiales y Métodos

Los sitios donde se realizaron los doce ensayos fueron elegidos con la finalidad de contar, cada año, con un ensayo en cada una de las Areas Agroecológicas Homogéneas (34', 34 y 38) del Area de Influencia de la CEI Barrow.

En todos los ensayos se realizaron muestreos de suelo con la finalidad de caracterizar cada sitio experimental. El N disponible y la humedad edáfica se determinaron a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. En la capa arable se midió el contenido de materia orgánica, fósforo disponible y pH (Cuadro 1). En todos los ensayos se realizaron a la siembra fertilizaciones en la línea con fosfato diamónico en dosis que variaron según el resultado del análisis de suelo y el potencial de rendimiento de cada sitio (Cuadro 1). Se realizaron recuentos con la finalidad de conocer el número de plantas logradas en cada ensayo (Cuadro1).

El diseño de los ensayos fue un factorial completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Los factores evaluados fueron los tratamientos de fertilización temprana, realizada cuando el cultivo tenía una hoja desarrollada, a las dosis de 0, 20, 40, 60 y 80 kg N/ha y el otro factor fue la fertilización en antesis con dosis de N de 20 y 40 kg N/ha. El fertilizante utilizado en las aplicaciones tempranas fue urea y se aplicó al voleo con fertilizadora de parcelas. Las diferentes dosis de N aplicado temprano buscaron generar un amplio rango de nutrición nitrogenada en el cultivo. Las fertilizaciones tardías se realizaron a través de pulverizaciones con mochila de una solución de urea y nitrato de amonio con una concentración de N del 10%. Las fechas de las aplicaciones de N tempranas y tardías se pueden observar en el Cuadro 1. El tamaño de las parcelas fue de 2,5 por 7 m (17.5 m²).

En todas las parcelas se realizaron muestreos de 20 hojas en dos momentos, hoja prebandera (Zadoks 55) y hoja bandera (Zadoks 59). Se realizaron lecturas de índice de verdor (valores SPAD) con un equipo SPAD 502 de Minolta, en cada nivel de fertilización temprana y repetición sobre 20 hojas. Luego las muestras fueron secadas por 48 horas a 60 °C, molidas y posteriormente analizadas para determinar la concentración de N total usando el método Kjeldahl.

Para la determinación del rendimiento se realizó la cosecha a través del corte de espigas en los dos surcos centrales (2,45 m²) en cada parcela y las muestras fueron trilladas en trilladora estática. Se pesaron las muestras para determinar el rendimiento y se separaron submuestras para evaluar el contenido de proteína en grano. Sobre conjunto de las cuatro repeticiones se determinó la vitreosidad y el peso de mil granos.

Cuadro 1. Características edáficas, manejo de los cultivos y cronograma de actividades en los ensayos

Ubicación	Oriente	Hueso Clavado	Gonzáles Chávez
Productor	Ernesto Friederich	Ricardo Buus	Ariel Crescimbeni
Establecimiento	Las Barrancas	María Berta	La Solita
% Materia orgánica	2.6	2.5	4.0
Fósforo disponible (ppm)	14.1	8.8	7.1
pH	6.8	6.2	6.4
% Humedad (0-20 cm)	23.8	19.5	27.1
kg/ha N disponible (0-60 cm)	40.6	51.7	54.5
Profundidad tosca (cm)	40 - 50	sin tosca	30 - 40
Antecesor	Girasol	Girasol	Soja
Fecha de siembra	26 - jul	4 - ago	23 - ago
Fertilización a la siembra	80 DAP	60 DAP	70 DAP
Plantas logradas x m ²	237	279	282
Cultivar	Cumenay	Cumenay	Cumenay
Fertilización temprana	19 - ago	9 - sept	15 - sept
Muestreo de hojas prebandera	26 - oct	1 - nov	4 - nov
Muestreo de hojas bandera	3 - nov	9 - nov	11 - nov
Fertilización tardía	12 - nov	14 - nov	16 - nov
Cosecha	23 - dic	28 - dic	28 - dic

Los datos de rendimiento y % de proteína fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza y se realizaron análisis de regresión lineal entre el contenido de N total en hoja y los índices de verdor. Además se establecieron las regresiones entre la proteína en

grano y el % de N total en hojas prebandera y bandera, y la relación % N total en hojas e incremento de la proteína.

Resultados y Discusión

1. Efecto de la fertilización nitrogenada temprana sobre el rendimiento y la calidad

Las aplicaciones tempranas de nitrógeno produjeron cambios en los rendimientos y el contenido de proteína en una magnitud variable y dependiente de las condiciones climáticas de cada año y la capacidad de aportar nitrógeno de los suelos.

Cuadro 2. Alto Incremento del Rendimiento y de la Proteína

Fertilización nitrogenada (kg N/ha)	Oriente 99/00			Hueso Clavado 99/00		
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Vitreos (%)	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Vitreos (%)
0	2547	11.7	66	2310	12.0	83
20	2758	12.2	94	2601	12.8	90
40	3289	12.2	90	2939	12.8	94
60	3421	12.1	97	3357	13.6	98
80	3602	13.5	98	3664	14.3	96

En años con condiciones favorables para el cultivo hasta espigazón y moderado déficit hídrico durante el llenado del grano se produjeron aumentos tanto en el rendimiento como en la proteína y vitreosidad en magnitudes equivalentes a la dosis de N aplicado (Cuadro 2).

Cuadro 3. Alto Incremento del Rendimiento y bajo de la Proteína

Fertilización Nitrogenada (kg N/ha)	Guisasola 97/98		Lin Calel 97/98	
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)
0	3634	11.2	2220	9.1
20	4552	12.0	2276	9.7
40	4346	11.8	3240	9.5
60	4498	12.2	3440	10.2
80	4852	11.8	4093	10.4

Los resultados demuestran que en años con buena disponibilidad hídrica durante todo el ciclo las aplicaciones tempranas produjeron un moderado (Cuadro 5) o alto (Cuadro 3) incremento en los rendimientos, proporcional a las dosis aplicadas, pero no se obtuvieron incrementos considerables en la proteína. Observándose, en algunos casos, valores menores a los requeridos por la industria, aún con las dosis más altas de fertilizante nitrogenado (Cuadro 3).

Cuadro 4. Moderado Incremento del Rendimiento y alto de la Proteína

Fertilización Nitrogenada (kg/ha)	Gonzáles Chávez 99/00		
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Vitreos (%)
0	1428	13.0	96
20	2074	13.6	98
40	1898	14.7	99
60	2164	14.9	100
80	2236	14.9	99

En campañas con restricción hídrica las aplicaciones tempranas de dosis bajas o medias produjeron un aumento moderado del rendimiento y de la proteína (Cuadro 4). Las dosis altas no permitieron lograr rendimientos mayores a las dosis medias, pero su efecto fue claramente observado a través del incremento en el contenido de proteína.

Cuando las condiciones fueron de una severa restricción hídrica durante el período de llenado del grano se observaron muy bajos aumentos en el rendimiento, pero significativos cambios en la proteína y la vitreosidad (Cuadro 6).

Cuadro 5. Moderado Incremento del Rendimiento y bajo de la Proteína

Fertilización Nitrogenada (kg N/ha)	Barrow 97/98	
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)
0	3366	11.9
20	3719	11.6
40	3945	11.8
60	3523	12.9
80	3456	12.3

Cuadro 6. Bajo Incremento del Rendimiento y alto de la Proteína

Fertilización Nitrogenada (kg N/ha)	Oriente 98/99		
	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Vitreos (%)
0	2123	9.6	71
20	2372	10.4	74
40	2607	11.3	94
60	2199	11.4	92
80	2509	11.5	99

2. Relación entre contenido de nitrógeno en hoja y porcentaje de proteína en grano

Las determinaciones realizadas durante las últimas dos campañas (98/99 y 99/00) orientadas a conocer el valor predictivo del contenido de proteína a través del N total en hoja prebandera o bandera, indicarían que la hoja bandera permite identificar situaciones de deficiencia tardía de N con mayor precisión que la hoja prebandera (Figuras 1 y 2).

Los resultados obtenidos, luego de cuatro años de investigación, muestran que es útil evaluar el contenido de N total en hoja bandera durante pre-antesis porque esta variable tiene una alta correlación con la proteína ($r^2 = 0.69$) y por lo tanto constituye una herramienta útil para diagnosticar la necesidad o no de realizar aplicaciones para calidad (Figura 3).

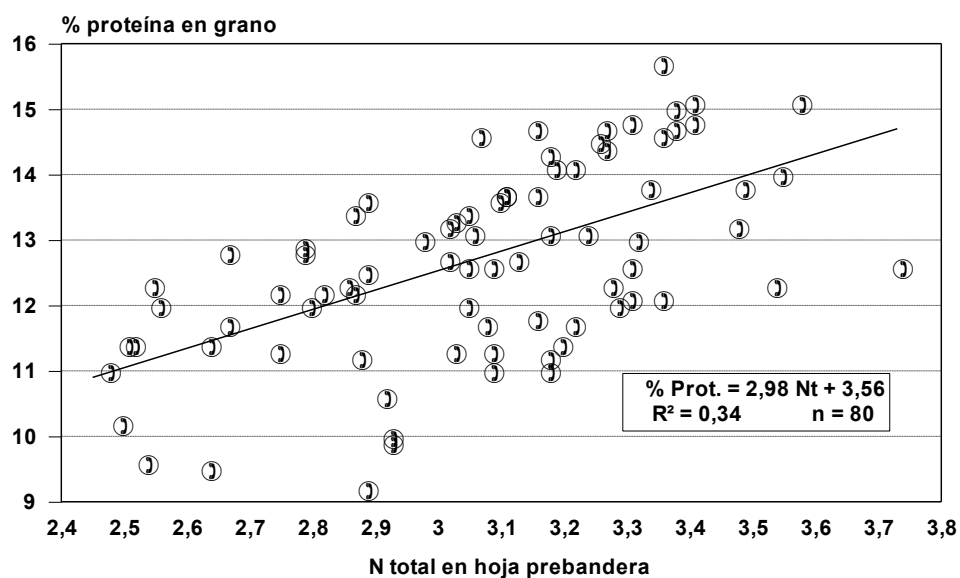


Figura 1: Relación entre el contenido de N total en hoja prebandera y el porcentaje de proteína Campañas 98/99 y 99/00

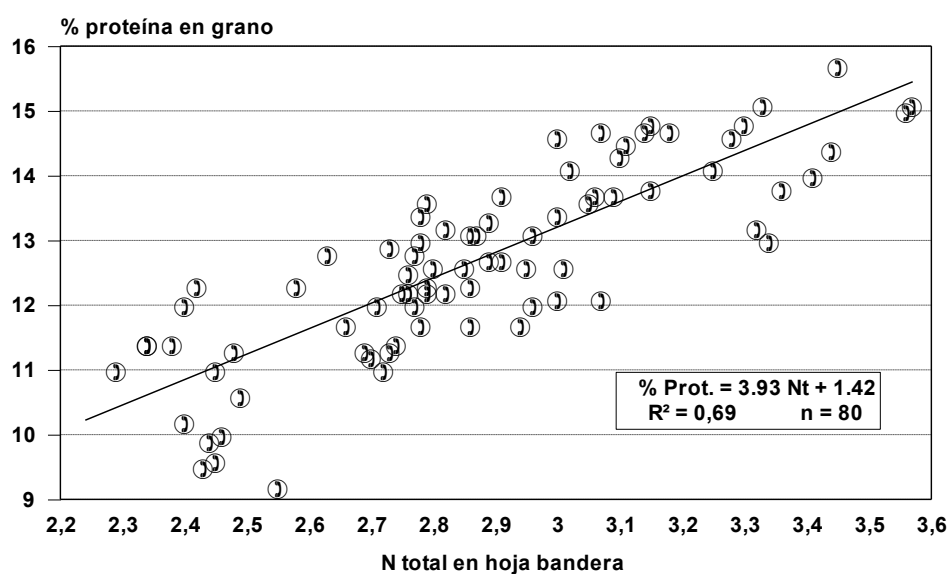


Figura 2: Relación entre el contenido de N total en hoja bandera y el porcentaje de proteína Campañas 98/99 y 99/00

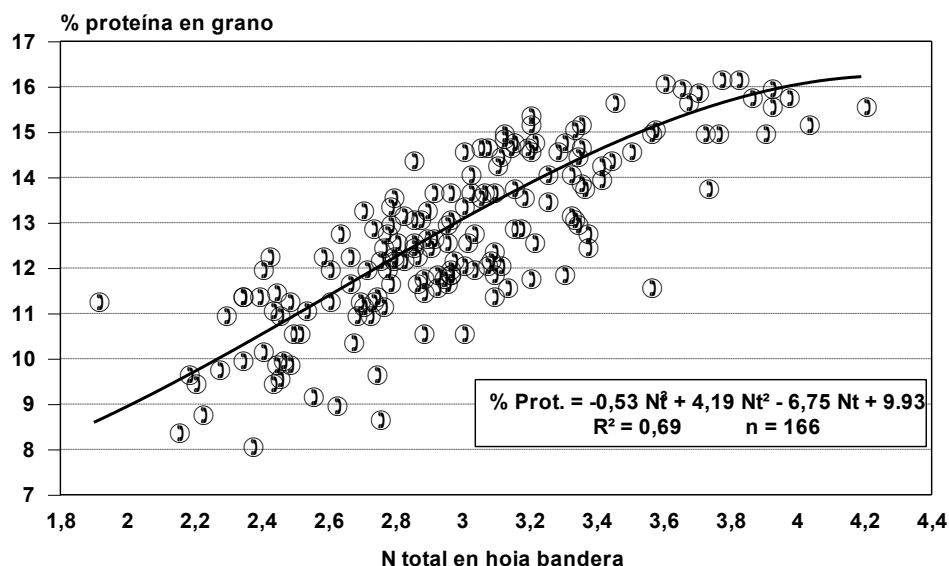


Figura 3: Relación entre el contenido de N total en hoja bandera y el porcentaje de proteína
 Campañas 96/97, 97/98, 98/99 y 99/00

3. Relación entre el índice de verdor y el contenido de nitrógeno en hoja

El contenido de clorofila en hoja (unidades SPAD de Minolta) fue evaluado en las últimas dos campañas. Los resultados indican que este índice nutricional presenta una satisfactoria correlación ($r^2 = 0.75$), con el contenido de N total en hoja cuando la relación se establece para una determinada variedad (Figura 4).

Este índice tiene la ventaja con respecto al contenido de N total en hoja que no requiere del envío de muestras al laboratorio porque las lecturas de SPAD pueden realizarse a campo. Esta metodología de diagnóstico permitiría decidir fertilizaciones tardías en menos tiempo.

Debido a las diferencias observadas en el índice de verdor entre cultivares, bajo las mismas condiciones de nutrición nitrogenada, el diagnóstico a través de esta variable requeriría conocer la relación entre las lecturas de SPAD y el N total en hoja para cada cultivar.

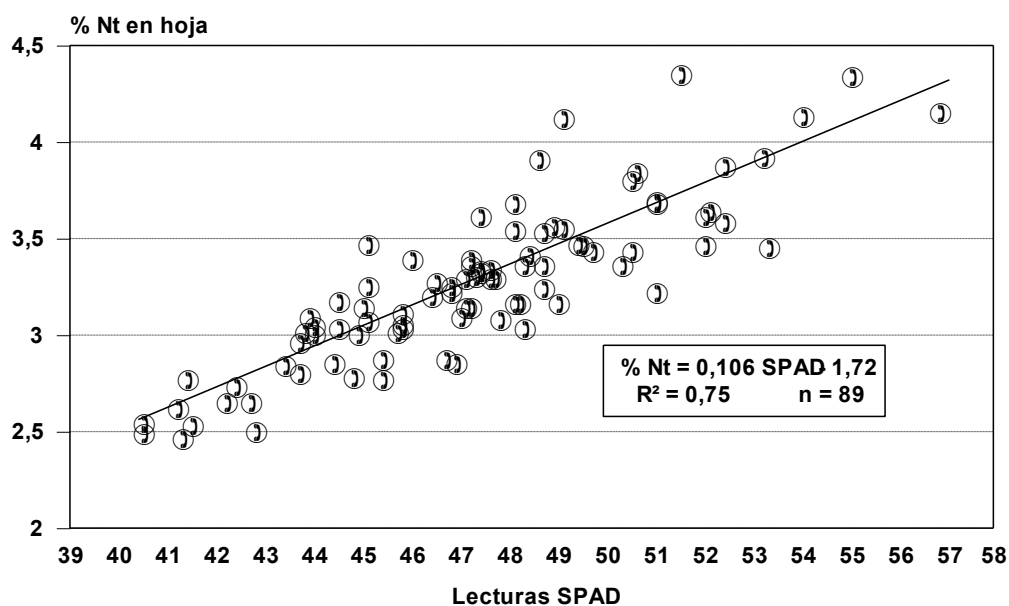


Figura 4: Relación entre el contenido de clorofila (SPAD) y el porcentaje de N en hoja.
 Campañas 98/99 y 99/00. Cultivar Bonaerense INTA Cúmenay.

4. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía sobre la proteína

Con respecto a las aplicaciones tardías de 20 y 40 kg/ha de nitrógeno se observó que no produjeron aumentos de rendimiento, pero sí de proteína que se incremento aproximadamente entre 0.5 y 2 puntos o entre 0.8 y 2.7 puntos respectivamente dependiendo del nivel nutricional del cultivo (Figura 5 y 6).

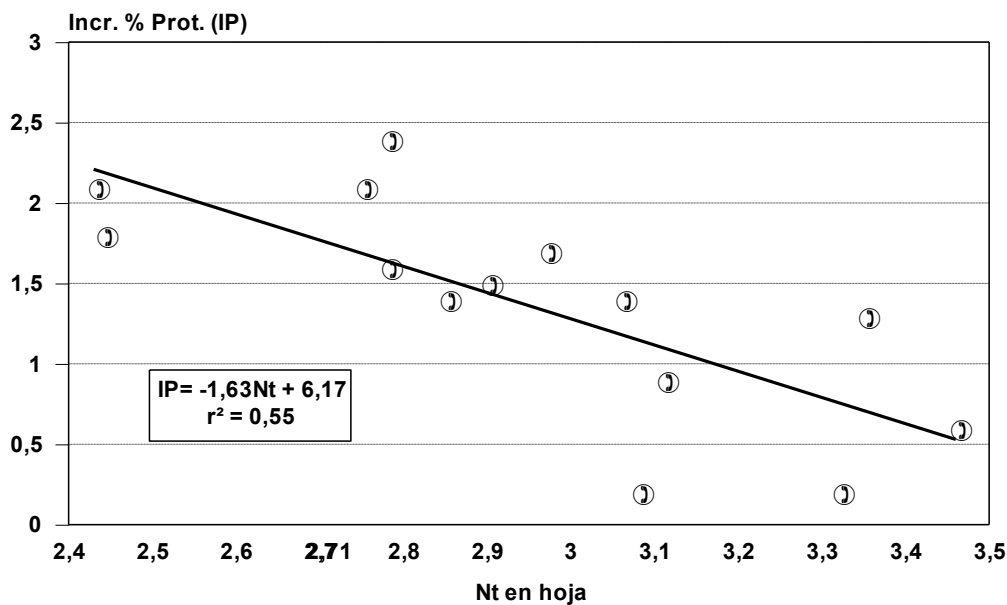


Figura 5: Relación entre el N total en hoja y el efecto de la Fertilización Nitrogenada Foliar con 20 kg N/ha sobre la proteína. Campañas 98/99 y 99/00

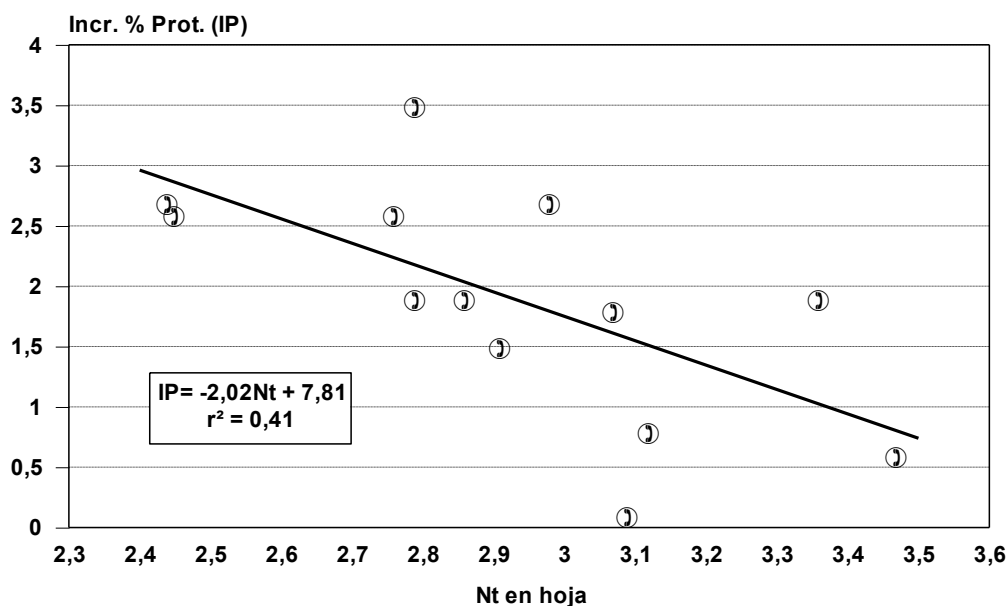


Figura 6: Relación entre el nitrógeno total en hoja y efecto de la Fertilización Nitrogenada Foliar con 40 kg N/ha sobre la proteína. Campañas 98/99 y 99/00

En 1999 se iniciaron los ensayos para estudiar el efecto de distintas dosis de N como fertilización foliar para mejorar la calidad, esta línea de trabajo debería continuarse, al menos por dos años mas para disponer de un adecuado nivel de información sobre este aspecto.

Conclusiones

- El efecto de la fertilización temprana sobre el rendimiento y la calidad es altamente variable y asociado principalmente a la disponibilidad hídrica para el cultivo.
- El % de N total y el índice de verdor en hoja bandera son variables con capacidad de predecir la proteína en los grano y en consecuencia determinaciones útiles para el diagnóstico de fertilizaciones tardías en trigo candeal.
- La fertilización nitrogenada foliar en antesis produjo incrementos en la proteína variables y relacionados con el nivel de nutrición nitrogenada del cultivo.