

# Rendimiento y calidad de trigo: Variables de manejo que los determinan\*

**NOTA TECNICA**

Oswaldo Ernst<sup>†</sup>, Oscar Bentacur<sup>‡</sup>, Mariana Nin<sup>§</sup>, Ines Deluchi<sup>¶</sup>, Esteban Hoffman<sup>||</sup>, Gabriela Suburu<sup>\*\*\*</sup>

## INTRODUCCIÓN

A partir de 1998 existe una nueva norma de comercialización para el trigo, la que incluye en sus bases de comercialización, el nivel proteico del grano. La misma fue fijada en acuerdo entre productores e industriales y atiende a la necesidad de aumentar la competitividad del rubro a través de la mejora de la calidad del producto.

Es reconocida la importancia del "efecto variedad" sobre los parámetros de calidad del trigo y de la harina, así como de las dosis y momento de fertilización nitrogenada. Sin embargo, existen pocos antecedentes sobre el efecto de otras medidas de manejo definitorias del ambiente en que se produce cada cultivar.

Tomando el porcentaje de proteína en grano como estimador de la calidad del producto, es de esperar que sea modificado por todas aquellas variables que alteren el balance entre la oferta del nutriente y la demanda del cultivo. A su vez, el momento en que se produce el desajuste parece ser determinante del resultado final.

Numerosos autores han encontrado relación negativa entre el rendimiento en grano y el porcentaje de nitrógeno en los mismos, lo que es explicado por efecto de la dilución de una cantidad limitada de compuestos nitrogenados en una cantidad muy variable de carbohidratos.

En este trabajo se resumen resultados obtenidos en un relevamiento de chacras de trigo realizado en la zafra 1998/99 con

el objetivo entre otros, de caracterizar el comportamiento de las principales variedades de trigo sembradas en la zafra 1998-99 y a mantenerse en las zafras siguientes, en respuesta a variaciones en el ambiente y condiciones de manejo en el ámbito de producción.

## PRINCIPALES RESULTADOS

El rendimiento promedio de grano de los 11 grupos de similitud formados a través de un análisis de agrupamiento, varió entre 2655 kg/ha y 4444 kg/ha, no existiendo relación entre rendimiento y proteína en grano.

La relación entre proteína en grano y gluten húmedo fue muy significativa para la población de muestras en su conjunto, como se observa en la Figura 1.

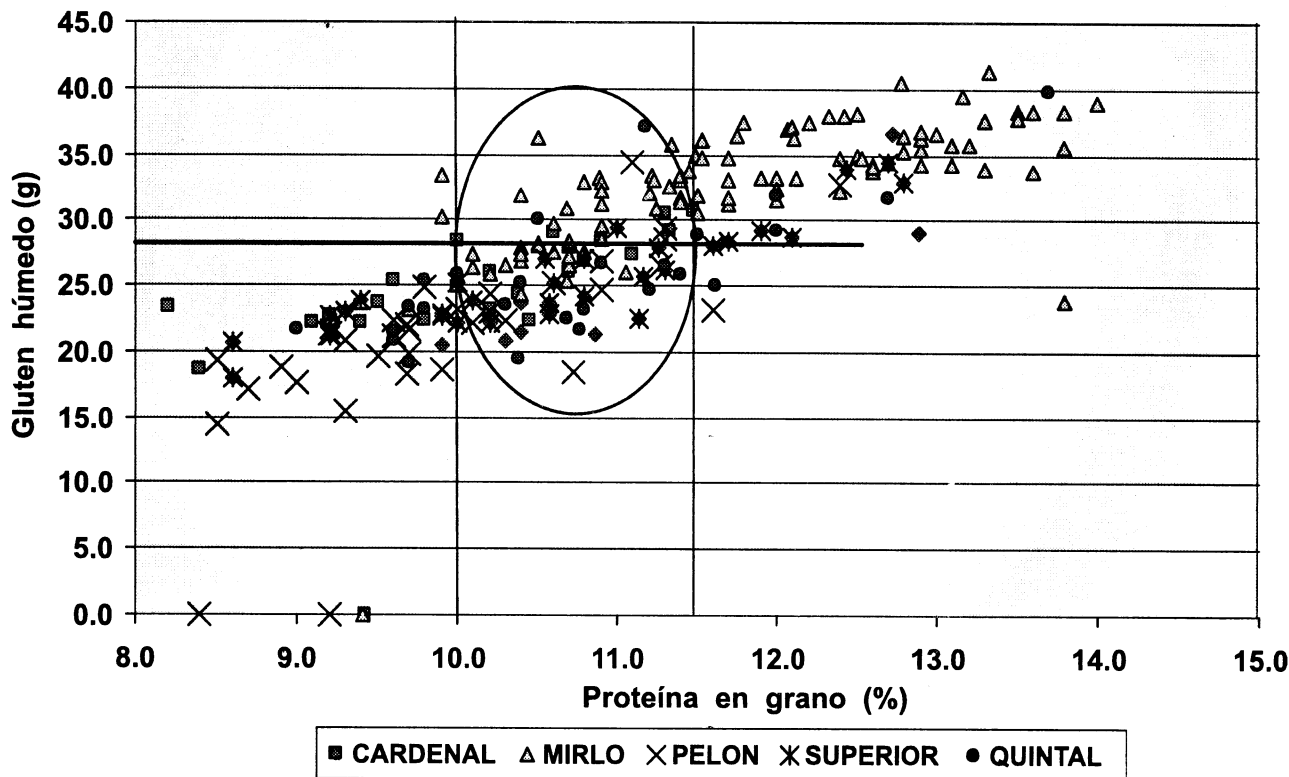


Figura 1. Relación entre proteína en grano y gluten húmedo para el conjunto de situaciones muestreadas.

\* Extraído de Primera Jornada sobre Rendimiento y Calidad de Trigo. Mesa Nacional de trigo. Mercedes, 1999.

† Ing. Agr. Cereales y Cultivos Industriales.EEMAC

‡ Ing. Agr. Estadística y Cómputos.EEMAC

§ INIA La Estanzuela

¶ LATU

En términos generales, todas las muestras con más de 11.5% de proteína en grano base 13.5% de humedad, tuvieron valores de gluten húmedo superior a 28. Existió un efecto variedad sobre la relación en su conjunto, principalmente en el rango de proteína de 10% a 11.5%.

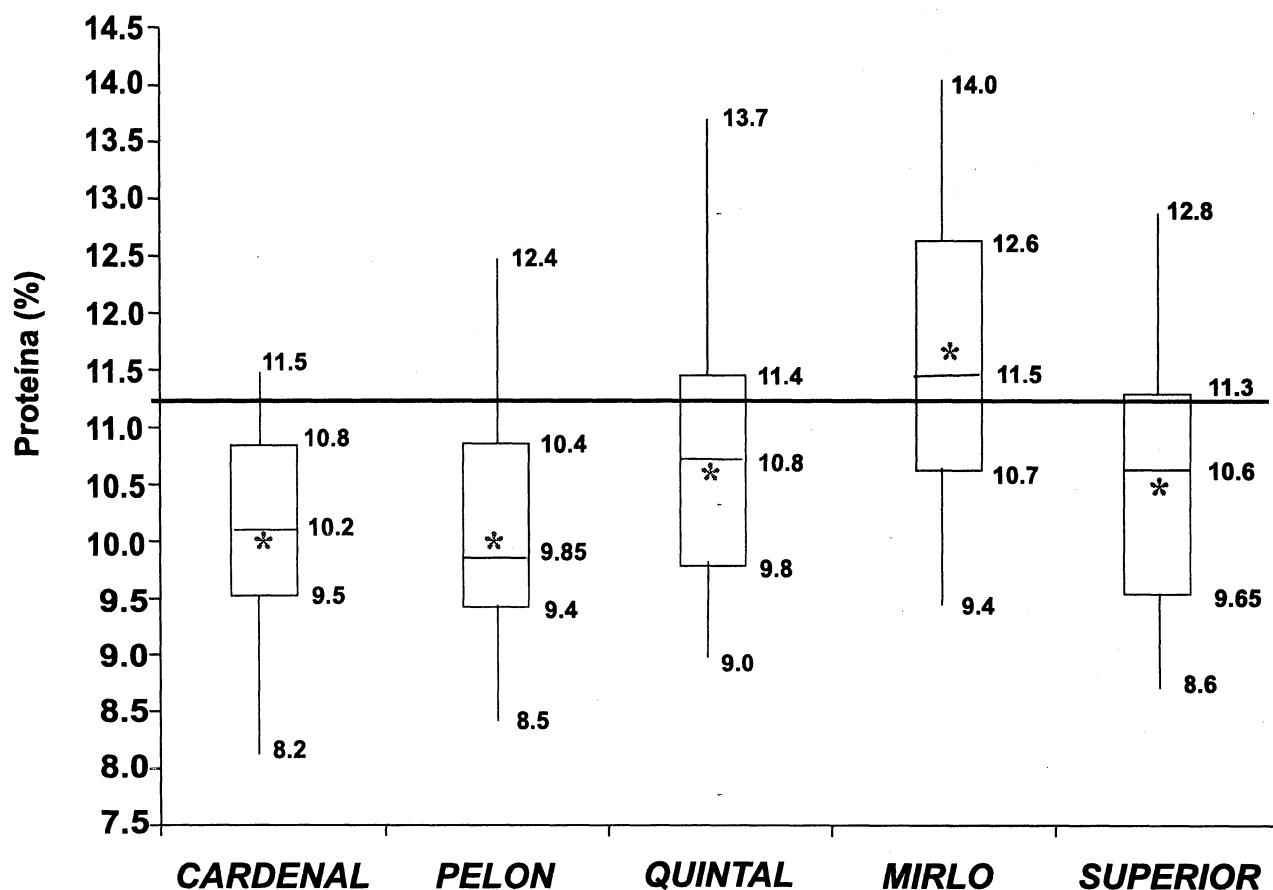
Los resultados son coincidentes con los reportados por la bibliografía, donde se demuestra la importancia del efecto variedad sobre la probabilidad de obtener un determinado valor de proteína en grano, el efecto del manejo y el ambiente sobre la expresión de esta característica, y la relación diferencial entre proteína en grano y

calidad de la proteína (gluten húmedo). En los niveles de proteína inferiores a 11.5% y superiores a 10%, donde la norma de comercialización prevé un descuento en el precio del trigo, no existió una relación estrecha de este parámetro con el gluten húmedo obtenido en harina. La dispersión de los valores de gluten húmedo fue alta, lo que determinaría descuentos en el precio de comercialización sin una clara relación con la calidad de la harina que se obtendría con ese trigo.

La harina está compuesta por almidón, proteínas y otros componentes menores. Su calidad está determinada en gran medida

por la cantidad y tipo de proteínas presentes; entre estas proteínas, son especialmente importantes en la panificación, las gliadinas y gluteninas, que van a dar lugar a la formación de gluten durante el amasado. A una misma concentración de nitrógeno en el grano puede corresponder una proporción diferente de estas proteínas, determinando de este modo, diferencias en la calidad panadera en forma independiente al tenor de nitrógeno en los granos.

En la figura 2 se representa la distribución de frecuencia de valores de proteína en grano para las cinco principales variedades en estudio.



**Figura 2.** Distribución de valores de proteína en grano de trigo base 13.5% de humedad por variedad

\* Corresponde al valor medio observado.

**Nota:** El 50% de las observaciones se ubican dentro de los rectángulos de cada variedad y entre los extremos de las líneas se encuentra el 92% de las observaciones. La línea corresponde a la mediana.

INIA Mirlo presentó un valor medio cercano a la base de comercialización y el 50% de las observaciones estuvo por encima de la misma. Lo contrario ocurrió con Estanzuela Pelón y Estanzuela Cardenal.

#### Efecto sobre la calidad de la harina

Existió una importante dispersión en

los valores W (fuerza de la masa) y P/L (relación tenacidad/extensibilidad) obtenidos de los alveogramas. PROINTA Superior presentó valores medios de W superiores a 280; el resto de las variedades se ubicó en el rango de 210 a 240. Para la relación P/L PROINTA Quintal presentó el menor valor medio y las demás se ubicaron entre 1.5 y 2. En términos genera-

les, las harinas logradas en una alta proporción de chacras, presentaron valores bajos de W y relación P/L altas, lo que significaría un problema para la fabricación de pan francés.

En la Figura 3 se muestra la relación existente entre la estimación de la calidad de la harina a través del porcentaje de proteína en grano y los valores de W y P/L obtenidos en la harina.

La relación entre proteína en grano y W fue significativa ( $P < 0.0001$ ), aunque variable, según el cultivar considerado. INIA Mirlo y PROINTA Superior lograron valores más altos de W para similares valores de proteína y una pendiente menor para la respuesta. Estanzuela Cardenal se caracterizó por presentar la mayor tasa de cambio en W por cada 1% de incremento en la proteína en grano. PROINTA Quintal y Estanzuela Pelón mostraron un comportamiento similar a la media de la población e intermedio a las demás.

En tanto, la relación proteína con P/L mostró una relación significativa única y negativa, por lo que los niveles más altos de proteína en grano determinaron las harinas de mejor calidad, con masa equilibradas y de mayor volumen.

### Variables de manejo asociadas a rendimiento y calidad en cada variedad

De todas las variables de manejo analizadas (fecha de siembra, tipo de suelo, probabilidad de deficiencia a nitrógeno, cultivo antecesor, tipo de laboreo, aplicación de agroquímicos), la fecha de siembra y momento de agregado del nitrógeno resultaron las más importantes.

En el Cuadro 1 se resumen los resul-

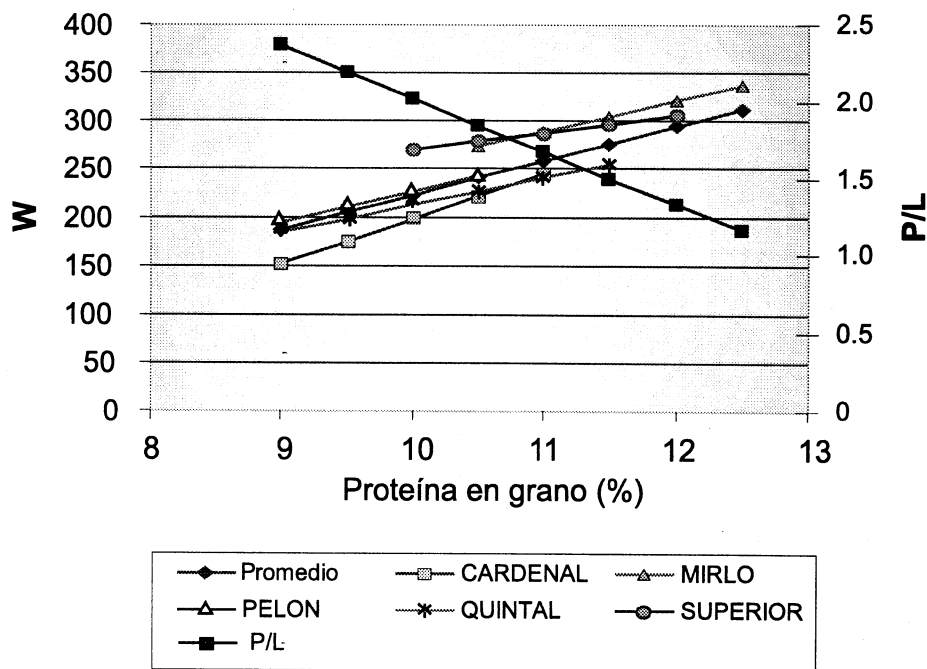


Figura 3. Relación entre la proteína en grano y la calidad de la harina estimado como W y relación P/L.

tados obtenidos a través del análisis por "componentes principales" para cada variedad, como forma de identificar el efecto principal de la fecha de siembra y mo-

mento de agregado de fertilizante nitrogenado (Cuadro 2), sobre el rendimiento, su calidad y la de la harina obtenida.

Cuadro 1. Efecto del atraso en la época de siembra sobre el rendimiento y calidad de trigo para las 5 variedades principales.

VARIEDAD	kg/ha	PROTEÍNA	GLUTEN SECO	GLUTEN HUMEDO	GLUTEN INDEX	W	P/L
Cardenal	-	+	NS	NS	-	+	-
Mirlo	-	- + -	- + -	- + -	-	+	-
Pelón	-	+	+	+	NS	NS	NS
Quintal	-	- + -	NS	+	+	NS	NS
Superior	-	+	NS	+	+	+	-

-+ Óptimo entre 15/6 y 15/7.  
NS: Efecto no significativo.

+ Incrementa significativamente  $P < 0.05$ .

-Reduce significativamente  $P < 0.05$ .

El atraso de la época de siembra redujo el rendimiento en grano en todas las variedades. El porcentaje de proteína se incrementó en forma lineal en Estanzuela Cardenal, Estanzuela Pelón y PROINTA

Superior y mostró un óptimo en las siembras entre el 15/6 y 15/7 en INIA Mirlo y PROINTA Quintal.

Esta tendencia general también se manifestó al analizar la calidad de la pro-

teína. Hubo efecto positivo en INIA Mirlo, Estanzuela Pelón, PROINTA Quintal y PROINTA Superior, y no hubo efecto en Estanzuela Cardenal. Cuando hubo efecto, el valor W mejoró al atrasarse la fecha de siembra.

Cuadro 2. Efecto del agregado de nitrógeno en macollaje tardío y espigazón sobre rendimiento y calidad de trigo

Variedad	kg/ha	PROTEÍNA	GLUTEN SECO	GLUTEN HUMEDO	GLUTEN INDEX	W	P/L
Cardenal	+	-	NS	+	+	NS	NS
Mirlo	NS	++	++	++	+	-	-
Pelón	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS
Quintal	+	+	+	-	+	+	NS
Superior	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

++ Efecto positivo de agregar en macollaje tardío y espigazón. + Efecto positivo de agregar en macollaje tardío. NS: No significativo

El manejo de la fertilización nitrogenada en estadios tardíos del desarrollo, tendió a incrementar el tenor proteico del grano y su calidad, excepto en Estanzuela Cardenal, donde mejoró el rendimiento y redujo el porcentaje de proteína.

La información presentada en relación al efecto del momento de agregado del fertilizante nitrogenado resulta válida sólo para Estanzuela Cardenal, INIA Mirlo y PROINTA Quintal. El efecto no significativo en los demás casos responde a la falta de variación de la variable de manejo en el relevamiento realizado. Es por esta misma razón que no se incluye en el análisis la fertilización a la siembra y macollaje temprano, ya que casi todas las chacras recibieron nitrógeno en estos estadios.

La siembra sin laboreo redujo el nivel proteico en INIA Mirlo y PROINTA Superior a pesar de que no afectó o incrementó el rendimiento en grano, respectivamente; esto se asoció con un incremento en el gluten húmedo. En los demás cultivos, en general, no hubo efecto significativo por falta de variación en las situaciones estudiadas. Como ya se destacó, los casos en que no fue posible medir gluten, fueron todas siembras sin laboreo.

En relación a la probabilidad de deficiencia de nitrógeno del ambiente en el que se realizó la siembra, no fue determinante

del rendimiento, ni calidad del producto. Probablemente esto sea el producto del ajuste diferencial de las dosis de nitrógeno utilizadas en cada caso (no cuantificada en el relevamiento).

La información es consistente en marcar el efecto de la época de siembra y ajuste de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento, proteína y los parámetros W y P/L del alveograma.

El rendimiento en grano, gluten húmedo y W son variables correlacionadas, que variaron en respuesta a las mismas variables de manejo. En el caso de la época de siembra, los mayores rendimientos de las siembras tempranas habrían diluido el nitrógeno en una mayor cantidad de grano. Los bajos niveles medios de proteína en grano del conjunto de situaciones muestreadas indican un aporte limitante de nitrógeno para el potencial productivo del ambiente. En estos casos, la cantidad total de nitrógeno absorbido sería la principal limitante y explicaría la respuesta cuantificada al agregado de nitrógeno en fin de macollaje y espigazón.

Es de destacar que la información disponible sobre el manejo de la fertilización nitrogenada en este relevamiento es limitada, ya que sólo fue posible determinar el momento de agregado y no la dosis ni el criterio de ajuste manejado. Como el 96% de las chacras recibió nitrógeno a la siem-

bra y 94% en macollaje temprano, no es posible cuantificar su efecto sobre rendimiento en grano y su calidad. En cambio, recibieron nitrógeno en macollaje tardío sólo el 29% de las chacras muestreadas y el 8% en espigazón. Dentro de estas últimas, la mayoría correspondieron a INIA Mirlo. Este manejo diferenció grupos de mayor proteína en grano, gluten húmedo y valor W porque habría mejorado la relativamente baja disponibilidad de nitrógeno del año. Una interpretación similar puede hacerse sobre el efecto negativo de la siembra sin laboreo como consecuencia de un menor aporte del suelo en momentos clave del desarrollo del cultivo sin una clara diferenciación en el manejo de la fertilización nitrogenada.

### Tecnologías asociadas a rendimiento y calidad de grano en cada variedad

El rendimiento y la calidad obtenidos en una situación productiva depende de la combinación de variables de manejo utilizadas (tecnología), y del ambiente ofrecido al cultivo. Para ello se confeccionaron grupos de similitud definidos por "cluster analysis", que demostraron ser estadísticamente diferentes entre sí a través de un análisis de varianza. Este efecto se resume en el Cuadro 3 para el conjunto de las situaciones analizadas.

**Cuadro 3.** Frecuencia de situaciones asociadas a variables de manejo en los grupos de similitud formados con el porcentaje de proteína en grano como variable discriminante.

GRUPO		PROTEÍNA (%)		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Número de chacras		51	139	46
PROTEÍNA (%)		9.5	10.7	12.8
	CATEGORÍA			
FECHA SIEMBRA	Antes 15/6	50	21	2
	Después 15/7	20	17	17
N macollaje tardío	SI	23	26	45
N espigazón	SI	0	4	17
Fungicida	SI	58	55	80
Rendimiento kg/ha		3820	3287	3434
Gluten húmedo		21.0	26.6	37.1
Rango de gluten húmedo		18-22.7	24.2- 32.3	36.3-37.4

Para la población en su conjunto el nivel medio de proteína se incrementó al reducirse la proporción de casos en siembras tempranas (50% contra 2%), aumentó la proporción de casos con fertilización nitrogenada en estadios tardíos (23% contra 45%), y aumentó el porcentaje de situaciones con fungicidas (58% contra 80%). En los grupos de baja y media proteína hubo mayor frecuencia de Estanduela Pelón y Estanduela Cardenal y en los de media-alta hubo mayor proporción de INIA Mirlo y PROINTA Superior.

Esto no puede atribuirse a un comportamiento varietal diferencial ya que existieron variables de manejo asociadas a cada variedad como época de siembra temprana (E. Pelón y E. Cardenal) y fertilización tardía (I. Mirlo y P. Superior).

Las variedades que tuvieron menores valores medios de proteína en grano fueron sembradas mayoritariamente antes del 15 de junio (68% de Estanduela Pelón y 40 % de Estanduela Cardenal) y lograron los mayores rendimientos medios con 3878 kg/ha y 4355 kg/ha para Estanduela Pelón y Estanduela Cardenal, respectivamente, en siembras tempranas frente a 3422 kg/ha para el promedio de INIA Mirlo, PROINTA Quintal y PROINTA Superior

en igual fecha de siembra. Asumiendo un aporte medio de nitrógeno similar en siembra y macollaje temprano y la baja frecuencia de fertilización nitrogenada tardía en estos cultivares, el efecto estaría más asociado a la dilución de nitrógeno en grano que al efecto variedad, ya que los resultados resumen el comportamiento de cada una de ellas con la tecnología de producción utilizada en esta zafra.

En el Cuadro 4 se resume el efecto de la época de siembra y fertilización nitrogenada tardía, sobre el rendimiento, calidad de grano y de harina.

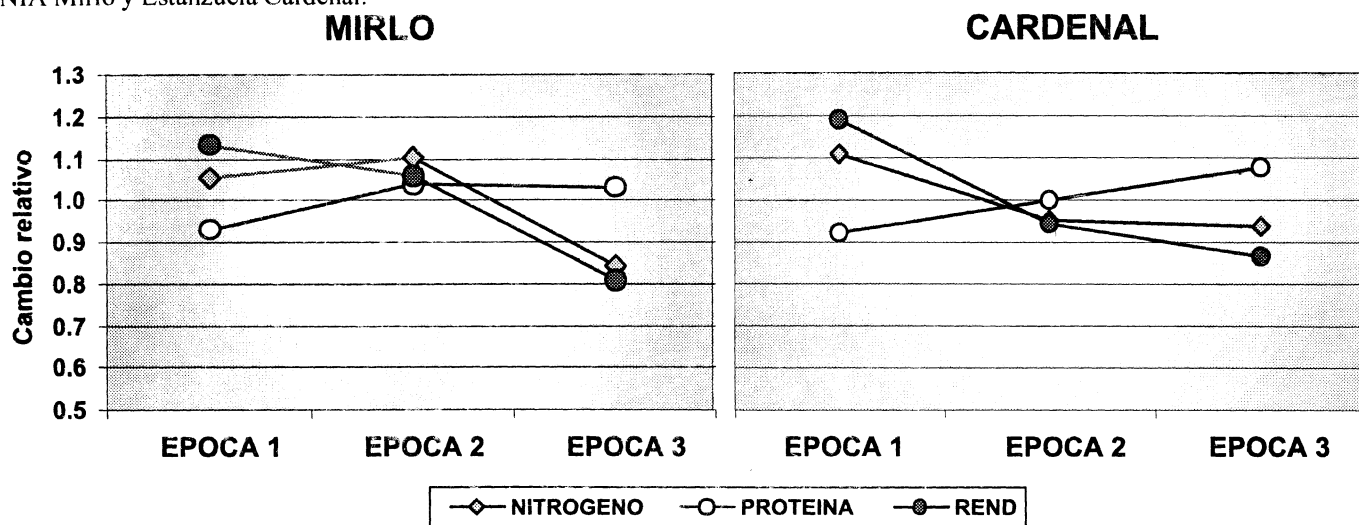
En el Cuadro 4 se resume el efecto de la época de siembra y fertilización nitrogenada tardía, sobre el rendimiento, calidad de grano y de harina.

**Cuadro 4.** Efecto de la fecha de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de grano y harina (178 observaciones).

Variedad	FECHA DE SIEMBRA			NITRÓGENO EN MACOLLAJE - ESPIGAZÓN		
	<15/6	15/6-15/7	>15/7	No-No	Si-No	No-Si
<b>CARDENAL</b>						
Rendimiento	4679 a	3710 b	3400 c	3200 b	4958 a	.
Proteína	9.5 c	10.3 b	11.1 a	10.4 a	10.0 b	.
Gluten húmedo	23.7 a	26.0 a	27.8 a	25.5 b	25.6 a	.
W	169 c	224 b	247 a	227 a	187 a	.
P/L	2.8 c	1.9 b	1.2 a	1.7 a	2.5 a	.
<b>MIRLO</b>						
Rendimiento	3728 a	3479 b	2665 c	3095 b	3631 a	3649 a
Proteína	10.6 b	11.9 a	11.8 a	11.3 c	11.9 b	12.6 a
Gluten húmedo	27.7 b	31.5 a	31.4 a	30 a	31 ab	35 a
W	192 b	237 a	230 a	212 c	234 b	273 a
P/L	2.1 b	2.2 b	1.2 a	2 a	1.9 a	2 a
<b>PELÓN</b>						
Rendimiento	3951 a	3256 b	3179 b	3703 a	3840 a	.
Proteína	9.9 b	9.9 b	10.5 a	9.8 a	10.5 a	.
Gluten húmedo	22.0 ab	19.8 b	24.5 a	21.0 b	24.7 a	.
W	219 a	218 a	245 a	214 b	245 a	.
P/L	1.8 b	1.6 ab	1.4 a	1.6 a	1.7 a	.
<b>QUINTAL</b>						
Rendimiento	3150 a	3098 a	2426 b	.	.	.
Proteína	10.0 b	11.0 a	10.9 a	.	.	.
Gluten húmedo	24.5 a	25.6 a	24.5 a	.	.	.
W	237 a	232 a	229 a	.	.	.
P/L	1.5 c	1.3 b	0.8 a	.	.	.
<b>SUPERIOR</b>						
Rendimiento	3310 a	3072 a	2443 a	2911 a	3023 a	.
Proteína	10.0 b	10.6 a	10.6 a	10.4 a	10.9 a	.
Gluten húmedo	23.2 a	25.7 a	24.5 a	24.5 a	26.7 a	.
W	277 a	281 ab	300 a	289 a	260 a	.
P/L	3.1 b	1.9 a	2.0 a	2.2 b	1.7 a	.

Valores seguidos por la misma letra dentro de filas y dentro de variable de manejo no difieren entre si (P<0.05).

En la Figura 4 se resume el efecto del atraso en la época de siembra sobre rendimiento y porcentaje de proteína en grano para INIA Mirlo y Estanzuela Cardenal.

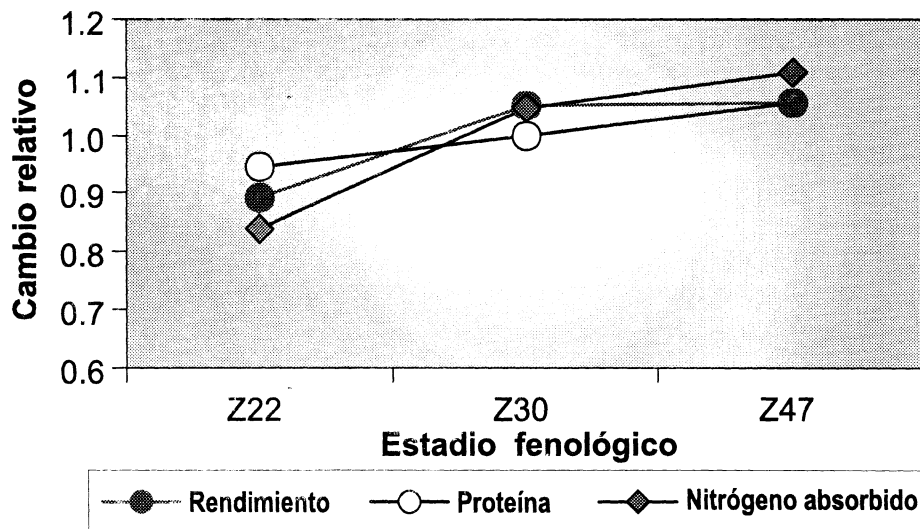


**Figura 4.** Cambio relativo en rendimiento, translocación de nitrógeno y porcentaje proteína en el grano en respuesta al atraso en la fecha de siembra en INIA Mirlo y Estanzuela Cardenal.

En ambos casos, el atraso en la fecha de siembra redujo el rendimiento relativo más que la cantidad de nitrógeno en el grano, por lo que el porcentaje de proteína se incrementó por dilución del nitrógeno en menor cantidad de grano.

Un efecto similar se obtuvo con el momento de fertilización nitrogenada, al aumentar el aporte de nitrógeno para el cultivo, la respuesta en cantidad de nitrógeno en el grano fue mayor que en rendimiento de grano por lo que su porcentaje de proteína se incrementó (Figura 5).

El incremento de proteína en el grano estuvo asociado a aumentos de rendimiento para las aplicaciones de nitrógeno realizadas a fines de macollaje. Para las fertilizaciones en estadios más tardíos, el incremento relativo fue menor y provocado por falta de respuesta en grano.



**Figura 5.** Cambio relativo en rendimiento, translocación de nitrógeno y porcentaje proteína en respuesta al manejo del nitrógeno en INIA Mirlo.

### CONSIDERACIONES FINALES

✓ El relevamiento permitió describir el comportamiento de las variedades en condiciones de producción y su respuesta en rendimiento y calidad a la tecnología utilizada.

✓ Como las variedades son sembradas en función de su ciclo, características sanitarias y rendimiento potencial, su comportamiento aparece asociado a variables de manejo como época de siembra, cultivo antecesor, fertilización nitrogenada.

✓ Dentro de este marco, el rendimiento en grano se redujo con el atraso de la fecha de siembra en todas las variedades. En forma asociada, incrementaron el porcentaje de proteína en grano, el gluten húmedo, el valor W y se redujo la relación P/L.

✓ Como hipótesis de trabajo, estas relaciones estarían definidas por un desajuste entre el rendimiento potencial determinado por el ambiente y la oferta de nitrógeno del suelo más la estrategia de uso del

fertilizante nitrogenado utilizada actualmente.

✓ Las características de la zafra 1998/99, con un rendimiento medio alto y aporte de nitrógeno relativamente bajo en relación a otras zafra, determinó el nivel al cual ocurrió la variación de rendimiento y calidad de grano. ■