

# **Efecto de la fertilización nitrogenada particionada en la concentración de proteína en grano de trigo en la provincia de La Pampa**

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero agrónomo

## **Autores**

Luciano Iván Alzogaray y Matías Nino Caraffini

## **Director**

Ing. agr. .María Pereyra Cardozo, Cátedra de Química Biológica

## **Co-director**

Ing. agr. Miguel Ángel Fernández, Cátedra de Cereales

## **Evaluadores**

Ing. agr. Adriana Quiriban, Cátedra de Química Biológica  
Dr. Héctor Pacapello, Cátedra de Genética y Mejoramiento

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA  
SANTA ROSA – LA PAMPA – ARGENTINA –  
2018

## Índice general

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>Materiales y métodos</b>	<b>8</b>
<b>Resultados y discusión:</b>	<b>9</b>
<b>Condiciones de crecimiento</b>	<b>9</b>
<b>Rendimiento</b>	<b>12</b>
<b>Peso de 1000 granos</b>	<b>14</b>
<b>Concentración de proteína en grano</b>	<b>15</b>
<b>Concentración de N en hoja</b>	<b>16</b>
<b>Índice de verdor</b>	<b>17</b>
<b>Discusión</b>	<b>20</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>24</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Disponibilidad de N y P	<b>9</b>
<b>2</b>	Agua disponible y consumo durante el período del cultivo	<b>10</b>
<b>3</b>	Precipitación media mensual (mm) y Temperatura media mensual (°C)	<b>11</b>
<b>4</b>	Grado de significancia para cada una de las variables en estudio en 4 genotipos de trigo.	<b>12</b>
<b>5</b>	Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hojas de 4 genotipos de trigo en Z51.	<b>18</b>
<b>6</b>	Índice de verdor en hojas y concentración de nitrógeno en hoja de 4 genotipos de trigo en Z73.	<b>19</b>

## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Rendimiento en grano en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F) en macollaje.	<b>13</b>
<b>2</b>	Rendimiento en grano en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F) en floración.	<b>14</b>
<b>3</b>	Peso de 1000 granos en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F).	<b>15</b>
<b>4</b>	Concentración de proteína en grano en función de la fertilización nitrogenada en macollaje y en floración.	<b>16</b>
<b>5</b>	Relación entre la concentración de N en hoja bandera y el IV en y Z51.	<b>20</b>
<b>6</b>	Relación entre la concentración de N en hoja bandera y el IV en y Z73.	<b>20</b>

## Resumen

En la provincia de La Pampa, la principal limitante que encuentran los molinos es la baja calidad panadera. Esto se atribuye principalmente a los problemas de fertilidad de los suelos sumado a un uso insuficiente de fertilizantes. La concentración proteica en el grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) es de gran interés agronómico ya que el contenido de proteínas es uno de los determinantes del precio del grano y afecta la calidad panadera como en el valor nutricional. Esta investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de la partición de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la región semiárida pampeana. El experimento se realizó a campo y se trabajó con los genotipos Klein Proteo, ACA 315, Baguette Premium 11 y Themix. Los dos primeros pertenecen al grupo de calidad 1, el segundo al grupo 2 y el tercero integra el grupo 3. Se fertilizó al estado de macollaje con 100 Kg.urea.ha<sup>-1</sup> y en floración con de 20 Kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup> con mochila manual. Se determinó el rendimiento en grano, la concentración de proteína en grano, la concentración de nitrógeno en hoja bandera y el índice de verdor en espigazón y floración. La fertilización nitrogenada en macollaje determina la concentración de proteína en grano para todos los cultivares en estudio. La diferencias genotípicas en la concentración de proteína en grano pueden asociarse a diferencias genotípicas en la removilización de nitrógeno desde la hoja al grano dado que Klein Proteo, un cultivar del grupo 1 de calidad, mostró la mayor reducción de nitrógeno en hoja en función de la edad y la concentración más elevada de proteína en grano. Por otra parte, es factible que aumente la concentración de proteína en grano ante la fertilización nitrogenada en macollaje si la concentración de nitrógeno en hoja en Z51 es inferior al 4%. No obstante, siempre es conveniente realizar un muestreo presiembra y en base a eso agregar el faltante de nitrógeno, según lo requerido, 30 kg/tn de producto esperado, como así también analizar los pronósticos y la evolución del año para ver la factibilidad de la fertilización en macollaje.

## Introducción

En la provincia de La Pampa, la principal limitante que encuentran los molinos es la baja calidad panadera, lo que se manifiesta en el parámetro  $W$  (fuerza de masa), como consecuencia de una inadecuada calidad del gluten presente (Iglesias e Iturrioz, 2010). Biolatto (2014), también menciona el bajo contenido en gluten, alto porcentaje de granos panza blanca y alto valor del Falling number (FN). Esto se atribuye principalmente a los problemas de fertilidad de los suelos sumado a un uso insuficiente de fertilizantes (Iglesias e Iturrioz, 2010). La provincia de la Pampa tiene un bajo nivel tecnológico para el cultivo de trigo y sólo el 30% de los productores ha adoptado la práctica de la fertilización (Iturrioz, 2008).

La concentración proteica en el grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) es de gran interés agronómico ya que el contenido de proteínas es uno de los determinantes del precio del grano. Esto es debido a su influencia tanto en la calidad panadera como en el valor nutricional. En nuestro país, el tenor proteico descendió en las últimas décadas al límite aceptable para poder ser trigo panificable. Este descenso ocurre principalmente debido a que se prioriza el aumento del rendimiento a expensas de la calidad, dificultando la exportación del cereal. En los últimos tiempos la fertilización nitrogenada contribuyó a ir resolviendo esta dificultad (Caputo *et al.*, 2010).

El trigo representa el principal cereal de invierno cultivado en la Región Semiárida Pampeana (RSP) y el nutriente que más limita la producción es el nitrógeno. El manejo de la fertilización en trigo adquiere un rol preponderante tanto para incrementar y/o estabilizar el rendimiento como para optimizar la calidad del producto cosechado. Por lo tanto, se requiere no solo incrementar el rendimiento (con aporte de nutrientes a siembra) sino también generar estrategias para incrementar la concentración de nitrógeno en grano (Quiroga *et al.*, 2010).

Por otra parte, un incremento en el rendimiento ha llevado a una reducción en la relación proteína/almidón o proteína/aceite (Triboi y Triboi-Blondel, 2002). En trigo, el incremento del peso del grano se relaciona negativamente con la concentración de proteína en grano (Triboi y Triboi-Blondel, 2002).

La concentración de proteína en grano y la calidad panadera son afectadas por la disponibilidad de nitrógeno y la partición de la dosis total aplicada (Fuertes Mendizabal *et al.*, 2010) y las aplicaciones de nitrógeno después de espigazón no inciden en el rendimiento pero pueden elevar el contenido de proteína en grano determinando así la valorización y comercialización del trigo (Pinilla Quesada y Herrera Floody, 2008).

Esta investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de la partición de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la región semiárida pampeana.

## **Materiales y métodos**

### **Condiciones experimentales**

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (1,2 m x 3 m).

Se trabajó con los genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) Klein Proteo, ACA 315, Baguette Premium 11 y Themix. Los dos primeros pertenecen al grupo de calidad 1, el segundo al grupo 2 y el tercero integra el grupo 3.

A la siembra se incorporó 50 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como superfosfato triple de calcio (0-46-0). Al estado de macollaje, el 17 de septiembre, se fertilizó con 100 Kg.urea.ha<sup>-1</sup>. Posteriormente, en floración, el 4 de noviembre, sobre la mitad de cada subparcela fertilizada y no fertilizada al estado de macollaje, se realizaron aplicaciones de nitrógeno foliar, en una dosis de 20 Kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup> (43Kg urea.ha<sup>-1</sup>) con mochila manual.

### **Determinaciones**

Dos días después de las emergencias de las espigas, el 4 de noviembre, en Z51 (Zadoks *et al.*, 1974), se realizaron 10 lecturas por parcela para estimar el índice de verdor (IV) con un SPAD-502, simultáneamente, en cada parcela se recolectó el material foliar para cuantificar el nitrógeno total por Kjeldahl y la concentración de clorofila (Lichtenthaler and Buschmann, 2001). El Índice de Verdor de cada unidad experimental resultó del promedio de lecturas tomadas al azar en cada parcela. Las lecturas se efectuaron sobre la última hoja completamente expandida del tallo principal, o en la hoja bandera a partir de espigazón, en un punto medio ubicado entre la base y el extremo superior de la lámina y el margen y la nervadura central de la misma. Posteriormente en inicio de grano lechoso, el 25 de noviembre, en Zadoks 73 (Zadoks *et al.*, 1974), se repitieron las mediciones realizadas en Z51.



A la madurez del cultivo se cortaron 10 espigas al azar de cada parcela para estimar el rendimiento en grano, peso de mil granos y concentración de proteína en grano por Kjeldahl.

### **Análisis estadístico**

El diseño fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones, siendo los factores principales genotipo y disponibilidad de nitrógeno al estado de macollaje y floración, quedando un factorial de 4 genotipos x 2 niveles de disponibilidad de nitrógeno en macollaje (NF<sub>m</sub>, F<sub>m</sub>) x 2 niveles de disponibilidad de nitrógeno en floración (NF<sub>F</sub>, F<sub>F</sub>). Los resultados fueron analizados por ANOVA mediante el infoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## **Resultados**

### **Condiciones de crecimiento**

En cuanto a las condiciones de suelo al momento de siembra se enumeran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Disponibilidad de N y P.

<b>23 de junio análisis de P Bray1</b>	0-20 cm	<b>13,3 ppm</b>
<b>23 de junio análisis de N-NO3</b>	0-30 cm	<b>10,2 ppm</b>

Tabla 2. Agua disponible y consumo durante el período del cultivo

<b>Prof.</b>	<b>4/6/2015</b>	<b>16/7/2015</b>	<b>14-sep-15</b>	<b>15-oct-15</b>	<b>30-oct-15</b>	<b>11-dic-15</b>
0-30	35,37	40,89	11,14	46	48,79	14,59
30-60	45,41	47,48	22,79	28,44	26,78	7,94
60-90	67,88	51	52,01	30,57	31,08	9,76
<b>Agua útil</b>	<b>148,7</b>	<b>139,4</b>	<b>85,9</b>	<b>105</b>	<b>106,7</b>	<b>32,3</b>
Lluvias período	0	11,3	10,8	94,6	46,2	107,8
<b>Consumo período</b>		<b>20,6</b>	<b>64,22</b>	<b>75,54</b>	<b>44,55</b>	<b>182,18</b>
<b>mm/día</b>		<b>0,49</b>	<b>1,07</b>	<b>2,437</b>	<b>2,97</b>	<b>4,338</b>

Datos brindados por la cátedra de Cereales

Las precipitaciones durante el año 2015 fueron levemente superiores a la media histórica y las temperaturas medias registradas se encontraron dentro de los valores medios de la región (Tabla 3). Las condiciones hídricas fueron adecuadas durante el ciclo del cultivo de trigo, con precipitaciones de 318,9 mm en Santa Rosa para el período julio – 15 de diciembre (Tabla 3).

Tabla 3. Precipitación media mensual (mm) y Temperatura media mensual (°C) durante el año 2015 registrados en el campus de la Facultad de Agronomía-UNLPam por la Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía, UNLPam.

**Precipitación mensual (mm)**

AÑO	EN	FB	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC	AÑO
2015	99,2	92,0	105,1	112,8	25,2	1,4	11,5	10,6	62,7	88,4	73,7	145,7	828,3
<b>Media (1975-2017)</b>	87,0	84,8	96,2	64,6	33,5	16,4	19,6	26,1	46,3	81,3	84,8	95,7	736,3

**Temperatura media mensual (°C)**

AÑO	EN	FB	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC	AÑO
2015	23,8	22,2	21,8	17,0	13,4	9,6	9,0	11,2	11,4	12,6	18,5	22,5	16,1
<b>Media (1977 - 2017)</b>	23,4	22,2	19,7	15,4	11,5	8,3	7,8	9,9	12,4	15,8	19,2	22,2	15,6

En todas las variables analizadas hay diferencias entre genotipos moduladas por alguno o ambos tratamiento de fertilización, a excepción de la concentración de proteína en grano, que hay efecto de fertilización en macollaje pero no interacción (Tabla 4).

Tabla 4. Grado de significancia para cada una de las variables en estudio en 4 genotipos de trigo en función de la disponibilidad de nitrógeno.

(ns) no significativo, (\*): significativo al 5%, (\*\*): significativo al 1%

	Rendimiento	Peso de 1000 granos (g)	Proteína en grano (%)	N en hoja en Z51 (%)	N en hoja en Z73 (%)	Clorofila (mg.gPF <sup>-1</sup> )	IV (unidades SPAD)
<b>Genotipo</b>	*	*	*	*	*	ns	**
<b>Fertilización nitrogenada en macollaje</b>	ns	ns	*	ns	*	*	**
<b>Fertilización nitrogenada foliar en floración</b>	*	ns	ns	--	ns	ns	**
<b>Genotipo x fertilización en macollaje</b>	*	*	ns	ns	ns	ns	*
<b>Genotipo x Fertilización en floración</b>	ns	ns	ns	--	ns	ns	ns
<b>Fertilización Macollaje x fertilización en floración</b>	ns	ns	ns	--	ns	ns	ns

## Rendimiento

Los genotipos Themix, Baguette Premium 11, Klein Proteo y ACA 315 expresaron un rendimiento promedio de 4212,55; 3783,20; 3555,83 y 3444,74 Kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente. La fertilización foliar en floración, de 20Kg nitrógeno. ha<sup>-1</sup> incrementó un 13% el rendimiento en grano pasando de 3508, 93 a 3989,23 kg.ha<sup>-1</sup>.

Por otra parte, la interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre el genotipo y la fertilización en macollaje se explica por que en ACA 315 el rendimiento aumentó significativamente el 24% ( $p < 0,05$ ) en respuesta al agregado de nitrógeno en macollaje mientras que en los otros tres genotipos no hubo cambios estadísticamente significativos (Figura 1).

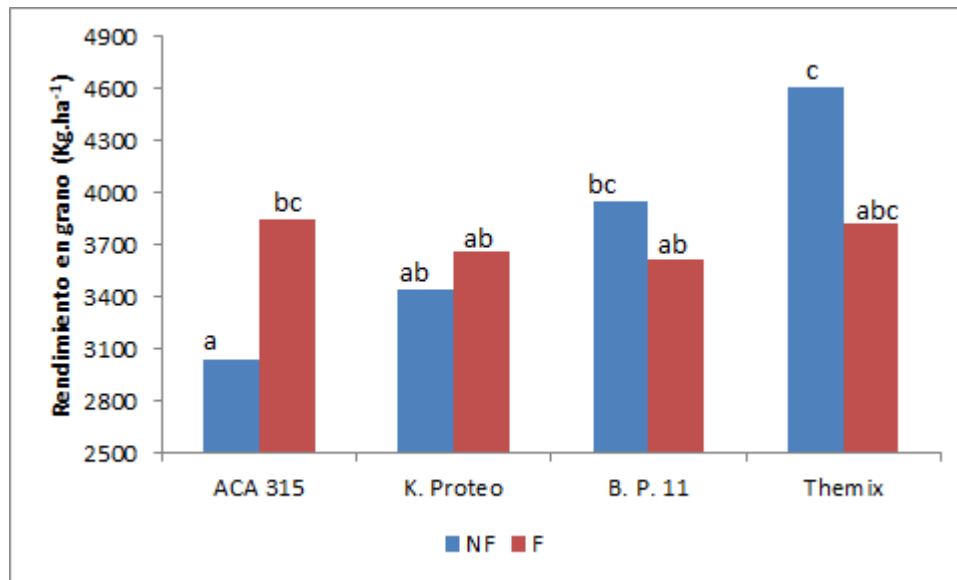


Figura 1. Rendimiento en grano en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F) con una dosis de 100 kg.ha<sup>-1</sup> de urea en macollaje. Letras diferentes indican diferencias significativas al  $p < 0,05$ .

En los cultivares ACA 315, Baguette Premium 11 y Themix no hubo diferencias significativas en el rendimiento en respuesta a la fertilización nitrogenada en floración, a diferencia de lo observado en Klein Proteo donde se determinó un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) del 29% (Figura 2).

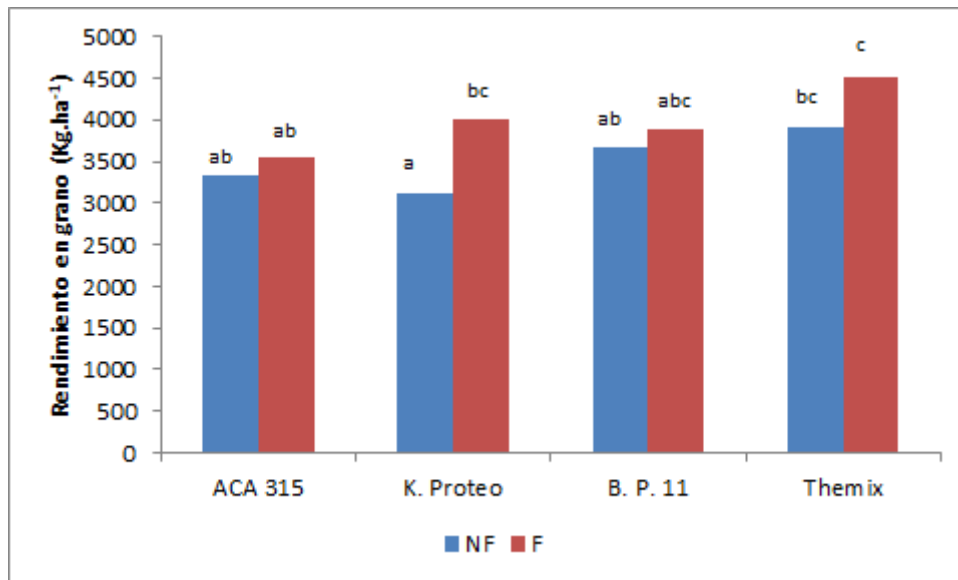


Figura 2. Rendimiento en grano en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F) con una dosis de 20 kg N.ha<sup>-1</sup> en floración. Letras diferentes indican diferencias significativas al p<0,05.

### Peso de 1000 granos

El peso de los 1000 granos fue diferente entre los genotipos siendo para Klein Proteo, Baguette Premium 11, ACA 315 y Themix de 37,97; 34,96; 33,71 y 31,88 gramos respectivamente. El peso de los granos de Klein Proteo fue estadísticamente diferente del peso promedio de los granos de Themix y ACA 315.

La respuesta de los genotipos ante la fertilización nitrogenada en macollaje fue diferente (p<0,05), observándose en Klein Proteo un incremento del peso de los granos del 31%, en Themix una reducción del 23% y en los otros dos cultivares no hubo cambios estadísticamente significativos (Figura 2) mientras que la fertilización nitrogenada en floración no afectó significativamente el peso de los granos.

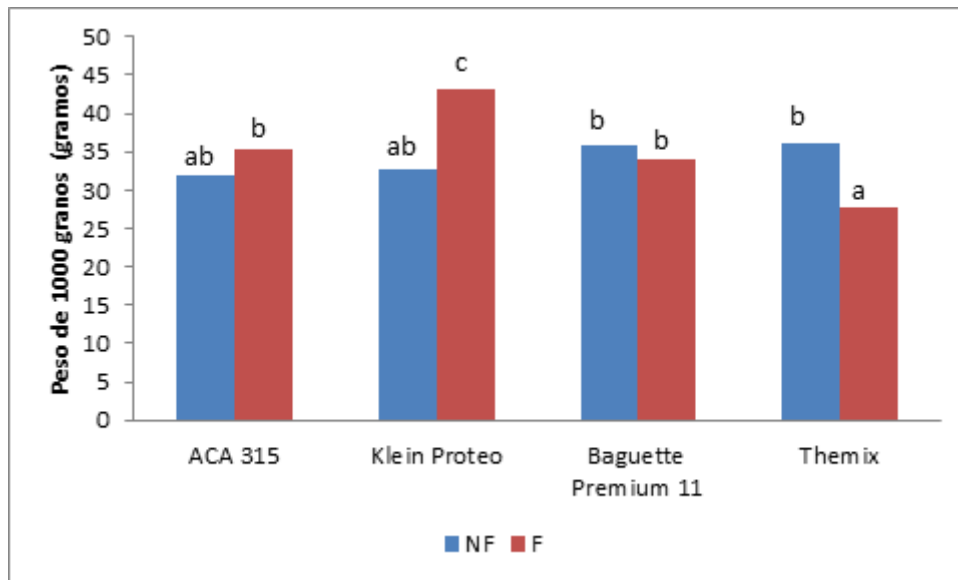


Figura 3. Peso de 1000 granos en cuatro genotipos de trigo no fertilizados (NF) y fertilizados (F) con una dosis de  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de urea en macollaje (F). Letras diferentes indican diferencias significativas al  $p < 0,05$ .

### Concentración de proteína en grano

La concentración de proteína en grano fue diferente entre los genotipos, siendo Klein Proteo el genotipo de mayor valor y estadísticamente diferente de los otros tres genotipos (Figura 3). Los valores medios determinados en cada genotipo fueron 10,02; 10,46; 10,63 y 11,82 para Baguette Premium 11, Themix, ACA 315 y Klein Proteo respectivamente. La concentración de proteína en grano aumentó 1,2 unidades porcentuales ( $p < 0,05$ ) en respuesta a la fertilización nitrogenada en macollaje (Figura 3) pasando de 10,14 a 11,32% y no se observó un incremento significativo en respuesta a la fertilización nitrogenada en floración. Estos resultados muestran que la fertilización en macollaje es la que determina la concentración de proteína en grano. Los resultados expresados en la Figura 3 muestran notoriamente la respuesta del cultivar Klein Proteo a la fertilización nitrogenada en macollaje en el , el cual alcanza un valor de 13% de proteína en grano mientras que en los otros tres genotipos no hubo respuesta a las distintas aplicaciones de nitrógeno.

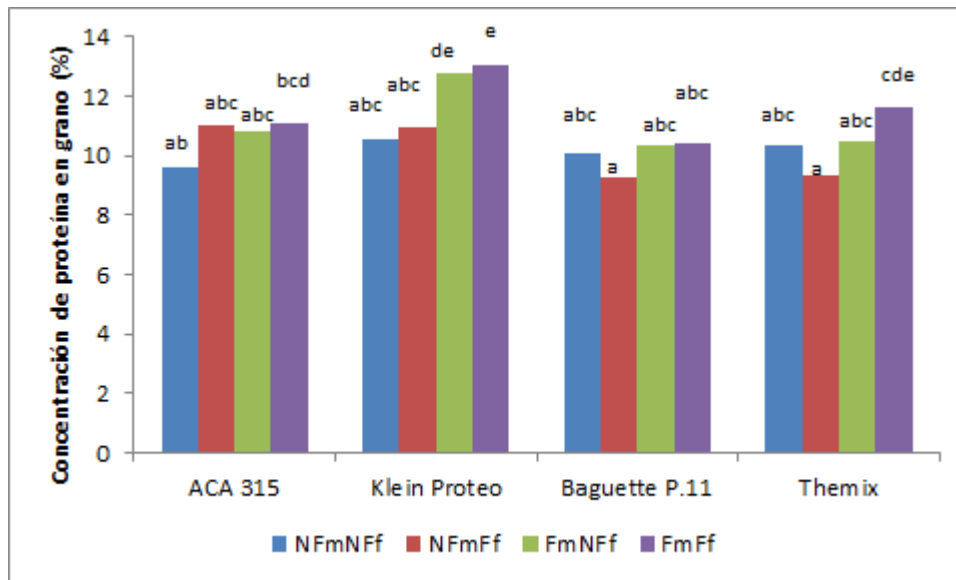


Figura 4. Concentración de proteína en grano en función de la fertilización nitrógeno en macollaje y en floración. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). (NFm: no fertilizado en macollaje, Fm en macollaje con 100 kg urea NFf: no fertilizado en floración, Ff : fertilizado en floración con 20 Kg nitrógeno)

### Concentración de nitrógeno en hoja

La concentración de nitrógeno en hoja bandera en Z51 fue 3,0; 3,50; 3,59 y 3,77 % para ACA 315, Baguette Premium 11, Themix y Klein Proteo respectivamente, siendo estadísticamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre ACA 315 y Klein Proteo y no varió ante la fertilización nitrogenada en macollaje.

Por otra parte, la concentración de nitrógeno en hoja en Z73 fue 2,14; 2,40; 2,58 y 3,07% para Klein Proteo, Themix, ACA 315 y Baguette Premium 11 respectivamente siendo estadísticamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre los genotipos.

Además se observó que únicamente Klein Proteo evidenció un incremento estadísticamente significativo en respuesta a la fertilización en macollaje, variando de 1,96 a 2,32% ( $p < 0,05$ ) y no hubo cambios, en ningún genotipo, en respuesta a la fertilización nitrogenada aplicada en floración.



Es interesante también mencionar que los valores medios de la concentración de nitrógeno en hoja en Z51 fueron mayores a los observados en Z73 evidenciando en todos los genotipos una importante reducción en función de la edad de la hoja.

### Índice de verdor

El análisis estadístico puso de manifiesto que el IV fue significativamente afectado por el genotipos y la disponibilidad de nitrógeno en macollaje y floración. El IV aumentó significativamente en respuesta a la fertilización nitrogenada en macollaje y en floración.

En Z51 las hojas de Klein Proteo expresaron el mayor valor de IV siendo estadísticamente diferente de los otros tres genotipos. Por otra parte, los genotipos, a excepción de Klein Proteo, manifestaron un incremento significativo del IV ante el agregado de 100 Kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>, en macollaje (Tabla 4).

Tabla 5. Índice de verdor y concentración de nitrógeno en hojas de 4 genotipos de trigo en Z51 en función de la fertilización nitrogenada. En macollaje las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup>

Variable	ACA 315		Klein Proteo		Baguette Premium II		Themix	
	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
IV	41,45a	46,25b	45,96b	46,47b	42,21a	46,08b	42,15a	45,12b
% N hoja	2,88a	3,13ab	3,56ab	3,98b	3,78ab	3,22ab	3,52ab	3,67ab
Clorofila	0,86a	0,91a	1,70b	1,88b	2,08b	1,99b	0,68a	2,10b

Al estado de Z73 hubo diferencias significativas en los valores medios de IV de los genotipos, siendo Klein Proteo el de menor valor a diferencia de lo observado en Z51. Este cultivar fue el único que respondió significativamente ( $p>0,05$ ) ante la fertilización foliar aplicada en floración.

Al analizar la combinación de los 4 genotipos y la fertilización en macollaje y en floración en hojas de plantas en Z73, (Tabla 5) se observa que los cultivares ACA 315 y

Baguette Premium 11 presentaron valores superiores de IV en las plantas control respecto de los otros dos genotipos y no expresaron cambios en respuesta a la fertilización nitrogenada, mientras que en Klein Proteo y Themix el IV aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) en las hojas de las plantas fertilizadas en macollaje respecto de las no fertilizadas. El alto valor de IV del genotipo Baguette Premium 11 ya fue informada por Quiriban *et al.* (2015). Al igual que lo observado en la concentración de nitrógeno en hoja, también se observa la reducción del IV en función de la edad de la hoja.

Rashid *et al.* (2005) expresaron que las lecturas del medidor clorofila (unidades SPAD), aumentan en respuesta a la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y están asociadas a la concentración de nitrógeno en hoja con un  $r^2 = 0,78$ . En nuestro experimento se encontró un  $r^2 = 51$  teniendo en cuenta los cuatro genotipos y los dos niveles de disponibilidad de nitrógeno en cada estado fenológico, macollaje y floración (Figura 4).

Igualmente se encontró una estrecha relación entre la concentración de nitrógeno en hoja y las unidades SPAD, para ambos estados fenológicos, Z51 y Z73, (Figura 5), lo cual es interesante porque permitiría estimar los valores de concentración de nitrógeno en hoja a partir del IV.

Tabla 6. Índice de verdor en hojas y concentración de nitrógeno en hoja de 4 genotipos de trigo en Z73 en función de la fertilización nitrogenada. En macollaje las plantas fertilizadas recibieron una dosis de 100 Kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup> y en floración 20 Kg nitrógeno.ha<sup>-1</sup>.

	ACA 315				Klein Proteo				Baguette Premium 11				Themix			
Fertilización en macollaje	NF		F		NF		F		NF		F		NF		F	
Fertilización en floración	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F
IV	40,81 cde	41,42 cde	42,16 cde	44,37 de	27,87 a	38,66 bcd	37,42 bc	41,51 cde	45,01 de	45,67 e	45,41 e	44,43 de	34,31 ab	36,26 bc	41,47 cde	44,80 de
%N hoja	2,42 bcd	2,66 cdef	2,52 bcde	2,72 def	1,71 a	2,20 bc	2,28 bcd	2,36 bcd	3,02 fg	2,98 efg	3,32 g	2,98 efg	2,49 bcde	2,12 ab	2,54 bcdef	2,47 bcd
Clorofila	0,98 abc	0,97 abc	1,29 cd	1,16 bcd	0,78 ab	0,90 abc	1,15 bcd	0,57 a	0,68 ab	0,64 a	0,81 abc	1,48 d	0,75 ab	1,0 abcd	1,47 d	0,76 ab

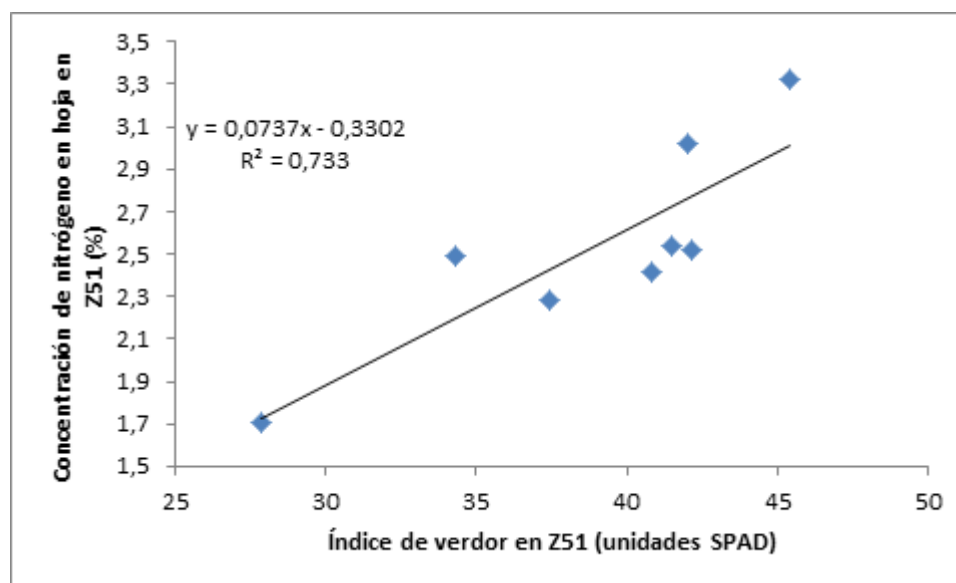


Figura 5. Relación entre la concentración de N en hoja bandera y el IV en y Z51 en cuatro genotipos de trigo cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno.

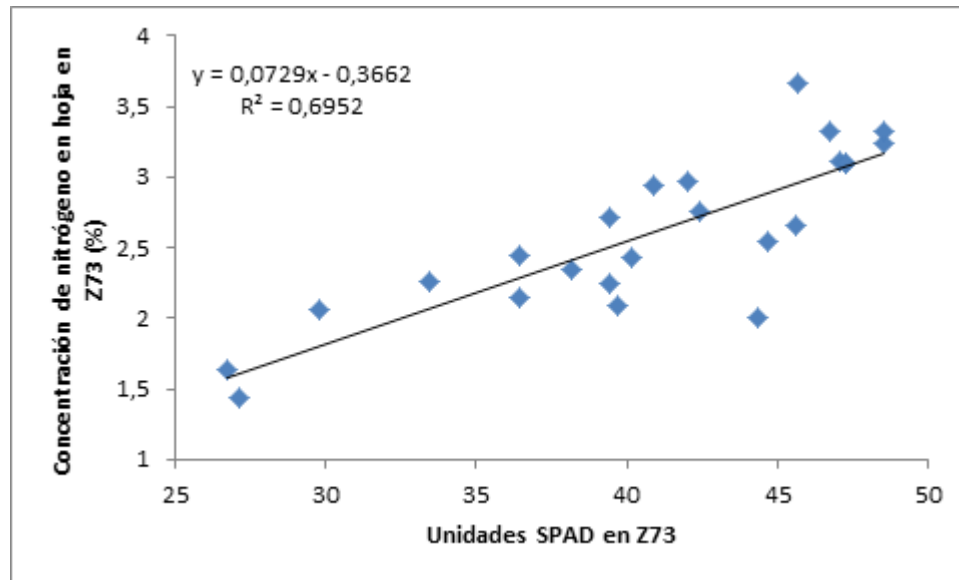


Figura 6. Relación entre la concentración de N en hoja bandera y el IV en y Z73 en cuatro genotipos de trigo cultivados bajo diferente disponibilidad de nitrógeno.

## Discusión

Tanto el potencial genético del cultivo como el ambiente determinan la concentración de proteína en el grano (Fowler, 2003), siendo el nitrógeno esencial para la construcción de las proteínas, sin embargo muchos autores han informado respecto de una relación negativa entre el rendimiento y la concentración de proteína en grano en respuesta a la fertilización nitrogenada (Triboi y Triboi-Blondel, 2002). Cuando la relación es superior a 8,5 kg producto por kg de N no conviene fertilizar (Bono y Alvarez, 2009).

El nitrógeno requerido para la síntesis de proteínas que se acumulan en el grano de trigo en desarrollo proviene principalmente de la removilización del nitrógeno previamente asimilado y acumulado en las hojas (Caputo *et al.*, 2010). En todos los cultivares en estudio se observó una disminución en la concentración de nitrógeno en hoja y del IV en función de la edad de la planta, coincidente con lo observado por Del Campo *et al.* (2017) y Arreguy y Brendle (2018), poniendo en evidencia la removilización del nitrógeno desde las hojas hacia el grano. Klein Proteo, el cultivar que expresó la mayor concentración de proteína en grano, evidenció la mayor reducción en la concentración de nitrógeno en hoja en función de la edad

de la planta. El bajo valor alcanzado en Z73 puede asociarse con la respuesta expresada a la fertilización nitrogenada en macollaje.

Bono y Alvarez (2009) manifiestan que la disponibilidad de nitrógeno orgánico y mineral afecta marcadamente el rendimiento del trigo y que el momento de aplicación de nitrógeno no es una variable con efecto significativo sobre el rendimiento de trigo. En la Región Semiárida no se detectaron efectos significativos del momento de fertilización sobre el rendimiento. No obstante, en esta investigación, el rendimiento en grano aumentó en ACA 315 ante la fertilización nitrogenada en macollaje, al igual que lo observado por Arreguy y Brendle (2018), mientras que la aplicación de nitrógeno foliar aumentó el rendimiento en Klein Proteo a diferencia de lo observado por Pinilla Quezada y Herrera Floody (2008) de manera que la respuesta dependería del genotipo.

El agregado de nitrógeno en postantesis podría aumentar la concentración de proteína en grano sin afectar el rendimiento, mientras que las altas temperaturas o la sequía en postantesis al reducir el rendimiento debido a sus efectos sobre la producción de almidón podrían aumentar la concentración de proteínas en grano (Fowler, 2003. )En nuestro experimento, durante el desarrollo del cultivo trigo no hubo limitaciones hídricas (Tabla 1) que pudieran afectar el rendimiento del cultivo y aumentar la acumulación de proteína en el grano (Fowler, 2003), de manera que el incremento observado de la concentración de proteína en el grano puede asociarse a la disponibilidad de nitrógeno.

El efecto de la fertilización foliar nitrogenada tardía depende del cultivar y del status de nitrógeno de la planta (Blandino *et al.*, 2015). Esta fertilización más que un efecto directo sobre la nutrición de la planta, probablemente tenga un efecto indirecto sobre el mantenimiento de la capacidad de las raíces de absorber nitrógeno en postantesis, prolongado la duración del área foliar y en consecuencia aumentando la concentración de proteína en grano (Blandino *et al.*, 2015). Asumiendo que el verdor de las hojas está asociado con la

concentración de nitrógeno en hojas (Schepers *et al.*, 1992), la duración del área foliar puede estimarse por el IV. Del campo *et al.* (2017) encontraron en genotipos de trigo que las plantas fertilizadas y sin limitaciones hídricas presentaron la mayor duración del área foliar indicado por el índice de verdor. En todos los tratamientos y en los cuatro cultivares estudiados el IV disminuyó a medida que avanzó el ciclo del cultivo y luego ocurrió una tendencia decreciente más pronunciada. La disminución observada con la edad de la hoja fue relevante en aquellas plantas cultivadas en condiciones de baja disponibilidad de agua y nitrógeno, y más atenuada en el tratamiento con alta disponibilidad de estos elementos. En Klein Proteo y Baguette Premium 11 a los 28 días posteriores a Z59 disminuyó bruscamente el IV, mientras que en ACA 315 hasta los 31 días no se observó una drástica disminución del IV.

La fertilización foliar en floración aumentó el IV, sería un indicador del status de nitrógeno en la hoja. si el nitrógeno en suelo no es limitante es posible que no se exprese un incremento en la concentración de proteína en grano. En un estudio más detallado se podría asignar a cada cultivar un IV respaldado con análisis de suelo para saber mediante las mediciones de SPAD cuanto fertilizar en macollaje.

En nuestro experimento observamos una respuesta del rendimiento al agregado de nitrógeno en floración a diferencia de lo observado por Pinilla Quezada y Herrera Floody (2008) y un incremento en la concentración de proteína en grano sólo en el cultivar Klein Proteo.

Los genotipos de trigo se clasifican en tres grupos de calidad panadera, el 1 produce harinas con aptitud correctora, el 2 para panificación tradicional y el 3 para panificación directa. El contenido de proteínas y la relación proteína/rendimiento es generalmente mayor en los grupos de calidad 1 y 2.

Tindall *et al.*, (1995) encontraron que en plantas de baja concentración de nitrógeno en hoja bandera (3,0 a 3,6%) ante el agregado de nitrógeno, el incremento en la concentración

de proteína en grano puede variar entre el 1,0 y 2,5%. Mientras que en aquellas plantas cuya concentración de nitrógeno en hoja sea igual o superior al 4,2 % no aumentará la concentración de proteína en grano ante el agregado de nitrógeno. Similar es lo expresado por Echeverría y Studdert (1998) y Arreguy y Brendle (2018) determinaron que si la concentración de nitrógeno en hoja bandera en espigazón es inferior al 4% se espera un incremento en la concentración de proteína en grano en respuesta a la fertilización nitrogenada. Estos resultados coinciden con lo encontrado en nuestro experimento dado que en Z51 los valores de concentración de nitrógeno en todos los genotipos en estudio fueron inferiores al 4% y hubo un incremento de la concentración de proteína en grano ante la fertilización nitrogenada en macollaje del 6, 7, 12 y 20% para ACA 315, Baguette Premium 11, Themix y Klein proteo respectivamente.

Arreguy y Brendle (2018) manifiestan que se requiere un IV de 46 unidades SPAD en Z73 como indicador de poder alcanzar un 11% de proteína en grano. Esto coincide con lo observado en este estudio, dado que los valores medios de IV variaron entre 37 y 45 y las concentraciones de proteína en grano entre 10 y 11,8%, de manera que puede considerarse que el agregado de nitrógeno en floración fue insuficiente según lo requerido por la planta.

## Conclusiones

En función de los resultados en este experimento podemos concluir que:

- La fertilización nitrogenada en macollaje determina la concentración de proteína en grano para todos los cultivares.
- El efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento depende del genotipo.
- La concentración de proteína en grano puede asociarse a diferencias genotípicas de la removilización de nitrógeno. Y la reducción de la concentración de nitrógeno en hoja en función de la edad de la planta puede asociarse a la removilización de nitrógeno desde la hoja al grano.
- Klein Proteo, un cultivar del grupo 1 de calidad, mostró la mayor reducción de nitrógeno en hoja en función de la edad y la concentración más elevada de proteína en grano.

- Cuando la concentración de nitrógeno en hoja en Z51 es inferior al 4% (46 unidades SPAD) es factible que aumente la concentración de proteína en grano ante la fertilización nitrogenada en macollaje.
- Siempre es conveniente realizar un muestreo presiembra y en base a eso agregar el faltante de nitrógeno (30 kg/tn de producto esperado), como así también analizar los pronósticos y la evolución del año para ver la factibilidad de la fertilización en macollaje.

## Bibliografía

Abbate, P.E.; F. Gutheim, O. Polidoro, H.J. Milisich y M. Cuniberti. 2010. Fundamentos para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones. *Agriscientia* 27, 1-9.

Arreguy, D. y A. Brendle. 2018. Predicción de la concentración de proteína en el grano de trigo, *Triticum aestivum* L, a partir de la concentración de nitrógeno y el índice de verdor en hoja bandera. Trabajo final de Graduación para obtener el grado de ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía-UNLPam.

Biolatto, M.J. 2014. Calidad comercial e industrial del trigo en La Pampa.: un abordaje actual desde los molinos harineros instalados en la provincia. Tesis de grado. Licenciatura en Administración de Negocios Agropecuarios. Facultad de Agronomía. UNLPam.

Blandino, M.; P. Vaccino and A. Reyneri. 2015. Late-season nitrogen increases improve common and durum wheat quality. *Agron. J.* 107: 680-690.

Bono, A y R. Álvarez. 2009. Rendimiento de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. Un modelo predictivo de la respuesta a la fertilización nitrogenada. *Informaciones Agronómicas* 41: 18-21.

Caputo, C.; M. V. Criado y I. N. Roberts. 2010. Removilización del nitrógeno en plantas de trigo como herramienta para el mejoramiento de la eficiencia de uso. *Informaciones Agronómicas* 42: 16-18.

Cuniberti, M.B.; M.R. Roth and F. MacRitchie. 2003. Protein composition –functionality relationships for a set of Argentinean wheats. *Cereal Chemistry*, 80: 132-134.

Cuniberti, M.B. 2011. Trigo: Muestreo en pre-cosecha y clasificación calidad industrial de variedades argentinas. (<http://inta.gob.ar/documentos/trigo-muestreo-en-precosecha-y-clasificación-calidad-industrial-de-variedades-argentinas>). Consultado el 29/06/2015.



Del Campo N., M. Serra, A. Quiriban, M. Castaño, M.A. Fernández & M. Pereyra Cardozo. 2017. Rendimiento y composición proteica del grano de trigo, *Triticum aestivum* L, en respuesta a condiciones contrastantes de disponibilidad de agua y nitrógeno en inicio de floración. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 27(2): 37--50.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Echeverría, H.E. & G.A.Studdert.1998.El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigazón. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 103: 27-36.

Fowler, D.B. 2003. Crop Nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agron.J.* 95:260-265.

Fuertes-Mendizábal,T.; A.Aizpurua, M.B. González-Moro and J.M. Estavillo. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *Eur. J. Agron.* 33: 52-61.

Gandrup, M.E.; F.O. García, K.P.Fabrizzi y H.E. Echeverría. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. *RIA* 33,105-121.

Iglesias, D. y G. Iturrioz. 2010. Importancia de la cadena agroalimentaria del trigo en la provincia de La Pampa. Publicado en: *El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana*. Editores: Alfredo Bono, Alberto Quiroga e Ileana Frasier. E.E.A. Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas. Ediciones INTA. Publicación Técnica N° 79. ISSN 0325-2132.

Iturrioz, G. 2008. Factores críticos que afectan el posicionamiento competitivo de las principales cadenas agroalimentarias de la Provincia de La Pampa. Tesis de posgrado. Magister en Agroeconomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Lichtenthaler, H.K. and C. Buschmann. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry.* F4.3.1-F4.3.8.

Pinilla Quezada, H. & L. E. Herrera Floody. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada tardía en aspectos de calidad panadera en trigo (*Triticum aestivum* L.). *IDESIA* 26: 77-81.

Quiriban, A.E.; M. Castaño & M. Pereyra Cardozo. 2015. Relación entre la baja disponibilidad de agua en inicio de encañazón en trigo (*Triticum aestivum* L.) y la concentración de proteína en grano. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 25:19-25.

Quiroga, A. ; R. Fernández, O. Ormeño e I. Frasier. 2010. Consideraciones sobre el manejo del agua y la nutrición en trigo. El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana. Editores: Alfredo Bono, Alberto Quiroga e Ileana Frasier. EEA INTA Anguil: 41-46.

Rashid, M.T.; P. Voroney and G. Parkin. 2005. Predicting nitrogen fertilizer requirements for corn by chlorophyll meter under different N availability conditions. *Can. J. Soil Sci.* 85: 149-159.

Schepers, J.; T. Blackmer and D. Francis. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In B. Bock y K. Kelly (ed). *Predicting fertilizer needs for corn in humid regions*. NFERC, Bull. Y-226. Muscle Shoals, AL, EE.UU. pp. 105-114.

Tindall, T.A.; J.C.Stark and R.H.Brokks. 1995. Irrigated spring wheat response to topdressed nitrogen as predicted by flag leaf nitrogen concentration. *J. Prod. Agric.* 8:46-52.

Triboi, E. and A. M. Triboi-Blondel. 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem-invited paper. *European Journal of Agronomy* 16, 163-186

Zadoks J.C.; T.T. Chang and F.C. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.