



PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE DIFERENTES CULTIVARES DE TRIGO PAN CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN UN SITIO DEL SUDOESTE BONAERENSE



Autor: Manuel Luis Cinalli

Tutor: Dr. Juan Manuel Martínez

Consejeros: Dr. Matías E. Duval

Mag. Gabriela V. Minoldo

Consejera externa: Tec. Corina Cerdá

Departamento de Agronomía

Universidad Nacional del Sur

Bahía Blanca, abril de 2024

Índice de Tablas

Tabla 1. Escala de Zadoks

Tabla 2. Requerimientos nutricionales e índice de cosecha para el cultivo de trigo (García & Correndo, 2016).

Tabla 3. Diseño del ensayo comparativo de rendimiento

Tabla 4. Resultado del análisis de suelo previo a la siembra

Tabla 5. Cultivares de trigo evaluadas y sus características agronómicas.

Tabla 6. Variables del cultivo.

Tabla 7. Estadística descriptiva de las variables del cultivo sin diferenciar entre tratamientos y bloques.

Índice de Figuras

Figura 1.: Evolución de la producción y superficie sembrada del trigo en el período 2003-2022.

Figura 2. Proporción del área sembrada de trigo por provincia durante la campaña 2022/23

Figura 3. Proporción de la producción de trigo (toneladas, t) por provincia durante campaña 2022/23

Figura 4. Subregiones trigueras de Argentina

Figura 5. Alternativas de diagnóstico nutricional del cultivo de trigo, desde presiembra hasta postcosecha (tomado de Abbate et al., 2006).

Figura 6. Medidor de clorofila Minolta - SPAD 502

Figura 7. Chacra experimental Napostá (Convenio MDA-UNS)

Figura 8. Precipitaciones mensuales durante el 2022, las correspondientes a la media del periodo 1860-2016 y la necesidad hídrica del cultivo

Figura 9. Primera lectura del índice de verdor (IV1) según cultivares, dosis de N

Figura 10. Segunda lectura del índice de verdor (IV2) según cultivares, dosis de

Figura 11. Rendimiento en toneladas de distintos cultivares de trigo con diferentes dosis de N

Figura 12. Peso de mil granos (PMG) según cultivares, dosis de N

Figura 13. Nitrógeno total absorbido según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores.

Figura 14. Relación significativa entre el rendimiento y el Nabs.

Figura 15. Peso hectolitrico (PH) según cultivares, dosis de N

Figura 16. Contenido de proteína (PROT) según cultivares, dosis de N

Figura 17. Contenido de gluten húmedo (Gh) según cultivares, dosis de N

Figura 18. Relaciones significativas entre proteína, Gh, PMG con el IV en diferentes momentos

Resumen

Existe limitada información acerca del comportamiento productivo y la calidad de diferentes cultivares de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) y su adaptación regional considerando las limitantes climáticas y posibles efectos de la fertilización nitrogenada. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes cultivares de trigo pan con fertilización nitrogenada en el ámbito de la región semiárida pampeana, considerando la producción y su calidad. Se utilizó el clorofilómetro, que monitorea niveles de nitrógeno (N) a través del índice de verdor (IV) para predecir esos parámetros. El ensayo se llevó a cabo en 2022 en Colonia Napostá, en el establecimiento Chacra experimental Napostá (Convenio MDA-UNS). Se evaluaron 13 (trece) cultivares de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) bajo siembra directa, fertilizadas con dosis crecientes de N (0-25-50 kg ha⁻¹), en forma de urea (46-0-0), aplicadas manualmente al momento del macollaje. En los estadios de vaina engrosada y espigazón (IV1) y antesis (IV2) se llevaron a cabo las lecturas de IV sobre la última hoja totalmente expandida. Se obtuvieron valores de rendimiento por encima de lo esperado para la media regional. Además, diferentes cultivares mostraron distinta respuesta a la fertilización nitrogenada, evidenciado esto por la interacción significativa entre las fuentes de variación (cultivares y dosis de N), por lo que se observaron diferencias significativas entre cultivares, sin obtener respuesta al agregado de N, en ambos momentos del IV, en peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH). En cambio, en los parámetros de calidad proteína (PROT) y gluten húmedo (Gh), se hallaron diferencias significativas entre cultivares y dosis de N aplicado. Debido a lo expuesto en los resultados, quedó evidenciado que el agregado de N al cultivo cobró relevancia en los parámetros de calidad, mientras que en rendimiento en grano fue dependiente del potencial genético del cultivar.

Índice

Índice de Tablas	2
Índice de Figuras.....	3
Resumen	4
Introducción.....	6
Producción de trigo mundial	6
Producción de trigo en Argentina	6
Subregiones trigueras de Argentina	8
Escala de desarrollo del cultivo	9
Mejoramiento genético en cultivares de trigo	10
Funciones y requerimientos del nitrógeno en la planta	11
El nitrógeno y su importancia en la producción	11
Efecto del nitrógeno en la calidad panadera	12
Diagnóstico de la fertilización nitrogenada	13
Índice de verdor mediante el uso del clorofilómetro	14
Hipótesis.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
Materiales y Métodos.....	17
Sitio experimental	17
Descripción del ensayo	18
Índice de verdor	19
Análisis de datos	20
Resultados y Discusión	21
Caracterización climática	21
Índice de verdor en estadios avanzados del trigo	21
Rendimiento en grano y absorción de N por parte del cultivo	24
Parámetros de calidad	28
Predicción de la producción, Nabs y calidad mediante el IV	31
Conclusiones.....	33
Bibliografía.....	34

Introducción

Producción de trigo mundial

Actualmente, el trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es la especie más cultivada en el mundo, con un área sembrada de 220 millones de hectáreas (ha) por año, seguido por el maíz (*Zea mays* L.) (192 millones ha), el arroz (*Oryza sativa* L.) (164 millones ha) y la soja (*Glycine max*) (125 millones de ha) (FAO, 2021). Este cultivo se lleva a cabo en el mundo principalmente en regiones comprendidas entre 30° a 60° de Latitud en el Hemisferio Norte y entre 27° y 40° de Latitud en el Hemisferio Sur.

El trigo es el segundo cereal más producido en el mundo con aproximadamente 789 millones de toneladas, mientras que el primero de este ranking es el maíz con 1155 millones de toneladas (USDA, 2022/23). Aunque el trigo constituye el principal cereal para el consumo humano, ya que la mayoría del maíz es destinado a la producción ganadera.

Dentro de los principales países productores se encuentran en primer lugar China, segundo la UE y tercero India; estos países concentran el 50% de la producción mundial. Nuestro país se posiciona decimocuarta en este rubro con el 1,5 % del volumen producido mundialmente (USDA, 2022/23).

El volumen exportado a nivel mundial anualmente ronda los 221 millones de toneladas. Siendo Rusia el principal exportador, seguido de la UE, Australia, Canadá y EE.UU. Argentina se ubica decimo con un aporte de 5 millones de toneladas a las exportaciones mundiales (USDA, 2022/23).

Producción de trigo en Argentina

El trigo es un cultivo que se desarrolla en áreas de clima templado en nuestro país. Durante el periodo 2003-2022, la superficie sembrada promedió fue de 5,5 millones de ha por año y la producción fue de 16 millones de toneladas por año (BCR, 2023) (Figura 1).



Figura 1.: Evolución de la producción y superficie sembrada del trigo en el período 2003-2022.

El 88% del área sembrada corresponden a las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos (MAGyP, 2023) (Figura 2). Además, en esas cuatro provincias se generó el 92% de la producción, concentrándose la mitad en provincia de Buenos Aires (MAGyP, 2023) (Figura 3). La producción se concentra principalmente en esas provincias litoraleñas, comprendidas dentro de la denominada Región Pampeana, ya que presentan la ventaja de encontrarse cerca de los puertos de exportación, tanto fluviales como marítimos, que se complementan con extensos ramales carreteros y ferroviarios que confluyen en los centros de consumo y exportación.

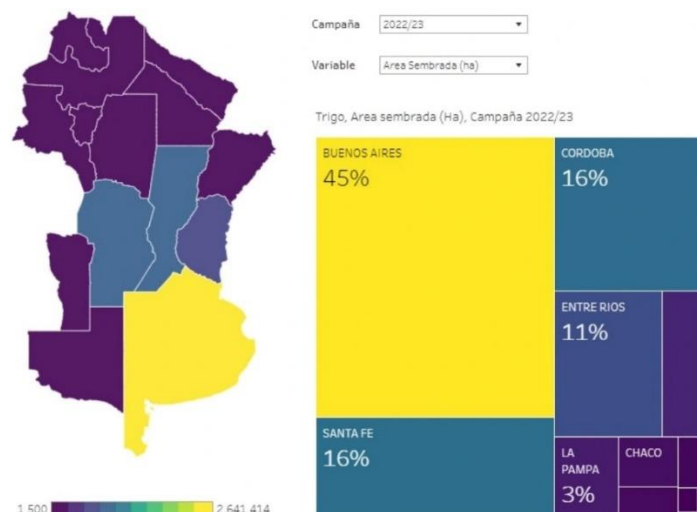


Figura 2. Proporción del área sembrada de trigo por provincia durante la campaña 2022/23.

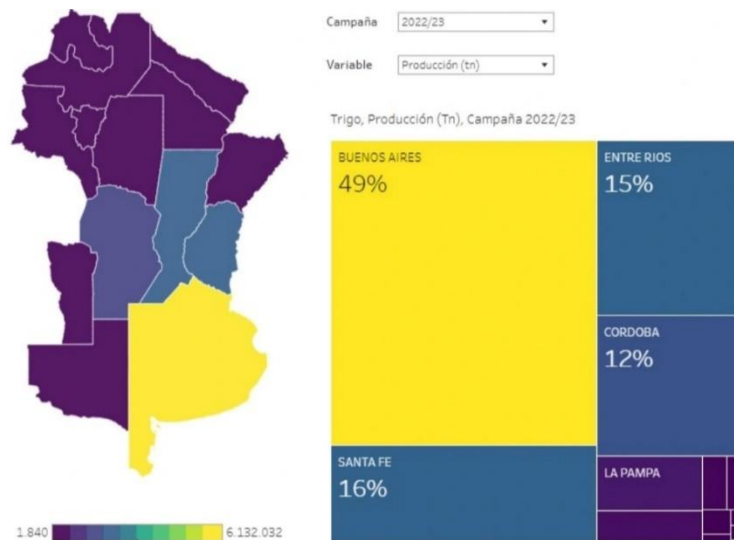


Figura 3. Proporción de la producción de trigo (toneladas, t) por provincia durante campaña 2022/23.

Subregiones trigueras de Argentina

La región triguera argentina está dividida en nueve Subregiones (Figura 4), comprendiendo un área extensa, con distintas características agroecológicas y, con marcada variabilidad climática. Debido a esto, la producción de trigo generalmente presenta variaciones de producción y calidad interanuales (Molfese et al.,2016).

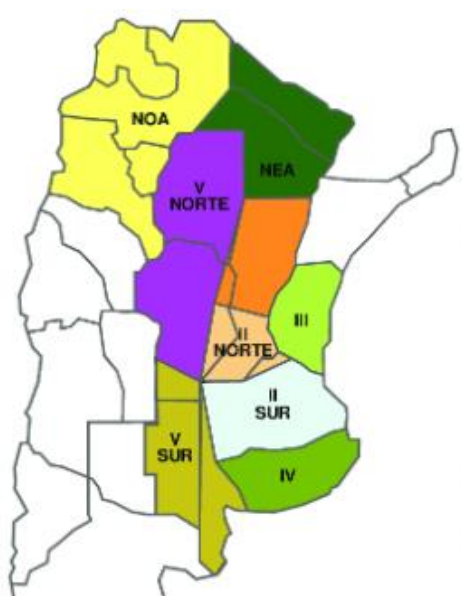


Figura 4. Subregiones trigueras de Argentina

La región de estudio se halla ubicada en la subregión V Sur, que comprende el sur de la provincia de Córdoba, centro sur de San Luis, La Pampa y el oeste y sudoeste de la provincia de Buenos Aires, presentando como límite Este la isohieta de 700 mm. Hacia el Oeste el límite se hace difuso, aunque podría establecerse en la isohieta de 500 mm. El clima predominante en el área es semiárido o subhúmedo templado, con un régimen térmico que corresponde al clima continental atenuado por la influencia marítima. La estación más seca es el invierno, de noviembre a diciembre se presentan los meses más lluviosos y durante el verano la elevada evapotranspiración hace a la zona con características de semiseca.

Más precisamente, los partidos de Púan, Bahía Blanca, Cnel. Rosales y Tornquist, que cubren una superficie aproximada de 1.400.000 has, presenta suelos con bajos contenidos de materia orgánica (MO), de texturas tendientes a gruesas. Allí el principal sistema productivo es mixto, ganadero - agrícola en el cual el trigo es el cultivo de mayor relevancia. Esta zona pertenece a la subregión V Sur y es un ambiente donde se dificulta de sobremanera la expresión de rendimiento del trigo, no solo por los bajos rindes obtenidos sino también por la variación mostrada entre el comportamiento de los distintos ciclos de cultivos (Calzolari et al., 2008). La intensificación de la agricultura en la región semiárida se ha caracterizado por una disminución del área destinada a pasturas, a favor de la superficie con monocultivo de trigo, siendo de importancia, la rotación de cultivos, la fertilización, el manejo de los residuos y el agua edáfica, aspectos fundamentales para el aumento de la productividad del trigo en esta región (Duval et al., 2013).

Escala de desarrollo del cultivo

La escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974) es la más utilizada para describir estados morfológicos externos del cultivo. Estos estados involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Dicha escala, divide el ciclo del cultivo en etapas principales, cada una de ellas subdividida, a su vez, en etapas secundarias (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de Zadoks de las fases de desarrollo (Zadoks et al. 1974).

Tabla de las fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (Z0.0 a Z9.9)					
Etapa principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase	Etapa principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase
0	Germinación	0.0-0.9	5	Espigado	5.0-5.9
1	Producción de hojas TP	1.0-1.9	6	Antesis	6.0-6.9
2	Producción de macollos	2.0-2.9	7	Estado lechoso del grano	7.0-7.9
3	Producción de nudos TP (encañado)	3.0-3.9	8	Estado pastoso del grano	8.0-8.9
4	Vaina engrosada	4.0-4.9	9	Madurez	9.0-9.9

TP: tallo principal

Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

Mejoramiento genético en cultivares de trigo

Los cultivares de trigo que se siembran en Argentina se obtienen mediante programas de mejoramiento genético basados en continuos procesos de: generación de variabilidad genética (hibridaciones o cruzamientos, introducciones de materiales foráneos y adaptación, etc), selección agronómica y estabilización progresiva de materiales. Una vez obtenida la variabilidad genética, se realiza una evaluación final, en ensayos comparativos de rendimiento, en distintas localidades de toda la región triguera Argentina (Donaire et al., 2023). Es un proceso largo y continuo, que dependiendo de los métodos que se practiquen en cada programa, este proceso puede llevar hasta 15 años con técnicas convencionales. En la actualidad hay técnicas de avances de generaciones en invernáculos y en contraestación que pueden adelantar este proceso, pero de un mínimo de 6 o 7 años.

El mejoramiento genético del trigo ha permitido aumentar el rendimiento potencial del cultivo, debido al aumento de la partición de biomasa a los órganos reproductivos (Slafer et al., 1994), aunque también, existen otras variaciones que determinan el rendimiento para nuevos cultivares difundidos y utilizados en el país: tasa fotosintética e incremento de biomasa (Rivas, et al., 1996), eficiencia de uso de radiación y tasa de crecimiento del cultivo (Calderini et al., 1997). La introducción de nuevos cultivares que pueden presentar comportamientos diferentes de productividad y componentes de rendimiento, podrían traer aparejados nuevos aspectos de manejo y modificaciones en la exploración de los recursos de determinados ambientes. Esta situación, además de variar el rendimiento, también modificará la disponibilidad de estos recursos (agua, nutrientes, rastrojo) en una secuencia de cultivos, por lo cual un mayor

conocimiento del comportamiento de los mismos permitiría realizar una mejor selección de cultivares según el ambiente y ajustar las tecnologías de manejo (Astegiano et al., 2003).

Funciones y requerimientos del nitrógeno en la planta

El nitrógeno (N) es el principal nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Forma parte de cada célula viviente. De los nutrientes minerales es el requerido en mayor cantidad por las plantas para crecer normalmente (Tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos nutricionales e índice de cosecha para el cultivo de trigo (García & Correndo, 2016).

Nutriente	Requerimiento (kg/t grano)	Índice de cosecha
Nitrógeno (N)	30	0,69
Fósforo (P)	5	0,80
Potasio (K)	19	0,21
Calcio (Ca)	3	0,14
Magnesio (Mg)	4	0,63
Azufre (S)	5	0,34
Boro (B)	0,025	0,5
Cobre (Cu)	0,01	0,75
Hierro (Fe)	0,137	0,99
Manganeso(Mn)	0,07	0,17
Zinc (Zn)	0,052	0,50

El nitrógeno y su importancia en la producción

El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La carencia de N y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y la planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El N es un componente de las vitaminas y los sistemas de energía en la planta. Es también un componente esencial de los aminoácidos, los cuales forman proteínas, por lo tanto, el N es directamente responsable del incremento del contenido de proteínas.

El cultivo de trigo es caracterizado por tener la mayor relevancia, en los sistemas productivos de la región del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (SOB) (Martínez et al. 2015b). Las deficiencias de agua y N son los principales factores que le limitan el crecimiento y rendimiento en zonas semiáridas (Sinclair & Horie, 1989; Fageria & Baligar, 2005), por lo tanto, se debe maximizar la eficiencia en el uso del agua y de N (Galantini et al., 2004). Sumado a esto, la zona se caracteriza por presentar escasez y erraticidad de las precipitaciones, acumulándose, generalmente durante el período de barbecho y mayormente no es utilizada por los cultivos (Quiroga et al., 2003).

En el SOB, la principal deficiencia de nutrientes de los suelos es la del N, esto se debe principalmente por los niveles bajos de MO, provocado por un exceso de cultivos anuales y/o un sistema de labranza no conservacionista. El diagnóstico de fertilidad y el subsiguiente cálculo de las necesidades de fertilización, tiene como principal objetivo evitar la pérdida de rendimiento y/o calidad de los cultivos, por deficiencias de nutrientes en el suelo, en este caso N (Loewy et al., 2015). Por ende, la aplicación de fertilizantes nitrogenados debería adecuarse a las condiciones de fertilidad del sitio en particular y al potencial de rendimiento esperado.

Las buenas prácticas en el manejo de la nutrición de cultivos y de los fertilizantes contribuyen a incrementar la producción del cultivo y la eficiencia de uso. Por este motivo, es de gran importancia realizar un adecuado diagnóstico de la nutrición nitrogenada teniendo en cuenta las condiciones de fertilidad del sitio en particular y al potencial de rendimiento esperado.

Efecto del nitrógeno en la calidad panadera

El manejo nutricional afecta tanto el rendimiento como la calidad proteica en los granos, mientras que la genética (cultivar), afecta sólo la calidad de dicha proteína. El N es el nutriente que con mayor frecuencia condiciona la obtención de altos contenidos de gluten y proteína en el grano de trigo (Darwich, 2005). La mayor parte de la proteína del endosperma del trigo es gluten, un complejo visco-elástico. El contenido proteico del trigo varía ampliamente (8-20 % sobre base seca). Se clasifican de acuerdo a su solubilidad en cuatro fracciones: albúminas y globulinas (10-22%), gliadinas (30-40%) y gluteninas (alto peso molecular (APM) 5-10%, bajo peso molecular (BPM) 20-30%). Estas fracciones varían en la composición de aminoácidos y por tanto en sus características funcionales. Las gliadinas y gluteninas son proteínas de reserva, insolubles en agua y tienen la capacidad de formar gluten lo que permite constituir una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener el gas y dar un producto esponjoso cuando se lo cocina.

Diagnóstico de la fertilización nitrogenada

Se basa en el análisis de suelos, siendo el primer paso para poder determinar la dosis de N a aplicar (Darwich, 2005). Debe realizarse lo más cercano a la siembra de cada cultivo, debido a la dinámica de transformación de este nutriente en el suelo. Además, existen metodologías de diagnóstico que permiten realizar correcciones de la dosis dentro del período de crecimiento del cultivo de trigo (Berardo, 1994; Satorre et al., 2003; Echeverría, 2004).

Entre los principales métodos de diagnóstico de fertilidad nitrogenada de trigo utilizados en nuestro país se encuentran (Figura 5) (González Montaner et al., 1991; Berardo, 1994; Satorre et al., 2003):

- Evaluación de N disponible en presiembra (análisis químicos de suelos).
- Análisis de planta (índice de verdor, nitratos en la savia de la base del tallo, concentración de nutrientes en grano).
- Modelos de simulación agronómica.

Estas metodologías son permanentemente actualizadas y calibradas para las distintas zonas. Para métodos como la disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos, 0-60 cm + N fertilizante), es importante tener en cuenta que los umbrales zonales dependen del nivel de rendimiento objetivo.

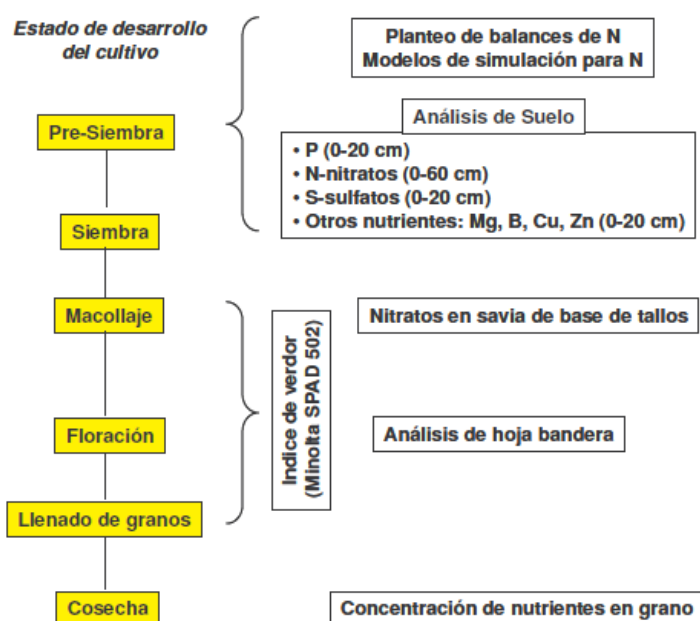


Figura 5. Alternativas de diagnóstico nutricional durante toda la ontogenia del cultivo de trigo, desde presiembra hasta postcosecha. Tomado de Abbate et al. (2006).

Las plantas asimilan N mediante la forma de N inorgánico (Ni), las cuales representan un bajo porcentaje del N total del suelo. La estimación del Ni a través de análisis químicos incluye las formas de N-nitratos (N-NO₃⁻) y N-amonio (N-NH₄⁺). En regiones subhúmedas y semiáridas, el Ni en presiembra (hasta 60 cm) son incluidas dentro de un balance simplificado para las recomendaciones de fertilización en trigo.

Índice de verdor mediante el uso del clorofilómetro

El medidor de clorofila (por ejemplo, el Spad 502 Minolta®), como el de la Figura 6, es una herramienta para monitorear el estado nitrogenado a través del índice de verdor (IV) del cultivo, que es expresado en unidades de lectura (unidades Spad, US). Específicamente, permite medir la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm, que es la longitud de onda fotosintéticamente activa y en 940 nm. La diferencia de transmitancia entre estas dos longitudes de onda resulta en el IV que puede ser asociado con el contenido de clorofila extraíble (Waskom et al., 1996). La intensidad de color verde se relaciona con la concentración de clorofila y el N en la hoja (Wood et al., 1993), dado que los cloroplastos contienen aproximadamente el 70% del N de la hoja (Madakadze et al., 1999). Esta metodología permite caracterizar el estado nitrogenado de una manera no destructiva (Sainz Rosaz & Echeverría, 1998), rápida y sencilla, permitiendo realizar muestreos frecuentes y explorar con mayor detalle la variabilidad en un sitio comparado con otros métodos conocidos (Gandrup et al., 2004). Además, presenta la ventaja de permitir la corrección en el corto plazo ya que el dato se obtiene “*in situ*”. Sin embargo, dado que el IV se ve afectado por numerosos factores como genotipos, estados de crecimiento, otros nutrientes, enfermedades o ataques de insectos, y condiciones ambientales al momento de la medición, es recomendable realizar calibraciones de las lecturas teniendo en cuenta estos factores mencionados. Una de las maneras de generalizar las lecturas de IV para reducir la influencia de las variables que pueden afectar, es mediante la calibración con parcelas de referencia que presenten exceso de N (Gandrup et al., 2004). Según Martínez et al. (2015), para trigo de regiones semiáridas y subhúmedas el IV estaría relacionado estrechamente con el N absorbido (Nabs) y no así con el rendimiento en grano y la proteína.



Figura 6. Medidor de clorofila Minolta - SPAD 502

Debido a la escasa información sobre el uso del clorofilómetro en el SOB, su utilización requiere de una calibración que considere el ambiente y las diferentes cultivares de trigo, ya que éstos son factores importantes que inciden en los resultados obtenidos (Bavec & Bavec, 2001). Respecto del efecto del cultivar sembrado, Cox et al. (1985) confirmaron diferencias en términos de absorción y removilización de las partes vegetativas hacia los granos. El uso del clorofilómetro permitirá su utilización como herramienta para el diagnóstico de deficiencias de N durante el ciclo del trigo y en el caso que fuese necesario realizar aplicaciones diferidas de N. Arregui et al. (2006) han demostrado variaciones del IV generadas por distintos genotipos de una misma especie en diferentes estados de crecimiento debido a distintas disponibilidades hídricas. Por lo tanto, concluyeron que no es posible establecer un valor de IV crítico único que indique suficiencia de N en todos los cultivos, sitios, años y condiciones ambientales.

Hipótesis

El potencial genético de cultivares de trigo pan responde diferente al ambiente donde se cultiva, en particular en lo que respecta a producción y calidad, mientras que la fertilización nitrogenada puede modificar esa respuesta, siendo altamente influenciada por las condiciones meteorológicas del año.

Objetivo general

Evaluar diferentes cultivares de trigo pan con fertilización nitrogenada en un sitio de la región semiárida pampeana.

Objetivos específicos

- Verificar la utilidad del IV en estadios avanzados del trigo para predecir el rendimiento y calidad del cultivo.
- Evaluar la respuesta del ambiente con los diferentes cultivares.
- Analizar la fertilización nitrogenada en la producción y calidad del trigo, considerando los diferentes cultivares.

Materiales y Métodos

Sitio experimental

El ensayo está ubicado en un establecimiento rural ubicado en Colonia Napostá, a una distancia de 35 km de la ciudad de Bahía Blanca sobre la Ruta Nacional 33 (Figura 7), cabecera del partido con igual nombre y en el establecimiento denominado Chacra experimental Napostá (Convenio MDA-UNS).

La precipitación media anual es de 560 mm (medias tomadas desde 1860 al 2006). Estas precipitaciones son heterogéneas a lo largo del año, siendo las estaciones más lluviosas el otoño (mayor pico de precipitaciones) y primavera. Por el contrario, los meses más secos corresponden a junio, julio y agosto, y se registra una estación semiseca en enero y febrero, cuando la evapotranspiración potencial es el doble de las precipitaciones, provocando casi imposibilitando la producción de cultivos de verano.

El lote destinado al ensayo hasta el año 2008 registraba una historia con más de 20 años de pastoreo sobre praderas naturales. Algunas de las especies presentes hasta esa fecha eran *Amelichloa*, *Nassella*, *Pappophorum* y *Stipa*. El sitio experimental (con las siguientes coordenadas: 38°26'12"S 62°16'53"W), presenta un paisaje plano, en partes algo ondulado, constituyendo mayormente el resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición y eventos de origen marino, con un edafoclima ústico-térmico. En general, los suelos se clasifican como *Paleustol Petrocálcico* (Soil Survey Staff, 2010), franco grueso térmico, con la característica de no presentar limitaciones físicas para la producción.

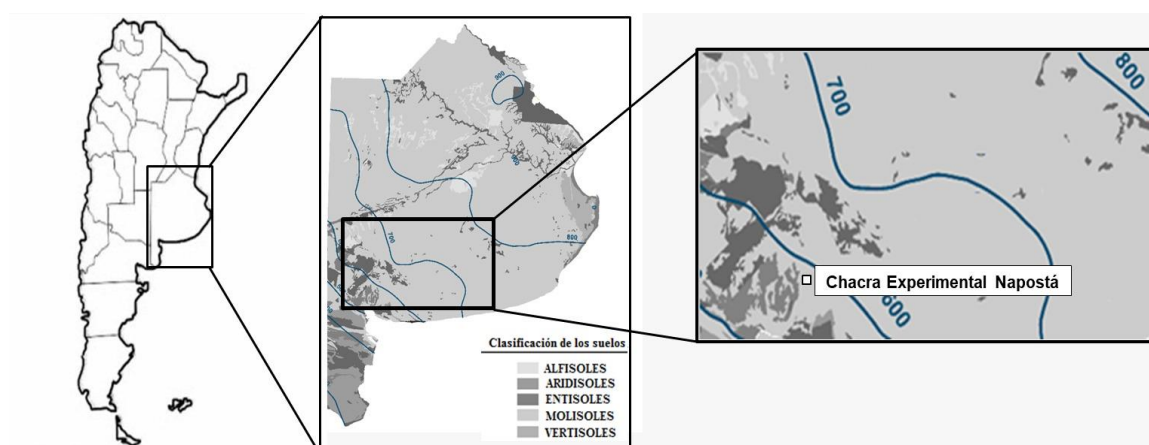


Figura 7. Chacra experimental Napostá (Convenio MDA-UNS).

Descripción del ensayo

El diseño experimental consistió de tres bloques divididos completamente aleatorizados con los diferentes cultivares como factor principal y la fertilización nitrogenada como factor secundario (n=117) (Tabla 3). Las unidades experimentales contaban con un total de 105 m² (30 m x 3,5 m). La profundidad efectiva del suelo es mayor a 1 m

Para las condiciones generales de la fertilidad química, en las muestras de suelo tomadas al inicio del ensayo, se obtuvieron valores coherentes a la textura y frecuentes para la zona. Las demás propiedades químicas edáficas evaluadas se detallan en Tabla 4

Tabla 3. Diseño del ensayo comparativo de cultivares de trigo con fertilización nitrogenada

50	0	50	50	0	50	25	0	0	50	50	25	25	BLOQUE III
0	50	25	25	25	0	50	25	25	0	0	50	0	
25	25	0	0	50	25	0	50	50	25	25	0	50	
BAGUETTE 820	BASILIO	RGT QUIRIKO	MS INTA BON. 221	BUCK SY 109	ACA 308	KLEIN CIEN AÑOS	DM PEHUEN	ACA FRESNO	DM CATALPA	BUCK COLIHUE	KLEIN VALOR	ACA 920	
0	50	50	50	0	25	50	0	25	50	0	25	25	BLOQUE II
25	0	0	0	50	0	25	50	0	0	25	50	0	
50	25	25	25	25	50	0	25	50	25	50	0	50	
BASILIO	MS INTA BON. 221	DM PEHUEN	KLEIN CIEN AÑOS	FRESNO ACA	ACA 308	RGT QUIRIKO	BAGUETTE 820	BUCK SY 109	DM CATALPA	BUCK COLIHUE	KLEIN VALOR	ACA 920	
25	25	0	50	25	50	50	0	0	50	0	0	50	BLOQUE I
50	50	50	25	0	25	25	50	50	0	50	50	0	
0	0	25	0	50	0	0	25	25	25	25	25	25	
1-FRESNO ACA	2-DM PEHUEN	3-BAGUETTE 820	4-MS INTA BON. 221	5-BUCK SY 109	6-DMC ATALPA	7-KLEIN CIEN AÑOS	8-RGT QUIRIKO	9-BASILIO	10-ACA 308	11-KLEIN VALOR	12-BUCK COLIHUE	13-ACA 920	

Tabla 4. Propiedades edáficas químicas del suelo previo a la siembra

Profundidad (cm)	MO (g kg ⁻¹)	pH (1:2,5)	Pe (mg kg ⁻¹)	N-NO3 (kg ha ⁻¹)
0-20	29	6,5	15	
0-60				172

MO, materia orgánica, pH, potencial hidrogeno Pe, fósforo extraíble, N-NO3, N inorgánico en forma de nitratos.

Se sembraron 13 cultivares de trigo pan (Tabla 5) en dos fechas (FS) y con diferente densidad utilizando una sembradora *Juber* de siembra directa con separación entre hileras de 17,5 cm. La primera FS fue 2 de junio, con densidad de 180 plantas m⁻² y la segunda 26 de junio, con densidad de 220 plantas m⁻². En ambas fechas también se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-20-0 grado) El 19 de septiembre, en macollaje, en estadio Z25, se aplicó el N, en dosis de 0, 25 y 50 kg N ha⁻¹. La fuente nitrogenada urea (46-0-0), aplicada al voleo, en forma manual.

Respecto al manejo del cultivo, durante el barbecho se aplicaron herbicidas en dos fechas. El 23 de febrero se pulverizó con 1,5 L ha⁻¹ Glifosato +0,4 L ha⁻¹ 2,4-D + 0,15 L ha⁻¹ Dicamba y 27 de mayo se utilizó 1,3 L ha⁻¹ Glifosato + 0,3 L ha⁻¹ 2,4-D + 6 g ha⁻¹ Metsulfurón. Además, durante el cultivo se aplicó insecticida el 24 de septiembre con dosis de 0,5 L ha⁻¹ y el 11 de noviembre 1,75 L ha⁻¹ de fungicida.

Tabla 5. Cultivares de trigo evaluadas y sus características agronómicas

FS	Cultivar	Grupo de Calidad (GC)
1	<i>ACA Fresno (AF)</i>	2
1	<i>ACA 308 (A308)</i>	3
1	<i>Baguette 820 (B820)</i>	3
1	<i>Klein Cien Años (KCA)</i>	1
1	<i>Basilio (BAS)</i>	2
1	<i>Buck SY 109 (BS 109)</i>	3
1	<i>DM Catalpa (DMC)</i>	2
1	<i>DM Pehuén (DMP)</i>	2
1	<i>MS INTA 221 (MI 221)</i>	2
1	<i>RGT Quiriko (RQ)</i>	3
2	<i>Buck Colihue (BC)</i>	2
2	<i>Klein Valor (KV)</i>	1
2	<i>ACA 920 (A920)</i>	1

Índice de verdor

Se realizaron 20 mediciones (lecturas) por parcela con el clorofilómetro SPAD Minolta 502 en dos momentos del ciclo de crecimiento del trigo (IV1, IV2). Es importante remarcar, que debido a que se utilizaron varios genotipos, los momentos en que se realizaron las lecturas no fueron en un estadio particular para todas los cultivares, sino que se establecieron rangos entre los que oscilaron los momentos de las lecturas con clorofilómetro: IV1: vaina engrosada y espigado (Z45-Z59); IV2: anthesis (Z60-Z69). Las lecturas se efectuaron en el tercio superior

de la última hoja totalmente expandida, en el centro de la misma entre el margen y la nervadura central, evitando dicha nervadura como así también zonas cloróticas o dañadas si las hubiese (recomendaciones detalladas en el instructivo del equipo).

En Z90, madurez fisiológica, el 13 de diciembre de cada tratamiento se tomaron muestras de 10 m lineales de biomasa aérea. Luego, se procesó y se analizaron las variables de cultivo detalladas en Tabla 6.

Tabla 6. Variables del cultivo evaluadas

Variable	Abreviatura	Unidades	Momento	Determinación-cálculo
Rendimiento	REND	kg ha ⁻¹	Poscosecha	Cosecha 10 m lineales
Peso de mil granos	PMG	g	Poscosecha	Conteo y pesaje
Peso hectolítrico	PH	kg hL ⁻¹	Poscosecha	Pesaje de volumen
Proteína en grano	PROT	%	Poscosecha	NIR
Gluten húmedo	Gh	%	Poscosecha	NIR
N total absorbido	Nabs	kg ha ⁻¹	Poscosecha	Por cálculo Ncos * ICN/100

Ncos; N cosechado (%N grano x rendimiento en grano); ICN, índice de cosecha de N para trigo se estima en 66%.

El peso de mil granos (PMG) de cada tratamiento se llevó a cabo con un dispositivo laser contador de semillas Ele International serie 0680193 G®, realizando cuatro repeticiones de 100 semillas, a las que luego se las multiplicó por 10. El peso hectolítrico (PH) se determinó con balanza de Schopper.

Análisis de datos

Para evaluar el efecto de las fuentes de variación (cultivares y dosis de N) se realizó un análisis de la varianza (ANAVA), con arreglo en parcela dividida con comparación de medias por diferencias mínimas significativas (DMS) de Fisher al 5%. Se realizaron correlaciones de Pearson para analizar las relaciones entre el IV en ambas fechas y los parámetros de producción y calidad del trigo. Además, regresiones lineales simples entre REND y Nabs. También se hicieron regresiones lineales simples entre IV1 e 1V2 con los parámetros significativamente correlacionados obtenidos en el análisis anterior. Se utilizó el software estadístico INFOSTAT para la realización de todos los análisis (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Resultados y Discusión

Caracterización climática

Las precipitaciones (pp) durante la campaña 2022 totales fueron superaron a la media anual histórica (media 1860-2016, 561 mm), registrando un total de 716 mm (Figura 8). Esto no significa que se haya iniciado un nuevo período húmedo, ya que, en ciclos secos, es posible que ocurra años húmedos y viceversa (Albarracín, 2016). Las regiones semiáridas se caracterizan por las ocurrencias de estos eventos, y dificulta la planificación agropecuaria porque agrega un factor de incertidumbre al componente climático sobre el que se basa.

Según la distribución de las pp en 2022 se observaron registros por encima de las necesidades teóricas hídricas de trigo (NC) propuesto por Paoloni & Vázquez (1985), durante los últimos meses de verano y otoño. Esta tendencia se contrapone con lo sucedido en primavera hasta la cosecha del cultivo. Según Martínez et al. (2015b), en ambientes semiáridos las pp primaverales condicionan la producción y calidad del trigo.

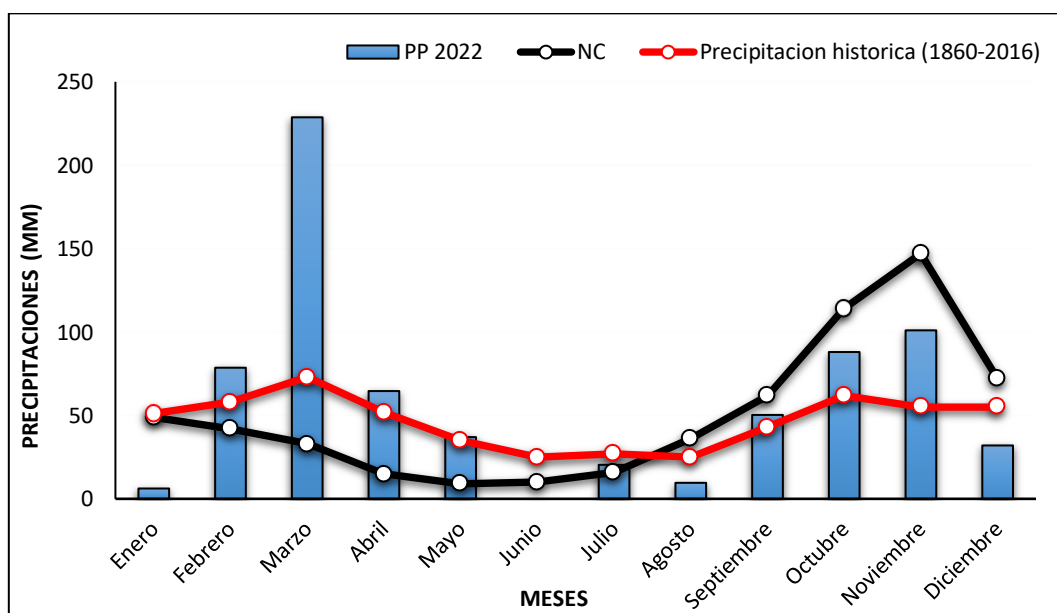


Figura 8. Precipitaciones mensuales durante el 2022, mensual media histórica (1860-2016) y las necesidades hídricas del cultivo

Índice de verdor en estadios avanzados del trigo

El análisis de resultados mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) para el IV1 entre cultivares de trigo pan, sin diferencias por la aplicación de urea ni interacción ($p = 0,83$). (Figura 9). Los valores de IV extremos se observaron en los cultivares KV (48 US) y BC (55,7 US).

Es importante remarcar que, sin bien existen diferencias entre cultivares, estos valores resultan elevados según lo registrado por Martínez et al. (2015a, 2016); quienes hallaron valores promedios de 44,5 US para trigo. En suelos del SOB, IV entre 46-47 US medidos en espigazón asegurarían una provisión adecuada de N (Loewy & Ron, 2008). La ausencia de respuesta de la aplicación de N, difiere con lo informado por Schepers et al. (1992), quienes hallaron incremento del IV con al aumento de la dosis de N. Esto podría ser atribuido a la elevada disponibilidad de Ni al momento de la siembra de los cultivares (Tabla 4).

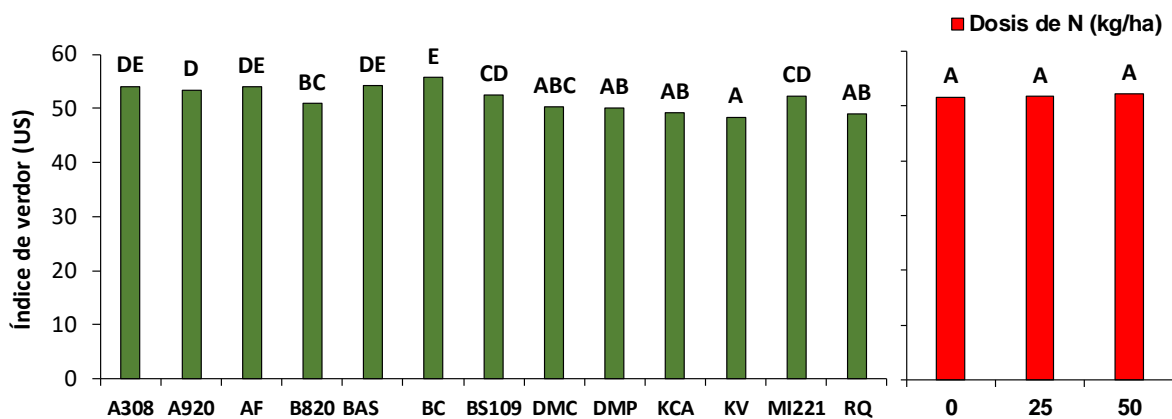


Figura 9. Primera lectura del índice de verdor (IV1) según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$).

En forma similar, los valores IV en IV2 mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre cultivares sin diferencias entre dosis de N, sin interacción ($p = 0,83$) entre cultivares y dosis de N aplicadas (Figura 10). El mayor IV se determinó en el cultivar BC ($IV = 55,4$ US), mientras que el menor IV se observó en K100 ($IV = 46,3$ US). Los resultados en IV1 e IV2 no evidencian las variaciones esperadas del IV a través del ciclo del cultivo de trigo según a lo informado por Falótico et al. (1999). Esto puede estar atribuido como se mencionó anteriormente a la elevada cantidad de Ni disponible sumado al breve lapso entre la mediciones de IV.

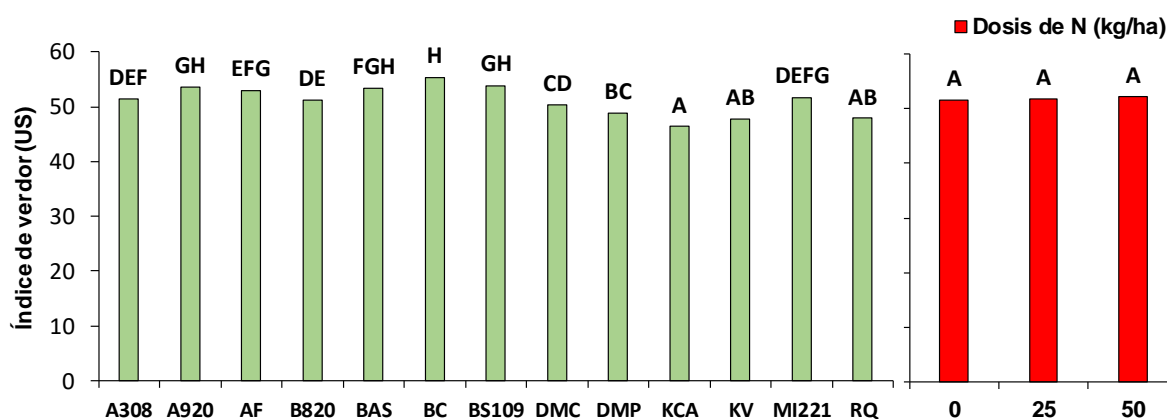


Figura 10. Segunda lectura del índice de verdor (IV2) según cultivares y dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$).

Estadística descriptiva

Los coeficientes de variación de los resultados (CV) oscilaron desde 2% para el PH hasta 14% en REND y Nabs (Tabla 7). Estas variaciones fueron dadas principalmente por los efectos de los diferentes tratamientos y bloques. Con respecto a la media y a la mediana fueron muy cercanas en todas las variables, dando como resultado una distribución simétrica.

Como se observa el rendimiento promedio del ensayo fue de 4691 kg ha^{-1} , siendo el mismo un mucho más alto que el promedio histórico zonal de $1600\text{-}1900 \text{ kg ha}^{-1}$ (López et al., 2014). El PMIL fue de 39 g, valor que coincide con las evaluaciones de cultivares en INTA Ascasubi en las campañas 2012-2015 (Vanzolini & Logiúdice, 2016).

Tabla 7. Estadística descriptiva de las variables del cultivo sin diferenciar entre tratamientos y bloques.

Variable	<i>n</i>	Media	CV	Min	Max	Mediana	Q1	Q3
REND (kg ha ⁻¹)	117	4691	14	3296	6062	4720	4267	5172
PH (kg hL ⁻¹)	117	78	2	74,	82,2	78,2	77	79,5
PROT (%)	117	11	8	9,1	13,6	11	10,5	11,7
Gh %	117	30	9	22	36,7	29,5	28,1	31,5
PMG (g)	117	39	7	31,1	44,6	39,1	37,4	40,,5
Nabs (kg ha ⁻¹)	117	158	14	104,22	204,8	160,05	142,95	174,3

El PH de 78 lo posiciona en un trigo de calidad Grado 2 según la norma de comercialización de trigo pan, aunque tenemos un mínimo de 74 que pertenece a Grado 3, y hasta un máximo

de 82,2 del Grado 1. El valor medio de proteína fue de 11%, como el valor base de la norma de comercialización, llegando a tener valores por encima de 13%, y un mínimo de 9,9%.

Rendimiento en grano y absorción de N por parte del cultivo

El rendimiento en grano evidenció una interacción significativa entre los efectos de los diferentes materiales genéticos y las dosis de N ($p < 0,0001$), por lo que, se analizó la respuesta de la fertilización nitrogenada para cada cultivar (Figura 11). El cultivar BAS, demostró una respuesta significativa al aumento de las dosis de N; siendo los rendimientos con $0 < 25 < 50$ kg N ha⁻¹. Esta diferencia podría deberse al escaso coeficiente de variación por dosis de N. A su vez, en los cultivares A308, A920 y BS109 se observaron rendimientos significativos superiores con la dosis de N más alta. En KCA, el agregado de N tuvo respuesta significativa en comparación al testigo, sin diferencia entre ambas dosis. Contrariamente, los cultivares B820 y BC hubo disminución en el rendimiento con 50 kg de N. Por último, en los cultivares DMC, DMP, AF, KV, MI221 y RQ, no se evidenció cambios en el rendimiento por la fertilización con N. Los resultados demostraron que la producción de granos con respecto al potencial genético de cada cultivar se expresa de manera diferente bajo las condiciones de este ambiente.

Respecto al PMG, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,0001$) entre los distintos cultivares debido a su potencial genético, sin ningún efecto del agregado de N ($p > 0,05$), (Figura 12). De acuerdo con McDonald (1989), este componente del rendimiento está influenciado por las condiciones meteorológicas ocurridas durante el llenado del grano; las cuales fueron bajo las condiciones de este estudio fueron adecuadas para la removilización de fotoasimilados hacia el grano. Se evidenció, la gran diferencia que tuvo A308 sobre el resto y a su vez AF, DMP, KCV y RQ, tuvieron un valor significativamente mayor que las demás.

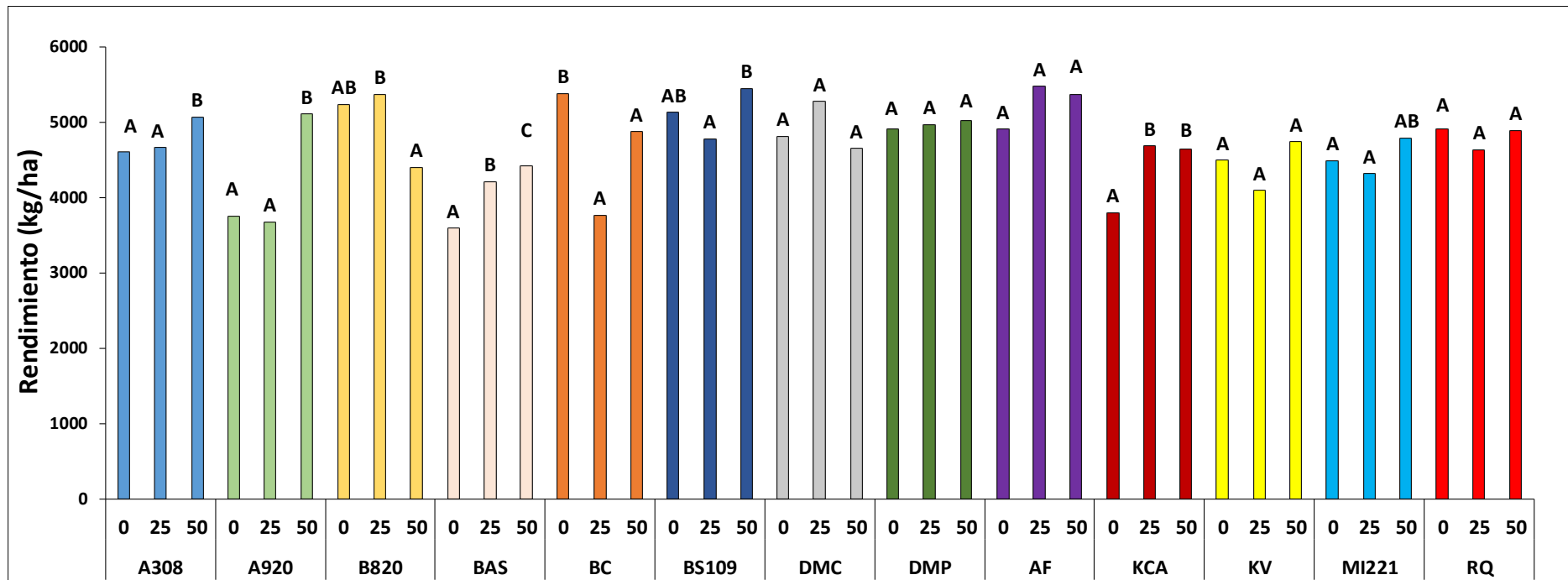


Figura 11. Rendimiento según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre dosis de N dentro del mismo cultivar ($p < 0,05$).

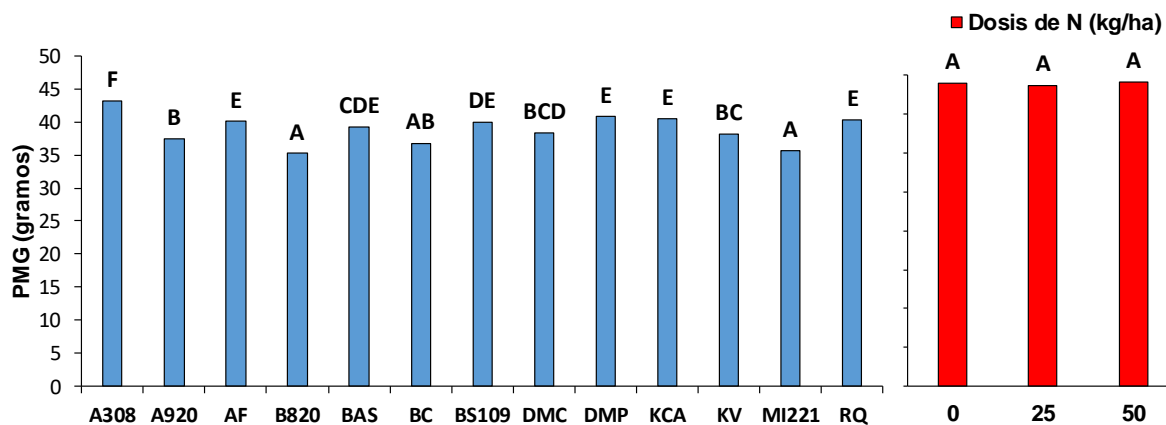


Figura 12. Peso de mil granos (PMG) según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$).

El Nabs siguió la misma tendencia que el rendimiento, es decir, se hallaron efectos diferentes de la fertilización con N para cada cultivar. Se observó una interacción significativa ($p = 0,0006$) entre los factores de variación (cultivar y dosis de N) por lo que se procedió a evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada para cada cultivar (Figura 13). En los cultivares A308, A920, BAS y KCA, se observaron respuestas significativas con respecto al testigo.

Existió una alta correlación entre el rendimiento y el Nabs explicado con un alto coeficiente de explicación (R^2) (Figura 14). Esto se contrapone por lo expuesto por autores de la región (Martínez et al. 2015, 2016, 2017; Landriscini et al 2015), quienes expusieron que las relaciones entre Nabs y rendimiento en grano en el SOB eran muy dependientes de las condiciones edafoclimáticas generadas durante el llenado del grano del trigo. Para este estudio, la buena oferta hídrica (Figura 8) y la elevada disponibilidad de N (Tabla 4) favorecieron esta relación.

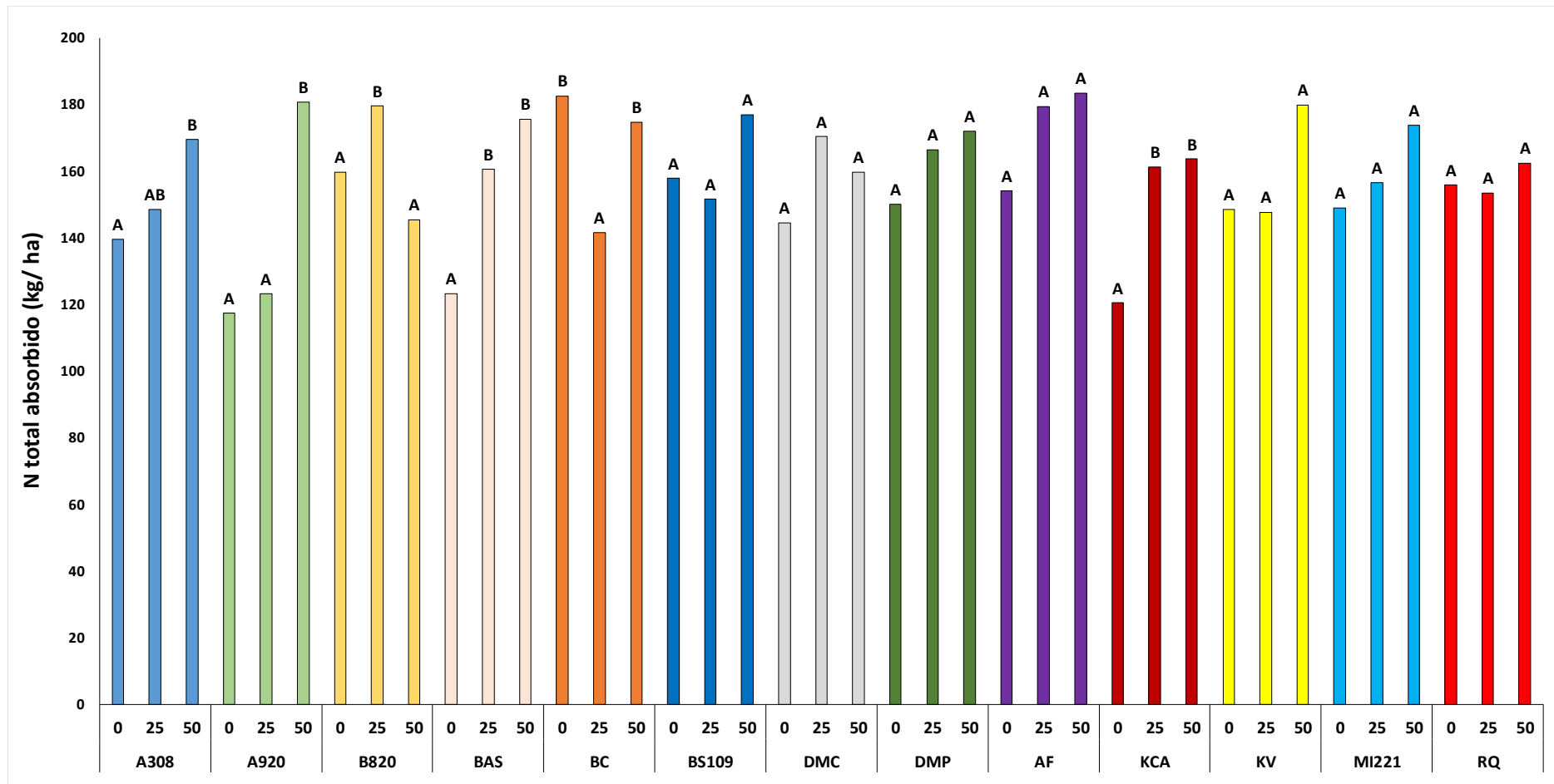


Figura 13. Nitrógeno total absorbido según cultivares, dosis de N y ANOVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre dosis de N dentro del mismo cultivar ($p < 0,05$).

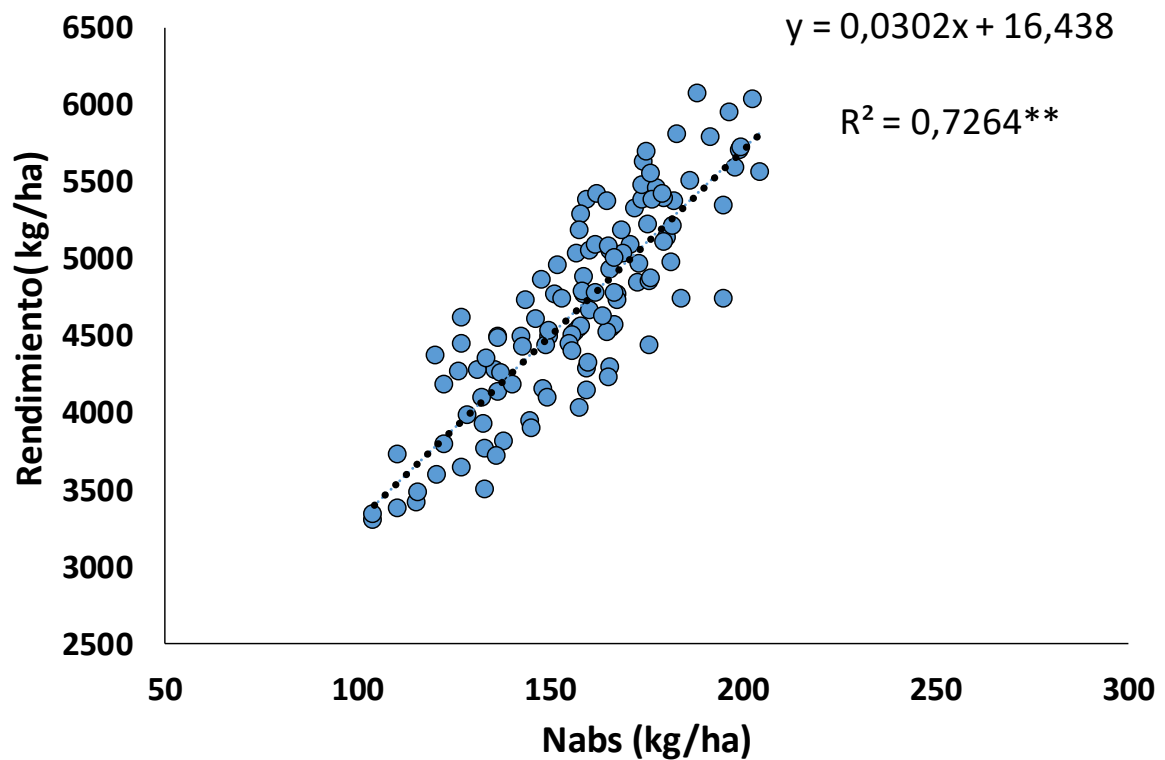


Figura 14. Relación significativa entre el rendimiento y el Nabs. ** indican regresiones altamente significativas con $p < 0,001$.

Parámetros de calidad

El PH presentó diferencias significativas entre variedades ($p=0,0001$), sin obtener respuesta al agregado de N ($p > 0,05$) (Figura 15). El PH máximo alcanzable por cultivar o variedad depende significativamente de las condiciones ambientales (Asinari et al., 2016). Este resultado obtenido, coincide con lo expuesto por Loewy (2004), quien concluye que para la variable PH no existe una tendencia positiva al agregado de N. El valor máximo lo obtuvo la variedad MI221, siendo estadísticamente mayor que el resto. Además, las variedades A920, AF, DMP y RQ fueron significativamente superior que las restantes variedades (Figura 15).

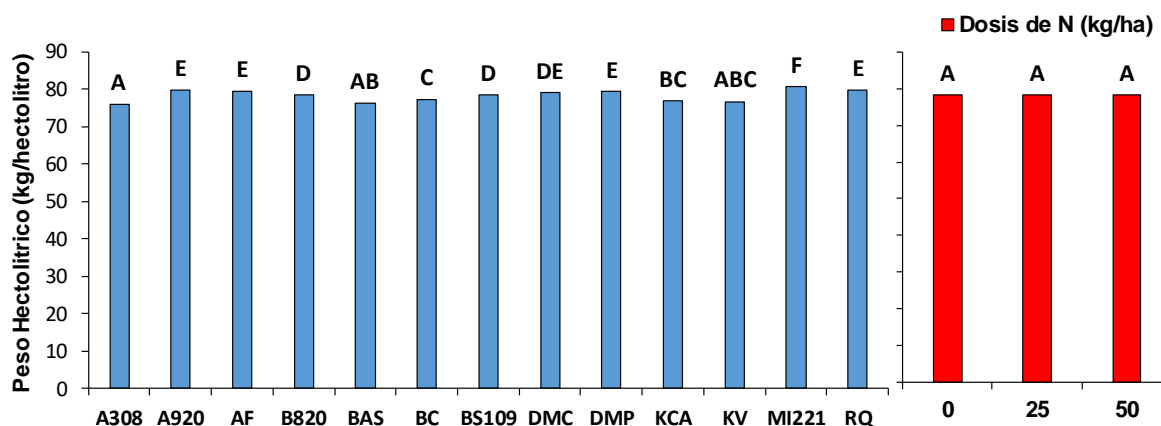


Figura 15. Peso hectolitrico (PH) según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$).

El contenido de PROT de los distintas cultivares se detalla en la Figura 16. Se hallaron diferencias significativas entre cultivares ($p=0,0001$) y dosis de N aplicado ($p=0,0001$). Este resultado coincide por los expuesto por otros autores (Karen et al., 1994; Sowers et al., 1994) que han reportado que la fertilización con N al macollaje aumenta la PROT. Según Cox et al. (1985) la proteína es muy dependiente de las condiciones de humedad del suelo y disponibilidad de N al momento de llenado del grano. La aplicación de N, junto a la disponibilidad de N al momento de la siembra, sumado a las buenas condiciones ambientales que hubo durante el ensayo, reflejó que el agregado de N tuvo un efecto positivo sobre la proteína y no sobre el rendimiento. El cultivar que expresó el máximo valor de PROT, fue KV, obteniendo un valor mayor al estándar de la norma de comercialización de trigo pan (11%) y siendo significativamente mayor que los otras cultivares. A su vez, los cultivares B820, BS109, DMP Y MI221, también presentaron valores por encima del 11% de PROT. Esta característica mencionada es muy importante, ya que al obtener un contenido de PROT mayor al estándar se obtiene una bonificación económica en la comercialización de los granos. El resto de los cultivares presentaron valores inferiores al 11%, lo que representa un descuento económico en la comercialización.

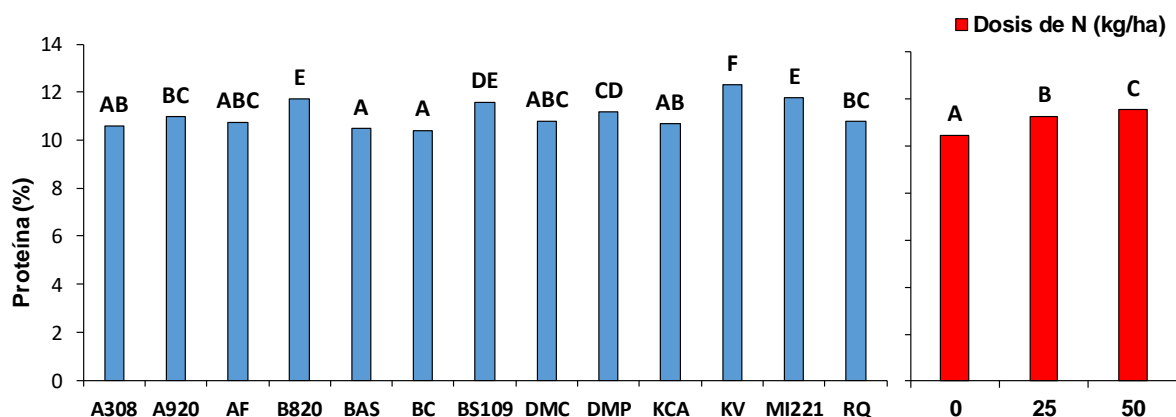


Figura 16. Contenido de proteína (PROT) según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$).

En la Figura 17, se detalla el contenido de Gh obtenido por cada cultivar, en donde se evidenció diferencias significativas entre cultivares ($p=0,0001$) y dosis de N aplicado ($p=0,0001$). Según las Figuras 16 y 17, podemos notar que los cultivares que presentan mayor contenido de PROT, generalmente, son aquellos con alto Gh, ya que el 85% de las proteínas del grano de trigo forman gluten (gluteninas y gliadinas) (MacRitchie, 1984). Es importante remarcar, que en este estudio si bien se mantienen las estrechas relaciones positivas y respuestas a la dosis de N en PROT y Gh, el cultivar BC no sigue esta tendencia. Como informó Darwich (2005), la obtención de altos contenidos de gluten y proteína en el grano de trigo es condicionado, principalmente por el N. Es probable que esto se deba a que el aumento en la disponibilidad de N en los granos se asocia con el incremento de la fracción de gliadinas presentes en el gluten, que son las proteínas responsables de conferirle extensibilidad a las masas (Gianibelli et al., 2001). Considerando que la norma de calidad para la comercialización de trigo pan bonifica aquellos granos correspondientes al grupo de calidad 1, los cuales deben contar con un Gh $>27\%$, se puede evidenciar que todos los cultivares evaluados (Figura 17) en este ensayo cumple con este requisito (Gh medio=30%, Tabla 7).

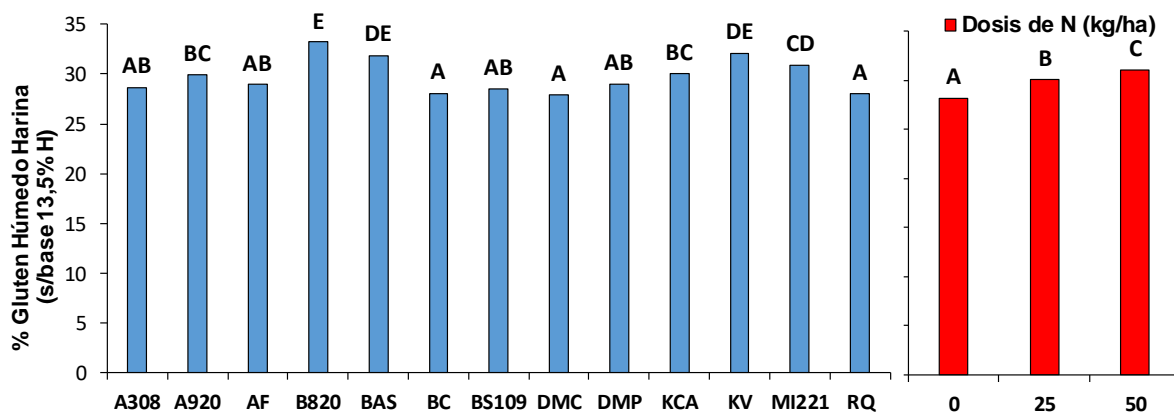


Figura 17. Contenido de gluten húmedo (Gh) según cultivares, dosis de N y ANAVA para esos factores. Letras diferentes indican diferencias significativas entre cultivares y dosis de N ($p < 0,05$)

Predicción de la producción, Nabs y calidad mediante el IV

Se hallaron correlaciones significativas entre el IV y PMG, y además con las variables de calidad como PROT y Gh (Figura 18). Sin embargo, como los coeficientes de explicación (R^2) son tan bajos, queda reflejado que no tienen un valor práctico, por el alto error que conllevaría hacer una predicción de esto mediante el IV. Según Martínez et al. (2020) analizando diferentes cultivares de trigo en base a similar absorción de N total se podría mejorar la predicción de las variables de producción y calidad en el mismo sitio de estudio. Los resultados hallados en este presente estudio se diferencian debido a que en este caso el efecto significativo de la fertilización nitrogenada se dio sobre los parámetros de calidad (PROT y Gh), sin respuesta sobre el rendimiento y el Nabs, a excepción de los cultivares A308, A920, BAS y KCA. Podría esperarse que si se acotara el análisis para estos cultivares se incrementara la predicción del rendimiento y del Nabs mediante el IV.

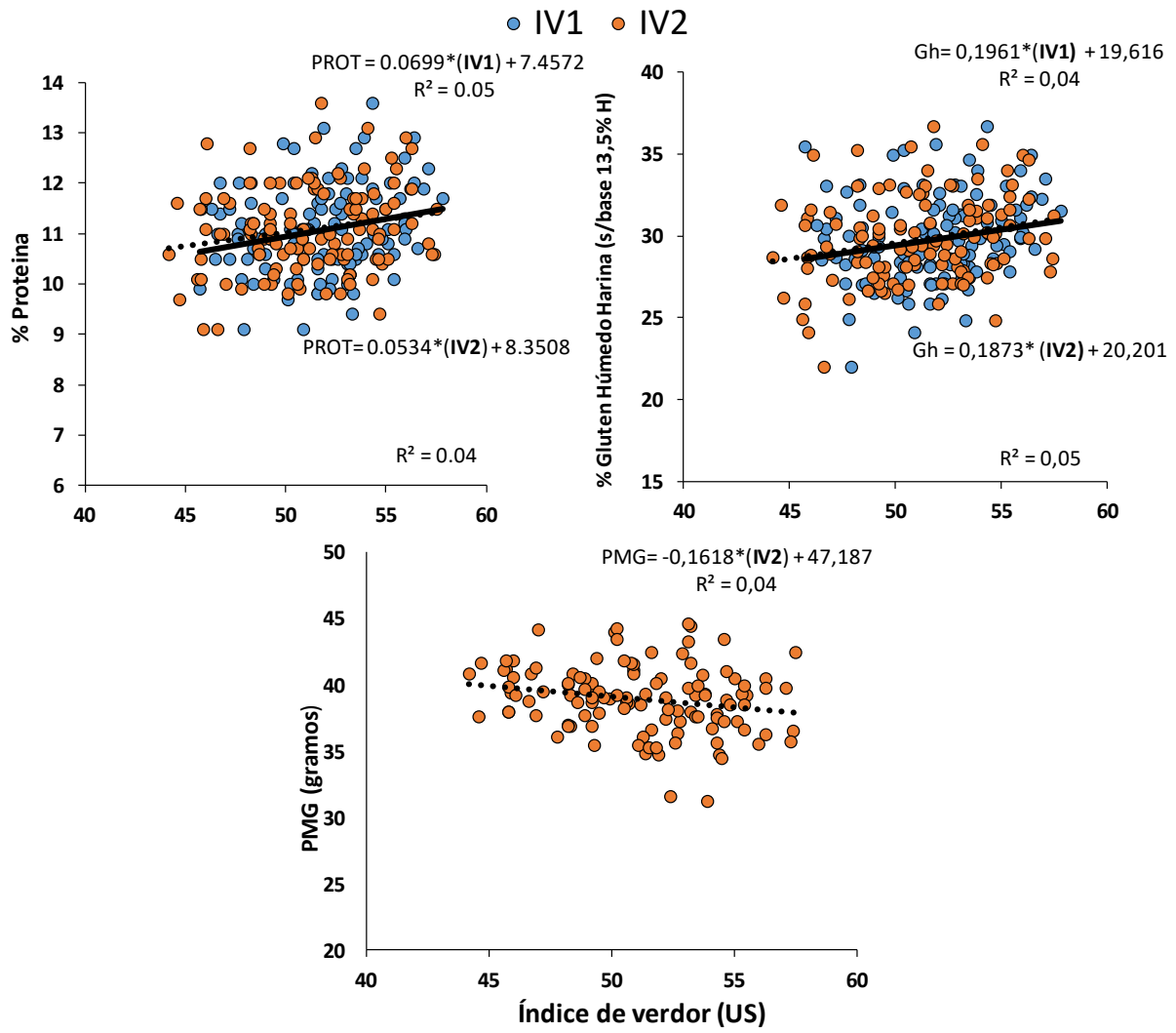


Figura 18. Relaciones significativas entre proteína, gluten húmedo, PMG con el IV en diferentes momentos. Líneas continuas y punteadas indican regresiones significativas para IV1 e IV2, respectivamente.

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, el uso del clorofilómetro no demostró ser una herramienta útil para predecir rendimiento. En cambio, con respecto a la calidad del cultivo y el PMG, hubo una correlación significativa entre el IV y los mismos, pero al tener coeficientes de explicación muy bajos, conllevaría hacer una predicción con un alto error de predicción.

La mayoría de los parámetros evaluados, tanto de producción como de calidad demostraron variaciones con respecto a los cultivares, lo que demuestra una adaptación diferente al ambiente. Con respecto al rendimiento en grano, la totalidad de los cultivares ensayados expresaron resultados por encima de la media de producción regional debido a las buenas condiciones meteorológicas durante el ensayo y la óptima disponibilidad de N.

La fertilización nitrogenada cobro relevancia en los parámetros de calidad, lo cual estuvo relacionado a la elevada disponibilidad de N al momento de la siembra sumado al factor climático, especialmente sobre estadios avanzados del cultivo como durante el llenado del grano, donde se generaron condiciones que favorecieron a los parámetros de calidad del cultivo.

Estos resultados contribuyen al inventario de datos existentes, pero habría que seguir repitiéndolo en los años siguientes para poder ver el efecto climático y lograr obtener resultados que expresen cuales son los mejores cultivares que se adapten mejor a la región.

Bibliografía

Abbate, E. P & F. H. Andrade. (2006). Fertilización de cultivos. Trigo. En Echeverría, H. E. y F. O. García. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Pp 233- 249. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.

Albarracin, E. (2016). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre variables edáficas y nutrición del trigo. Tesina de grado Departamento de Agronomía-UNS.

Arregui, LM; B Lasa; A Lafarga; I Irañeta; E Baroja & M Quemada. (2006). Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in Winter wheat under humid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.* 24:140-148.

Asinari, M. P., Gastaldo, J. M., Palombo, B. A., & Pirani, G. M. (2016). Respuesta a la aplicación de nitrógeno en el estadio de hoja bandera del cultivo de trigo. Tesina grado Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNC.

Astegiano, E. D., Herrmann, M., Leurino, G., & Menegón, J. (2003). Comportamiento de componentes de productividad y rendimiento de cultivares de trigo en la región central de la Provincia de Santa Fe. *FAVE: Sección Ciencias Agrarias*, 2(1): 19-28.

Bavec, F & M Bavec. (2001). Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 2709–2719.

Berardo, A. (1994). Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. *Boletín Técnico No. 128.* EEA INTA Balcarce

Calderini, D. F., Dreccer, M. F., & Slafer, G. A. (1997). Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. *Field Crops Research*, 52(3), 271-281.

Calzolari, A. Polidoro, O. y Terrile, I. (2008). El rendimiento del trigo argentino en las distintas subregiones trigueras- Congreso Nacional de Trigo Santa Rosa, La Pampa.

Cox, M. C., Qualset, C. O., & Rains, D. W. (1985). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein 1. *Crop Science*, 25(3), 435-440.

Darwich, N. (2005). Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. 2da Edición. p. 285.

Darwich, N.A. (2005). Estrategias de fertilización nitrogenada para la obtención de trigos con calidad de exportación. *Informaciones agronómicas* 27: 21-24.

Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M. G., González L., Tablada M., Robledo W. (2018). InfoStat Versión 2018. Grupo InfoStat. FCA, UNC. Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Donaire, G. M., Bainotti, C. T., Gomez, D. T., Conde, M. B., Alberione, E. J., Salines, N., ... & Chialvo, E. (2023). Nueva variedad de trigo pan: MS INTA 623 CL. EEA Marcos Juárez, INTA

Duval, M., Galantini, J., Iglesias, J. y Krüger, H. (2013). El cultivo de trigo en la región semiárida bonaerense: impacto sobre algunas propiedades químicas del suelo- RIA -versión On-line ISSN 1669-2314

Echeverría, H.; R. Bergh & T. Loewy. (2004). Aportes del índice de verdor al manejo del nitrógeno en trigo pan. VI Congreso Nacional de Trigo y IV Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. 20 a 22 de octubre, Bahía Blanca, Argentina.

Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in agronomy*, 88, 97-185.

Falótico, J. L., Studdert, G. A., & Echeverría, H. E. (1999). Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo*, 17(2), 9-20.

Galantini, J.A.; R. Fernández, G. Minoldo, M.R. Landriscini, R. Kiessling y R. Rosell, (2004). Fertilización del trigo con N y S en suelos bajo siembra directa del S y SO Bonaerense. *Actas VI Congreso Nacional de Trigo. UNS-INTA (Eds.). Bahía Blanca, 141pp*

Gandrup, M. E., García, F. O., Fabrizzi, K. P., & Echeverría, H. E. (2004). Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33(3), 105-121.

García F. O. y Fabrizzi K. (2000). La fertilización del cultivo de trigo en la región pampeana. En *Jornadas de intercambio Técnico de AAPRESID*. Abril 2000.

García, F. O. & A. A. Correndo. (2016). Cálculo de requerimientos nutricionales. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Tomado de: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>.

Gianibelli, M.C.; Larroque, O.R.; Macritchie, F.; Wrigley, C.W. (2001). Biochemical, Genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chemistry*, 78: 635, 646.

González Montaner, J. H.; G. A. Maddonni; N. Mailland & M. Posborg. (1991). Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la subregión IV (sudeste de la provincia de Buenos Aires). *Ciencia del Suelo* 9. Pp.41-50.

Karen, E.S.; C.M. Baird and L.P. William, (1994). Optimizing yield and grain protein in soft white winter wheat with split nitrogen applications. *Agronomy Journal* 86:1020-1025.

Landriscini, M. R., MARTÍNEZ, J., & Galantini, J. A. (2015). Fertilización foliar con nitrógeno en trigo en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 33(2): 183-196.

Loewy, T. (2004). fertilización complementaria en trigo i. efecto del nitrógeno foliar en rendimiento y calidad. En el Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 19. Simposio Nacional sobre Suelos Vertisoles 2. 22 al 25 de junio de 2004. Paraná, Entre Ríos. Argentina.

Loewy, T., & Ron, M. M. (2008). Índice de verdor en trigo según nutrición nitroazufrada. In Adaptado de: Fertilización nitro-azufrada, expresión del índice de verdor y rendimiento del nitrógeno en trigo. VII Congreso Nacional de Trigo. Santa Rosa (La Pampa) Argentina.

Loewy, T.; F. A. Milano; G. R. Angeles; M. S. Saldungaray; D. H. Campaña & M. A. Álamo. (2015). Buenas prácticas agrícolas con desarrollo local para el sudoeste bonaerense 2015

López, FM; M Duval; JM Martínez; JA Galantini. (2014). Fertilización fosfatada en trigo en la zona semiárida: Su influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del N y del agua. En: Galantini JA (ed.). Ciencia y experiencia para una siembra directa sustentable en los ambientes frágiles del S y SO bonaerense.

Macritchie, F. (1984). Baking Quality of Wheat Flours. *Advances in Food Research*. Chichester C. O. 29: 201-272.

Martínez, JM; JA Galantini; & MR Landriscini. (2015) a. Diagnóstico de fertilidad nitrogenada en el sudoeste bonaerense mediante el uso de un clorofilómetro en trigo. *Ci. Suelo* 33: 31-43.

Martínez, JM; JA Galantini; & MR Landriscini. (2015) b. Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de Buenos Aires (Argentina): efectos de la dosis y momento de aplicación. *Agriscientia* 32: 15-28.

Martínez, JM; MR Landriscini; GV Minoldo; JA Galantini. (2016). Uso de un clorofilómetro para el diagnóstico de fertilización nitrogenada en la región del sudoeste bonaerense en trigo de secano sobre dos antecesores. *Rev. Ci. Agron.* XXVIII: 35-45.

Martínez, J.M.; M.R. Landriscini, J.A. Galantini y M. Duval, (2012). Eficiencias de nitrógeno para trigo en suelos del sudoeste bonaerense. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Trabajo completo en CD-ROM. Mar del Plata, Argentina.

Martínez, J. M., Landriscini, M. R., Cerda, C. C., Carrasco, S. S., Matone, L., & Galantini, J. A. (2020). Predicción del rendimiento y calidad en diferentes variedades de trigo pan

mediante el índice de verdor. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes-Argentina.

Madakadze, IC, Stewart, KA, Madakadze, RM, Peterson, PR, Coulman, BE y Smith, DL (1999). Evaluación de campo del medidor de clorofila para predecir el rendimiento y la concentración de nitrógeno del pasto varilla. *Revista de Nutrición Vegetal*, 22 (6), 1001-1010.

McDonald, G.K., (1989). The contribution of nitrogen fertiliser to the nitrogen nutrition of rainfed wheat crops in Australia: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29:455-481.

Molfese, E. R. (2016). Caracterización de la calidad del trigo pan en el centro sur bonaerense. Ediciones INTA.

Paoloni, J.D. y R. Vazquez, (1985). Necesidades teóricas de los cereales de invierno y probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones como base para el balance hídrico. *Anales de Edafología y Agrobiología XLIV*:1545-1556.

Quiroga, A; D Funaro & O Ormeño. (2003). Aspectos del manejo del agua del suelo para el cultivo de trigo. *Trigo actualización 2003*. INTA Anguil, Boletín Técnico 76: 33-44.

Rivas, C., Maturano, M., Caamaño, A., & Caldiz, D. O. (1996). Determinantes fisiológicos del rendimiento, en condiciones de baja densidad de siembra, en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtenidos en la Argentina en el período 1942-1992. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 101.

Sainz Rozas, H & HE Echeverría. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo del maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 103: 37-44.

Schepers, J. S., Blackmer, T. M., & Francis, D. D. (1992). Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In *Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: proceedings of a symposium/sponsored by Division S-4 and S-8 of the Soil Science Society of America*; the papers were presented at the annual meetings in Denver, CO, Oct. 27-Nov. 1, 1991; editors BR Bock, KR Kelley.

Sinclair, T. R., & Horie, T. (1989). Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop science*, 29(1), 90-98.

Slafer, G. A.; E. H. Satorre & F. H. Andrade. (1994). Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. pp. 1-68. En: *Genetic Improvement of Field Crops*. M. Dekker. New York

Sowers, K.E.; B.C. Miller and W.L. Pan, (1994). Optimizing yield and grain protein in soft white winter wheat with split nitrogen applications. *Agronomy Journal* 86:1020-1025

Vanzolini, J. I. & A. Logiúdice, (2016). Red de evaluación de cultivares de trigo en Hilario Ascasubi, resumen campañas 2012/2015. Tomado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_h_ascasubi-evaluacion.cultivares.trigo_2012-15_inf_tec_no_50.pdf

Waskom, R. M., Westfall, D. G., Spellman, D. E., & Soltanpour, P. N. (1996). Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27(3-4), 545-560.

Wood, C. W., Reeves, D. W., & Himelrick, D. G. (1993). Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. In *Proceedings of the agronomy society of New Zealand* (Vol. 23, pp. 1-9).

Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-421.