



XXVII

Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

“Suelos: Desafíos para una producción y desarrollo sustentables”



RESUMENES Y TRABAJOS EXPANDIDOS



**13 al 16 de octubre de 2020
CORRIENTES - ARGENTINA**



ISBN 978-987-46870-3-6



XXVII CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Suelos: Desafíos para una producción
y desarrollo sustentables

RESUMENES Y TRABAJOS EXPANDIDOS

Humberto Carlos Dalurzo (Coordinación general)
Diana Marcela Toledo
Alba Ruth Perucca
Sandra Cristina Perucca
(Compiladores)

13 al 16 de octubre de 2020
Corrientes - Argentina

Organizado por:



Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo Entidad Civil sin Fines de Lucro

Actas XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo / coordinación general de Humberto Carlos Dalurzo. Compiladores: Diana Marcela Toledo; Ruth Perucca; Sandra Perucca. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-46870-3-6

1. Suelos. I. Dalurzo, Humberto Carlos, coord. II. Toledo, Diana Marcela, comp. III. Perucca, Ruth, comp. IV. Perucca, Sandra, comp. V. Título.
CDD 631.4



PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD EN DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO PAN MEDIANTE EL INDICE DE VERDOR

Martínez J.M.^{1,*}, M.R. Landriscini¹, C.C. Cerdá², S. Carrasco², L. Matone³, J.A. Galantini⁴

¹CERZOS-CONICET, Dpto. Agronomía-Universidad Nacional del Sur, ²AE Bahía Blanca-INTA Bordenave, ³Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires, ⁴Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, jmmartinez@criba.edu.ar.

RESUMEN: El clorofilómetro (Minolta SPAD 502) es una herramienta promisorio para monitorear el estado nitrogenado del cultivo a través del índice de verdor (IV). El objetivo fue determinar la sensibilidad del IV en diferentes estadios fenológicos para predecir el rendimiento y calidad de diferentes variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) en un sitio del sudoeste bonaerense. En 2018 se realizó un ensayo de fertilización nitrogenada en el partido de Bahía Blanca. Se aplicaron dosis de nitrógeno (N) (0, 25 y 50 kg N ha⁻¹) en macollaje sobre ocho cultivares de trigo de ciclo intermedio-largo. El diseño fue en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, con las variedades como factor principal y las dosis como secundario. Se tomaron lecturas con clorofilómetro durante cuatro estadios de los cultivares de trigo desde macollaje hasta antesis. En madurez fisiológica, se determinó rendimiento y proteína. Se realizó el análisis estadístico de conglomerados para agrupar las variedades de trigo por absorción de N en grano, paja y biomasa total. Resultó en dos conglomerados de variedades (Clúster A y B), con mayores valores de absorción de N para Clúster A. El mayor rendimiento se halló en Clúster A, observándose una respuesta positiva en rendimiento con el aumento de N aplicado. En la proteína no se hallaron diferencias entre conglomerados, aunque sí con la dosis más alta de N. Considerando todas las variedades juntas, la predicción del rendimiento y proteína mediante el IV en cada estadio del cultivo demostró regresiones lineales (RL) significativas, aunque con coeficientes de explicación (R²) bajos. En cambio, las RL entre rendimiento e IV según conglomerados, resultaron en elevados ajustes ($\geq 0,70$) en estadios avanzados. Bajo condiciones semiáridas, el clorofilómetro demostró ser una herramienta útil para predecir el rendimiento en estadios avanzados del trigo en variedades con absorción de N semejante.

PALABRAS CLAVE: clorofilómetro, sudoeste bonaerense, nitrógeno.

INTRODUCCION

El N constituye el principal factor limitante de la productividad del trigo pan. El manejo eficiente de este nutriente requiere de un correcto diagnóstico de las necesidades a fin de efectuar recomendaciones ajustadas a la fertilización que optimicen la nutrición nitrogenada del cultivo (Martínez *et al.*, 2015a, b). El medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) es una herramienta promisorio para monitorear el estado nitrogenado del cultivo de una manera no destructiva (Sainz Rosas & Echeverría, 1998) a través del IV. Las determinaciones son sencillas, rápidas y confiables y permiten el ahorro de tiempo y dinero en el laboratorio. Debido a la escasa información sobre el uso del clorofilómetro en el sudoeste bonaerense (SOB), su utilización requiere de una calibración que considere el ambiente y las diferentes variedades de trigo, ya que éstos son factores importantes que inciden en los resultados obtenidos (Bavec & Bavec, 2001). Los genotipos de trigo pueden diferir en la absorción de N (Le Gouis *et al.*, 2000). Respecto a este efecto, Cox *et al.* (1985) confirmaron diferencias en términos de absorción y removilización de las partes vegetativas hacia los granos. Esto cobra relevancia en el

posterior rendimiento y calidad del grano, sin embargo, Woodruff (1972) concluyó que el aumento de la absorción de N no estaba necesariamente asociado con un mayor rendimiento de grano. El objetivo fue determinar la sensibilidad del IV en diferentes estadios para predecir la producción y calidad de diferentes variedades de trigo pan en un sitio semiárido del SOB.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2018 se realizó un ensayo de fertilización con trigo en un establecimiento perteneciente al Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, ubicado en Colonia Napostá, a 34 km de la ciudad de Bahía Blanca, cabecera del partido homónimo. El paisaje característico del partido es plano y es mayormente el resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición y eventos de origen marino. El edafoclima es ústico-térmico (Amiotti et al. 2010). El análisis en muestras compuestas de la capa de suelo (0-12 cm), al comienzo del ensayo, arrojó valores de 16,2 g de carbono orgánico kg^{-1} (Walkley & Black, 1938), 20 mg fósforo extraíble kg^{-1} (Bray & Kurtz, 1945) y 6,1 de pH (relación suelo: agua 1:2,5).

El diseño experimental fue de bloques completos con arreglo en parcelas divididas. Los tratamientos principales consistieron en ocho (8) cultivares de trigo pan de ciclo intermedio-largo, y como factor secundario se consideraron las tres (3) dosis de N (0, 25, 50 kg N ha^{-1}). Las parcelas abarcaron una superficie de 128 m^2 (32 m de longitud y 4 m de ancho). Las variedades utilizadas fueron: *Buck Destello* (BD), *Buck Meteoro* (BM), *Klein Huracán* (KH), *Klein Minerva* (KM), *Klein Potro* (KP), *ACA 360* (A360), *ACA 602* (A602), *MS INTA Bonaerense 514* (MSI). La siembra del trigo se realizó el 28 de junio, con una densidad de siembra para todas las variedades de 200 plantas m^{-2} . En madurez fisiológica (Z90, Zadoks et al., 1974) se tomaron muestras de material vegetal para la determinación del rendimiento en grano. Se procesaron las muestras y se determinó el contenido de N total en grano y paja por el método semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1996). Luego, se calculó el N absorbido total de la biomasa aérea (N grano+ N paja). Con el valor de N en grano se estimó el contenido de proteína multiplicando por el factor 5,7.

Se realizaron 20 mediciones (lecturas) por parcela con el clorofilómetro SPAD Minolta 502 en cuatro momentos del ciclo de crecimiento del trigo (US1, US2, US3, US4). 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 las variedades, sino que se establecieron rangos entre los que oscilaron los momentos de las lecturas con clorofilómetro: US1: encañazón (Z30-Z35); US2: espigazón (Z40-Z50); US3: anthesis (Z60-Z70) y US4: llenado de grano (Z75). 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).

Se agruparon las variedades utilizadas según el N absorbido en grano, paja y total (grano+paja), debido a que varios autores (Le Gouis et al., 2000; Noulas et al., 2018) coinciden en que el componente genético tiene influencia sobre la absorción de N. Se utilizó el análisis de conglomerados teniendo en cuenta la distancia de Ward según las medias de N absorbido por las diferentes variedades en los tratamientos sin fertilizar. El corte del grado de agrupamiento de los sitios se realizó en el 50% de la distancia total (Balzarini et al., 2008). Esto permitió agrupar las variedades con absorción de N semejante. Se realizó un *test* "t" de medias entre ambos grupos de variedades de trigo para comparar los valores de N absorbido (Nabs) por grano, paja y biomasa total (grano+ paja). Posteriormente se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) doble (clúster x dosis de N) para evaluar el rendimiento en grano y proteína, y también el IV obtenido en diferentes momentos (US1, US2, US3, US4). Por su parte, la comparación de medias se realizó por DMS de Fisher ($p < 0,05$). Se realizaron regresiones lineales (RL) simples para predecir el rendimiento y calidad del grano con el IV en diferentes estadios considerando todas las variedades juntas y agrupadas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software informático Infostat (Di Rienzo et al., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variabilidad climática

Las precipitaciones totales durante el año 2018 fueron de 537 mm. Respecto a la necesidad teórica del trigo (Paoloni & Vázquez, 1985), se observó escasez de agua a partir de agosto, la cual prosiguió de la misma manera hasta noviembre, es decir, en antesis y comienzo de llenado del grano las precipitaciones fueron elevadas. En general, se observaron deficiencias hídricas durante la mayor parte de la primavera, la cual se considera importante en la definición del rendimiento y calidad del trigo en sitios semiáridos del SOB (Martínez *et al.*, 2015b).

Absorción de N en madurez fisiológica según variedad

El análisis de clúster permitió identificar dos conglomerados de variedades (clúster A y B) (Figura 1). Los valores de Nabs en grano, paja y total difirieron según el clúster considerado, siendo mayores en clúster A, hallándose diferencias significativas para el Nabs en grano ($p=0,001$) y en biomasa total ($p=0,0024$). Además, se detectaron diferencias en los coeficientes de variación, con valores promedios de 23 y 33% para clúster A y B, respectivamente. Debido a esta agrupación se evaluaron todos los resultados según los conglomerados obtenidos.

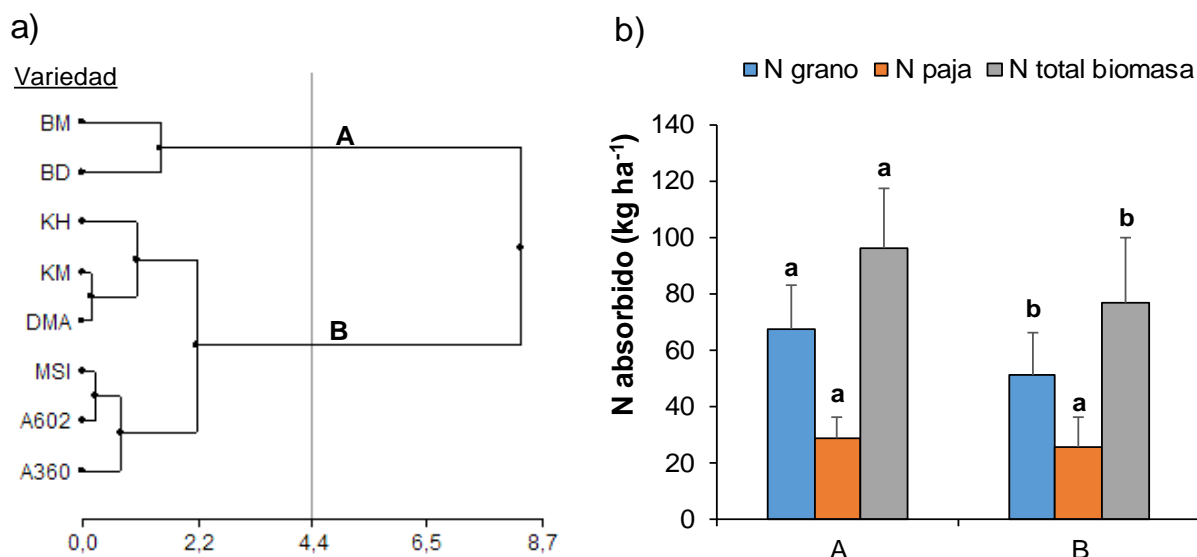


Figura 1. a) Dendrograma de similaridad de las variedades de trigo según la absorción de N en madurez fisiológica en grano, en paja y en biomasa total mediante distancia de Ward. b) Nitrógeno absorbido en madurez fisiológica en grano, paja y total según clúster de variedades. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre conglomerados para N absorbido en grano, paja y total con $p < 0,05$.

Rendimiento y calidad del trigo según grado de similaridad

El ANOVA verificó que los conglomerados de variedades siguieron la misma tendencia con el aumento de dosis de N para el rendimiento y la calidad (interacción no significativa, $p > 0,05$). El mayor rendimiento se halló en el clúster A (Figura 2a), mientras que, con el aumento de dosis de N se observó una respuesta altamente significativa en el rendimiento ($p < 0,001$). Los valores medios por clúster fueron de 3757 y 2808 kg ha⁻¹ para clúster A y B, respectivamente, siendo superiores a los valores de rendimiento de trigo pan reportados para el SOB (López *et al.*, 2014), los cuales oscilan entre los 1600 a 1900 kg ha⁻¹. Con respecto al nivel de proteína, no se hallaron diferencias entre conglomerados de variedades (Figura 2b). La aplicación de N solo incrementó significativamente la proteína con la dosis más alta ($p < 0,05$).

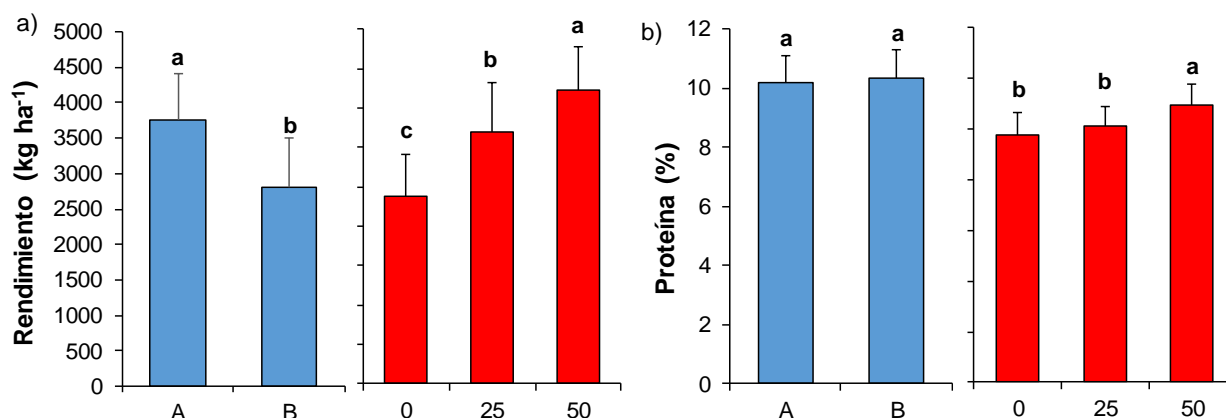


Figura 2. a) Rendimiento y b) nivel de proteína según Clúster de variedades (A y B) y dosis de N (0, 25, 50 kg ha⁻¹). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre conglomerados y entre dosis de N ($p < 0,05$).

Índice de verdor en diferentes Conglomerados y momentos

El ANOVA demostró tendencias similares en el IV en cuatro momentos entre conglomerados de variedades y dosis de N (interacción no significativa, $p > 0,05$) (Figura 3). En US1, US3 y US4, se hallaron diferencias entre conglomerados y efectos significativos de las dosis de N ($p < 0,01$), excepto US2, donde sólo se hallaron efectos significativos de las dosis de N. Para todos los momentos excepto US2, los mayores valores se hallaron en variedades del Clúster A. En general, el IV se fue reduciendo con el avance del estadio del cultivo en concordancia a otros estudios (Sainz Rozas & Echeverría, 1998; Martínez *et al.*, 2015a).

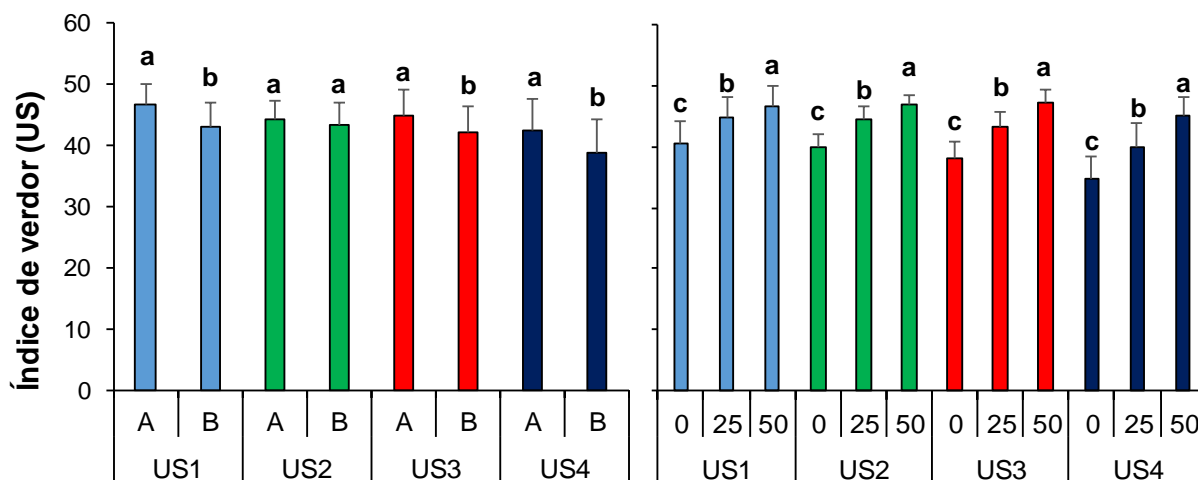


Figura 3. Índice de verdor (US) para cada momento según conglomerados de variedades (A y B) y dosis de N (0, 25, 50 kg ha⁻¹). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre conglomerados y dosis de N para cada momento ($p < 0,05$).

Predicción del rendimiento y calidad mediante el IV

Considerando todas las variedades en forma conjunta, la predicción de los parámetros evaluados (rendimiento y proteína) mediante el IV en diferentes estadios del cultivo demostró que, aunque las RL fueron significativas en su mayor parte ($p < 0,05$) (excepto para proteína en US1), los R^2 fueron bajos ($R^2 \leq 0,59$) (Tabla 1). En cambio, cuando se evaluaron las RL según los conglomerados en diferentes momentos, se hallaron modelos con elevados R^2 , principalmente para el rendimiento, pero en momentos avanzados del cultivo (US3 y US4). Los datos de este estudio coinciden con lo hallado por Vidal *et al.* (1999), quienes no obtuvieron una buena relación entre las US en estadios vegetativos (Z20-30) y el rendimiento de trigo. Otros autores (Martínez *et al.*, 2015a, Martínez *et al.*, 2016) demostraron que el IV en estadios avanzados del trigo es mejor predictor del rendimiento. Esto cobra relevancia, ya

que en US3 y US4, todavía existen posibilidades operativas de una fertilización nitrogenada complementaria. Con respecto al bajo ajuste en la predicción de la proteína con IV, los resultados obtenidos contradicen a lo hallado por varios autores (Echeverría & Studdert, 2001; Martínez *et al.*, 2016) quienes obtuvieron un ajuste elevado en la regresión en estadios próximos a Z70. Esto podría deberse a que las condiciones meteorológicas del año de estudio, caracterizadas por escasas precipitaciones durante casi todo el ciclo del trigo y una mejor provisión de agua durante el llenado del grano, favorecieron una mayor removilización de fotoasimilados hacia el grano resultando en un mayor rendimiento (Barbottin *et al.*, 2005), sin afectar el tenor proteico. Esto posiblemente repercute en una predicción más fiable del rendimiento mediante el IV, por sobre la proteína. Además, los resultados demuestran que el agrupamiento de diferentes variedades con absorción de N semejante permitió mejorar la predicción del rendimiento independientemente de la variedad de trigo. En esta región del SOB, es de gran importancia lograr la optimización en la aplicación de fertilizantes nitrogenados, a pesar de las dificultades debido a las condiciones climáticas (Galantini *et al.*, 2000). Bajo condiciones similares, con variedades de trigo que se comporten de forma semejante con respecto a la absorción de N, podría utilizarse al clorofilómetro como una herramienta promisoriosa para estimar el rendimiento en estadios avanzados del cultivo. Sin embargo, no sería posible establecer un valor de IV crítico único para todas las variedades que diagnostique la nutrición nitrogenada bajo estas condiciones ambientales.

Tabla 1. Estimación de los parámetros evaluados en base al índice de verdor

Variedades	n	Momento	Parámetro			
			Rendimiento	R ²	Proteína	R ²
Todos	72	US1	y= 145x - 3311	0,59*	y = 0,03x + 8,8	0,02
		US2	y= 150x - 3507	0,44*	y = 0,08x + 6,6	0,10*
		US3	y= 134x - 2665	0,59*	y = 0,08x + 6,7	0,17*
		US4	y= 109x - 1290	0,58*	y = 0,08x + 7,1	0,22*
Clúster A	18	US1	y= 120x - 1843	0,46*	y = 0,03x + 8,8	0,01
		US2	y= 154x - 2983	0,61*	y = 0,19x + 1,8	0,32*
		US3	y= 118x - 1474	0,72*	y = 0,07x + 7,2	0,09
		US4	y= 97,3x - 335	0,70*	y = 0,06x + 7,8	0,10
Clúster B	54	US1	y= 122x - 2370	0,55*	y = 0,05x + 8,3	0,05
		US2	y= 157x - 3981	0,69*	y = 0,08x + 6,8	0,17
		US3	y=127x - 2526	0,70*	y = 0,12x + 5,4	0,38*
		US4	y= 100x - 1076	0,72*	y = 0,10x + 6,5	0,36*

Ecuaciones: $y = ax \pm b$, siendo $x = US$ en los diferentes estadios del cultivo. *, los modelos y coeficientes de explicación (R^2) significativos de las regresiones lineales con $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

El clorofilómetro demostró ser una herramienta útil que puede utilizarse en estadios avanzados del cultivo de trigo para variedades con absorción de N semejante. Para las condiciones del estudio realizado y considerando que los mejores ajustes se obtuvieron ya avanzado el ciclo del cultivo, el IV sería una herramienta importante en las estrategias de fertilización nitrogenada complementaria.

El agrupamiento de variedades de acuerdo a la absorción de N, sería una estrategia acertada para utilizar el clorofilómetro cuando se dispone de diferentes genotipos.

Es necesario repetir la experiencia en años con diferencias meteorológicas, debido a que la oferta hídrica en la mayoría de los años limita la expresión de la respuesta a la aplicación de N.

BIBLIOGRAFIA

- Amiotti, NM; MC Blanco; E Schmidt; & S Díaz. 2010. Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje. En: Paoloni JD (ed). Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Pp. 129-173. EdiUNS. Bahía Blanca, Buenos Aires.
- Balzarini, MG; L González; M Tablada; F Casanoves; JA Di Rienzo; & CW Robledo. 2008. Infostat: Manual del Usuario. Córdoba. Editorial Brujas. 336 pp.
- Barbottin, A; C Lecomte; C Bouchard; & MH Jeuffroy. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental. *Crop Sci.* 45: 1141-1150.
- Bavec, F & M Bavec. 2001. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 2709–2719.
- Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen total. In: Methods of soil analysis. Part 3: Chemical Methods; Sparks, DL. (ed.). Pp. 1085-1123. SSSA. Madison WI.
- Cox, MC; CO Qualset & DW Rains. 1985. Genetic variation for N assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci.* 25: 435-440.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada; & CW Robledo. 2019. InfoStat versión 2019. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Echeverría, HE & GA Studdert. 2001. Predicción del contenido de N en grano de trigo (*Triticum aestivum*) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ci. Suelo* 19: 67-74.
- Galantini, JA; MR Landriscini; JO Iglesias; AM Miglierina & RA Rosell. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina: 2. Nutrient balance, yield and grain quality. *Soil Till. Res.* 53: 137-144.
- Le Gouis, J; D Bèghin; E Heumez; & P Pluchard. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat. *Eur. J. Agron.* 12:163–73.
- 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.
- Martínez, JM; JA Galantini; & MR Landriscini. 2015a. 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. 2015b. 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.
- Noulas, C; JM Herrera; M Tziouvalekas; & R Qin. 2018. Agronomic assessment of nitrogen use efficiency in spring wheat and interrelations with leaf greenness under field conditions. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 49: 763-781.
- Paoloni, JD & R Vázquez. 1985. Necesidades teóricas de los cereales de invierno y probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones como base para el balance hídrico. *An. Edafol. Agrobiol.* XLIV: 1545-1556.
- 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.
- Vidal, I; L Longeri & JM Hétiér. 1999. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 55: 1-6.
- Walkley A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Woodruff, DR. 1972. Cultivar variation in nitrogen uptake and distribution in wheat. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 12: 511–16.
- Zadoks, JC; TT Chang & CF Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.