



**Pontificia Universidad Católica Argentina**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias**

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TRIGO EN ROLDÁN, SANTA FE:  
FERTILIZACION Y LARGO DEL CICLO**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:  
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Burattini, Matías

Profesor Tutor: Inés Cecilia Davèrède

Fecha: Febrero de 2019

## Resumen

La calidad del grano de trigo influye sobre el precio que recibe el productor.

El objetivo de este ensayo fue evaluar la respuesta en rendimiento y porcentaje de gluten húmedo (GH) de dos variedades de trigo de ciclo corto (CC) y largo (CL) a la fertilización con N, P y S y evaluar la utilidad de los métodos de medición de NDVI y SPAD para diagnosticar la necesidad de aplicación de N foliar. Se realizó un ensayo experimental en la localidad de Roldan, provincia de Santa Fe. El diseño fue en bloques completos aleatorizado, se evaluaron el ciclo de cultivo con dos niveles (largo y corto) y ocho tratamientos de nutrición y densidad: T1: 20 Kg de P ha<sup>-1</sup> y 14 kg de S ha<sup>-1</sup>, T2: idem T1 más 150 kg de N ha<sup>-1</sup> al macollaje, T3: idem T2 más 300 kg de N ha<sup>-1</sup> al macollaje, T4: idem T2 más 20 kg de N Foliar ha<sup>-1</sup>. T5: 40 Kg de P ha<sup>-1</sup>, 29 kg de S ha<sup>-1</sup>, 300 kg de N ha<sup>-1</sup> al macollaje y 20 kg de N foliar ha<sup>-1</sup>, T6: idem T4, pero con 30% menos de densidad de plantas y T7: idem T1 más 200 kg de N ha<sup>-1</sup> al macollaje. Se observó que la respuesta en rendimiento a la aplicación de N en macollaje en dosis progresivas para llegar a 300 kg N ha<sup>-1</sup> fue de tipo cuadrática para ambos ciclos, con una mayor respuesta a la fertilización nitrogenada para CL. La fertilización con N foliar en antesis no aumentó significativamente el rendimiento ni el porcentaje de GH. Disponibilidades de N al macollaje hasta 150 kg N ha<sup>-1</sup> mantuvieron los valores de GH promedio en 23,7% para CL y 20% para CC; mientras que con valores de N disponible de 200 y mayores se obtuvieron valores de GH significativamente más altos, promediando 31,7% para CL y 28,7% para CC. Una merma del 30% de la densidad de plantas no modificó el rendimiento ni el GH para ninguno de los ciclos. Una doble dosis de P y S agregados a la máxima disponibilidad de N y al N foliar no causó un aumento del rendimiento ni del GH en ningún ciclo. Las mediciones con Minolta SPAD y NDVI en floración se relacionaron positivamente con rendimiento ( $R^2=0,82$  y  $0,48$ ; respectivamente) y GH ( $R^2=0,52$  y  $0,2$ ; respectivamente) para el CL. Para el CC no hubo asociación entre NDVI y rendimiento y NDVI y GH mientras que el  $R^2$  entre SPAD y rendimiento fue de  $0,87$  para CC y  $0,41$  entre SPAD y GH. La fertilización con N en macollaje a altas dosis permitió aumentar significativamente el rendimiento y el GH en trigo, mientras que el ahorro de 30% en semilla no tuvo efectos sobre estos parámetros.

# Índice

<b>Agradecimientos</b>	3
<b>Introducción</b>	4
<b>Hipótesis</b>	7
<b>Objetivos</b>	7
<b>Materiales y Métodos</b>	8
	Caracterización del sitio experimental: 8
	Descripción del diseño experimental. 9
Métodos	y procedimientos 10
Análisis	estadístico 11
<b>Resultados y Discusión</b>	12
Rendimiento	y porcentaje de gluten húmedo. 12
	NDVI 14
Medición	de clorofila (Minolta SPAD) 15
<b>Conclusión</b>	16
<b>Bibliografía</b>	17
<b>ANEXOS</b>	20

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por la familia que me ha tocado, porque sin su afecto, apoyo y educación esto no hubiese sido posible. También quiero dar gracias a todas aquellas personas que me acompañaron en los momentos más difíciles y que pasaron por mi vida dejando cosas positivas.

En segundo lugar, a Inés Davérede por dirigir y permitirme ser parte de este proyecto, ofreciendo su asistencia durante la redacción. También a los Ingenieros Andrés Pastrone y Ailin Borracci por su apoyo, asistencia y colaboración.

A Bunge Argentina S.A y Bioceres INDEAR por haberme brindado los materiales necesarios. A Martin Zapata, líder de plataforma de experimentación a campo y a Lisandro Luna, coordinador de experimentación a campo de la estación experimental Bioceres-INDEAR (Roldan Sta Fe), por su colaboración y buena predisposición para llevar adelante el proyecto.

En tercer lugar, quiero dar gracias al personal de las instituciones que aportaron a mi formación personal y académica: Jardín de infantes 906 (Juan B. Alberdi), Escuela N°3 José de San Martín (Juan B. Alberdi), Escuela Agrotécnica Salesiana Concepción. Gutiérrez de Unzué (Ferre Bs.As) y Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UCA por haberme brindado los conocimientos y herramientas necesarias para realizar mi Trabajo Final de Graduación e insertarme en el mercado laboral.

## Introducción

En la Argentina, los nutrientes tradicionalmente deficientes para el cultivo de trigo son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S). Estos, a su vez, son los principales factores que con mayor frecuencia actúan como determinantes del porcentaje adecuado de gluten y de proteína del grano (Calvo *et al.*, 2006).

El trigo es considerado como el cereal de invierno de mayor importancia en la Argentina debido a que gran parte del mismo es destinado a la alimentación humana. Su inclusión en la rotación de cultivos aporta biomasa que contribuye a mejorar la estructura del suelo y el contenido de materia orgánica del mismo.

Por otro lado, la presencia del trigo en la rotación aumenta el consumo de agua (con respecto a una soja continua o soja-maíz) y promueve que los niveles de napa freática se mantengan alejados de la superficie. Su inclusión entre cultivos de verano permite reducir la presencia y expansión de malezas de invierno disminuyendo la aplicación de herbicidas (Bolsa de Cereales, 2016). La siembra se realiza durante el invierno y su ciclo dura aproximadamente 130-210 días según la variedad y época de siembra.

Actualmente, incorporar el cultivo de trigo en las rotaciones es una de las herramientas por las que puede optar un productor para diferenciarse y lograr un aumento significativo en sus márgenes, siempre y cuando logre cumplir con los parámetros de calidad establecidos por el mercado, con el fin de captar las bonificaciones correspondientes (Pantanelli, 2006). Para ello, es fundamental adquirir conocimientos relacionados con la clasificación del trigo, con el objetivo de lograr proveer un producto homogéneo en el tiempo y de una calidad específica capaz de satisfacer la demanda de la industria y la exportación (Cuniberti & Menella, 2004).

Verges y Vázquez (2004) interpretaron que la calidad del grano de trigo está integrada por dos componentes principales: la calidad física y la industrial. Para que los granos de trigo sean considerados de buena calidad física, deben haber tenido un manejo adecuado, buena sanidad, buen llenado y buenas condiciones de almacenamiento, de esta forma se podría lograr un producto homogéneo que mantenga sus propiedades molineras y panaderas tal como exige la industria.

Dentro de la calidad industrial, se distinguen dos parámetros:

1. Calidad molinera: Se considera que un trigo es de buena calidad cuando es capaz de producir un alto porcentaje de harina, obtenida de la molienda del endosperma del grano.
2. Calidad Panadera: Un trigo es considerado de buena calidad cuando, con su harina, se puede elaborar un pan con características adecuadas.

Según Pantanelli (2006), los principales parámetros de calidad del grano son el peso hectolítrico, el peso de mil granos, la actividad enzimática y el porcentaje de proteínas. El peso hectolítrico es uno de los indicadores de rendimiento de harina: un menor peso hectolítrico está relacionado con granos de menor calidad y eventual presencia de granos dañados o brotados. El peso de mil granos es otro de los indicadores de rendimiento de la harina. En granos de trigo de una misma variedad, cuanto mayor sea el tamaño del grano, mayor será el porcentaje de endosperma y su rendimiento.

El porcentaje de proteínas mide indirectamente el porcentaje de gluten del grano, pero no su calidad. Las harinas para pan provienen de trigos que contienen como mínimo 12% o 13% de proteína. Granos de trigos con menos del 11% de proteína no son aconsejados para

producir pan a menos que se mezclen con otros granos con mayores porcentajes de proteína (denominados trigos correctores).

El sistema argentino de clasificación del trigo, mediante la resolución 1262/2004 (SAGyPA, 2004) clasifica a los trigos según su tipo en: duro (para pan), blando (para galletitas), candeal (para fideos) y forrajeros; a su vez, para los trigos duros, realiza una división en tres grupos de calidad con especificaciones propias que traen aparejadas una serie de bonificaciones. Estas se aplican a trigos con peso hectolítrico superior a 75 kg/hl y se otorga 2% de bonificación por porcentajes de proteína mayores al 11% y rebajas para valores menores a 10,9%. Se consideran fuera de estándar los trigos de grado 3, que tengan una humedad >14% o excedan las especificaciones existentes (Anexo Tabla 1).

La CONASE (Comisión Nacional de Semillas) categoriza las variedades en tres grupos de calidad: Grupo 1, Grupo 2 y Grupo 3. Esta categorización, que se mantiene constantemente actualizada, permite conocer a qué grupo pertenece cada variedad y realizar una correcta elección según el objetivo de producción propuesto.

Los trigos Grupo 1 son trigos de alta calidad, correctores de otros de calidad inferior. Actualmente son demandados por las grandes panificadoras industriales argentinas y países como Brasil que utiliza el trigo argentino como corrector de su propia producción. Por otro lado, los trigos Grupo 2 son buenas variedades en cuanto a calidad panadera, pero no como correctoras. Son aptas para el sistema de panificación tradicional argentino con tiempos de fermentación superiores a 8 horas. Los trigos Grupo 3 son trigos de mayor rendimiento, pero de calidad panadera pobre. Son adecuados para panificación corriente y preferentemente para métodos directos y semidirectos de tiempos de fermentación de menos de 8 horas. Entre 60 y 80% del trigo que se siembra en el país pertenece a los Grupos 1 y 2, ambos de buena calidad panadera (Anexo Tabla 2).

La disponibilidad de N para lograr un buen porcentaje de proteína es de aproximadamente 30 kg N/ton producida. La acumulación de proteína sucede durante las primeras fases del llenado de granos, dependiendo del genotipo, las temperaturas y de la cantidad y el momento en que el N se encuentre disponible. Stone y Savin (1999) y Quattrocchio *et al.* (2005) observaron que sólo con elevadas disponibilidades de N se logró aumentar el porcentaje de proteína en grano.

Si bien asegurar una adecuada oferta de N es importante, debemos evaluar el momento de aplicación del mismo, ya que, al realizar una fertilización con N en macollaje, los nutrientes se incorporan por vía radicular, pero las cantidades a aplicar por esta vía pueden no ser suficientes a la hora de responder a las demandas de rendimiento y calidad de trigo. En efecto, Loewy (2004) observó que el 35% de la demanda de N se acumuló en el cultivo después de la aparición de la hoja bandera, momento en que el consumo radicular disminuye, por ende, una aplicación de N en hoja bandera tiene más posibilidad de aumentar el área foliar, la duración de la misma y el porcentaje de N en el cultivo. Por lo tanto, deberíamos considerar recurrir a la aplicación foliar de N para lograr un impacto significativo en la calidad del grano. Para tal fin, Echeverría y Studdert (1998) realizaron una aplicación foliar de N en estadios avanzados del cultivo y observaron un aumento en el porcentaje de proteína, la cantidad del gluten del grano y una disminución en el porcentaje de granos panza blanca; este último factor es relevante a la hora de buscar granos de trigos de calidad panadera. Sin embargo, estos autores observaron que el potencial de corrección de N es limitado, debido a que la absorción de N por vía foliar normalmente no supera los 10 kg ha<sup>-1</sup>, pudiéndose lograr mejoras que van desde 0,5 a 2 puntos porcentuales (p.p.) de proteína.

Existen varias herramientas para diagnosticar las necesidades de N en trigo, no sólo para optimizar el rendimiento sino también para corregir los porcentajes de proteína. El NDVI es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición, por medio de un sensor de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Estudios previos han demostrado que existe una correlación positiva entre las mediciones de NDVI y el contenido de proteína del grano de trigo (Echeverría & Studdert, 2001) y que, por lo tanto, este método puede ser utilizado como medio de diagnóstico para identificar deficiencias nutricionales y definir estrategias de corrección.

Otro método para diagnosticar el status de N en el cultivo de trigo es el medidor de clorofila Minolta SPAD 502 que se basa en mediciones sobre el tejido vegetal. Esta herramienta realiza una cuantificación no destructiva del verdor de la hoja o índice de verdor (IV) (Waskom, 1996). La fundamentación del método se basa en las estrechas relaciones que existen entre las lecturas de IV y el porcentaje de clorofila y, entre ambos con la concentración de N en hoja (Schepers *et al.*, 1992). Esto se debe a que la cantidad de clorofila está influenciada por la disponibilidad de nutrientes (Finnan *et al.*, 1997). Las determinaciones realizadas con dicha herramienta están orientadas a conocer el valor predictivo del porcentaje de proteína a través del N total en hoja bandera. Los resultados muestran que es útil evaluar el porcentaje de N total en hoja bandera durante pre-antesis porque esta variable tiene una alta correlación con el porcentaje de proteína en grano ( $R^2 = 0.769$ ) y por lo tanto constituye una herramienta útil para diagnosticar la necesidad o no de realizar aplicaciones para calidad (Bergh *et al.*, 2000).

## Objetivos

El objetivo de este ensayo es evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de dos variedades de trigo de distinto ciclo a la fertilización con N, P y S y evaluar la utilidad de NDVI y SPAD para diagnosticar la necesidad de una aplicación extra de N foliar para aumentar el rendimiento y el gluten.

## Hipótesis

1. La aplicación de N producirá un aumento en rendimiento a bajas dosis y un aumento en rendimiento y GH a mayores dosis. La respuesta en rendimiento será mayor para el CL que para el CC.
2. Una aplicación de N foliar de  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$  cerca de antesis aumentará el rendimiento y el GH de las variedades CC y CL.
3. La aplicación de una doble dosis de P y S ( $40$  y  $28 \text{ kg ha}^{-1}$  de P y S, respectivamente) junto a la aplicación de N foliar a la variedad CC y CL aumentará el rendimiento y el porcentaje gluten con respecto a una simple dosis de P y S sin N foliar.
4. Una merma del 30% de la densidad de plantas no modificará el rendimiento y el porcentaje de gluten en las variedades de CL y CC cuando es fertilizada con  $20$  y  $14 \text{ kg ha}^{-1}$  de P y S, respectivamente, y tiene  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N disponible en macollaje.

## Materiales y Métodos

### Caracterización del sitio experimental

El ensayo se realizó en el campo experimental de la empresa BIOCERES-INDEAR localizado en el kilómetro 320,5 de la Autopista 9 Rosario-Córdoba a 8 km de la localidad de Roldán, Provincia de Santa Fe. El establecimiento cuenta con 40 ha, de las cuales 15 son destinadas a la actividad experimental y el resto se destinan a la producción de granos.

El historial del potrero seleccionado es de agricultura bajo siembra directa, siendo los antecesores maíz y soja. El stand de malezas presentes en el potrero estaba constituido por rama negra, yuyo colorado y perejilillo con intensidad leve a moderada.

Con respecto a las características edáficas, en el campo experimental se pueden apreciar tres series de suelos: Peyrano (Py), cuya clasificación taxonómica es Argiudol típico, familia arcillosa fina, illítica, térmica (USDA-S. Taxonomy V. 2010) con más del 80% de la superficie; Roldan (Rd), cuya clasificación taxonómica es Argiudol típico/vértico, familia arcillosa fina, illítica, térmica con el 12% de la superficie y Lima (Li), cuya clasificación taxonómica es Argiacuol típico, familia arcillosa fina, illítica, térmica con el 8% de la superficie restante.

(Anexo 3).

Previo a la siembra se realizó un muestreo de suelos a profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm para su posterior análisis en el laboratorio Suelo Fértil. Dicho análisis arrojó los siguientes resultados: pH (0-20 cm) 6,55; materia orgánica (M.O.) 2,85% (Walkley-Black), P Bray 15 mg kg<sup>-1</sup>, y 46 kg ha<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub> de N de 0-60cm. Los S-SO<sub>4</sub> promediaron 10,2 mg kg<sup>-1</sup> mientras que el Zn (0-20) arrojó un valor de 1,5 mg kg<sup>-1</sup> (Anexo 4). También se realizó la medición de agua útil a la siembra y pre-cosecha de 20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm y 80-100 cm. Las muestras de suelo se tomaron con un barreno helicoidal, fueron pesadas in situ y depositadas en recipientes correspondientes para mantener las condiciones ambientales necesarias hasta que fueron llevadas al laboratorio, donde se realizaron los pesajes y análisis correspondientes (Ver Anexos 4).

El clima de la región es templado sub-húmedo, siendo el invierno su estación seca más marcada. El promedio de lluvias anuales ronda los 940 mm y las precipitaciones mensuales en el área aumentan de oeste a este. El régimen pluviométrico tiende a ser monzónico, con lo cual, las lluvias se concentran hacia el verano, siendo los meses de octubre a marzo los que concentran aproximadamente un 70% de las precipitaciones.

El período libre de heladas en promedio es de 275 días, la fecha media de comienzo de las mismas es fines de abril y se extiende hasta principios de septiembre, estas fechas varían anticipándose o atrasándose en 20 o 25 días.

En cuanto a las temperaturas, se registra una media anual de 17,5 °C, sin gran amplitud térmica a lo largo del año (Anexos 5,6 y 7).

### **Descripción del diseño experimental**

El diseño del ensayo fue experimental, con dos factores, uno el ciclo del cultivo con dos niveles (CC y CL) y otro factor de manejo con siete tratamientos de nutrición y densidad, llegando a un total de 14 tratamientos, con tres repeticiones cada uno. Las variedades fueron Bioceres 3009 de CL sembrada el 27 de mayo de 2016 y otra Bioceres 1006 de CC sembrada el 22 de junio de 2016. En la tabla a continuación, se detallan los tratamientos. Las parcelas donde se realizaron los ensayos contaron con una superficie de 8,12 m<sup>2</sup> cada una, situadas en un área homogénea, lejos de cabeceras, arboles, caminos y líneas de alambrados.

T	Variedad Bioceres GC2	Plantas m <sup>-2</sup>	Dosis fertilizante	kg ha <sup>-1</sup>			
				P	S	N disp. a macollaje	N foliar
1	3009	240	Testigo nutrición	20	14.4	0	0
2	3009	240	N macollaje	20	14.4	150	0
3	3009	240	Alta dosis N sin N foliar	20	14.4	300	0
4	3009	240	Baja dosis N + N foliar	20	14.4	150	20
5	3009	240	Altas dosis PNS + FoliarSolU	40	28.8	300	20
6	3009	170	Baja densidad: < 30%	20	14.4	150	20
7	3009	240	Dosis intermedia de N	20	14.4	200	0
1	1006	300	Testigo nutrición	20	14.4	0	0
2	1006	300	N macollaje	20	14.4	150	0
3	1006	300	Alta dosis N sin N foliar	20	14.4	300	0
4	1006	300	Baja dosis N + N foliar	20	14.4	150	20
5	1006	300	Altas dosis PNS + FoliarSolU	40	28.8	300	20
6	1006	210	Baja densidad: < 30%	20	14.4	150	20
7	1006	300	Dosis intermedia de N	20	14.4	200	0

**Tabla 1.** Tratamientos y dosis de fertilizantes aplicados al cultivo de trigo en la localidad de Roldan en la provincia de Santa Fe en la campaña 16/17.

## Métodos y procedimientos

El ensayo se delimitó con una cinta métrica y estacas pintadas. Se armaron 48 parcelas con una superficie de 8,12 m<sup>2</sup> cada una. La primera pulverización para el barbecho se realizó el 9/05/2016 con 3 L ha<sup>-1</sup> de Credit Full<sup>®</sup> (Composición: glifosato isopropilamonio 39% p/v (Sal isopropilamonica de N-fosfometil glicina), glifosato potásico 31% p/v (Sal potásica de N-fosfometil glicina) 54% p/v (540 g l<sup>-1</sup> de equivalente acido de glifosato y Coformulantes c.s.p 100% 1L) y 0,6 L ha<sup>-1</sup> de Azbany<sup>®</sup> (Composición: Fluroxipir 28,8%).

La siembra se realizó por etapas con una sembradora experimental marca Baumer de cinco surcos separados a 17,5 cm en forma directa. La fecha de siembra del CL fue el 27/05/2016 y la del CC se realizó el 22/06/2016. La densidad de siembra para CL fue de 240 plantas m<sup>-2</sup> mientras que para T6 (de baja densidad) fue de 170 plantas m<sup>-2</sup>. Para los CC la densidad fue de 300 pl m<sup>-2</sup> y de 210 pl m<sup>-2</sup> para el tratamiento de baja densidad (T6).

La fertilización a la siembra, para ambos ciclos, se realizó incorporando al suelo 120 kg ha<sup>-1</sup> de SPS (Grado 0-9-0-12S) para todos los tratamientos excepto para el T5, tratamiento en el cual se incorporaron 240 kg ha<sup>-1</sup> de SPS a la siembra (doble dosis).

El 21/07/2016 se realizó una segunda fertilización para ajustar los valores de P obtenidos en el análisis de suelo y llegar al valor de P objetivo (20 kg P ha<sup>-1</sup>). Para todos los tratamientos se fertilizó con 45 kg ha<sup>-1</sup> SPT (Grado 0-20-0), excepto para T5 que se aplicaron 90 kg ha<sup>-1</sup> de SPT.

El 12/8/2016 se realizó la fertilización nitrogenada para la variedad CL con 294 L ha<sup>-1</sup> de UAN (32-0-0) para los tratamientos T2, T4 y T6, mientras que para T7, se aplicaron 412 L ha<sup>-1</sup> de UAN. Finalmente, para T3 y T5 se aplicaron 649 L ha<sup>-1</sup> de UAN.

El 31/8/2016 se realizó la misma fertilización mencionada en el párrafo anterior para los mismos tratamientos, pero para la variedad CC.

El 06/10/2016 se realizó una aplicación foliar en anthesis de 90 L ha<sup>-1</sup> de Foliarsol U<sup>®</sup> (20-0-0) para T4, T5 y T6 en ambos ciclos.

Los controles de malezas restantes se realizaron durante el ciclo del cultivo el 19/07/2016 con 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Starane Xtra<sup>®</sup> (Composición Fluroxipir 45.52%). El 02/08/2016 se aplicaron 10 g ha<sup>-1</sup> de Finesse<sup>®</sup> (Composición: clorsulfurón (2-cloro-N-[[[4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-amino]carbonil] benzenosulfonamida), 62,5 g metsulfurón metil (metil-2 [[[[[4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)amino]carbonil]amino]sulfonil] benzoato 12,5 g e ingredientes inertes 100 g) y 0,1 L ha<sup>-1</sup> de Dicamba “Bemus”<sup>®</sup> ((Composición: Sal dimetilamina del ácido 2-metoxi 3,6 diclorobenzoico 57,7 g (equivalente ácido 48,0 g del ácido Dicamba) y solventes 100 ml)).

Para mantener la sanidad del cultivo, se realizaron dos aplicaciones de fungicidas. La primera, de modo preventivo, se realizó el 21/09/2017 con 1 L ha<sup>-1</sup> de Opera<sup>®</sup> (F500<sup>®</sup> (pyraclostrobin) 13,3% + epoxiconazole 5%) y la segunda, también de modo preventivo, se realizó el 21/10/2016 con 1 L ha<sup>-1</sup> de Opera<sup>®</sup>.

Para el control de insectos se realizó una aplicación el 07/10/2016 con 85 g ha<sup>-1</sup> de Starkle<sup>®</sup> (insecticida Neonicotinoide Dinotefuran 70% WP), 125 cc ha<sup>-1</sup> Fastac 10 (Alfamestrina: pares enantiómeros, 95 % de (1R cis S+1S cis R) + 4,4 % de (1S cis S+ 1R cis R) del alfa-ciano-3-fenoxibencil 3-(2,2 diclorovinil)-2,2-dimetil Ciclopropano carboxilato, 10 g inertes y coadyuvantes c.s.p 100 cm<sup>3</sup>) y 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Pirifos 48 (Clorpirifos: O,O-dietil -O-(3,5,6-tricloro-2-piridil) fosforotiató, 480 g de ingrediente activo por litro de producto formulado).

En espigazón, antes de la aplicación de N foliar, se realizó la medición de NDVI mediante dos pasadas por parcela de un sensor activo de canopeo Crop Circle de Holland Scientific<sup>®</sup> y al mismo tiempo se midieron varias hojas en cada parcela con el medidor de clorofila Minolta SPAD 502<sup>®</sup>. La cosecha se realizó el 08/12/2016 con la cosechadora autopropulsada Haldrup C 85.

### **Análisis estadístico**

Los resultados fueron evaluados mediante el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Se realizó un análisis de la varianza utilizando para su comparación la prueba de Tukey, con un nivel de significación del 90% (error  $\alpha=0,1$ ).

El modelo utilizado fue el siguiente.

$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ij}$ . Donde  $y$  es el valor de la variable respuesta en cada unidad experimental,  $\mu$  es la media general,  $\alpha$  es el efecto del factor ciclo con sus dos niveles (Corto y largo).  $\beta$  es el efecto del factor manejo (Densidad y fertilización),  $\gamma$  es el efecto de la interacción entre ambos factores y  $\varepsilon$  es el error aleatorio o experimental.

Para evaluar los resultados de la variable GH (%), hubo que recurrir a una transformación de los datos utilizando logaritmo en base diez, debido a que los datos originales no cumplían con la prueba de Levene.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento y porcentaje de gluten húmedo.

No se observó interacción entre los factores ciclo y tratamiento para la variable rendimiento. Aun así, se procedió a mostrar los resultados de cada ciclo por separado para poder responder las hipótesis (Fig. 1 A y B). El rendimiento promedio del ensayo fue de 6318 kg ha<sup>-1</sup>; el CL superó en 722,8 kg ha<sup>-1</sup> al CC (Fig. 1 A).

Para el CL, la aplicación de N en macollaje (para llegar a 150 kg N ha<sup>-1</sup> disponible) aumentó el rendimiento en 2143 kg ha<sup>-1</sup> con respecto al testigo sin fertilización nitrogenada que rindió 4310 kg ha<sup>-1</sup>; Fig. 1A. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en el GH entre dichos tratamientos (Fig. 2A). Para CC, la respuesta en rendimiento a la aplicación de N para llegar a 150 kg N ha<sup>-1</sup> disponible fue de 2057 kg ha<sup>-1</sup> por encima del testigo sin N que promedió 3965 kg ha<sup>-1</sup> (Fig. 1B). No hubo diferencias significativas para el GH entre los tratamientos (Fig. 2B).

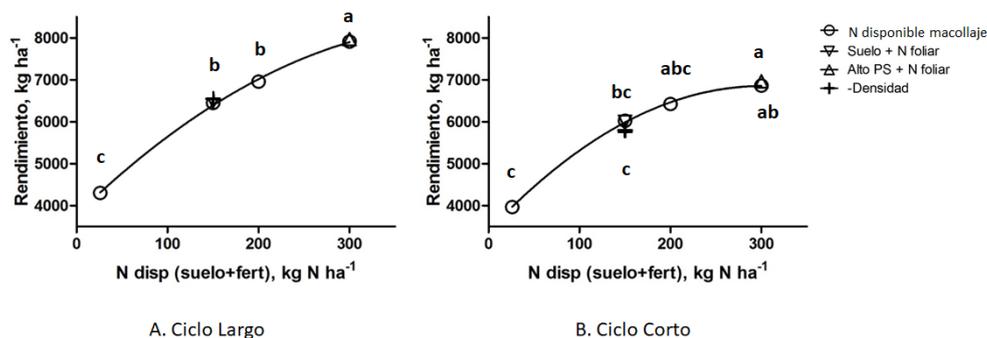
El rendimiento del tratamiento con la dosis intermedia de N (200 kg ha<sup>-1</sup> N disp.) superó en 508 kg ha<sup>-1</sup> al rendimiento del tratamiento con la dosis baja de N (150 kg ha<sup>-1</sup> N disp.; Fig. 1A). Con respecto al GH, no se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos (Fig. 2A). Por otro lado, la aplicación de 100 kg N ha<sup>-1</sup> adicionales para llegar a 300 kg N ha<sup>-1</sup> disponibles en el suelo aumentó el rendimiento en 956 kg ha<sup>-1</sup> (Fig. 1A) pero no modificó el GH significativamente (Fig. 2A). En el caso del CC, la respuesta a la aplicación de 50 kg N ha<sup>-1</sup> adicionales a los 150 kg ha<sup>-1</sup> de N disponible promedió los 400 kg ha<sup>-1</sup> pero no fue significativa (Fig. 1B). En el caso del GH, este tratamiento produjo un aumento significativo de 9 p.p. (Fig. 2B). En este mismo ciclo, la aplicación de 100 kg N ha<sup>-1</sup> adicionales para llegar a 300 kg ha<sup>-1</sup> no aumentó significativamente la variable rendimiento (Fig. 1B) ni GH (Fig. 2 B).

La aplicación foliar de 20 kg N ha<sup>-1</sup> en anthesis con una base de 150 kg N ha<sup>-1</sup> disponible no aumentó el rendimiento (Fig.1A) ni el GH en forma significativa para las variedades de CC y CL (Fig. 2A y 2B).

Contrariamente a lo hipotetizado y para ambos ciclos, no se observaron respuestas en rendimiento (Fig. 1A) y GH (Fig. 2A y 2B) a la aplicación de una doble dosis de P y S junto a una aplicación de N foliar.

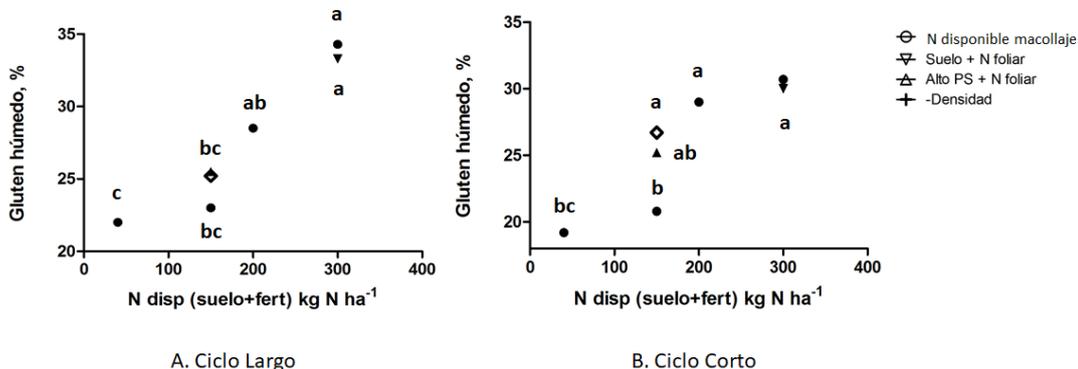
Para los dos ciclos, la reducción de un 30% en la densidad no disminuyó significativamente el rendimiento (Fig. 1A y 1B) ni afectó el PG (Fig. 2A y 2B).

El ajuste de las respuestas en rendimiento de las dos variedades de trigo en función del N disponible en el suelo fue de tipo cuadrática (Fig. 1) y efectivamente la curva de respuesta del CL fue mayor a la curva de respuesta del CC (valor-p = 0.09; Fig. 1A y 1B).



**Figura 1.** Rendimiento de trigo de dos ciclos distintos en función del N disponible en el suelo + el fertilizante (UAN) en la localidad de Roldán en la provincia de Santa Fe, en la campaña 2016. *Círculo*: N disponible macollaje; *Triángulo invertido*: N disponible 150 kg ha<sup>-1</sup> más 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Triángulo*: doble dosis de P y S (40 y 29 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) con aplicaciones de N en macollaje para llegar a 300 kg ha<sup>-1</sup> y 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Signo positivo*: reducción de 30% de densidad de plantas.

La respuesta del GH para la variedad de ciclo largo a dosis crecientes de N en macollaje fue constante y baja hasta la disponibilidad de 200 kg ha<sup>-1</sup>, a partir del cual tuvo una respuesta lineal hasta los 300 kg N, sin llegar a una meseta. Por el contrario, disponibilidades mayores a 200 kg N ha<sup>-1</sup> no generaron aumentos de rendimiento para el CC (Fig. 2A y 2B).



**Figura 2.** Porcentaje de gluten húmedo del grano de trigo de dos ciclos distintos en función del N disponible en el suelo más el fertilizante (UAN) en la localidad de Roldán en la provincia de Santa Fe, en la campaña 2016. *Círculo*: N disponible macollaje; *Triángulo invertido*: N disponible 150 kg ha<sup>-1</sup> más 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Triángulo*: doble dosis de P y S (40 y 29 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) con aplicaciones de N en macollaje para llegar a 300 kg ha<sup>-1</sup> y 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Signo positivo*: reducción de 30% de densidad de plantas.

En este ensayo no hubo diferencias significativas en el GH atribuibles a la aplicación tardía de N para las variedades de CC y CL; aunque sí se observaron diferencias significativas a medida que aumentó el N disponible en el suelo. Por el contrario, Varga y Svecnjak (2006) y Garrido Lestache *et al.* (2004) observaron que aplicaciones tardías de N en cultivos de trigo produjeron aumentos significativos en parámetros de calidad del grano como el GH.

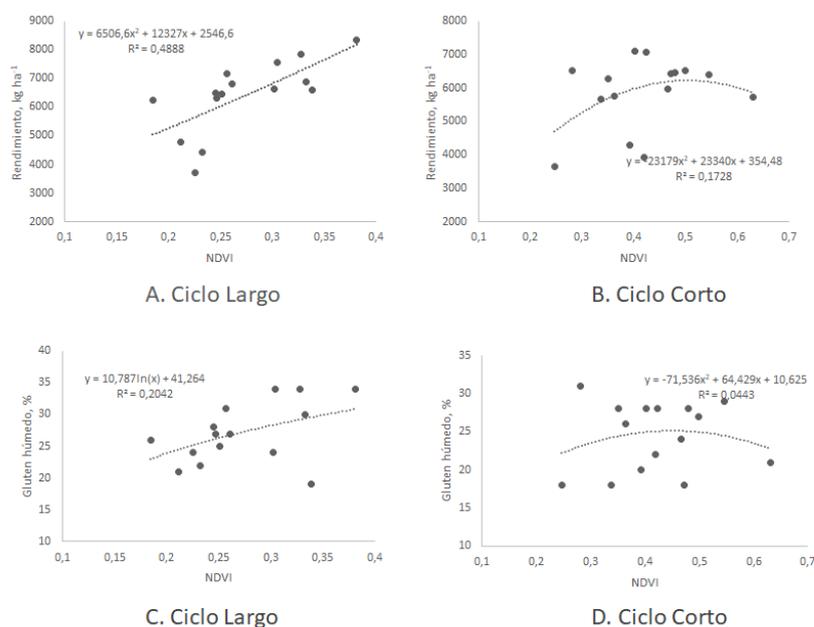
El aumento del GH de este ensayo obtenido por el incremento del N disponible en el suelo se condice con lo publicado por Borkowska *et al.* (1999), quienes observaron que el GH fue influenciado por el nivel de fertilización nitrogenada del suelo.

## NDVI

Para la variable NDVI se observó que la interacción entre ciclo y tratamiento no fue significativa, pero para mayor detalle se procedió a mostrar los efectos de los tratamientos dentro de cada ciclo por separado (Fig. 3).

Para la variedad de CC, se observó una baja asociación entre las variables NDVI y rendimiento ( $R^2 = 0,17$ ; Fig. 3B) y nula entre NDVI y GH ( $R^2 = 0,04$ ; Fig. 3D). Para la variedad CL, en cambio, se observó una leve asociación entre las variables NDVI y rendimiento ( $R^2 = 0,49$ ; Fig. 3A) y una baja asociación para NDVI y GH ( $R^2 = 0,2$ ; Fig. 3C). Esto indica que, en este ensayo, el NDVI no fue un buen indicador de rendimiento ni de GH para ninguna de las variedades de los ciclos estudiados.

Estos resultados se oponen con los obtenidos por Echeverría y Studdert (2001) en dos ensayos a campo de trigo, quienes observaron que el NDVI correlacionó en forma positiva con el porcentaje de proteína ( $r = 0,89$ ; valor- $p < 0,05$ ). Por otro lado, Berardocco *et al.* (2004) y Rivas *et al.* (2011) encontraron correlaciones significativas entre el NDVI y el rendimiento ( $r = 0,92$  y  $r = 0,84$ , respectivamente) en San Antonio de Areco, Buenos Aires.

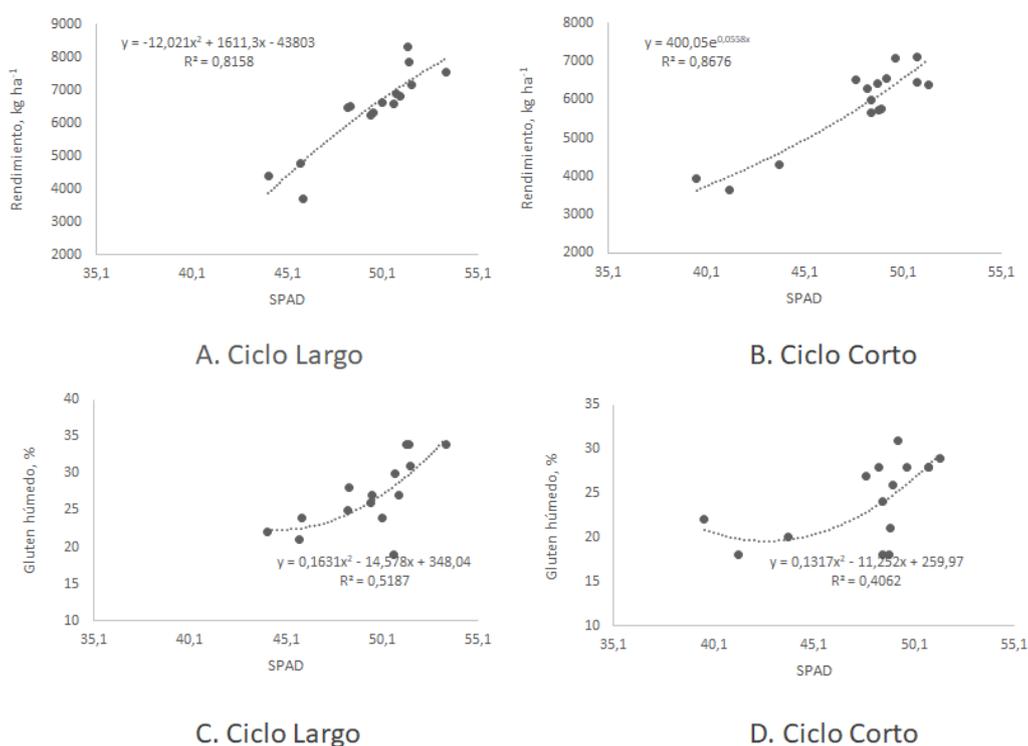


**Figura 3.** Regresión entre las variables rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y gluten húmedo (%) en función del NDVI para trigo de ciclo corto y ciclo largo en la localidad de Roldán en la provincia de, Santa Fe, en la campaña 2016. *Círculo:* N disponible macollaje; *Triángulo invertido:* N disponible  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  más  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$  en forma foliar; *Triángulo:* doble dosis de P y S ( $40$  y  $29 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente) con aplicaciones de N en macollaje para llegar a  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$  en forma foliar; *Signo positivo:* reducción de 30% de densidad de plantas. **A, B y C =  $P < 0,05$ . D=NS.**

### Medición de clorofila (Minolta SPAD)

Para los CC y CL se encontró una fuerte asociación entre las variables SPAD y rendimiento ( $R^2 = 0,87$  para CC y  $R^2 = 0,82$  para CL; Fig. 4A y B) y una asociación media entre SPAD y GH ( $R^2 = 0,41$  para CC y  $R^2 = 0,52$  para CL; Fig. 4C y D). En este ensayo el SPAD fue una buena herramienta para predecir rendimiento y GH para el CC y el CL. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Reeves *et al.*, (1993) y Poblaciones *et al.*

(2009) quienes observaron una correlación alta entre la medición de clorofila por SPAD y rendimiento del trigo.



**Figura 4.** Regresión entre las variables rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y gluten húmedo (%) en función del SPAD para trigo de ciclo corto y ciclo largo en la localidad de Roldán en la provincia de, Santa Fe, en la campaña 2016. *Círculo:* N disponible macollaje; *Triángulo invertido:* N disponible 150 kg ha<sup>-1</sup> más 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Triángulo:* doble dosis de P y S (40 y 29 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) con aplicaciones de N en macollaje para llegar a 300 kg ha<sup>-1</sup> y 20 kg N ha<sup>-1</sup> en forma foliar; *Signo positivo:* reducción de 30% de densidad de plantas. **A, B, C y D:** valor  $P < 0,05$ .

Los métodos de medición SPAD y NDVI se correlacionaron positivamente entre sí con un coeficiente de correlación de 0,70 para el CL y 0,53 para el CC.

## Conclusión

La respuesta en rendimiento a la aplicación de N en macollaje en dosis progresivas para llegar a los 300 kg N ha<sup>-1</sup> fue de tipo cuadrática para ambos ciclos, con una mayor respuesta a la fertilización nitrogenada por parte del CL.

Tanto la aplicación tardía de N foliar como la aplicación de una doble dosis de P y S en ambos ciclos no produjo un aumento significativo en el GH ni en el rendimiento.

Reducir la densidad de siembra en un 30% no provocó una disminución significativa en el rendimiento ni en el GH para ambos ciclos.

El NDVI fue un buen predictor de los parámetros productivos en el CL mientras que en el CC no lo fue. Los valores medidos por Minolta SPAD, en cambio, manifestaron una fuerte correlación con todas las variables productivas tanto para el CC como para el CL, exceptuando el GH en el CC cuya correlación fue media. Por lo tanto, se puede considerar que este método fue un buen predictor de parámetros productivos durante la floración del cultivo.

Para este ensayo en particular, se observó que, cuando se nutre correctamente el cultivo con N durante su etapa vegetativa, la respuesta de los parámetros de rendimiento y calidad es positiva; pero si el cultivo carece de N, no se logra corregir lo suficiente como para que dicho valor se exprese como un aumento significativo de GH húmedo, aún con la aplicación de N en floración.

## Bibliografía

Berardocco M., Hartmann T., Hibert J. (2004). Utilización de sensores remotos en agricultura de precisión —Introducción al uso de cámara digital en el manejo de sitio específico. Instituto de Ingeniería Rural, INTA, Hurlingham, Argentina.

Bergh, R., Baez, A., Quattrocchio, A., & Zamora, M. (2000). Fertilización nitrogenada para calidad en trigo candeal. *Informaciones Agronómicas*, 7, 13-16.

Bolsa de cereales, 2016. Informe de Pre-Campaña N° 15, Estimaciones Agrícolas TRIGO 2016/17

Calvo, N. R., Echeverría, H., Barbieri, P., & Rozas, H. S. (2006). Nitrógeno y azufre en trigo, Rendimiento y proteína. In XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo—Salta-Jujuy.

Cuniberti, Martha (2004) Programa Nacional de Calidad Propuesta de Clasificación del Trigo Argentino. INTA Marcos Juárez, Córdoba.

Argentina, T. Propuesta de Clasificación del. Consejo Directivo del INTA, 21.

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2011. InfoStat, versión 20011. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Echeverría, H. E., & Studdert, G. A. (2001). Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo*, 19(1), 67-74.

Finnan, J. M., Burke, J. I., & Jones, M. B. (1997). A note on a non-destructive method of chlorophyll determination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Irish journal of agricultural and food research*, 85-89

Informe de Harina de Trigo.

[www.minagri.gov.ar/sitio/areas/ss\\_alimentos\\_y\\_bebidas/archivos160600](http://www.minagri.gov.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/archivos160600). Marzo, 2018.

Estadísticas y gráficos climáticos de precipitaciones y temperaturas promedio, máximas y mínimas.

[www.climayagua.imta.gob.ar/estadisticas\\_de\\_precipitaciones](http://www.climayagua.imta.gob.ar/estadisticas_de_precipitaciones). Marzo, 2018.

Loewy, T. (2004). Fraccionamiento del nitrógeno y fertilización foliar en trigo. In Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná (Entre Ríos) (pp. 22-25).

Pantanelli, A. 2006. Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo. AAPOTRIGO.

<http://www.roagro.com/upload/varios/Par%C3%A1metros%20Calidad%20del%20Trigo.doc> Marzo, 2018.

Poblaciones, M.J.; Lopez-Bellido L.L. & Lopez-Bellido R. (2009) Field estimation of technological bread-making quality in wheat. Field Crops Research, 112 (2-3) 253-259

Quattrocchio, A., Echeverría, H. E. & Alonso, S. I. (2005). Estrategias de fertilización nitrogenada en cultivares de trigo. calidad panadera. Revista técnica Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, 159-164.

Reeves, D. W., et al. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: Influence of management practices. Journal of Plant Nutrition, 1993, vol. 16, no 5, p. 781-796.

Rivas, R.; Ocampo, D. & Carmona, F. (2011) Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión. INPE, 0584-0590.

Schepers, J. S., et al. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1992, vol. 23, no 17-20, p. 2173-2187.

Stone, Peter J. & Savin, Roxana. Grain quality and its physiological determinants. Wheat: ecology and physiology of yield determination, 1999, p. 85-120.

Varga, B., & Svečnjak, Z. (2006). The effect of late-season urea spraying on grain yield and quality of winter wheat cultivars under low and high basal nitrogen fertilization. Field Crops Research, 96(1), 125-132.

Verges, R. P., & Vázquez, D. (2004) Calidad industrial del trigo: un tema que, como el pan, se puso sobre la mesa. *El país agropecuario*, 25-28.

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 & Plant Analysis*, 27(3-4), 545-560.

## ANEXOS

Anexo 1. Valores de calidad de trigo. (Cuniberti, 2004)

Grado	Peso Hectolitrico	Materias Extrañas	Granos Dañados		Granos con Carbón	Granos Panza Blanca	Granos quebrados y/o chuzos	Bonificación
			Ardidos y/o dañados por calor	Total Dañados				
			%	%				
1	79	0,2	0,5	1	0,1	15	0,5	+1,5
2	76	0,8	1	2	0,2	25	1,2	0
3	73	1,5	1,5	3	0,3	40	2	-1

Anexo 2. Categorización de variedades de trigo 2016 (CONASE)

Grupo 1 Trigos Correctores Panificación Industrial		Grupo 2 Trigos para Panificación Tradicional (+8 horas de fermentación)		Grupo 3 Trigos para Panificación Directa (-8 horas de fermentación)	
ACA 315	BUCK CLARAZ	ACA 901	SY 300	ACA 307	KLEIN LIEBRE
ACA 356	BUCK GLUTINO	ACA 320	BUCK TILCARA	CEDRO	KLEIN LANZA
ACA908	BUCK YATASTO	ACA 906	BUCK GUATIMOZIN	FLORIPAN 200	MSINTA815
ACA910	KLEIN PROTEO	CIPRES	KLEIN TAURO	FLORIPAN 300	ARPLUS
ACA303PLUS	KLEIN RAYO	ACA602	KLEIN NUTRIA	AREX	ALHAMBRA
ACA360	KLEIN YARARA	ACA909	KLEIN TITANIOCL	LYON	RGT GARDELL
CAMBIUM	KLEIN SERPIENTE	ALGARROBO	BASILIO	LENGA	AVELINO
BUCK SAETA	KLEINPROMETEO	FLORIPAN 100	AVISO	BIOINTA 3005	BAGUETTE 19
BUCK 75 ANIVERSARIO	MSINTA BONAERENSE 514	CRONOX	MS INTA 116	BIOINTA 1005	BAGUETTE17
BUCK METEORO	WB CRISTALLO	FUSTE	MS INTA 416	BIOINTA 3008	BAGUETTE18
BUCK BELLACO	BAGUETTE PREMIUM 13	CEIBO	MSINTA	TIMBO	BAGUETTE 30
BUCK APARCERO	LE 2330	LENEX	BONAERENSE215	BIOCERES 1008	BAGUETTE 31
		BAGUETTE 750	BAGUETTE 701	AGPFAST	BAGUETTE 501
		BIOINTA 1006	PREMIUM	SY 015	LAPACHO
		BIOINTA 2006	BAGUETTE 560 CL	SY 110	VIRGILE
		BIOINTA 1007	BAGUETTE 601	KLEIN GLADIADOR	MS INTA 316
		BIOINTA 3006	BAGUETTE 801	KLEIN LEON	MSINTA415
		55 CL2	PREMIUM		
		SY211	BAGUETTE 9		
		SY330	BAGUETTE PREMIUM		
		BUCK PLENO	11		
		BUCK TAITA	BAGUETTE 802		
		SY 100	BAT10-107		
		SY 200	LE 2331		
			LE 2333		
			SRM NOGAL		
			CALDEN		

Anexo 3. Descripción de series de suelos del sitio donde se realizó el ensayo

La serie Peyrano (Py), cuya clasificación taxonómica es, Argiudol típico, familia arcillosa fina, illítica, térmica (USDA-S. Taxonomy V. 2010) presenta suelos oscuros, profundos y moderadamente bien drenados.

La capa arable, de textura franco-limosa, es de color muy oscuro o negro y se extiende hasta 25 ó 30 cm, con estructura granular. Este horizonte pasa en transición gradual hacia otro más arcilloso (horizonte Bt) que comienza a los 40 cm y se extiende hasta los 90 ó 110 cm. Es pesado, de textura arcillo limosa, color pardo. A la profundidad aproximada de 1,60 m se encuentra el horizonte C compuesto por un material loésico franco limoso, con pequeñas tosquillas de calcáreo.

La serie Roldan (Rd), cuya clasificación taxonómica es Argiudol típico/vértico, familia arcillosa fina, illítica, térmica consta de un perfil desarrollado a partir de sedimentos loésicos franco limoso, con buena capacidad de almacenamiento de agua, moderadamente bien drenado. El suelo presenta una capa superficial pardo oscura (horizonte A) de 28 cm de espesor, moderadamente bien provista de materia orgánica constituida por un material de textura franco limoso. A continuación, aparece una capa de transición (BA) de 12 cm de espesor, franco arcillo limoso menos rica en materia orgánica. Bruscamente aparece una

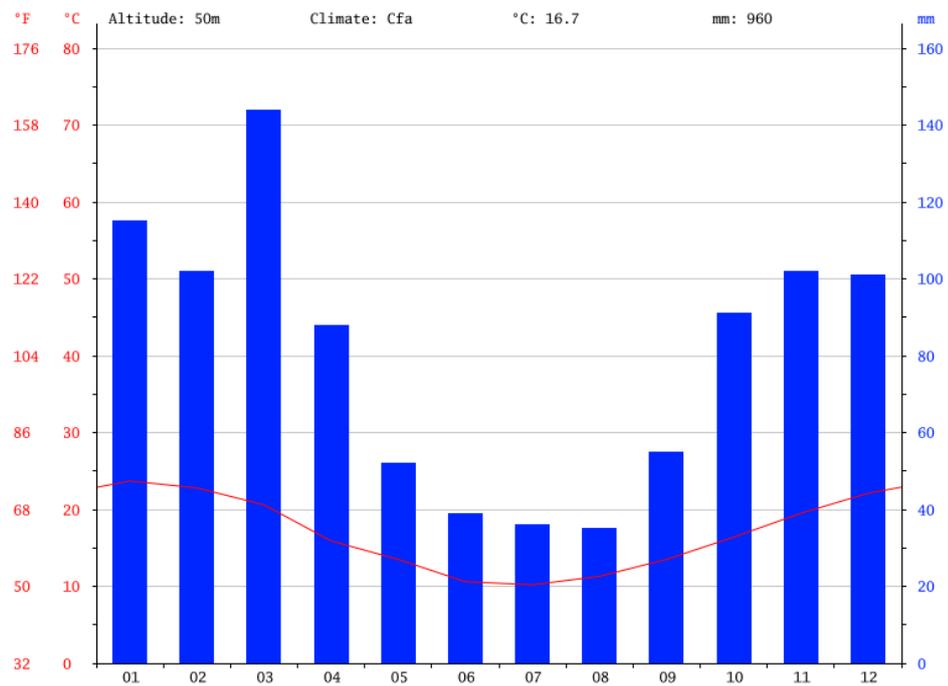
capa arcillosa (BT) con alrededor de 50% de arcilla conocida vulgarmente con el nombre de greda, de considerable espesor, 70 - 100 cm. El perfil continúa con una capa transicional (BC) hasta los 185 cm, profundidad a la que aparece el horizonte

La serie Lima (Ly), cuya clasificación taxonómica es Argiacuol típico, familia arcillosa fina, illítica, térmica. Es un suelo profundo, pesado y pobremente drenado. En superficie es de textura franco arcillo limosa; en sus primeros 15 cm es más parduzco, oscuro y pesado (horizonte A), mientras que en su base y hasta los 25 cm se hace algo más claro y menos arcilloso (horizonte E). Hacia abajo aumenta bruscamente la cantidad de arcilla, pasándose al horizonte más pesado del perfil (horizonte Bt) de aproximadamente 80 cm de espesor, de textura arcillosa o arcillo limosa, el mismo es sucedido por el horizonte C, cuya textura es franco arcillo limosa.

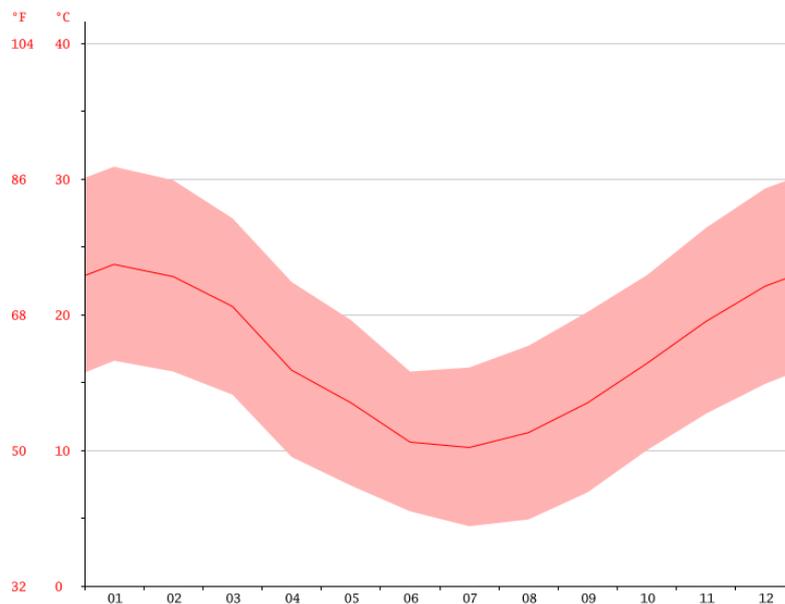
Anexo 4. Resultados de análisis de suelo

Informe de Análisis de suelo		
Determinación	Metodología	Valor
Materia Orgánica	Walkley y Black	29,6 g /kg
Nitrogeno Total	Kjeldahl	
Relacion C/N	Cálculo	
C.I.C	Acetato de amonio	
Nitrogeno de nitratos		
Fosforo extraíble	Bray I	13,7 mg/kg
Fosforo extraíble	Olsen	
Azufre de sulfatos	Turbidimetria (0-20)	7,8 mg/kg
Reaccion de suelo (p.h)	Relacion suelo:agua 1:2,5	5,5
Acidez potencial (p.h potencial)	Relacion suelo:agua 1:2,5	
Conductividad Electrica (C.E)	Relacion suelo:agua 1:2,	
Calcio (Ca)	Acetato de amonio 1 N.A.A	
Saturacion de Calcio	Cálculo: Ca/Valor S*100	
Magnesio (Mg)	Acetato de amonio 1 N.A.A	
Saturacion de Magnesio	Cálculo: Mg/Valor S *100	
Potasio (k)	Acetato de amonio 1 N.A.A	
Saturacion de Potasio	Cálculo k/Valor S*100	
Sodion (Na)	Acetato de amonio 1 N.A.A	
P.S.I	Cálculo: Na/cic * 100	
Indice R.A.S	Cálculo	
Zinc (Zn)		0,85 mg/kg
Manganeso (Mn)	Ext.C/DTPA-Espectrofotometria A.A	
Cobre (cu)		
Hierro (Fe)		
Boro (B)	Acetato de amonio ozomelina	
Humedad (H°)	Fraccionamiento fisico W&B	

Anexo 5. Temperaturas y precipitaciones mensuales de la localidad de Roldán, Santa Fe. (Universidad de Zavalla Santa Fe año 2016)



Anexo 6. Temperaturas de la localidad de Roldán, Santa Fe (Universidad de Zavalla Santa fe año 2016).



Anexo 7. Datos históricos del clima Zavalla

## TABLA CLIMÁTICA // DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO ZAVALLA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.7	22.8	20.6	15.9	13.5	10.6	10.2	11.3	13.5	16.4	19.5	22.1
Temperatura min. (°C)	16.6	15.8	14.1	9.5	7.4	5.5	4.4	4.9	6.9	10	12.7	14.9
Temperatura máx. (°C)	30.9	29.9	27.1	22.4	19.6	15.8	16.1	17.7	20.2	22.9	26.4	29.3
Temperatura media (°F)	74.7	73.0	69.1	60.6	56.3	51.1	50.4	52.3	56.3	61.5	67.1	71.8
Temperatura min. (°F)	61.9	60.4	57.4	49.1	45.3	41.9	39.9	40.8	44.4	50.0	54.9	58.8
Temperatura máx. (°F)	87.6	85.8	80.8	72.3	67.3	60.4	61.0	63.9	68.4	73.2	79.5	84.7
Precipitación (mm)	115	102	144	88	52	39	36	35	55	91	102	101

<https://es.climate-data.org/location/145150/>

### Anexo 8. Coeficientes de correlación entre las variables de NDVI, SPAD, Gluten húmedo y Rendimiento.

*Ciclo = CC*

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	NDVI	SPAD	Gluten Humedo	Rendimiento
NDVI	1,00	0,03	0,53	0,14
SPAD	0,53	1,00	0,01	5,5E-06
Gluten Humedo	0,17	0,63	1,00	0,01
Rendimiento	0,39	0,88	0,60	1,00

*Ciclo = CL*

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	NDVI	SPAD	Gluten Humedo	Rendimiento
NDVI	1,00	2,8E-03	3,7E-04	8,4E-04
SPAD	0,70	1,00	5,2E-05	5,8E-07
Gluten Humedo	0,78	0,84	1,00	9,2E-06
Rendimiento	0,75	0,92	0,87	1,00

### Anexo 9. Humedad (%) a capacidad de campo pre siembra y al momento de cosecha del cultivo de trigo para el ciclo largo y el ciclo corto

Profundidad	Humedad a Capacidad de Campo pre-siembra	Humedad a cosecha
-------------	--	-------------------

(cm)	(%)		(%)
	Ciclo Largo	Ciclo Corto	
0-20	19,60	21	17
20-40	25,75	26,50	17
40-60	29	30	24
60-80	27,60	31,35	22
80-100	26	26,30	22