

Ensayos de manejo de cultivo en trigo

Resumen Ejecutivo



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

A partir de un acuerdo interinstitucional entre INTA y ACA se conformó un espacio de capacitación denominado **ACAdemiaINTA** cuyo objetivo es la capacitación técnica en temas referidos a manejo de cultivos. En trigo se comenzó a trabajar hace dos años en aspectos de manejo del cultivo con fuerte componente en la nutrición del cultivo; factor considerado importante para reducir brechas productivas en ambientes de producción de la provincia de Córdoba. En la última campaña la superficie total sembrada con trigo en el país, fue de 6,6 millones de hectáreas con una producción total de 18,8 millones de toneladas (Mt). La provincia de Córdoba participó con más de 4,6 millones de Tn, producidas en más de 1,6 millones de has. Comparado a la anterior campaña, en esta se registró una caída en los valores proteínicos. Los ajustes en la fertilización en base a fósforo y nitrógeno impactan sobre el rendimiento de grano y también sobre los niveles de proteína en granos. La práctica más común es fertilizar al momento de la siembra o al macollaje quedando sujeto a las condiciones de ambiente. Una posibilidad de disminuir riesgos de pérdida de nitrógeno es incorporando el fertilizante con comprobada eficiencia, aunque no es una técnica muy empleada comparada con la operación de “voleo”. En la campaña 2019-20 se condujeron ensayos en distintos ambientes de la provincia de Córdoba, con el objetivo de evaluar dos tratamientos de fertilización propuestos: “premium” (incorporación de N + MicroEssential) vs. “productor” (voleo de N + DAP o MAP) en dosis complementarias a los aportes del suelo, para objetivos de rendimiento distintos. El diseño estadístico fue parcelas divididas con las 2 condiciones de fertilización en la parcela principal y 4 variedades de trigo contrastantes en calidad, en las subparcelas haciendo un total de 8 tratamientos. Se buscó optimizar los resultados a través de un correcto manejo agronómico de cultivo atendiendo todas las variables que pudiesen afectar a la producción (fertilidad del suelo, agua útil, capa freática, precipitaciones, control de malezas y de enfermedades y ajustes en siembra y cosecha). Se midió el rendimiento de grano de cada tratamiento a la cosecha, ajustando lo cosechado en superficie conocida a kg/ha y se analizó a partir de muestras de granos, el contenido de proteínas en grano y peso hectolítrico. Las variables se analizaron estadísticamente ($p < 0,05$) a través de modelo lineal y mixto y por comparación de medias (LSD de Fisher) teniendo en cuenta a variedades, tratamientos y su interacción como efectos fijos. Con datos de N aportado por el suelo y fertilizantes y con contenido de agua útil, agua recibida por el cultivo y aporte de napa, se analizó y calculó la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) y del agua (EUA). Se calculó un rinde máximo alcanzable de 6400 kg/ha siendo el rinde promedio de los ensayos de 4177 kg/ha (2223 kg/ha de brecha de rendimiento entre ambos). El rendimiento máximo alcanzable promedio limitado por disponibilidad de agua fue de 5828 kg/ha. La EUA promedio fue 9.9 kg grano/mm siendo superior en “premium” comparado con “productor”. A una relación 30 kg/ha de N/Tn de grano la diferencia de rendimiento entre tratamientos debió ser de 1200 kg/ha. Los rendimientos calculados como limitados por N entre “premium” y “productor” fueron 7289 y 6051 kg/ha respectivamente, muy superiores a los rendimientos reales promedios obtenidos en cada uno de ellos (4569 y 4113 kg/ha respectivamente). En rendimiento de grano los tratamientos y las variedades se comportaron distintos según los ambientes. Entre tratamientos, diferencias mayores a más de 1100 kg/ha, se lograron en Onagoity y Oliva. En cuanto a variedades, hubo entre ellas diferencias en rendimiento en los distintos ambientes, con excepción de La Carlota. En Bell Ville y Onagoity MS INTA 119, Cedro y ACA 360 presentaron mayor rendimiento que Algarrobo. En cambio, en Oliva y Justiniano Posse ACA 360 presentó menor rendimiento, significativamente distinto del resto de las variedades. MS INTA 119 y Cedro presentaron mayor estabilidad y rendimiento. ACA 360 se destacó por mayor contenido de proteínas debido a su condición de grupo de calidad y también por mayor PH. Entre tratamientos se observó diferencias en el contenido de proteína a favor del tratamiento “premium”.

Se realizaron repeticiones de este ensayo en otros ambientes, que por haber tenido diferencias metodológicas, se analizaron de forma individual al cierre de este informe.

Palabras claves: Trigo – ambientes - nutrición nitrogenada – rendimiento – calidad comercial

Ensayos de manejo de cultivo en trigo – Convenio ACAdemiaINTA

¹Chiacchiera, S.; ²Anselmi, H. y Feresin P; ³Videla, H. y Salafia A.; ⁴Genero, M; ⁵Pagnan, L; ⁶Pietrantonio, J; ⁷Molino, J. y Capuccino, V., ⁸Segura, L., ⁸Donaire, G; ⁸Gomez, D.; ⁸Fraschina, J; ⁸Bainotti, C; ⁸Formica, M.B; ⁸Salines, N; ⁸Muñoz, S; ⁸Bollatti, P; ⁸Boccolini, M; ⁸Lorenzón, Claudio; ⁸Gudelj, V; ⁸Gudelj, Olga; ⁸Galarza, C; ⁸Mir, L. y Chialvo E.; ⁸Alberione, E; ⁸Conde.; ⁹ Candela R. y Cordes D.; ¹⁰ Guendulain A.; ¹¹ Ferreyra M.L; B; ¹² Druetta R.; ¹³ Gonzalez, A.; ¹⁴Lavagnino, J.; ¹⁵J Molina J.C. y Mazzini P..

¹ AER INTA Noetinger ² AER INTA La Carlota, ³ AER INTA Laboulaye, ⁴ AER INTA Huinca Renancó ⁵AER INTA Justiniano Posse, ⁶AER INTA Bell Ville, ⁷AER ONCATIVO, ⁸INTA EEA Marcos Juárez, ⁹ AER Jesús María, ¹⁰ AER Ucacha, ¹¹ EEA INTA Manfredi, ¹² AER Brinkmann, ¹³ ACA, ¹⁴ LDC Semillas, ¹⁵ CR INTA Córdoba.

Contacto: Enrique Alberione

alberione.enrique@inta.gob.ar

Introducción

La brecha de producción en el cultivo de trigo está dada por factores que hacen al manejo, donde la nutrición resulta de alta relevancia ya que de ella dependen no solo el rendimiento de grano sino también la calidad producida. Hace dos años, bajo un acuerdo público privado entre ACA e INTA, se conformó un espacio de interacción entre investigación y extensión. Este vínculo denominado ACAdemiaINTA persigue el objetivo común de capacitar a los profesionales de ambas instituciones para reducir estas brechas en distintos cultivos, con propuestas de manejo que incluyen un fuerte componente de fertilización, explorando potencialidad productiva en distintos ambientes de la provincia de Córdoba.

Los resultados que se presentan en este informe son frutos de una red de ensayos territoriales generados bajo ese acuerdo.

El cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) representa para Argentina el principal cereal de siembra otoño invernal. La superficie total sembrada en el país en la campaña 2019-20, fue de 6,6 millones de hectáreas, un 6,5% por encima de lo sembrado la campaña anterior. La producción de granos alcanzó un total de 18,8 millones de toneladas (Mt), estimándose una disminución de 1,1 % en comparación a la campaña 2018/19. El rinde promedio nacional, se ubicó alrededor de 29,2 qq/ha, un 5,2 % menor que el ciclo previo (Bolsa de Cereales de Buenos Aires). Esto se debió un escenario climático marcado por la escasez de lluvias, fundamentalmente sobre el margen oeste del área agrícola. Las zonas con mayores superficies destinadas al cereal fueron: el Núcleo Norte (898.000 ha), el Centro-Norte de Córdoba (690.000 ha) y el sudeste de Buenos Aires (640.000 ha) (www.bolsadecereales.com).

A nivel provincial, en Córdoba se sembraron 1.635.400 hectáreas y el total de granos producidos llegó a 4,64 millones de Tn., con un rendimiento promedio provincial de 30 qq/ha según estimaciones de la Bolsa de cereales de Córdoba (agroviz.lavoz.com.ar). En cuanto a la calidad comercial, según informe del Cuarto Monitoreo de Calidad de Trigo elaborado por Bolsa de Cereales de Córdoba e INTA Marcos Juárez, se observó en general buenos valores promedios de peso hectolítrico (78,9

kg/h), gluten (25,7%) y porcentaje de proteína (10,9%), aunque también aclara que sobre este último parámetro, se advirtió una “marcada y evidente disminución” de la proteína: pasando del 12,1 por ciento de la campaña anterior al valor mencionado en la actual campaña que lo ubica por debajo de la base de comercialización del 11%) (agrovoz.lavoz.com.ar).

Los incrementos en la producción con sostenibilidad del sistema productivo, se logran con una adecuada rotación de cultivos, manejo de los lotes con o sin aporte de niveles freáticos, elección correcta de variedades, manejos de fechas de siembra, manejo integrado de plagas y enfermedades y adecuados niveles nutricionales y con ajustes en las técnicas de fertilización, entre otros. En lo que concierne al uso y momentos de aplicación de fertilizantes, según el informe de la Bolsa de Cereales de Córdoba, “el 75 por ciento de la superficie provincial implantada con trigo se fertilizó a la siembra (23 por ciento de esta proporción, también en macollaje); un 14 por ciento, sólo en macollaje y un 11 por ciento no registró aplicaciones” El mismo informe señala que además de haberse “incrementado el área fertilizada también aumentó la dosis de elementos aplicados por hectárea.

En el caso del nitrógeno, el promedio para Córdoba fue de 56 kilogramos por hectárea, un 3,7% superior al ciclo anterior y un 12 por ciento a las campañas 2017/18 y 2016/17. También creció 58 por ciento la dosis promedio de fósforo, de los 12 kilos de las tres temporadas anteriores a 19 kilos” (www.bccba.com.ar).

En general una adecuada nutrición del cultivo presenta un impacto positivo sobre la eficiencia en el uso del agua (EUA) y en consecuencia representa una mejora en el crecimiento del cultivo y en el rendimiento de grano. Como en otros cultivos, el trigo requiere de varios nutrientes para su crecimiento, aunque son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) los que tienen importancia cuantitativa (por cada tonelada de granos el cultivo necesita aproximadamente 30kg de unidades N, 5kg de unidades de P y 19 kg de unidades de K). El incremento en los rendimientos obliga a suplementar con fertilizantes las cantidades que demanda el cultivo y que el suelo no puede aportar. Nitrógeno y fósforo se encuentran disponibles en el suelo y no siempre son debidamente cuantificados a pesar de contar con una herramienta muy útil como es la información que aporta el análisis de suelo, que cobra especial relevancia a la hora de recomendar distintas estrategias de fertilización. En Argentina la práctica de fertilización nitrogenada más común, es al momento de la siembra con la posibilidad de agregar otra dosis a fin de macollaje. El momento de fertilización y respuestas esperadas en el cultivo dependerá de una serie de factores que tienen que ver con condiciones edáficas, climáticas y de manejo. Según Melgar (1997) las fertilizaciones fraccionadas tendrían la ventaja de sincronizarse con las necesidades del cultivo (www.fertilizando.com/articulos...). En otro trabajo Ruiz y colaboradores (2018) afirman que “en campañas húmedas y lotes con riesgos de anegamiento y las consecuentes pérdidas de nitrógeno por lixiviación y desnitrificación, el atraso de la fertilización hacia macollaje resultaría ser una buena práctica para aumentar la eficiencia de uso del nitrógeno, el rendimiento y el porcentaje de proteína”. Según lo expresado por Sarandón y Gianibelli (1990), la disponibilidad temprana de N se traduce normalmente en mejores rendimientos y su aplicación en etapas tardías puede mejorar la cantidad y calidad de las proteínas en grano. Por su parte Diaz-Zorita concluyó en trabajos de 3 campañas en General Villegas, que la eficiencia del uso del nitrógeno fue mayor cuando la fertilización se realizó en la siembra-emergencia, en comparación con la fertilización en macollaje y lo atribuyó a la escasa frecuencia de precipitaciones invernales que permiten la total incorporación del nitrógeno del fertilizante con anterioridad a la floración de los cultivos (citados en www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion).

Además del momento, adquiere relevancia la técnica de fertilización ya que puede favorecer a un mejor aprovechamiento en el uso del nitrógeno por parte de la planta. Pagnan y col. (2019) ensayaron con dosis creciente de N comparando las técnicas de disponer el N “voleado” vs. “incorporado” a la siembra. Como resultado observaron que los mayores rendimientos se lograron con las mayores disponibilidades de N, y que en los tratamientos con N incorporado, la disponibilidad de N necesaria para obtenerlo, resultó menor comparado con la urea voleada. Además, observaron que, ante disponibilidades bajas y medias de N, los tratamientos con aplicación al voleo expresaron menores rendimientos que aquellos en que el N fue incorporado. En trabajo anterior Fontanetto y col. (2007) probando distintas fuentes de nitrógeno (líquido vs sólido) y formas de disponer el N (voleado vs. incorporado), observaron que la formulación líquida fue más eficiente que la sólida y la incorporación de ambos fertilizantes en el suelo, fue mejor que las aplicaciones al voleo

El P es el otro macronutriente de alta relevancia en trigo, ya que presenta interacciones con otros nutrientes las cuales pueden ser de naturaleza antagónica como el caso de zinc (Zn) o positivas como con N, S, K, entre otros. De este modo, deficiencias de nutrientes como por ejemplo N o S,

limitan la respuesta al P (Suñer y Galantini, 2018). Loewy (1996) observó en Argiudoles típicos de Cnel. Suárez una mejor respuesta a la fertilización fosforada cuando se acompañó con urea a la siembra, en relación con aplicaciones al macollaje (www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion). También se le atribuye “efectos positivos en incrementar la eficiencia en el uso del agua EUA y la tolerancia de los cultivos a la sequía a través del desarrollo temprano del cultivo que reduce la evaporación a favor de la transpiración del cultivo, con más raíces (mayor exploración del suelo) y más activas” (Micucci, 2002) (citado en www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-trigo-siembra-directa).

El ajuste de dosis de nitrógeno y la combinación de fuente y forma de aplicación debe estar no sólo apuntado a la mejora del rendimiento, sino también de la calidad panadera. En trabajo de Pagnan y col. (2018) se menciona que la aplicación de urea incorporada en el suelo permite obtener mayores rendimientos y mayores porcentajes de proteína y gluten húmedo que cuando la aplicación se hace al voleo sobre el suelo. En consecuencia, es de esperar máximos rendimientos con una dosis de N menor. Los mismos investigadores en trabajo más reciente (2019) concluyeron que el peso hectolítrico decreció en aquellos tratamientos con menor aporte de N y que los porcentajes de proteína y gluten húmedo se comportaron de manera similar a lo observado en el rendimiento, es decir se incrementaron significativamente a medida que aumentó la disponibilidad de N. También observaron que los valores de gluten húmedo resultaron mayores en los tratamientos incorporados. Anselmi y col. (2018), evaluaron el comportamiento de dos variedades de trigo distintas en grupos de calidad, frente a dosis crecientes de N. Se observó en ambas, un incremento en el número de espigas, mayor rendimiento en la variedad de grupo de calidad 2 y por el contrario mayores valores de proteína y gluten húmedo en la variedad de grupo de calidad 1.

Materiales y métodos

1. Área de estudio

El área de estudio comprendió el centro y sur de la provincia de Córdoba. Los ensayos fueron conducidos en 6 sitios comprendidos en áreas de influencia de las Agencias de Extensión Rural (AER) de INTA dependientes de las EEA's INTA Manfredi y Marcos Juárez y de Cooperativas ACA: Oliva (AER Oncativo y coop Agrícola de Oliva), Bell Ville (AER Bell Ville), Justiniano Posse (AER Justiniano Posse y Coop. Agrícola de Justiniano Posse), Marcos Juárez (EEA Marcos Juárez), La Carlota (AER La Carlota), y Onagoity (AER Huinca Renancó). La elección tuvo en cuenta la representatividad de los ambientes productivos según zonas. En cada uno de estos sitios se condujeron ensayos similares descriptos en un mismo protocolo.

2 Protocolo de ensayos y diseño experimental

Se acordó y elaboró entre técnicos de ACA e INTA un protocolo para la conducción de ensayos de manejo de trigo para la campaña 2019-20 cuyo objetivo principal fue la “evaluación de técnicas de manejo de la fertilización para reducir la brecha en productividad en distintos ambientes productivos de la provincia de Córdoba, asegurando maximizar el rendimiento de grano y los parámetros de calidad comercial”.

Se propuso hacer determinaciones de nutrientes a través de análisis de suelo (Mo, PH, Nitrogeno total, nitrógeno de nitratos, nitrógeno anaeróbico - NAN y P asimilable) con muestras de suelo remitidas al laboratorio de suelo de INTA Marcos Juárez.

Los tratamientos a evaluar consistieron de probar dos técnicas distintas en manejos de fertilización nitrogenada y fosforada para potenciales de rendimiento distintos:

- 1) Tratamiento de condición mejorada o “premium” (60-70% superior al rendimiento promedio local o zonal).

Nitrógeno (urea granulada 46-0-0) incorporada previa a la siembra con dosis de N definida por rendimiento objetivo esperado¹ y la disponibilidad de N en el suelo.

Arrancador Micro Essentials S9 ©²

¹ 6000 kg de grano/ha. Se asumió para su obtención la relación de 30 kg de N/tn de grano (disponibilidad para el cultivo de 180 kg/ha de unidades de N)

² (N10%/P 46%/Z ELEMENTAL6,3%/Z DE SULFATO 2,7%/AZUFRE TOTAL 9%) a una dosis de 130 kg/ha.

2) Tratamiento “productor” o de media zonal (incremento de rendimiento promedio zonal superior a un 30%)

Nitrógeno (urea granulada 46-0-0 o fertilizante líquido) voleado/ al chorrillo previo a la siembra o durante la siembra. La dosis de N definida en función del rendimiento objetivo³ y la disponibilidad de N aportado por el suelo.

Arrancador MAP (fosfato monoamónico” - Grado N/P2O5/K 11-52-0) o DAP (fosfato diamónico– Grado N/P2O5/K 18-46-0) a una dosis de 80 kg/ha en el primero o 90 kg/ha en el segundo.

³ 4.500 kg de grano/ha. Se asumió para su obtención la relación de 30 kg de N/tn de grano (disponibilidad para el cultivo de 180 kg/ha de unidades de N).

Se emplearon 4 variedades de trigo contrastantes en calidad comercial panadera (Grupos de calidad): ACA 360 (GC1), Algarrobo(GC2), MS INTA 119 (GC2) y Cedro (GC3).

El diseño estadístico propuesto fue parcelas divididas, con los tratamientos (variantes de fertilización) sobre la parcela principal y en las subparcelas las variedades. La superficie de las macroparcels fue de aproximadamente 700 m² (14 m. de ancho, asegurando el ancho de cosecha de cosecha y largo de 50 m.) en la mayoría de los ambientes y de 1400 m² (14 m de ancho y 100 y 140 m. de largo en los ensayos de Marcos Juárez y Justiniano Posse respectivamente).

Se propuso un manejo sanitario íntegro, desde el curado de la semilla (fungicida curasemilla) y el control enfermedades fúngicas (fundamentalmente roya amarilla y roya anaranjada) con control total del ensayo ante la sola presencia de enfermedad en alguna de las variedades.

3 Determinaciones en laboratorio de suelo

En el cuadro 1 se describen los parámetros determinados y la metodología empleada para la obtención de resultados de análisis de suelo.

Cuadro 1. Determinaciones y metodología de análisis de laboratorio de suelos

Determinaciones	Metodología
<i>Reacción del suelo (PH)</i>	método potenciométrico (IRAM 29410, 1999)
<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	método conductimétrico (Rhoades, 1996)
<i>Materia orgánica (Mo)</i>	determinación de carbono orgánico del suelo oxidable (IRAM-SAGyP 29571-2, 2011)
<i>N orgánico del suelo (NOS)</i>	método semi-micro kjeldahl modificado (IRAM-SAGPyA 29572 -1, 2011)
<i>Nitratos (NO3-)</i>	método ácido fenoldisulfónico (Bremmer, 1965) y colorimetría
<i>amonio (NH4+)</i>	destilación por arreste de vapor (Keeney y Nelson, 1982) y (Mulvaney, 1996)
<i>NAN (N anaeróbico)</i>	método de incubación anaeróbica de suelo (Echeverría et al., 2000)
<i>P extraíble (Pe)</i>	metodología de Bray y Krutz N° 1 modificado (IRAM-SAGyP 29570-1, 2010)
<i>Agua útil (mm)</i>	Metodología seguida en EEA INTA Marcos Juárez (Gudelj y col. 2018)

4 Conducción de los ensayos manejo agronómico, fertilización siembra y cosecha

En todos los sitios se hizo previo a la siembra de los ensayos, control de malezas en barbecho empleando herbicidas de control total (glifosato) en mezcla con latifolicidas de contacto (2,4 o dicamba) y metsulfurón metil. En el cuadro 2 se detalla información de manejo de los ensayos en cada uno de los sitios

Cuadro 2. Fertilización (tratamientos), siembra y cosecha

Sitios	Fertilización					Siembra		Cosecha
	fecha	Tratamientos				fecha	Densidad kg/ha	fecha
		"productor"		"premium"				
urea	arrancador	urea	arrancador					
LA CARLOTA	28/5/2019	170 kg/ha	90 kg/ha ¹	293 kg/ha	110 kg/ha	4/6/2019	125	4/12/2019
MARCOS JUAREZ	4/6/2019	228 kg/ha	90 Kg/ha ²	228 kg/ha	130 kg/ha	8/6/2019	125	10/12/2019
ONAGOITY	30/6/2019	228 kg/ha	70 kg/ha ¹	270 kg/ha	130 kg/ha	2/7/2019	130	11/12/2019
OLIVA	1/6/2019	150 kg/ha	90 kg/ha ¹	300 kg/ha	160 kg/ha	4/6/2019	110	3/12/2019
BELL VILLE	8/6/2019	125 kg/ha	80 Kg/ha ²	150 kg/ha	147 kg/ha	8/6/2019	120	28/11/2019
JUSTINIANO POSSE	28/5/2019	200 kg/ha	80 Kg/ha ¹	300 kg/ha	130 kg/ha	28/5/2019	120	27/11/2019

¹ DAP ² MAP

La fertilización en cada uno de los ensayos se hizo con maquina sembradora disponible excepto en La Carlota, Oliva y Justiniano Posse donde se emplearon fertilizadoras. Las dosis de urea y arrancador fueron variables según ambientes en función de los análisis de suelo. Las fuentes de arrancador en el tratamiento productor fue DAP o MAP. En general la urea se voleó antes de la siembra y sólo en dos sitios (Onagoity y Bell Ville) se incorporó. En Oliva se aplicó de manera combinada voleando primero la mitad de dosis e incorporando luego la otra mitad. En todos los sitios el tratamiento "premium" se realizó incorporando el P (Micro Essentials) y el N según protocolo.

5 Variables productivas, de calidad y análisis de eficiencia de uso de agua y nitrógeno

Se obtuvieron datos de rendimiento de grano a partir de la cosecha de cada macroparcela (tratamiento*variedad) con superficie de cosecha conocida y pesado en tolvas con balanza, ajustando lo cosechado a rendimiento por hectárea (Kg/ha). Con muestras de granos de cada una de las macroparcels, correspondientes a 3 sitios de evaluación, se determinó a través de análisis de laboratorio el Peso hectolítrico (PH) (kg/hl) y el contenido de proteína en grano (%) mediante empleo de equipo de transmitancia en el infrarojo cercano NIRT en el Laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas de la EEA Marcos Juárez según Norma AACC N° 39-21 (AACC, 2001).

En el cuadro 3 se presentan las condiciones meteorológicas y edáficas de los sitios de ensayos. Con los datos de agua útil en el suelo al momento de la siembra y el agua recibida durante el ciclo del cultivo (agua disponible para el cultivo) y el rendimiento de grano, se hizo un análisis para determinar el rendimiento máximo alcanzable, utilizando el método de máximo rendimiento de frontera (Van Ittersum *et al.*, 2013). El resultado fue un ajuste de una función cuadrática que relaciona el agua disponible con el rendimiento de grano, permitiendo estimar el máximo rinde alcanzable de cada sitio de ensayo. A su vez, este rendimiento alcanzable es bastante próximo a un rendimiento limitado por la disponibilidad de agua por lo que se puede considerar términos equivalentes para este estudio. La eficiencia del uso del agua (EUA) se calculó como la relación entre el rendimiento y el agua disponible. En otro análisis, con los valores de nitrógeno total, nitratos y NAN determinados en laboratorio y conociendo el N aportado por fertilizantes, se calculó la cantidad de nitrógeno disponible para el cultivo. A partir del producto del nitrógeno disponible y la eficiencia de uso del nitrógeno (30 kg N/t grano) se calculó el rendimiento limitado por nitrógeno en tanto que la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) se determinó como la relación entre el rendimiento y el nitrógeno disponible.

6 Análisis estadístico

Para el análisis de las variables evaluadas se utilizaron modelos lineales mixtos, teniendo en cuenta a variedades, tratamientos y su interacción como efectos fijos y a las repeticiones como aleatorias. Se compararon las medias con test de LSD de Fisher al 5%.

Para análisis conjunto de rendimientos, se realizó un conjunto teniendo en cuenta variedades, sitios y su interacción. Luego debido a la interacción significativa, se procedió a utilizar Shukla para conocer la estabilidad de los cultivares. Se utilizaron los software estadísticos, Infostat y SAS for university.

Resultados y Discusión

a. *Condiciones edáficas, ambientales y de manejo en los sitios de evaluación*

En el cuadro 3 se presenta información sobre condiciones de ambiente (agua útil al momento de la siembra, precipitaciones durante el ciclo del cultivo, profundidad de napa, y datos de tipo de suelo y textura) y los resultados de los análisis de suelo con determinaciones de contenido de materia Orgánica (MO%), conductividad eléctrica (ms/cm/25°C), Nitratos (ppm), Nitrógeno total (%) en 0-20 20-40 (60) y 40-60, NAN y Fósforo (P) asimilable (ppm).

Cuadro 3. Condiciones ambientales y Resultados de análisis de suelo

	Sitios de evaluación					
	La Carlota	Marcos Juárez	Onagoity	Oliva	Bell Ville	Justiniano Posse
Precipitaciones (Abr-Nov, mm)	234	370	382	221	173	301
Agua útil a 1.5 m (mm)	165	260	130	210	210	187
Agua disponible (mm)	399	630	512	431	383	488
Profundidad de napa (cm)	250	190	80	80	150	180
Tipo de suelo	Haplustol éntico	Argiudol típico	Haplustol éntico	Argiudol típico	Hapludol típico	Hapludol típico
Textura	Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
PH en agua	5,7 (mod. ácido)	5,9 (mod. ácido)	5,4 (ácido)	6 (mod. ácido)	6,2 (ligero ácido)	5,8 (mod. ácido)
Cond. Eléctrica (1:2.5) mS/cm/25°C	0,08 (normal)	0,08 (normal)	0,08 (normal)	0,16 (normal)	0,07 (normal)	0,07 (normal)
Materia orgánica (%)	2,08 (escaso)	2,54 (mod. Dotado)	1,41 (escaso)	1,95 (escaso)	1,87 (escaso)	2,45 (escaso)
Nitrógeno en suelo (0-60 cm, kg/ha)	103	105	34	134	53	77,29
Nitrógeno total (0-20 cm, %)	0,105 (escaso)	0,129 (mod. provisto)	0,070 (escaso)	0,098 (escaso)	0,094 (escaso)	0,124 (escaso)
NAN (ppm)	55,3 (0-5)	42,7 (0-20)	19,6 (0-20)	35,7 (0-20)	33,6 (0-20)	104,3 (0-20)
Fosforo asimilable (ppm)	16 (alto)	13 (medio)	5 (bajo)	8 (bajo)	7 (bajo)	9 (bajo)
Azufre de sulfato (ppm)	2,2 (deficiente)	1 (deficiente)

Referencia: NAN=nitrógeno anaeróbico

Fuente: Laboratorio de Suelos y Microbiología EEA INTA Marcos Juárez

Los mayores valores de Nitrógeno total (0-60 cm) se determinaron en las muestras de suelo correspondientes a los sitios de Oliva, Marcos Juárez y La Carlota. En el único sitio donde se determinó moderadamente provisto la determinación en 0-20 cm fue Marcos Juárez mientras que en el resto de los sitios se observó escaso.

El mayor valor de NAN correspondió Bell Ville (104,3 ppm) y el menor valor a Onagoity (19,6 ppm). Los valores de P asimilable resultaron bajos en la mayoría de los sitios (5 a 9 ppm), medio en Marcos Juárez y alto (16 ppm) en La Carlota.

Los registros de precipitaciones durante el ciclo de crecimiento del cultivo, variaron entre 173 mm en Bell Ville a 382 mm en Onagoity. Al momento de la siembra los suelos contaron con buen contenido de humedad, incluso en algunos ambientes el suelo se encontraba a capacidad de campo, tal los casos de Bell Ville, Justiniano Posse y Marcos Juárez. En todos los sitios hubo presencia de la capa freática a profundidades variables (desde 80 cm en Onagoity hasta 250 cm en La Carlota) con aporte de agua al cultivo. El contenido de MO (%) en todos los sitios de evaluación fue descripto como escaso a excepción de Marcos Juárez donde se vio moderadamente dotado (2,54%).

Se monitorearon los ensayos y se advirtió la presencia de enfermedades foliares por lo que fue necesario decidir aplicaciones de control químico. Principalmente las dos enfermedades presentes fueron roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis*) instaladas sobre las variedades hacia fin de encañado (fin de septiembre) y comienzo de llenado de grano (mediados de octubre). Se hizo en general una sola aplicación, con controles satisfactorios ya que a la acción del fungicida se sumó la condición ambiental que no favoreció al desarrollo sostenido de ambas enfermedades.

b. *Eficiencia en el uso de agua y nitrógeno*

El cuadro 4 muestra las diferencias en rendimiento de grano, de eficiencia en el uso del agua (EUA) y eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) en cada tratamiento y sitios de evaluación y la cantidad de N disponible (N del suelo más aportado por fertilizante nitrogenado y arrancador) detallados en los cuadros 2 y 3.

Cuadro 4. Rendimiento de grano, eficiencias de uso del agua (EUA) y nitrógeno (EUN) en los sitios de ensayos.

Sitios	Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	EUA (kg grano/mm)	N disponible (suelo + fertilizante, kg/ha)	EUN (kg grano/kg N)
Bell Ville	PREMIUM	4031	10.5	139.6	28.9
Onagoity	PREMIUM	5417	10.6	173.8	31.2
Justiniano Posse	PREMIUM	4916	12.8	230.9	21.3
La Carlota	PREMIUM	4068	10.3	251.0	16.2
Marcos Juárez	PREMIUM	4055	6.4	225.5	18.0
Oliva	PREMIUM	4869	11.3	291.2	16.7
Bell Ville	PRODUCTOR	4097	10.7	118.5	34.6
Onagoity	PRODUCTOR	4229	8.3	151.5	27.9
Justiniano Posse	PRODUCTOR	4556	11.8	183.7	24.8
La Carlota	PRODUCTOR	4082	10.2	197.4	20.7
Marcos Juárez	PRODUCTOR	3959	6.3	218.9	18.1
Oliva	PRODUCTOR	3754	8.7	219.2	17.1
		4354	9.9	200.1	23.0
	PREMIUM	4559	10.3	218.7	22
	PRODUCTOR	4179	9.5	181.5	24

Los valores promedios de N disponible en los tratamientos “premium” y “productor” fue de 218.7 y 181.5 kg/ha, respectivamente. La EUN media fue 23 kg grano/kg de nitrógeno con valores máximos de 34.6 y mínimos de 16.2 kg grano/kg de nitrógeno. En promedio, el tratamiento “productor” mostró una EUN superior al “premium”.

La EUA promedio fue 9.9 kg grano/mm, siendo levemente superior en los tratamientos “premium” comparado a los tratamientos “productor” (7.8%).

Cabe considerar que esta eficiencia de uso está relacionada al agua de lluvia más agua acumulada en el suelo al inicio del cultivo y no al agua evapo-transpirada. Videla Mensegue *et al.* (2016) estimaron valores de 11.8 kg grano/mm para trigo haciendo análisis similares con datos de productores para la región centro sur de Córdoba.

La EUN está relacionada negativamente con la disponibilidad de nitrógeno (gráfico 1). A medida que la cantidad de N disponible aumenta, la eficiencia con el que se utiliza decrece hasta alcanzar un valor mínimo de aproximadamente 15 kg grano/kg N. Por su parte la EUA no mostró una relación clara con el N disponible. Pudo deberse a que la presencia de la capa freática cercana, genera aportes de agua que no son tomados en cuenta en el cálculo de EUA y en consecuencia dar sobreestimaciones en la EUA.

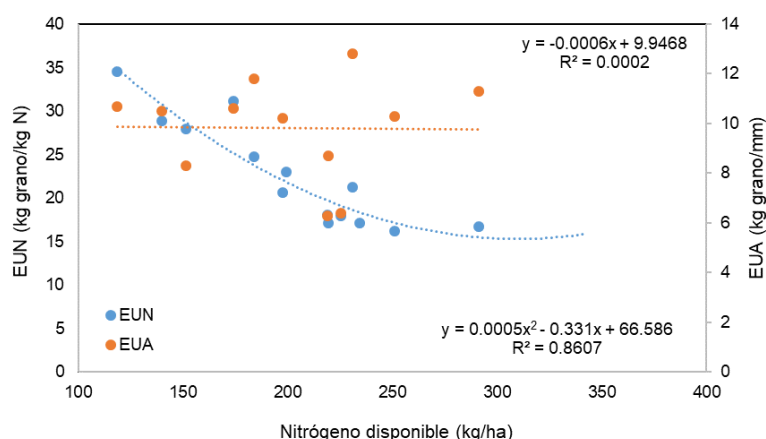


Gráfico 1. Relaciones entre el nitrógeno disponible y la eficiencia de uso del agua (EUA) y eficiencia de uso del nitrógeno (EUN).

c. Rendimientos máximos alcanzables

El gráfico 2 muestra la relación entre el agua disponible y el rendimiento de los ensayos. Además, se muestra la curva de rendimientos de frontera a partir de la cual se estimaron los rendimientos máximos alcanzables para cada sitio de experimentación en función del agua disponible (precipitación acumulada de abril a noviembre + agua útil a la siembra). Se deduce que para la condición media de agua disponible de todos los ensayos (520 mm) el rinde máximo alcanzable fue 6400 kg/ha mientras que el rinde promedio de los ensayos fue 4177 kg/ha. Es decir, la brecha de rendimiento entre ambos fue 2223 kg/ha (~ 34%). Esta brecha de rendimiento puede deberse a desajustes en el manejo del agua, nutrición, y adversidades biológicas. Cabe aclarar que la relación mostrada (gráfico 2) es un análisis muy simple para determinar brecha de rendimientos y no considera las pérdidas de agua o bien el agua que efectivamente está disponible para el cultivo o el agua que puede aportar la capa freática por lo cual esta metodología puede sobreestimar o subestimar la relación para algunos sitios. No obstante, es una aproximación simple que da un marco conceptual del potencial productivo limitado por agua de cada sitio.

El gráfico 3 muestra el rendimiento máximo alcanzable por agua, el rendimiento limitado por la disponibilidad de nitrógeno para los tratamientos “premium” y “productor” y el rendimiento real de ambos tratamientos en cada uno de los sitios de evaluación. De esto se deduce que el promedio de los 6 sitios evaluados en cuanto al rendimiento máximo alcanzable limitado por la disponibilidad de agua fue 5828 kg/ha (520 mm agua disponible). El rendimiento promedio limitado por nitrógeno para los tratamientos “premium” fue 7289 kg/ha (218,7 kg/ha de N disponible) y para los tratamientos “productor” fue 6051 kg/ha (181,5 kg/ha de N disponible). Por su parte el rendimiento de grano promedio calculado para el tratamiento “premium” fue 4569 kg/ha y para el tratamiento “productor” fue 4113 kg/ha, siendo la diferencia promedio entre ambos de 456 kg/ha (11%). Un aporte diferencial de nitrógeno de 37 kg/ha estuvo a favor del tratamiento “premium” comparado con el tratamiento “productor”.

Teniendo en cuenta que por cada 1000 kg/ha de trigo se requieren 30 kg/ha de N, el aporte extra entre tratamientos debería haber resultado en una diferencia de rendimiento entre tratamientos de alrededor de 1233 kg/ha.

Esta diferencia que existió en la respuesta al aporte de nitrógeno, pudo haber estado asociada a que el factor limitante principal del rendimiento fue la disponibilidad de agua en la mayoría de los sitios a expensa de la disponibilidad de nitrógeno, con la excepción de los sitios Onagoity y Bell Ville. No obstante, es importante analizar las relaciones funcionales entre el rendimiento de grano, la dinámica del agua y el nitrógeno para situaciones ambientales contrastantes.

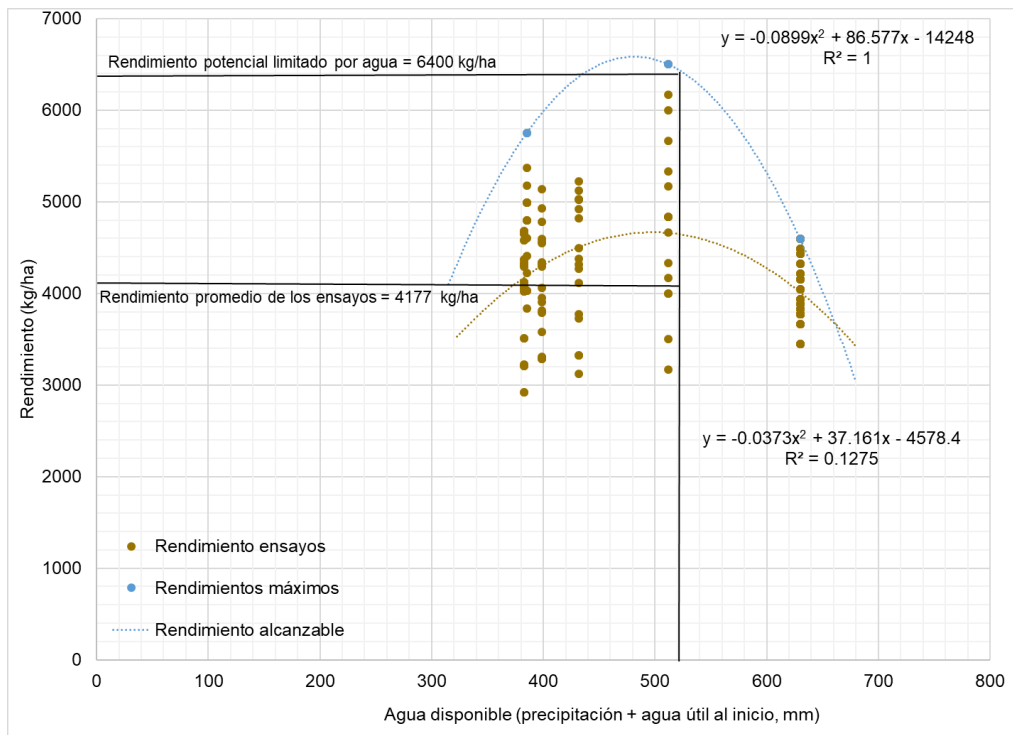


Gráfico 2. Relación rendimiento y agua disponible (precipitación acumulada de abril a noviembre + agua útil inicial) y construcción de la curva de rendimiento máximo alcanzable.

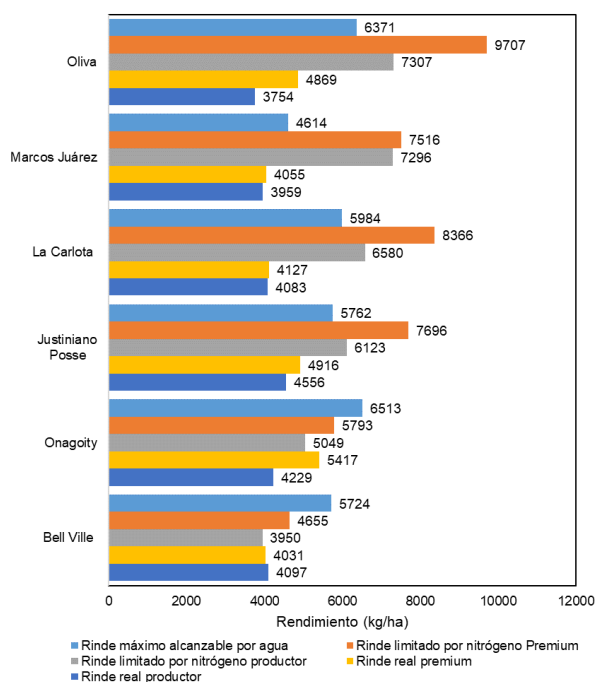


Gráfico 2. Rendimientos máximos alcanzable limitado por agua y limitado por disponibilidad de nitrógeno y rendimientos real en los tratamientos "premium" y "productor" para cada sitio de evaluación.

d. Rendimiento de grano (kg/ha)

Para analizar la variable rendimiento de grano se realizó un análisis conjunto de todos los sitios, teniendo en cuenta variedad, tratamiento, sitios y sus interacciones (cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de variancia.

Estimadores	p-value
Sitio	S
Variedad	S
Tratamiento	S
Sitio*variedad	S
Sitio*Tratamiento	S
Variedad*Tratamiento	NS
Sitio*Variedad*Tratamiento	NS

S: significativo **NS:** no significativo. Nivel de significancia $p < 0,05$

Del análisis de variancia se pudo observar que la interacción triple (sitio*variedad*tratamiento) y la doble (variedad*tratamiento) no resultaron significativas, lo que indica que los tratamientos se comportaron de la misma manera para todas las variedades. En cambio, las interacciones sitio*variedad y sitio*tratamiento resultaron significativas, es decir los tratamientos no se comportaron de la misma manera en todos los ambientes y lo mismo con las variedades.

A continuación, se presentan las medias y sus comparaciones para la interacción sitio*tratamiento (cuadro 6)

Cuadro 6 interacción sitio*tratamiento

Sitios	Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)
		medias
Bell Ville	PRODUCTOR	4096.8 a
Bell Ville	PREMIUM	4031.4 a
Onagoity	PREMIUM	5416.8 a
Onagoity	PRODUCTOR	4229.1 b
Justiniano Posse	PREMIUM	4915.8 a
Justiniano Posse	PRODUCTOR	4555.9a
La Carlota	PRODUCTOR	4082.2 a
La Carlota	PREMIUM	4068.0 a
Marcos Juárez	PREMIUM	4055.0 a
Marcos Juárez	PRODUCTOR	3959.2 a
Oliva	PREMIUM	4869.1 a
Oliva	PRODUCTOR	3754.2 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la mayoría de los ambientes no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos de técnicas de fertilización; sólo en Onagoity y Oliva el tratamiento “premium” superó en rendimiento al tratamiento “productor” en forma significativa. El mayor rendimiento, comparando los 6 sitios, se obtuvo en Onagoity con el tratamiento “premium” (5417 kg/ha) superando significativamente al resto.

En el cuadro 7 se muestran las medias y la comparación de las mismas para la interacción sitio*variedad

Cuadro 7. Rendimiento de grano (kg/ha) en la interacción sitio*variedad

	Bell Ville	Onagoity	J. Posse	La Carlota	M. Juarez	Oliva
ACA360	4302,2 a	5083,3 a	4076,0 b	4029,1 a	3692,6 b	3815,2 b
ALGARROBO	3214,8 b	4083,3 b	4844,0 a	3880,5 a	3788,3 b	4562,2 a
CEDRO	4388,2 a	4750,3 a	4748,0 a	4125,3 a	4089,2 ab	4407,4 ab
MS119	4351,3 a	5375,0 a	5275,3 a	4265,6 a	4458,5 a	4462,0 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

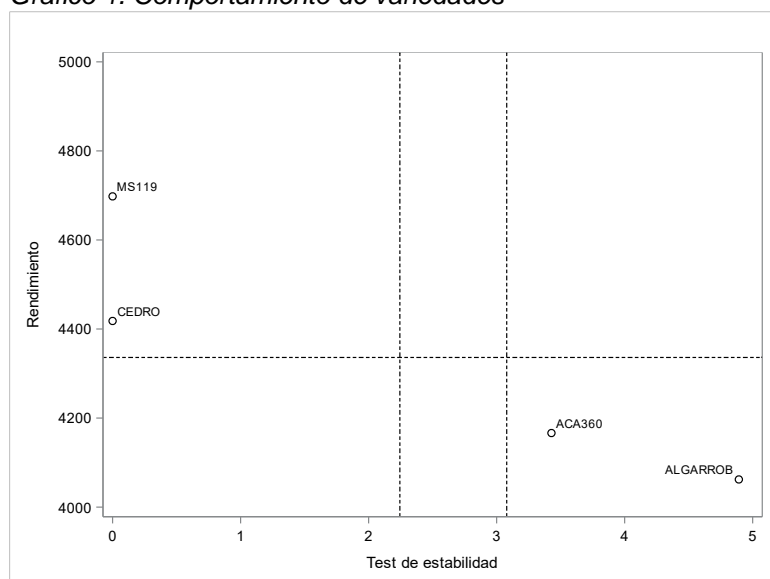
diferentes ($p > 0.05$)

Como puede observarse, las variedades no se comportaron de la misma manera en todos los sitios. Los mayores valores en rendimientos de grano (superior a 5000 kg/ha) se dieron en los sitios de Onagoity y Justiniano Posse. MS INTA 119 y Cedro no presentaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los 6 sitios de evaluación en tanto que ACA 360 y Algarrobo resultaron diferentes de las anteriores según los sitios. En La Carlota no se observaron diferencias significativas entre las variedades.

Para poder discriminar más esta interacción se realizó un análisis de Shukla que permitió visualizar que variedades presentaron mayor estabilidad y rendimiento de grano. Esta característica,

correspondió a los cultivares MS INTA 119 y Cedro para la mayoría de los ambientes. La DMS del análisis conjunto es 366 kg/ha, por lo cual no existen diferencias entre ellas. Por el contrario, las variedades ACA 360 y Algarrobo presentaron un poco más de interacción con los sitios de evaluación y menor rendimiento (gráfico 1)

Gráfico 1. Comportamiento de variedades



e. *Contenido de proteína en grano (%)*

Se presentan los análisis del contenido de proteínas en grano (%) proveniente de muestras de los sitios de evaluación de Bell Ville (BV) y Justiniano Posse (JP) (analizados estadísticamente) y de La Carlota (LC) (estos últimos sin análisis estadísticos porque se contó con muestras de una sola repetición). El análisis de variancia muestra que la interacción tratamiento*variedad resultó no significativa en tanto que variedades y tratamientos resultaron significativas (cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Contenido de proteínas en grano (%) según variedades

VARIEDAD	Bell Ville	Justiniano Posse
	medias	medias
ACA 360	13.7 a	13.7 a
CEDRO	11.3 b	10.8 b
ALGARROBO	11.2 b	10.1 c
MS INTA 119	11.1 b	10.3 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En ambos sitios la variedad con mayor contenido de proteínas fue ACA 360 (GC 1). En Justiniano Posse se registraron mayores diferencias entre cada una de ellas.

Cuadro 9. Contenido de proteínas en grano (%) según tratamientos

TRATAMIENTO	Bell Ville	Justiniano Posse
	medias	medias
PREMIUM	12.1 a	11.5 a
PRODUCTOR	11.5 b	10.9 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En ambos sitios el tratamiento “premium” mostró mayor contenido de proteínas comparado con el tratamiento “productor”.

El cuadro 10 muestra valores de contenido de proteínas en grano (%) y Peso Hectolítico – PH - (Kg/hl) de las variedades según tratamientos para los tres sitios analizados

Cuadro 10. Valores de proteínas en grano (%) y PH (Kg/hl) en variedades y tratamientos

Variedad	Tratamiento	Proteína (%)			PH (kg/hl)		
		BV	JP	LC	BV	JP	LC
MS INTA 119	PRODUCTOR	10,7	9,9	11,4	76,3	75,4	80,7
	PREMIUM	11,5	10,6	12,4	73,9	75,6	80,2
ACA CEDRO	PRODUCTOR	10,9	10,4	11,5	73,8	70,7	78,9
	PREMIUM	11,5	11	12,2	71,4	73,1	79,3
ALGARROBO	PRODUCTOR	11,1	9,8	11,7	72,2	74,0	80,6
	PREMIUM	11,4	10,6	12,6	70,6	74,9	80,7
ACA 360	PRODUCTOR	13,3	13,2	14,8	80,5	74,8	83,2
	PREMIUM	14,05	14,1	15,3	79,6	74,1	82,1

Sobre la variable contenido de proteínas en grano (%) se observó que el tratamiento “premium” en todas las variedades y sitios de evaluación, dio mayores valores que el tratamiento “productor”. A nivel variedades, ACA 360 presentó los mayores valores de proteína en grano en ambos tratamientos. A nivel sitios, en La Carlota se obtuvieron los mayores valores en las 4 variedades y para ambos tratamientos.

En PH no se observaron diferencias importantes entre tratamientos en cada una de las variedades. En cambio, a nivel variedades hubo más diferencias siendo ACA 360 la variedad que presentó los mayores valores en los tres sitios de evaluación. A nivel sitios de evaluación, Bell Ville se destacó en esta variable por presentar registros mayores en el tratamiento “productor” comparado con el tratamiento “premium”.

Conclusiones

- El conocimiento previo de la condición inicial de fertilidad en el suelo en cada ambiente, permitió definir y recomendar las dosis de ambos fertilizantes en cada una de las condiciones planteadas, en respuesta al potencial de rendimiento objetivo.
- Reunir información de agua útil en el suelo, aportes de humedad por napa, agua aportada por lluvias y condiciones de fertilidad edáfica más lo aportado por fertilización, revela si estamos siendo eficientes en el uso de los recursos agua y nutrientes.
- La propuesta de ensayos bajo un mismo protocolo de evaluación y para un mismo objetivo común, aseguró resultados que revelaron no solo la condición y potencialidad productiva de cada ambiente, sino que también permitió estimar o desestimar efectos aportados por los tratamientos y las variedades.
- La EUA promedio fue de 9.9 kg grano/mm siendo levemente superior (7.8%) en los tratamientos “premium”.
- La EUN media fue 23 kg grano/kg de nitrógeno con valores máximos de 34.6 y mínimos de 16.2 kg grano/kg de nitrógeno. En promedio, el tratamiento “productor” mostró una EUN superior al “premium”.
- El rendimiento calculado máximo alcanzable promedio, limitado por la disponibilidad de agua en los ambientes evaluados fue de 5828 kg/ha y para la condición media de agua disponible de todos los ensayos (520 mm) la brecha de rendimiento calculada fue de 2223 kg/ha (~ 34%) – diferencia entre rinde máximo alcanzable de 6400 kg/ha y el rinde promedio alcanzado en los ensayos de 4177 kg/ha.
- El rendimiento calculado promedio limitado por N para el tratamiento “premium” fue 7289 kg/ha y de 6051 kg/ha para el tratamiento “productor”, siendo la diferencia entre ambos de 1238 kg/ha (~ 17%). La diferencia real de rendimientos logrados en el tratamiento “premium” (4569 kg/ha) y el tratamiento “productor” (4113 kg/ha) – 456 kg/ha de diferencia - demuestra que el rendimiento se construye y depende de varios factores.
- Los sitios donde mayor respuesta hubo en rendimiento de granos atribuida al tratamiento “premium”, fueron Onagoity, Oliva y Justiniano Posse, tres sitios donde hubo mayor aporte de N por fertilización. Se logró así rendimientos a los potencialmente esperados con la tecnología propuesta.
- En cuanto a variedades estos resultados revelaron distintos potenciales de rendimiento. MS INTA 119 y Cedro aprovecharon de mejor manera la potencialidad de los mejores ambientes productivo (Onagoity, Oliva y Justiniano Posse) y a su vez también sostuvieron mejores comportamientos en los restantes, en tanto que Algarrobo y ACA 360 con alguna excepción, vieron limitado sus rendimientos en esos ambientes de mayor potencialidad.
- Los análisis de calidad comercial indicaron que el contenido de proteínas en grano se vio afectado por el componente genético (grupo de calidad) y el aporte de nitrógeno entregado de manera “diferencial” por los tratamientos. La variedad que mejor aprovechó esta condición fue ACA 360. Por otra parte, en los sitios analizados (Bell Ville, Justiniano Posse y La Carlota) fue consistente la respuesta dada por el tratamiento “premium” observado en los valores de contenido de proteína en grano.
- En peso hectolítrico se observó sólo en el sitio de Bell Ville, mayores valores en el tratamiento “productor” comparado con el tratamiento “premium”.

Resultados de otros ensayos de esta Red

Se completa la información con los resultados obtenidos en ensayos similares del mismo convenio ACAdemialNTA, conducidos en las localidades de La Candelaria (AER Jesús María – Cooperativa Agropecuaria Ltda. de Máximo Paz), Bengolea (AER Ucacha), Brinkmann (AER Brinkmann – Coop. Agr. Ganadera de Morteros Ltda.) y Laboulaye (AER Laboulaye) que por variaciones en su metodología no pudieron incluirse en el análisis conjunto.

Se presentan los análisis de las variables analizadas individualmente por localidad.

Materiales y Métodos

Cuadro 1. Fertilización (tratamientos), siembra y cosecha

Sitio	Fertilización					Siembra		Cosecha
	Fecha	Tratamientos				Fecha	Densidad (kg/ha)	Fecha
		"productor"		"premium"				
urea	arrancador	urea	arrancador					
JESUS MARIA	21/06/2019	180 kg/ha	50 kg/ha ²	260 kg/ha	70 kg/ha de	21/06/2019	120	29/11/2019
BRINKMANN	15/05/2019	150 kg/ha	80 Kg/ha ¹	300 kg/ha	120 kg/ha	04/06/2019	130	22/11/2019
LABOULAYE	25/06/2019	150 kg/ha	90 kg/ha ¹	228 kg/ha	130 kg/ha	25/06/2019	120	06/12/2019
UCACHA	03/06/2019	140 kg/ha	80 Kg/ha ¹	300 kg/ha	120 kg/ha ¹	05/06/2019	120	10/12/2019

¹ DAP ² MAP

Cuadro 2. Condiciones ambientales y resultados de análisis de suelo

	Sitios de evaluación			
	Jesús María	Brinkmann	Ucacha	Laboulaye
Precipitaciones (mm)	94	170	186	313
Agua útil (mm)	220	200		130
Profundidad de napa	S/ napa	3,5	2,5	1,5
Tipo de suelo	Haplustol típico	Haplustol típico	XXXXXXXX	Haplustol éntico
Textura	Limoso fina	Franco arcilloso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
PH en agua	6,8 (neutro)	5,4 (ácido)	5,9 (mod ácido)	5,7 (mod ácido)
Cond, Eléctrica(1:2,5mS/cm/25)	0,18 (normal)	0,5 (normal)	0,08 (normal)	0,13 (normal)
Mat orgánica (%)	3,45 (mod. dotado)	2,78 (bien dotado)	1,16 (muy bajo)	2,04 (escaso)
Nitratos (ppm)				
0-20	47 (bajo)	12,3 (bajo)	39 (bajo)	91 (alto)
expresado como N Nítrico	11 (bajo)	3 (bajo)	9 bajo)	21 (alto)
20-40	19 (muy bajo)	s/d	14 (muy bajo)	s/d
expresado como N Nítrico	4 (muy bajo)	s/d	3 (muy bajo)	s/d
40-60	s/d	s/d	13 (muy bajo)	s/d
20-60	s/d	s/d	s/d	55 (medio)
expresado como N Nítrico	s/d	s/d	s/d	12 (medio)
Nitrógeno total (%) 0 - 20	0,173(mod, Provisto)	0,16 (bien provisto)	0,060 (muy escaso)	0,101 (escaso)
NAN ppm	41,3 (0-20)	s/d	12,6 (0-20)	51,8 (0-20)
Fósforo asimilable (ppm)	40 (muy alto)	32 (bien provisto)	6 (bajo)	27 (muy alto)

El análisis estadístico de las variables evaluadas se realizó a través de se utilizaron modelos lineales mixtos, teniendo en cuenta a variedades, tratamientos y su interacción como efectos fijos y a las repeticiones como aleatorias. Se compararon las medias con test de LSD de Fisher al 5%. Se utilizaron los software Infostat y SAS for university.

Resultados

JESUS MARIA

Cuadro 3. ANAVA para rendimiento, número de espiga, peso medio de grano y peso de la espiga de cultivares sembrados en Jesús María

Fuente de Variación	Variables			
	Rendimiento (kg/ha)	Nº espigas	Peso granos/m ² (gr)	Peso espigas (gr)
Variedad	*	ns	*	ns
Tratamiento	ns	ns	ns	ns
Variedad*Tratamiento	ns	ns	ns	ns
Variedad				
MS INTA 119	2541,0 a	321,3 a	227,8 a	528,2 a
Cedro	2471,0 ab	291,0 a	207,3 ab	465,7 a
Algarrobo	2106,0 b	321,3 a	251,3 a	486,8 a
ACA 360	1589,0 c	302,0 a	158,3 b	425,3 a
Tratamiento				
Productor	2244,0 a	304,8 a	205,1 a	456,8 a
Premium	2110,0 a	312,8 a	217,2 a	496,3 a

Referencias : ns no significativo, * significativo, ** altamente significativo –
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se detectó diferencias significativas en variedad sobre las variables Rendimiento de grano (kg/ha) y Peso de granos/m². El mayor valor de rendimiento lo presentó MS119, Cedro no se diferenció de éste y sí en cambio Algarrobo y ACA 360. En peso de granos/m² ACA 360 se diferenció estadísticamente del resto por presentar el menor valor. Una de las causas puede haber sido por efecto de roya amarilla, aunque sobre las otras variedades la enfermedad también estuvo presente. El número de espiga y el peso de espigas no presentó diferencias estadísticas significativas en las diferentes variedades y en los distintos manejos planteados.

Ninguna de las variables presentó diferencias estadísticas bajo las dos condiciones de fertilización (tratamientos “premium” y “productor”). Las causas de esta falta de diferencias, pudo deberse al ataque temprano y severo de roya amarilla y/o al estado de estrés hídrico al que estuvo sometido el cultivo durante el periodo crítico. Cabe aclarar que, si bien partió con buena disponibilidad de agua útil en el suelo, una vez agotadas esas reservas no hubo reposición por las escasas precipitaciones recibidas, lo cual puede haber comprometido el rendimiento y sus componentes.

UCACHA

Cuadro 4. ANAVA de rendimiento de grano (kg/ha) en Ucacha

Fuente de Variación	Rendimiento (kg/ha)
Variedad	ns
Tratamiento	*
Variedad*Tratamiento	ns
Cultivar	
Algarrobo	2142,0 a
ACA 360	2063,0 a
Cedro	2023,0 a
MS INTA 119	2023,0 a
Tratamiento	
Premium	2202,0 a
Productor	1924,0 b

Referencias: ns no significativo, * significativo, ** altamente significativo
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los rendimientos obtenidos en esta localidad resultaron muy bajos comparado con los demás sitios, esto se debió a las bajas precipitaciones y desfavorables condiciones ambientales en las que el cultivo se desarrolló.

No se hallaron diferencias estadísticas significativa entre variedades La fuente de variación Tratamiento presentó diferencias significativas. El tratamiento “premium” logró el mayor rendimiento con respecto a la condición de “productor”. La respuesta a la fertilización encontrada pudo deberse a la condición del suelo donde se implantó el ensayo, el mismo presento bajo contenido de materia orgánica, bajo contenido de nitrógeno (como nitratos y total), por lo que el agregado de fertilizantes en las dosis recomendadas permitió aumentar el rendimiento de trigo en esta localidad.

LABOULAYE

Cuadro 5. ANAVA para rendimiento, número de espigas, peso medio de grano y peso de la espiga de las variedades sembradas en Laboulaye

Fuente de Variación	Rendimiento (kg/ha)	Nº espigas	PMG (gr)	Proteína (%)	PH Kg/hl
Variedad	*	ns	**	**	**
Tratamiento	*	ns	*	**	**
Variedad*Tratamiento	ns	ns	ns	ns	**
Variedad					
Cedro	4385 a	408,3 a	39,9 a	12,5 c	72,9 b
ACA 360	4619 a	387,3 a	38,5 b	14,3 a	77,6 a
MS INTA 119	4596 a	367,3 a	33,5 c	12,1 d	73,3 b
Basilio	3568 b	335,8 a	25,7 d	12,8 b	41,8 c
Tratamiento					
Productor	4573 a	380,6 a	32,6 a	12,6 b	74 a
Premium	4011 b	368,6 a	31,2 b	13,2 a	59 b

Referencias: ns no significativo, * significativo, ** altamente significativo Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se encontraron efectos significativos en Variedad, para la variable rendimiento de grano (kg/ha) y fue altamente significativo para las demás variables, excepto para el número de espigas.

El tratamiento mostró efectos significativos para rendimiento de grano y PMG y efectos altamente significativos para el contenido de proteína en grano y PH (peso hectolítrico).

Variedad y tratamiento resultaron significativos en la definición de rendimientos, Cedro, ACA 360 y MS INTA119 presentaron los mayores rendimientos de grano y se diferenciaron estadísticamente de Basilio.

Con el tratamiento productor se logró mayor rendimiento comparado con el tratamiento “premium”, esto pudo deberse a que en el manejo “premium” el aporte de nitrógeno y de nutrientes fue muy alto

(sumado a la buena provisión presente en el suelo) y la condición de estrés hídrico del cultivo (bajo contenido de agua útil a la siembra) impidió que se expresara el potencial esperado de acuerdo a ese aporte. Por lo que el manejo productor resultó más adecuado de acuerdo a la disponibilidad de agua al momento de la siembra.

El número de espigas no mostró diferencias estadísticas significativas entre variedades ni en los distintos planteos. Cedro fue el cultivar que mostró mayor peso de granos y Basilio el de menor peso. Las causas de estas diferencias pueden haber sido dadas por presencia de enfermedad y estrés hídrico. En cuanto al contenido de proteína en grano, el cultivar de mayor valor fue ACA 360 que se diferenció estadísticamente del resto de los cultivares. A diferencia del resto de las variedades ACA 360 pudo aumentar el contenido de proteína en grano por su condición de grupo de calidad 1. El tratamiento “premium” mostró el mayor valor, seguramente debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno aprovechable por el cultivo.

BRINKMANN

Cuadro 6. ANAVA para rendimiento de las variedades sembradas en Brinkmann

Fuente de variación	Rendimiento kg/ha
Variedad	ns
Tratamiento	ns
Variedad*Tratamiento	ns
Variedad	
ACA 360	3498,0 a
Cedro	3108,0 a
Tratamiento	
Premium	3332,0 a
Productor	3275,0 a
Cultivar: Tratamiento	
ACA 360 Premium	3515,0 a
ACA 360 Productor	3482,0 a
CEDRO Premium	3150,0 a
CEDRO Productor	3067,0 a

*Referencias : ns no significativo, * significativo, ** altamente significativo*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No se hallaron efectos significativos para Variedad, Tratamiento y su interacción. Por lo que no se pudo diferenciar entre tratamientos y variedades evaluadas.

El cultivo fue implantado en una parte del lote sobre el que existió algún problema de escurrimiento, situación que condicionó el estado general del ensayo afectando a alguna variedad más que a otra.

El gráfico 1 muestra el rendimiento máximo alcanzable por agua, el rinde limitado por la disponibilidad de nitrógeno para los tratamientos “premium” y “productor” y el rendimiento real de ambos tratamientos.

En el mismo se observa que la brecha entre rendimiento potencial y el obtenido se debe a la principal limitante que es el agua (precipitaciones y agua útil del suelo) en todas las localidades.

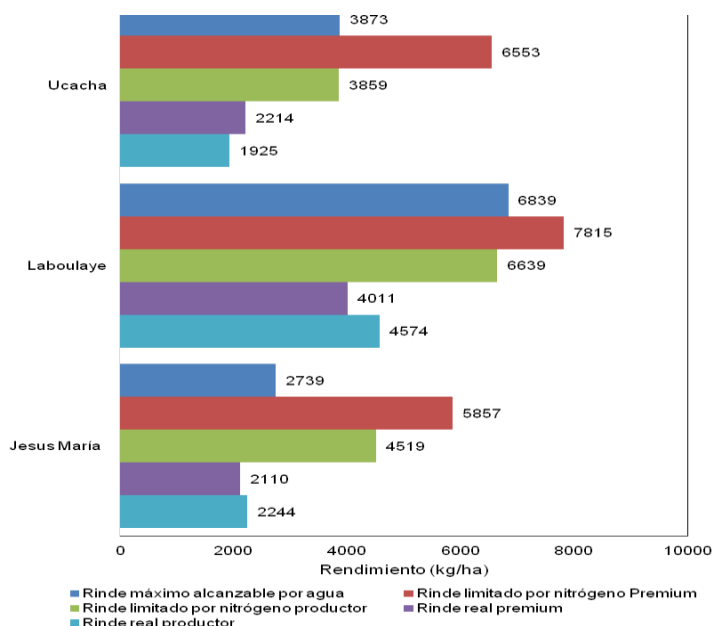


Gráfico 1. Rendimientos máximos alcanzable limitado por agua y limitado por disponibilidad de nitrógeno y rendimientos real en los tratamientos "premium" y "productor" para cada sitio de evaluación.

Agradecimiento

Se agradece a todas las personas que estuvieron involucradas en esta red de ensayos INTA ACA comprometidos con el logro de los objetivos propuestos. Nuestro reconocimiento a los aportantes de los lotes de ensayos y todos aquellos que apoyaron con su trabajo la propuesta llevada adelante por técnicos de INTA y de ACA.

Bibliografía

- Agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/con-mas-fertilizacion-trigo-mantuvo-una-buena-calidad-en-cordoba
- Agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/trigo-dejo-casi-us-1000-millones-en-cordoba
- Anselmi, H; Feresin, P..2018. Evaluación de distintos niveles de fertilización nitrogenada en trigos de distinta calidad panadera en La Carlota. Campaña 2017. Trigo Actualización 2018. Informe de Actualización Técnica en línea N° 10. ISSN 2469-2042.
- Di Rienzo J,A,, Casanoves F,, Balzarini M,G,, Gonzalez L,, Tablada M,, Robledo C,W, InfoStat versión 2019, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, URL [http://www,infostat,com,ar](http://www.infostat.com,ar)
- <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/campana-trigo-201920-buen-resultado-pero-dudas-nid2327936>
- Informe de Cierre de campaña Trigo 2019-20. Departamento de estimaciones agrícolas. Bolsa de Cereales de Buenos Aires. <http://www.bolsadecereales.com>
- Echeverria HE, San Martin N, Bergonzi R. 2000. Métodos rápidos de estimación del nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. Ciencia del Suelo 18:9-16.
- Fontanetto, H. ;Keller, O.; Quaino, O. ; Belotti, L.; Negro, C.y Giailevra, D. Trigo en siembra directa: formas de aplicacion, dosis y fuentes nitrogenadas INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de trigo y otros cultivos de invierno, campaña 2007. Publicación Miscelánea N° 107.
- Masiero B, y Fraschina J, 1997, Procedimiento para análisis conjunto de series de experimentos comparativos de genotipos, Actas del XX Coloquio Argentino de Estadística, Mar del Plata
- Mir, L.; Chialvo, E.; Cuniberti, M.; Fernández Bordereau, L.; Alonso, C.; Rey, P. y Bonvehi, L. 2019. Productividad y Calidad del Trigo en la Provincia de Córdoba. Campaña 2018/2019

<https://inta.gob.ar/documentos/monitoreo-de-calidad-del-trigo-en-la-provincia-de-cordoba-campana-2018-2019>

- Pagnan, L.; Errasquin, L.; Bertram, J.P.; Sánchez, M.. 2018. Comparación de dos formas de aplicación de nitrógeno en trigo, al voleo vs incorporado. Trigo Actualización 2018. Informe de Actualización Técnica en línea N° 10. ISSN 2469-2042. Repositorio Institucional Biblioteca Digital.
- Ruiz, A.; Coyos, T.; Pagnan, L.; Errasquin, L.. 2018. Momento de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad en trigo. Trigo Actualización 2018. Informe de Actualización Técnica en línea N° 10. ISSN 2469-2042.
- SAS Institute Inc, (2015), SAS University edition virtual application, Cary, NC, USA, Retrieved from http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.htm
- Shukla GK, 1972, Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability, Heredity 23: 237-245
- Suñer L. y Galantini J. A. 2018 Fertilización del trigo con P y N en siembra directa Regional Bahía Blanca de AAPRESID CERZOS (UNS-CONICET). Departamento de Agronomía (UNS), Comisión de Investigaciones Científicas (BA). Bahía Blanca, Argentina. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-trigo-siembra-directa-t43059>.
- van Ittersum, M.K., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell, and Z. Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Res. 143:4–17. doi:10.1016/j.fcr.2012.09.009.
- Videla Mensegue, H.; Degioanni, A. & E. Bonadeo. 2016. Productividad del agua de lluvia de cultivos agrícolas en la región pampeana sub-húmeda Argentina. Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo. Río Cuarto, Argentina.
- [www.fertilizando.com/articulos/FertilizacionNitrogenada en Trigo20-20](http://www.fertilizando.com/articulos/FertilizacionNitrogenada_en_Trigo20-20) Siembra o Macollaje.asp
- www.bccba.com.ar