



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Ingeniería Agronómica

*“Respuesta a la fertilización nitrogenada según diferentes
dosis y fuentes en el cultivo de trigo (Triticum sp.)”*

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

Autor: Ignacio Javier Cardinale

Tutor: Ing. Agr. M.Sc. Luis Alberto Ventimiglia

Fecha de defensa:

Índice

Resumen	1
Introducción	2
Objetivo	4
Hipótesis	4
Materiales y Métodos	4
Diseño Experimental	6
Resultados y Discusión	9
Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	9
Componentes del Rendimiento	12
1.Número de granos	12
2.Peso de los granos	13
Proteína	15
Gluten	16
Conclusiones	17
Bibliografía	18
ANEXO	21
Análisis de la varianza y test de Tukey	21
Supuesto de Homocedasticidad	25
1. <u>Método Analítico: Prueba de Levene</u>	25
2.Método Gráfico: Gráficos de Dispersión	27
Supuesto de Normalidad	28
1.Método Analítico: Prueba de Saphiro-Wilks	28
2.Método Gráfico: Q-Q Plot	28

Resumen

La fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo es una práctica con amplia evidencia en cuanto a las mejoras que brinda en términos de rendimiento y calidad. Sin embargo, la eficiencia de uso del nitrógeno tanto en nuestro país como en el resto del mundo es baja, ya que rara vez supera el 50%.

Una opción para mejorar este índice es el uso de fertilizantes de liberación lenta, productos que contienen inhibidores que pueden ser de la ureasa o de la nitrificación. Si bien su modo de acción es diferente, ambos inhiben ciertas reacciones enzimáticas, lo cual permite prolongar la presencia del nitrógeno en el suelo.

El presente trabajo fue realizado con el fin de determinar si la urea con inhibidores de la nitrificación, específicamente el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP), tiene efectos en el rendimiento y calidad del grano de trigo.

El diseño experimental utilizado fue de parcela subdividida. A la parcela principal se le asignó la dosis de nitrógeno: 60, 85, 110, 135, 160 y 185 kg N.ha⁻¹, considerando el contenido existente en el suelo y el aportado por el fertilizante. A su vez, en las subparcelas se aplicaron dos tipos de urea: tradicional y de liberación lenta.

Uno de los parámetros evaluados fue el rendimiento en kg.ha⁻¹ y sus componentes (espigas.m⁻², granos.espiga⁻¹ y peso de 1000 granos). También se determinó la calidad del grano mediante el análisis del peso hectolítrico, contenido de proteína y gluten.

En la mayoría de los parámetros evaluados se encontraron diferencias significativas en cuanto a la dosis de nitrógeno suministrada. Por el contrario, en lo que respecta a la fuente utilizada, no se encontraron diferencias significativas entre la urea tradicional y la de liberación lenta en ninguno de los factores analizados.

Palabras clave: trigo, urea, DMPP, liberación lenta

Introducción

El trigo (*Triticum sp.*) es el cultivo de mayor área sembrada a nivel mundial, totalizando 220 millones de hectáreas en los últimos años (FAO Stat, 2017). Este cereal tiene un rol preponderante en la alimentación humana, ya que aporta aproximadamente el 20% de los requerimientos calóricos y de proteína de la población (Shiferaw, *et al.*, 2013).

En la Argentina, es el cereal de invierno con mayor área cultivada, oscilando entre 4.000.000 y 6.000.000 de hectáreas durante la última década (Moreno, 2017). En las campañas 2016/2017, 2017/2018 y 2018/2019, la producción del cereal promedió 18.000.000 de toneladas, valor considerablemente mayor a las campañas anteriores (Instituto de Estudios Económicos, 2018).

En la actualidad, para alcanzar altos rendimientos en la región pampeana, la fertilización nitrogenada es una práctica imprescindible, debido entre otros factores, a la degradación química de los suelos (Ladha, *et al.*, 2016). Para afrontar dicha situación, en Argentina se utilizan aproximadamente 830.000 toneladas de fertilizantes nitrogenados, de los cuales 26,5% es aplicado en el cultivo de trigo (IFA Stat, 2016).

Son numerosos los ensayos que fundamentan las ventajas en rendimiento del cultivo de trigo cuando es fertilizado. Pruebas realizadas por Bergh, *et al.* (2007), muestran que en cultivos fertilizados con nitrógeno (N) existen diferencias en rendimiento mayores a 1000 kg.ha⁻¹ respecto del testigo, incluso cuando la dosis empleada no es muy elevada, por ejemplo, 120 kg.ha⁻¹ de N (suelo y fertilizante).

Sin embargo, la respuesta al fertilizante nitrogenado sigue la ley de rendimientos decrecientes. Es decir, a partir de un determinado nivel de nitrógeno, por cada unidad que se adiciona, se obtiene un incremento menor al que la unidad anterior brindó, llegando a un determinado momento en el cual no se registran más incrementos, dado que el nutriente dejó de ser limitante para el ambiente productivo donde se lo cultiva (Campbell, *et al.*, 1977).

La respuesta y la eficiencia de la aplicación de fertilizantes están influenciadas por factores como el clima, fuente del nutriente, cultivo antecesor, los años de agricultura del lote, duración del barbecho, sistema de labranza, entre otros (Maddonni, *et al.*, 2003 ; Fontanetto, *et al.*, 2007).

La eficiencia de uso del nutriente aplicado se aprecia en el aumento (en kg.ha⁻¹) de trigo obtenidos por cada unidad de nutriente aplicado, en comparación con un testigo sin nitrógeno adicionado (Hawkesford, 2012). Según Snyder (2009), los ensayos sobre la cuantificación de la eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) son limitados, pero un valor estimado a nivel mundial es de aproximadamente 50% (Echeverría, *et al.*, 2009 ; Ladha, *et al.*, 2016).

Para lograr un óptimo aprovechamiento y una elevada EUN, se deben respetar las buenas prácticas de fertilización, conocidas como las “4R”¹, es decir, se debe aplicar la dosis apropiada, situada en el lugar apropiado, en el momento apropiado y suministrada por la fuente apropiada (Grant, 2011). Esto permite complementar las

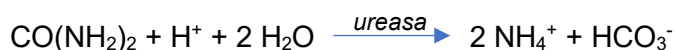
¹ 4R hace referencia a Right Time, Right Place, Right Source, Right Dose

necesidades nutricionales del cultivo con los aportes del fertilizante (Ventimiglia *et al.*, 2013).

La fertilización nitrogenada puede realizarse a partir de diversas fuentes, como pueden ser la urea, el nitrato de amonio, UAN (urea-nitrato de amonio), entre otros. La fuente más utilizada globalmente es la urea, que representa el 56% del total del nitrógeno aplicado (Heffer *et al.*, 2016).

El nitrógeno presente en la molécula de urea no es asimilable por las plantas, sino que sufre varias reacciones en el suelo hasta llegar a estados asimilables como el amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) (Echeverría *et al.*, 2005).

Al entrar en contacto con el suelo, la primera reacción química que sufre la urea es la de hidrólisis, que es mediada por la enzima ureasa. Ésta se encuentra presente en el suelo, y está ligada a la materia orgánica y restos vegetales (Tisdale, *et al.*, 1999). En la ecuación 1, se detalla la reacción de hidrólisis, adaptada de Echeverría *et al.*, (2005).



Ecuación 1: Reacción de hidrólisis de la urea

El amonio generado en la reacción anterior se encuentra en equilibrio dinámico con el amoníaco (NH_3). Este último es fácilmente volatilizable debido a que su estado a temperatura ambiente es gaseoso y, por lo tanto, la magnitud de la volatilización es altamente dependiente de la temperatura. Es por dicha razón que las mayores pérdidas de N por volatilización se dan en aplicaciones de urea al voleo en cultivos de verano (Echeverría, *et al.*, 2009).

Para oxidarse a nitrato, el amonio generado en la hidrólisis sufre de dos reacciones químicas, conocidas como el proceso de nitrificación (Darwich, 2005). Dichas reacciones están mediadas por dos géneros de bacterias: *Nitrobacter* y *Nitrosomonas*. En la ecuación 2 se detalla el proceso de nitrificación, adaptado de Tisdale *et al.* (1999).



Ecuación 2: Reacción de nitrificación

Para mitigar las pérdidas de N y así mejorar la eficiencia de uso del nutriente, se desarrollaron en el mercado los llamados fertilizantes de liberación lenta, categorizados en dos modos de acción, aquellos inhibidores de la nitrificación, y los inhibidores de la ureasa (Trenkel, 2010). Estos últimos actúan de tal manera que la urea persiste durante más tiempo en el suelo, disminuyendo principalmente el riesgo de volatilización del NH_3 (Rochette, *et al.*, 2009).

Trenkel (2010) describe varias moléculas presentes en el mercado que cumplen la función de inhibidores de la ureasa. Sin embargo, la más utilizada en cultivos extensivos es el NBPT, que, según Ventimiglia *et al.* (2013), demostró tener efectos positivos en el rendimiento y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) en el cultivo de trigo.

En el caso de los inhibidores de la nitrificación, el proceso que se ve interrumpido es la transformación de NH_4^+ en NO_2^- ya que los inhibidores ejercen un efecto bacteriostático sobre *Nitrosomonas*, demorando su acción entre 4 y 10 semanas (Trenkel, 2010). De esta manera, el NH_4^+ queda en la suspensión del suelo, por lo que se evitan las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos y por volatilización del amoníaco y/o óxido nitroso (Tisdale, *et al.*, 1999).

El inhibidor que se estudió en este trabajo es el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP) que pertenece al grupo de los inhibidores de la nitrificación. Esta molécula fue descubierta por BASF en 1995 y comercializada por COMPO desde 1999 (Trenkel, 2010).

En nuestro país existieron muy pocos ensayos en los que se evaluó al DMPP como inhibidor de la nitrificación para el cultivo de trigo. La bibliografía coincide en que las pérdidas de la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo son bajas, debido a las condiciones climáticas frescas en las que habitualmente se realizan las aplicaciones de fertilizante (Echeverría, *et al.*, 2009).

Sin embargo, a partir de un ensayo realizado en el norte de EE.UU en el que se aplicó urea con temperaturas menores a 5°C, se demostró que, incluso con temperaturas bajas, las pérdidas de urea por volatilización de amoníaco pueden ser mayores al 30% del nitrógeno aplicado (Engel, *et al.*, 2012).

Objetivo

El objetivo del ensayo realizado en el cultivo de trigo consistió en evaluar el rendimiento, peso hectolítrico, contenido de proteína y gluten según diferentes dosis de fertilización nitrogenada, aplicadas mediante dos fuentes: urea tradicional y urea de liberación lenta.

Hipótesis

- a) En el cultivo de trigo existe respuesta creciente en rendimiento, contenido de proteína y de gluten, a diferentes dosis de nitrógeno (considerando suelo y fertilizante).
- b) El uso de urea de liberación lenta como fuente nitrogenada en el cultivo de trigo genera aumentos en rendimiento, contenido de proteína y de gluten, en comparación a la urea tradicional.

Materiales y Métodos

El experimento fue llevado a cabo en el lote 13 del establecimiento “El Desafío” (35°53'12.50"S ; 60°24'37.97"O). Dicho campo se encuentra ubicado en la localidad de San Enrique, partido de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires.

Según la carta de suelos del INTA, el suelo en donde se realizó el ensayo corresponde a la unidad cartográfica La Paulina 1 (LPa1). Ésta se encuentra conformada en un 50% por el complejo series La Paulina, y en un 50% por La Albina, fase pobremente drenada. Una de las principales características de los suelos del

establecimiento es su elevado contenido de arena, ya que en ambas series el porcentaje total de arenas es de aproximadamente 60%.

La serie La Albina, predominante en el sitio donde se realizó el ensayo, corresponde a un suelo con aptitud agrícola, pobremente drenado, con presencia de un horizonte B textural nátrico a partir de los 40 cm. En cuanto a su taxonomía se clasifica como un Hapludol Thapto Nátrico de textura franca fina con capacidad de uso IVws.

Un mes previo a la siembra (2 de mayo de 2018), se realizó un muestreo de suelos a efectos de determinar algunos parámetros de su contenido nutricional. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

	Unidad	Profundidad de Muestreo (cm)		
		0-20	20-40	40-60
<i>pH</i>		6,1		
<i>Materia Orgánica</i>	%	2,12		
<i>Fósforo Extractable (Bray 1)</i>	ppm	6,9		
<i>Azufre Extractable (S- SO₄)</i>	ppm	2,9		
<i>Nitratos</i>	ppm	52	28	14

Tabla 1: Resultados análisis de suelo (2/5/2018)

Como se puede observar, la fertilidad del suelo en general es baja, especialmente en cuanto al contenido de azufre y fósforo. Este último se incrementó mediante la aplicación de 100 kg.ha⁻¹ de fosfato monoamónico junto con la siembra.

Para aumentar el contenido de azufre, se aplicó sulfato de calcio (CaSO₄), compuesto de 18% de azufre y de 20% de calcio. Dicha fertilización se realizó de manera manual y al voleo en todas las parcelas, utilizando una dosis de 100 kg.ha⁻¹.

En cuanto al régimen hídrico del lugar, los registros de precipitaciones propios del establecimiento indican una precipitación anual promedio de 870 mm, con años extremos de 639 mm (2008) y de 1.367 mm (2012).

Las precipitaciones ocurridas durante el barbecho (abril y mayo) y hasta madurez fisiológica del cultivo, fueron de 632 mm distribuidos como puede observarse en el gráfico 1.

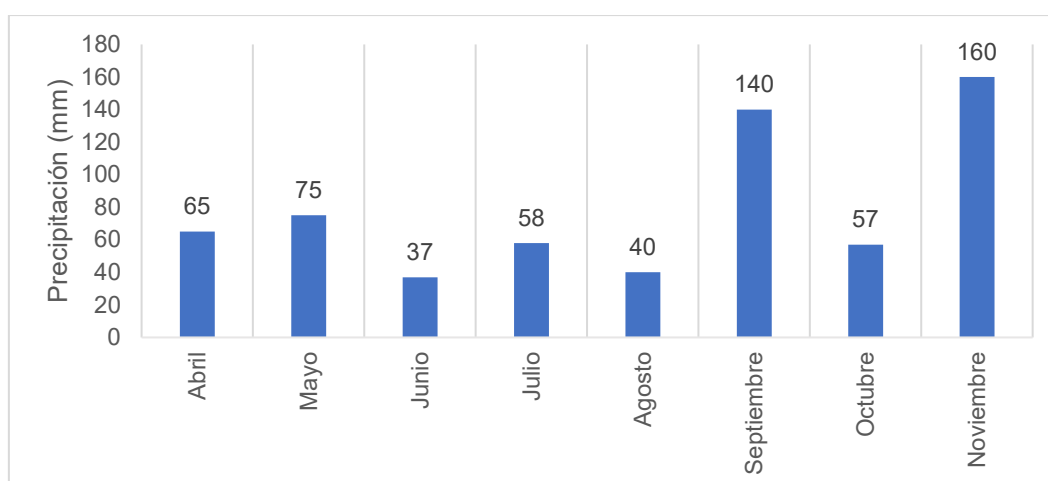


Gráfico 1: Distribución de las precipitaciones registradas durante el barbecho y ciclo del cultivo

En cuanto a las heladas, los registros más próximos son de la Estación Meteorológica de Bolívar, la cual indica como fecha media la primera helada el 17 de

abril, con un desvío estándar de 15 días. Por otro lado, la fecha media de última helada es el 26 de octubre, con un desvío estándar de 23 días.

Durante el ciclo del cultivo se registraron 60 heladas agrometeorológicas, es decir con temperaturas diarias mínimas menores o iguales a 3°C. A su vez, se registraron heladas meteorológicas, es decir con temperaturas diarias mínimas menores o iguales a 0°C, en 21 ocasiones.

Cabe destacar que no se registraron heladas durante el período de floración del cultivo, ya que este es el momento más sensible y en el que más se puede afectar el rendimiento. El gráfico 2 detalla las heladas ocurridas durante el ensayo.

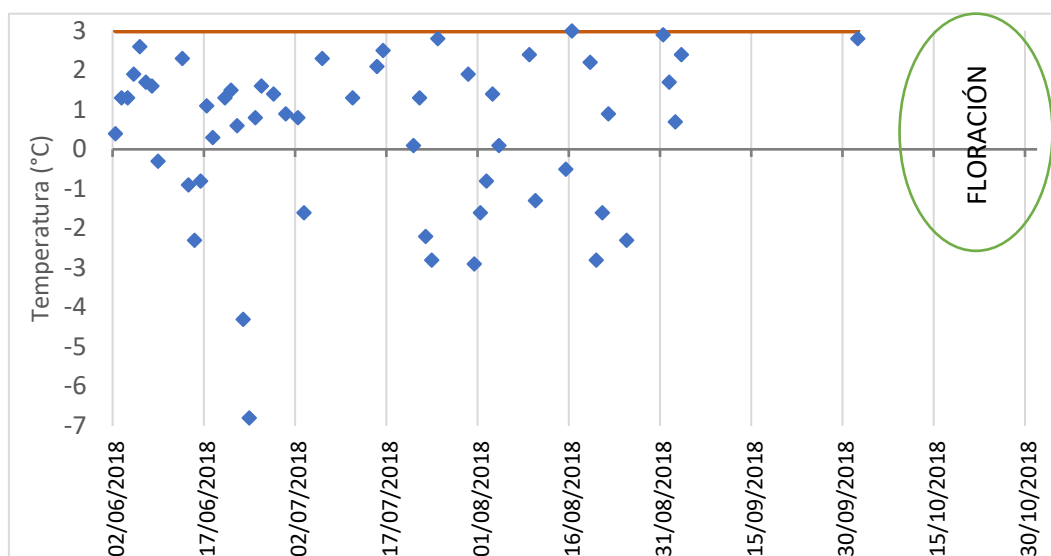


Gráfico 2: Detalle de la fecha y temperatura de las heladas registradas

Diseño Experimental

El ensayo se realizó utilizando un diseño en parcelas subdivididas arregladas en bloques al azar. La parcela principal se asignó a la dosis de nitrógeno, en tanto que la subparcela fue para la fuente utilizada. Cada unidad experimental dispuso de 3 metros de ancho por 6 metros de largo. El ensayo contó con 4 repeticiones.

Las variables evaluadas corresponden a 2 fuentes de fertilizante nitrogenado aplicadas en 6 dosis diferentes. Las fuentes nitrogenadas que se utilizaron comprenden a dos tipos de urea, ambas de grado 46-0-0. Una de ellas fue Novatec Solub, que es una urea con el agregado de inhibidores de la nitrificación. La otra fuente utilizada fue la de urea granulada tradicional.

Las dosis empleadas se identifican como 60 (testigo), 85, 110, 135, 160 y 185 kg.ha⁻¹ de N. El testigo solamente contó con el nitrógeno presente en el suelo y el aportado por el fertilizante de base, mientras que al resto de los tratamientos se les aplicó el nitrógeno necesario para alcanzar los valores establecidos. Dicha aplicación se realizó con los dos fertilizantes antes descriptos. La conformación de los tratamientos se encuentra detallada en la tabla 2.

Tratamiento	Descripción	Dosis de N (kg.ha ⁻¹)
T1	Testigo	60
T2	Testigo	60

T3	Urea	85
T4	U. Liberación Lenta	85
T5	Urea	110
T6	U. Liberación Lenta	110
T7	Urea	135
T8	U. Liberación Lenta	135
T9	Urea	160
T10	U. Liberación Lenta	160
T11	Urea	185
T12	U. Liberación Lenta	185

Tabla 2: Descripción de los tratamientos

El lote en el que se realizó el ensayo tenía como cultivo antecesor girasol, que fue cosechado el 7 de marzo de 2018, con un rendimiento promedio de 2.500 kg.ha⁻¹.

Para el control de malezas en barbecho se realizó, el 18 de mayo de 2018, una aplicación de Glifosato 58%, 2,4-D y una mezcla de Clorsulfurón con Metsulfurón metil en dosis de 1,5 l.ha⁻¹; 0,3 l.ha⁻¹ y 12 g.ha⁻¹ respectivamente, con el agregado de 70 cm³.ha⁻¹ de coadyuvante.

La siembra se realizó el 5 de junio de 2018 con una sembradora Crucianelli Pionera 3517 configurada con una distancia entre surcos de 17,5 cm. La densidad de siembra fue de 140 kg.ha⁻¹ de semilla y la variedad de trigo utilizada fue DM Algarrobo. El análisis de la semilla previo a la siembra indicó un peso de 1000 granos de 36 g, y un poder germinativo de 98%.

El 9 de junio de 2018 se realizaron las aplicaciones de fertilizante en forma manual, al voleo y en cobertura total, buscando una distribución homogénea en la parcela. Se comenzó con la aplicación de CaSO₄ a todas las parcelas, seguido de la aplicación de la urea correspondiente a cada tratamiento.

Debido a la incidencia de enfermedades foliares, principalmente Septoriosis (*Mycispharella graminicola*), Mancha Amarilla (*Dreschlera tritici-repentis*) y Roya Anaranjada (*Puccinia tritici repentis*), se realizaron 3 aplicaciones de fungicida durante el ciclo del cultivo. La primera de ellas fue efectuada junto con el resto del lote el 25 de septiembre de 2018, mediante una pulverizadora autopropulsada. El producto aplicado fue Stinger (Picoxystrobin y Cyproconazole) en una dosis de 500 cm³.ha⁻¹.

Las otras dos aplicaciones se realizaron específicamente en el ensayo mediante el uso de mochila. Se utilizó el producto Tacora (Azoxystrobin y Tebuconazole) en una dosis de 700 cm³.ha⁻¹, y las aplicaciones se realizaron el 14 de octubre y 3 de noviembre de 2018.

El ensayo se cosecho manualmente el 7 de diciembre de 2018. Para ello se marcó una superficie de 2 m² en el centro de cada parcela para disminuir el posible efecto borde del tratamiento, y evitar otras anomalías como daño por peludos, falta de plantas por fallas de siembra, entre otros.

A su vez, en el momento de la cosecha se contaron las espigas presentes, y se procedió a cortar y embolsar el material. La trilla de las espigas fue realizada en una trilladora estática, de uso exclusivo para ensayos.

Para el cálculo del rendimiento, se pesó la muestra de cada parcela en una balanza de precisión, y se tomó la humedad con un higrómetro. Luego, se realizaron los

cálculos para obtener el rendimiento en kg.ha^{-1} corregido a 14% de humedad (base comercial). El contenido de proteína fue analizado mediante la utilización un NIR, y el de gluten, por un Glutomatic.

Una vez obtenidos los resultados se realizó el correspondiente análisis estadístico, utilizando para ello el software Infostat (Di Rienzo *et.al*, 2015). Las pruebas realizadas fueron el análisis de la varianza (ANOVA) y la corroboración de sus supuestos: normalidad (QQ-Plot y prueba de Saphiro Wilks) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene y gráfico de dispersión).

Las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (nivel de significación de 0,05). Para el caso de rendimiento y relación gluten/proteína, también se evaluaron a través de un análisis de regresión.

Resultados y Discusión

El rendimiento en el cultivo de trigo responde a múltiples factores, siendo los principales, el número de granos y el peso unitario de dichos granos. A su vez, el primero se determina en el período comprendido entre la siembra y el cuaje de los granos, e incluye subcomponentes como el stand de plantas (plantas.m⁻²), el número de espigas por m² y los granos por espiga.

En cuanto al peso, éste tiene menos impacto en el rendimiento, ya que se define en un período de tiempo más acotado (entre floración y madurez fisiológica). Por lo cual, una disminución en el peso de los granos tiene menos incidencia en el rendimiento que una menor cantidad de espigas granos por espiga. Los dos indicadores más utilizados para estimar el peso de los granos son: el peso de 1000 granos (P1000) y el peso hectolítrico (PH).

La densidad de plantas fue evaluada en premacollaje y promedió 256 plantas.m⁻², sin manifestar diferencias significativas entre tratamientos. A partir de los valores conocidos de P1000, la densidad de siembra y el poder germinativo, el coeficiente de logro fue de 66%. Dicho valor es bajo y atribuible a múltiples factores como inadecuada profundidad de siembra, insectos de suelo, entre otros.

El rendimiento promedio del ensayo fue 3.520 kg.ha⁻¹. Las medias de las variables analizadas según cada tratamiento se encuentran detalladas en la tabla 3.

Fuente	Dosis	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Espigas.m ⁻²	Granos.espiga ⁻¹	P1000 (g)	PH (kg)	Proteína (%)	Gluten Húmedo (dg)
Urea	0	2.208	274	21	38	67	9,6	22,6
Urea	85	3.044	323	24	39	67	9,9	22,6
Urea	110	3.598	321	29	39	70	10,1	23,7
Urea	135	3.771	376	26	39	70	10,8	25,1
Urea	160	4.172	380	28	39	72	10,7	26,3
Urea	185	4.902	396	31	40	74	11,3	27,6
Lib.Lenta	0	2.442	258	25	37	65	9	22,5
Lib.Lenta	85	2.744	324	22	38	74	9,7	22,3
Lib.Lenta	110	3.023	335	23	40	73	10,0	23,4
Lib.Lenta	135	4.080	367	29	39	73	10,4	25,2
Lib.Lenta	160	4.117	385	27	40	71	10,7	26,5
Lib.Lenta	185	4.501	359	30	39	73	11,0	27,5

Tabla 3: Valores promedio de los parámetros analizados según cada tratamiento

El análisis estadístico de los datos no indicó interacción entre la dosis y la fuente ($p > 0,05$) en ninguno de los parámetros analizados, a excepción de los granos.espiga⁻¹. En todos aquellos componentes en los que no se registró interacción, se analizaron los efectos *principales* de cada variable, es decir, el efecto de la dosis y de la fuente individualmente.

Rendimiento (kg.ha⁻¹)

Los resultados indicaron que existe respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno ($p < 0,05$) con relación al testigo, en prácticamente todas las dosis empleadas. La única excepción fue la dosis de 85 kg N.ha⁻¹, en la que la diferencia con el testigo no fue significativa.

Por otro lado, en cuanto a la fuente utilizada no se registraron diferencias significativas ($p>0,05$) Los resultados se encuentran expresados en la tabla 4.

Dosis	Medias	
0	2.325	A
85	2.894	A B
110	3.311	B C
135	3.926	C D
160	4.144	D E
185	4.673	E

Fuente	Medias	
Urea	3.609	A
Lib. Lenta	3.484	A

Tabla 4: Test de Tukey para rendimiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p<0,05$)

La correlación entre el rendimiento y la dosis fue elevada tanto en la urea tradicional como en la de liberación lenta, siendo los valores de R^2 de 0,96 y 0,94 respectivamente (gráfico 3).

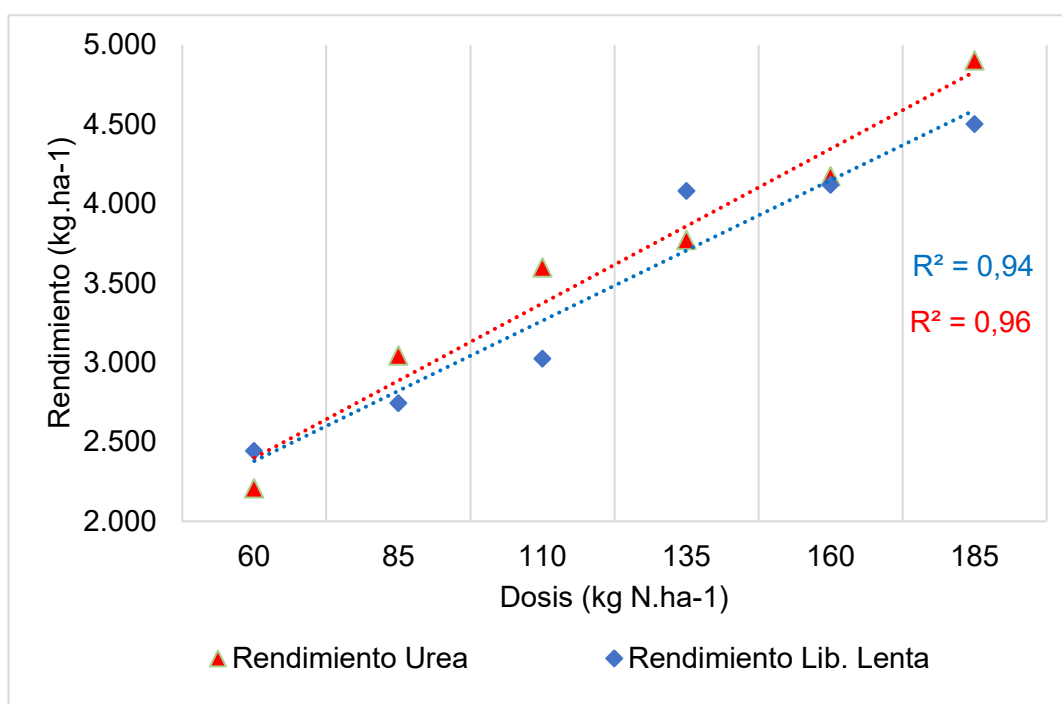


Gráfico 3: Rendimiento obtenido en función de la dosis y la fuente

Como puede observarse en el gráfico, el incremento de rendimiento en función de la dosis manifestó una respuesta “lineal”. Es decir, no se alcanzó la dosis umbral a la cual la respuesta en rendimiento, expresada por la pendiente de la curva, comienza a disminuir.

Dicho resultado indicaría que, para la variedad y condiciones en las que se desarrolló el cultivo, un mayor agregado de nitrógeno por sobre la dosis de 185 kg N.ha⁻¹, podría seguir contribuyendo a aumentar el rendimiento.

Con los valores de rendimiento obtenidos, se analizó la eficiencia de uso del nutriente mediante el cálculo de la eficiencia agronómica (EA). Dicho índice surge del aumento de rendimiento (en comparación al testigo) en función a la dosis de nutriente aplicado (Dobermann, 2007). Los resultados obtenidos pueden observarse en la tabla 5.

Fuente	Dosis	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Incremento sobre testigo (kg.ha ⁻¹)	Eficiencia agronómica (kg trigo.kg ⁻¹ de N)
Testigo	0	2.325		
Urea	85	3.044	719	28,8
Urea	110	3.598	1.273	25,5
Urea	135	3.771	1.446	19,3
Urea	160	4.172	1.847	18,5
Urea	185	4.902	2.577	20,6
PROMEDIO UREA				22,5
Lib.Lenta	85	2.744	419	16,8
Lib.Lenta	110	3.023	698	14,0
Lib.Lenta	135	4.080	1.755	23,4
Lib.Lenta	160	4.117	1.792	17,9
Lib.Lenta	185	4.501	2.176	17,4
PROMEDIO LIBERACIÓN LENTA				17,9

Tabla 5: Eficiencia agronómica (EA) según las fuentes y dosis evaluadas

Como se puede apreciar, los tratamientos correspondientes a la urea tradicional tuvieron - en valores absolutos - mayores rendimientos y, por ende, mayores eficiencias en comparación a la de liberación lenta. Sin embargo, los valores de EA obtenidos para ambas fuentes se encuentran dentro del rango esperado de entre 10 y 25 kg de trigo.kg⁻¹ de N descripto por Ciampitti *et al* (2008).

El hecho de no encontrar efecto estadísticamente significativo de la urea de liberación lenta podría atribuirse, en parte, a las bajas temperaturas ocurridas al momento de la aplicación del fertilizante y en los días siguientes, ya que dicha situación es poco predisponente para que ocurran pérdidas de nitrógeno.

Además, las condiciones climáticas para la incorporación del fertilizante fueron favorables, considerando que a los 3 días de realizada la aplicación se registró una precipitación de 30 mm. Por lo tanto, el período de tiempo que la urea fue susceptible a la volatilización fue pequeño.

En cuanto a las precipitaciones durante el ciclo del cultivo, el único valor extremo que se registró fue de 140 mm entre el 27 y 29 de septiembre de 2018. Sin embargo, es poco probable que pueda haber sido causa de lixiviado de nitratos debido a que el horizonte Bt presente a los 40 cm de profundidad evitaría la lixiviación a más de dicha profundidad.

A excepción del evento mencionado, el resto de las precipitaciones no fueron de alta intensidad (menores a 50 mm por evento), pero sí lo suficientemente frecuentes como para asegurar una buena disponibilidad hídrica para el cultivo.

Los factores de temperatura y precipitaciones mencionados podrían indicar que, al no perderse nitrógeno por los procesos de volatilización y lixiviación, la disponibilidad de nitrógeno no difirió entre ambos tipos de urea, razón por la cual las diferencias entre las fuentes no fueron estadísticamente significativas.

Componentes del Rendimiento

1. Número de granos

i) *Espigas.m⁻²*

El incremento de la dosis de nitrógeno generó aumentos significativos en la cantidad de espigas por unidad de superficie ($p < 0,05$). El tratamiento testigo presentó un número de espigas marcadamente inferior al de los tratamientos fertilizados (tabla 6). Por otro lado, no se registró efecto de la fuente ($p > 0,05$) ni interacción entre dosis y fuente ($p > 0,05$).

Si bien existieron diferencias entre las dosis, el número de espigas en general fue bajo. La relación entre la cantidad de espigas y el stand de plantas indica que el número de macollos por planta fue menor a 1 en todos los tratamientos. El bajo número de macollos influye directamente en el número de granos.m⁻² y, por lo tanto, en el rendimiento (Miralles, *et al.*, 2014).

Esto podría atribuirse a factores (no evaluados en esta experiencia) que hayan acortado la fase de macollaje o influenciado en el desarrollo o viabilidad de los macollos.

Dosis	Medias	
0	266	A
85	323	B
110	328	B C
135	371	B C D
160	378	C D
185	382	D

Fuente	Medias	
Urea	345	A
Lib. Lenta	338	A

Tabla 6: Test de Tukey para espigas.m⁻². Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

ii) *Granos.espiga⁻¹*

Este componente fue el único en el que se registró interacción entre la dosis y la fuente ($p < 0,05$). Los valores de granos.espiga⁻¹ se calcularon considerando el rendimiento, el P1000, y las espigas.m⁻² y se encuentran en la tabla 7.

Los resultados indicaron que, para ambas fuentes utilizadas, el número de granos más elevado se obtuvo con la dosis más alta, siendo, en el caso de la urea tradicional, 31 granos y en el de la de liberación lenta, 29 granos.

Sin embargo, en el caso de la urea de liberación lenta, la única diferencia estadísticamente significativa fue entre la dosis de 185 kg.ha⁻¹ y la de 85 kg.ha⁻¹. Por otro lado, en el caso de la urea tradicional, las dosis más bajas (0 y 85) fueron las que tuvieron diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Dosis	Fuente	Medias	
85	Lib. Lenta	21	A
110	Lib. Lenta	22	A B
0	Lib. Lenta	24	A B
160	Lib. Lenta	26	A B
135	Lib. Lenta	27	A B
185	Lib. Lenta	29	B

Dosis	Fuente	Medias	
0	Urea	20	A

85	Urea	23	A B
135	Urea	25	A B C
160	Urea	27	B C
110	Urea	28	B C
185	Urea	31	C

Tabla 7: Test de Tukey para granos.espiga⁻¹. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

2. Peso de los granos

i) *Peso Hectolítrico (PH)*

Este parámetro manifestó diferencias entre las dosis, si bien dicha diferencia sólo fue significativa entre el testigo y la dosis más elevada ($p < 0,05$). Por otro lado, no existieron diferencias significativas entre las fuentes utilizadas ($p > 0,05$).

Los valores de PH registrados en el ensayo (tabla 8) fueron bajos, ya que solamente el tratamiento de mayor dosis superó los 73 kg.hL⁻¹, valor umbral para categorizar al grano como de calidad III (Normas de comercialización de BCR).

Dosis	Medias		Fuente	Medias	
0	66,3	A	Urea	70	A
85	70,4	A B	Lib. Lenta	71,5	A
110	71,5	A B			
135	71,3	A B			
160	71,7	A B			
185	73,4	B			

Tabla 8: Prueba de Tukey para Peso hectolítrico. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Las lluvias frecuentes y numerosos días nublados ocurridos durante la etapa de antesis fueron factores predisponentes para la ocurrencia de fusariosis de la espiga (*Fusarium graminearum*). Ensayos realizados en 9 de Julio por Ventimiglia *et al.* (2019), indicaron que DM Algarrobo (variedad utilizada en este trabajo), alcanzó niveles de intensidad del 26% y de 20% de severidad de fusariosis cuando no se realizó tratamiento fúngico.

Si bien se realizaron tres aplicaciones de fungicidas en el presente ensayo, lamentablemente ninguna coincidió plenamente con el período de antesis, etapa crítica en la que las plantas contraen la patología.

ii) *Peso de 1000 granos (P1000)*

Los valores de P1000 se incrementaron con el aumento de la dosis, llegando a un valor máximo de 39,5 g, considerando el promedio entre ambas fuentes y la dosis más elevada (185). Sin embargo, dicho incremento no fue significativo entre las fuentes y las dosis utilizadas ($p > 0,05$). Los valores se pueden observar en la tabla 9.

Dosis	Medias	
0	37,85	A
85	38,61	A
110	39,04	A
135	38,78	A
160	39,45	A

Fuente	Medias	
<i>Urea</i>	38,81	A
<i>Lib. Lenta</i>	38,93	A

185	39,48	A
-----	-------	---

Tabla 9: Test de Tukey para peso de 1000 granos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

La ausencia de diferencias significativas entre las dosis podría deberse a que, si bien las dosis más elevadas tienen mayor disponibilidad de recursos, éstos se distribuyen en un mayor número de granos, por lo que el peso individual de cada grano no es sustancialmente mayor al de las dosis más bajas.

Sin embargo, todos los tratamientos mostraron un P1000 mayor a 36 g, valor de la semilla sembrada para el ensayo y el indicado por el semillero para dicha variedad. Esto podría sugerir que las condiciones para el llenado fueron favorables, dado que incluso el tratamiento sin agregado de N superó el valor indicado.

Proteína

En cuanto al porcentaje de proteína en el grano, se registró un efecto significativo de la dosis ($p < 0,05$), siendo que, a mayor disponibilidad de nitrógeno, mayor nivel de proteína. Los valores obtenidos (tabla 10) oscilaron entre 9,29% y 11,13%, sin registrarse efecto de la fuente ($p > 0,05$).

Dosis	Medias	
0	9,29	A
85	9,79	A B
110	10,05	A B
135	10,59	B C
160	10,71	B C
185	11,13	C

Fuente	Medias	
Urea	10,38	A
Lib. Lenta	10,14	A

Tabla 10: Efecto de la dosis de N en el nivel de proteína. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Como puede observarse, los valores en general fueron bajos, solamente la dosis más elevada superó el 11% de proteína - valor base para evitar descuentos en la comercialización. Esto remarca la importancia de la fertilización, ya que puede hacer la diferencia entre calificar dentro del estándar comercial o tener descuentos en el precio por baja proteína.

En vista de los valores de proteína obtenidos se puede inferir que la cantidad del nitrógeno aplicado con el fertilizante que fue destinado a proteína fue baja. En el caso de la urea tradicional, el nutriente fue aprovechado en un 37%, mientras que, con la urea de liberación lenta, el aprovechamiento fue de un 30%.

La baja eficiencia podría atribuirse a algún factor nutricional ajeno a esta experiencia, el cual podría estar influenciando los procesos fisiológicos de formación de proteínas.

Gluten

El contenido de gluten tuvo respuesta a la dosis en magnitudes similares al de proteína. Además, tampoco se registró efecto de la fuente ($p>0,05$). Los valores obtenidos (tabla 11) representan la cantidad de gluten húmedo, expresado en porcentaje.

Dosis	Medias	
0	22,50	A
85	22,45	A
110	23,51	A B
135	25,14	B C
160	26,43	C D
185	27,71	D

Fuente	Medias	
Urea	24,64	A
Lib. Lenta	24,55	A

Tabla 11: Efecto de la dosis de N en el contenido de gluten. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

La relación entre gluten y proteína resultó ser mayor en los tratamientos con urea tradicional. De todas maneras, la relación en general fue baja, siendo que los coeficientes de regresión (R^2) fueron de 0,63 y 0,51 para la urea tradicional (gráfico 4) y la de liberación lenta (gráfico 5), respectivamente.

Los valores obtenidos son inferiores que los presentados por Cuniberti, *et al* (2012), que, en estudios a campo, indican valores de correlación gluten/proteína de entre 0,7 y 0,9. Los mismos autores destacan que las altas temperaturas durante el llenado de granos pueden afectar relación entre gliadina y glutenina, proteínas que conforman el gluten.

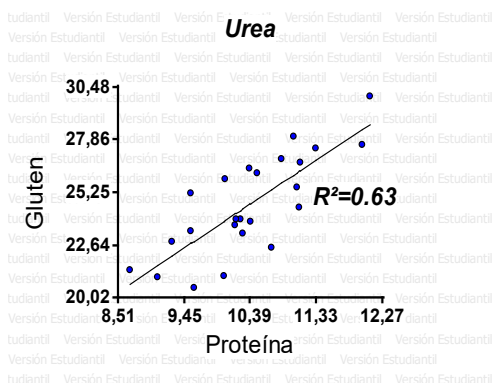


Gráfico 5: Relación gluten/proteína según urea tradicional

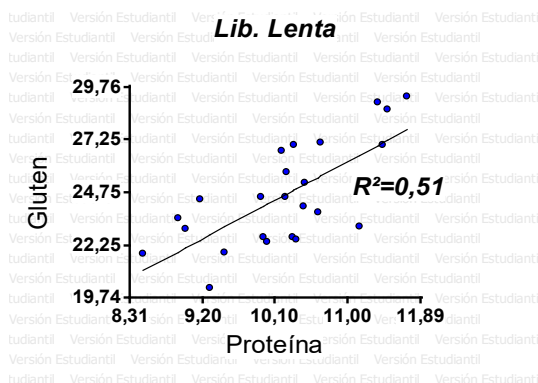


Gráfico 4: Relación gluten/proteína según urea de liberación lenta

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el trabajo respaldan la hipótesis que las diferentes dosis de nitrógeno impactan positivamente en rendimiento, contenido de proteína y de gluten. Cabe destacar que las dosis más elevadas fueron aquellas que, no sólo obtuvieron más rendimiento, sino que también registraron valores de peso hectolítrico y de proteína superiores a la base comercial.

Dentro de los componentes del rendimiento evaluados, el peso de 1000 granos fue el único en el que las dosis de nitrógeno aplicadas no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los otros componentes (espigas.m⁻², granos.espiga⁻¹ y peso hectolítrico), sí manifestaron incrementos en función de mayores dosis de nitrógeno.

Por el contrario, no se cumplió la hipótesis con respecto a la urea de liberación lenta, ya que no demostró tener ventajas en comparación a la urea tradicional en ninguno de los parámetros analizados.

Las condiciones climáticas jugaron un rol fundamental en el comportamiento de las fuentes estudiadas en este trabajo, por lo que sería relevante repetir la experiencia en años climáticamente contrastantes y ampliar las conclusiones.

Bibliografía

Barth, G., 2001. Influence of Soil Parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. *Biol Fertil Soils*, Issue 34, pp. 98-102.

Bergh, R., Loewy, T. & Echeverría, H., 2007. Red INTA-Fertilizar de fertilización nitrogenada para calidad en trigo pan. *Actas del Simposio de Fertilidad 2007*, pp. 57-62.

Campbell, C. A., Cameron, D. R., Nicholaichuk, W. & Davidson, H. R., 1977. Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by wheat spring. *Can. J. Soil Sci*, Volumen 57, pp. 289-310.

Cassman, K. G., 1999. *Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield*. Irvine, CA, s.n., pp. 5952-5959.

Ciampitti, I. A. & García, F. O., 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*, 18 Febrero, pp. 22-28.

Cuniberti, M. & Mir, L., 2012. *Relación gluten/proteína en trigo*, s.l.: INTA Marcos Juárez.

Darwich, D. N. A., 2005. *Manual de Fertilidad de Suelos*. 3° Edición ed. Mar del Plata: Fertilizar Asociación Civil.

Di Rienzo, J. A. y otros, 2015. *Infostat versión 2015*. Córdoba: s.n.

Dobermann, A., 2007. *Nutrient use efficiency – measurement and management*. Brussels, IFA, pp. 1-28.

Echeverría, H. & García, F., 2005. *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Balcarce: INTA.

Echeverría, H., Reussi Calvo, N. & García, F., 2009. *Mejores Prácticas de Manejo para Nitrógeno: Un camino para mejorar la eficiencia de uso en los cultivos*. Rosario, s.n., pp. 25-34.

Engel, R., Jones, C. & Jensen, T., 2012. Cold Temperatures Did Not Remove the Risk of Ammonia Loss from Surface-Applied Urea. *Better Crops*, 96(1).

Engel, R., Jones, C. & Jensen, T., 2012. Cold Temperatures Did Not Remove Tthe Risk of Ammonia Loss from Surface-Applied Urea. *Better Crops*, Volumen 1, pp. 9-11.

Equipo Proyecto Fertilizar, s.f. Reacción de los Fertilizantes en el Suelo. Volatilización del amoníaco a partir de la urea.

FAO Stat, 2017. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Último acceso: 22 enero 2019].

Fontanetto, H. y otros, 2007. Fuentes nitrogenadas, formas de aplicación, y dosis de nitrógeno en trigo bajo siembra directa. *Agromercado*, Volumen 138, pp. 26-27.

Haderlein, L., 2001. Controlled Release Urea as a Nitrogen Source for Spring Wheat in Western Canada: Yield, Grain N Content, and N Use Efficiency. *The Scientifical World*, pp. 114-121.

Hawkesford, M. J., 2012. The Diversity of Nitrogen Use Efficiency for Wheat Varieties and the Potential for Crop Improvement. *Better Crops*, 96(3), pp. 10-12.

Heffer, P., Guere, A. & Roberts, T., 2017. *Assesment of Fertiliser Use by Crop at the Global Level*, s.l.: IFA y IPNI.

Heffer, P. & Prud'homme, M., 2016. *Global nitrogen fertiliser demand and supply: trend, current level and outlook*. Melbourne, IFA, pp. 4-8.

IFA Stat, 2016. IFA. [En línea] Available at: <https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition> [Último acceso: 22 enero 2019].

Instituto de Estudios Económicos, 2018. *CAMPAÑA 2018/19: Contribución de la Cadena del Trigo a la Economía Argentina*, Buenos Aires: Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

Ladha, J., Tirol-Padre, A., Reddy, C. & Cassman, K., 2016. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Scientific Reports*, Volumen 6.

Maddonni, G. A., Ruiz, R. A., Vilariño, P. & García de Salomone, I., 2003. Fertilización en los Cultivos para Grano. En: FAUBA, ed. *Producción de Granos*. Buenos Aires: s.n., pp. 520-521.

Miralles, D. J. y otros, 2014. *Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo*. 1° ed. Buenos Aires: s.n.

Moreno, L. U. y M., 2017. *Estimaciones Agrícolas 2017/2018*, s.l.: Ministerio de Agroindustria.

Muñoz-Guerra, L. M. y otros, 2006. Nutrición nitrogenada de cereales utilizando abonos con el inhibidor de la nitrificación DMPP. *Vida Rural*, pp. 22-27.

Rochette, P., MacDonald, D. J., Angers, D. & Chatigny, M., 2009. Banding of Urea Increased Ammonia Volatilization in a Dry Acidic Soil.

Shiferaw, B., Smale, M. & Braun, H., 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, 5(3), pp. 291-317.

Stone, P. J. & Nicolas, M. E., 1994. Wheat Cultivars Vary Widely in their Responses of Grain Yield and Quality to Short Periods of Post-anthesis Heat Stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, Volumen 21, pp. 887-900.

Suter, H. y otros, 2010. Comparisson of the ability of the nitrification inhibitors DCD and DMPP to reduce nitrification and N₂O emissions from nitrogen fertilisers. *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 1-6 August.

Thapa, R. & Chattarjee, A., 2017. Wheat Production, Nitrogen Transformation, and Nitrogen Losses. *Agronomy Journal*.

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. & Havlin, J. L., 1999. *Soil Fertility and Fertilizarers: an introduction to nutrient management*. 6th ed. Upper Saddle River(New Jersey): Prentice-Hall, Inc..

Trenkel, M., 2010. *Slow- and Controlled- Release and Stabilized Fertilisers*.. Paris, France: International Fertilizer Industry Association (IFA).

Ventimiglia, L. A. & Torrens Baudrix, L., 2019. Ensayo variedades de trigo 2018/19.. *INTA 9 de Julio*.

Ventimiglia, L. & Torrens Baudrix, L., 2013. Mejores Prácticas de Manejo de la Fertilización de Trigo: Dos experiencias de INTA 9 de Julio. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, Marzo, pp. 8-11.

ANEXO

Análisis de la varianza y test de Tukey

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	47	0,8	0,8	12,0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28656091,4	5	5731218,3	32,3	<0,0001
Dosis	28656091,4	5	5731218,3	32,3	<0,0001
Error	7268539,9	41	177281,5		
Total	35924631,2	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=636,62861

Error: 177281,4601 gl: 41

Dosis	Medias	n	E.E.	
Testigo	2325,0	8	148,9	A
85	2893,6	8	148,9	A B
110	3310,7	8	148,9	B C
135	3925,7	8	148,9	C D
160	4144,5	8	148,9	D E
185	4673,0	7	159,1	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Espigas/m2	47	0,68	0,58	9,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84343,56	11	7667,60	6,89	<0,0001
Dosis	79265,57	5	15853,11	14,24	<0,0001
Fuente	538,56	1	538,56	0,48	0,4913
Dosis*Fuente	3043,77	5	608,75	0,55	0,7395
Error	38961,25	35	1113,18		
Total	123304,81	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=50,86270

Error: 1113,1786 gl: 35

Dosis	Medias	n	E.E.	
Testigo	265,75	8	11,80	A
85	323,38	8	11,80	B
110	327,75	8	11,80	B C
135	371,13	8	11,80	B C D
185	377,50	7	12,74	C D
160	382,38	8	11,80	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=19,76428

Error: 1113,1786 gl: 35

Fuente	Medias	n	E.E.	
Lib. Lenta	337,92	23	7,00	A
Urea	344,71	24	6,81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Granos/espiga	47	0,60	0,47	11,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	433,87	11	39,44	4,75	0,0002
Dosis	298,86	5	59,77	7,21	0,0001
Fuente	6,64	1	6,64	0,80	0,3771
Dosis*Fuente	134,10	5	26,82	3,23	0,0167
Error	290,35	35	8,30		
Total	724,21	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,21996

Error: 8,2956 gl: 35

Dosis	Fuente	Medias	n	E.E.	
Testigo	Urea	20,25	4	1,44	A
85	Lib. Lenta	21,45	4	1,44	A B
110	Lib. Lenta	22,13	4	1,44	A B C
85	Urea	23,25	4	1,44	A B C
Testigo	Lib. Lenta	24,45	4	1,44	A B C D
135	Urea	25,18	4	1,44	A B C D
160	Lib. Lenta	26,38	4	1,44	A B C D
160	Urea	27,45	4	1,44	A B C D
135	Lib. Lenta	27,50	4	1,44	A B C D
110	Urea	28,43	4	1,44	A B C D
185	Lib. Lenta	28,73	4	1,44	A B C D
185	Urea	30,60	3	1,66	A B C D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P1000	48	0,35	0,14	2,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22,97	11	2,09	1,72	0,1073
Dosis	14,77	5	2,95	2,44	0,0529
Fuente	0,16	1	0,16	0,13	0,7156
Dosis*Fuente	8,03	5	1,61	1,33	0,2750
Error	43,60	36	1,21		
Total	66,57	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65548

Error: 1,2111 gl: 36

Dosis	Medias	n	E.E.	
Testigo	37,85	8	0,39	A
85	38,61	8	0,39	A
135	38,78	8	0,39	A
110	39,04	8	0,39	A
160	39,45	8	0,39	A
185	39,48	8	0,39	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,64430

Error: 1,2111 gl: 36

Fuente	Medias	n	E.E.
Urea	38,81	24	0,22 A
Lib. Lenta	38,93	24	0,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PH	47	0,5	0,3	5,1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	405,2	11	36,8	2,8	0,0105
Fuente	24,7	1	24,7	1,9	0,1809
Dosis	230,5	5	46,1	3,5	0,0117
Fuente*Dosis	154,2	5	30,8	2,3	0,0632
Error	463,7	35	13,2		
Total	868,8	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,15608

Error: 13,2475 gl: 35

Fuente	Medias	n	E.E.
Urea	70,0	24	0,7 A
Lib. Lenta	71,5	23	0,8 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,54861

Error: 13,2475 gl: 35

Dosis	Medias	n	E.E.
Testigo	66,3	8	1,3 A
85	70,4	8	1,3 A B
135	71,3	8	1,3 A B
110	71,5	7	1,4 A B
160	71,7	8	1,3 A B
185	73,4	8	1,3 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	47	0,53	0,46	6,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,66	6	2,94	7,47	<0,0001
Fuente	0,70	1	0,70	1,79	0,1888
Dosis	17,17	5	3,43	8,72	<0,0001
Error	15,76	40	0,39		
Total	33,42	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37017

Error: 0,3940 gl: 40

Fuente	Medias	n	E.E.
Lib. Lenta	10,14	23	0,13 A
Urea	10,38	24	0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,95021

Error: 0,3940 gl: 40

Dosis	Medias	n	E.E.
Testigo	9,29	7	0,24 A

85	9,79	8	0,22	A	B
110	10,05	8	0,22	A	B
135	10,59	8	0,22		B C
160	10,71	8	0,22		B C
185	11,13	8	0,22		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Gluten	48	0,64	0,53	6,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	182,76	11	16,61	5,77	<0,0001
Dosis	182,27	5	36,45	12,67	<0,0001
Fuente	0,01	1	0,01	3,5E-03	0,9528
Dosis*Fuente	0,47	5	0,09	0,03	0,9994
Error	103,58	36	2,88		
Total	286,34	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,55166

Error: 2,8773 gl: 36

Dosis	Medias	n	E.E.	
Testigo	22,50	8	0,60	A
85	22,63	8	0,60	A B
110	23,51	8	0,60	A B
135	25,14	8	0,60	B C
160	26,43	8	0,60	C D
185	27,71	8	0,60	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,99309

Error: 2,8773 gl: 36

Fuente	Medias	n	E.E.	
Urea	24,64	24	0,35	A
Lib. Lenta	24,67	24	0,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Supuesto de Homocedasticidad

1. Método Analítico: Prueba de Levene

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Rendimiento	48	0,04	0,00	62,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	93141,59	6	15523,60	0,30	0,9329
Fertilizante	12129,32	1	12129,32	0,23	0,6304
Dosis	81012,27	5	16202,45	0,31	0,9018
Error	2116202,35	41	51614,69		
Total	2209343,93	47			

Granos.Espiga⁻¹

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Granos.Espiga ⁻¹	48	0,16	0,04	67,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26,04	6	4,34	1,35	0,2590
Fertilizante	0,32	1	0,32	0,10	0,7536
Dosis	25,71	5	5,14	1,60	0,1827
Error	132,10	41	3,22		
Total	158,13	47			

Espigas.m⁻²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Espigas.m ⁻²	47	0,23	0,11	72,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3550,24	6	591,71	1,95	0,0961
Dosis	3453,79	5	690,76	2,28	0,0651
Fuente	152,00	1	152,00	0,50	0,4832
Error	12135,19	40	303,38		
Total	15685,42	46			

P1000

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS P1000	48	0,12	0,00	69,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,94	6	0,32	0,92	0,4928
Fertilizante	0,99	1	0,99	2,81	0,1010
Dosis	0,95	5	0,19	0,54	0,7470
Error	14,45	41	0,35		
Total	16,39	47			

Peso Hectolítrico

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS PH (Kg/Hl)	48	0,18	0,06	80,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55,85	6	9,31	1,52	0,1943
Fertilizante	11,18	1	11,18	1,83	0,1833
Dosis	44,66	5	8,93	1,46	0,2227
Error	250,24	41	6,10		
Total	306,09	47			

Proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Proteína	48	0,12	0,00	64,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,66	6	0,11	0,93	0,4827
Fertilizante	0,03	1	0,03	0,28	0,6020
Dosis	0,62	5	0,12	1,06	0,3949
Error	4,81	41	0,12		
Total	5,46	47			

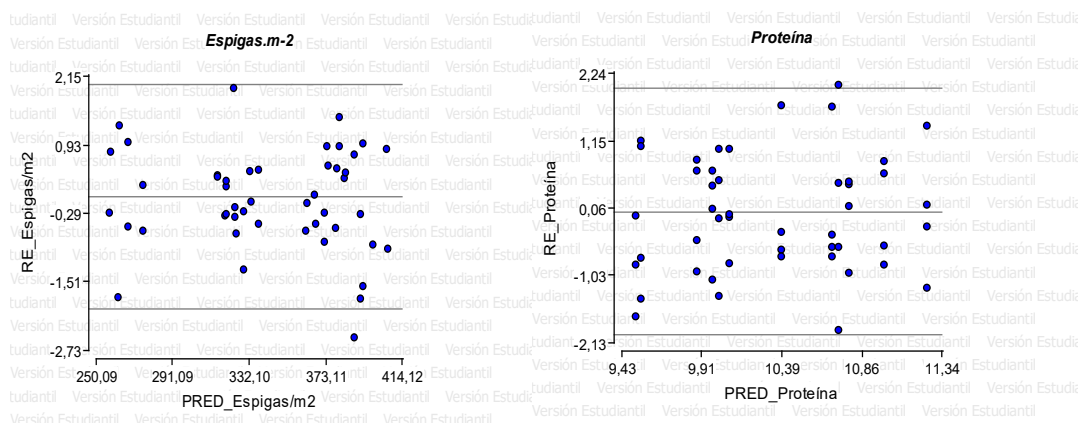
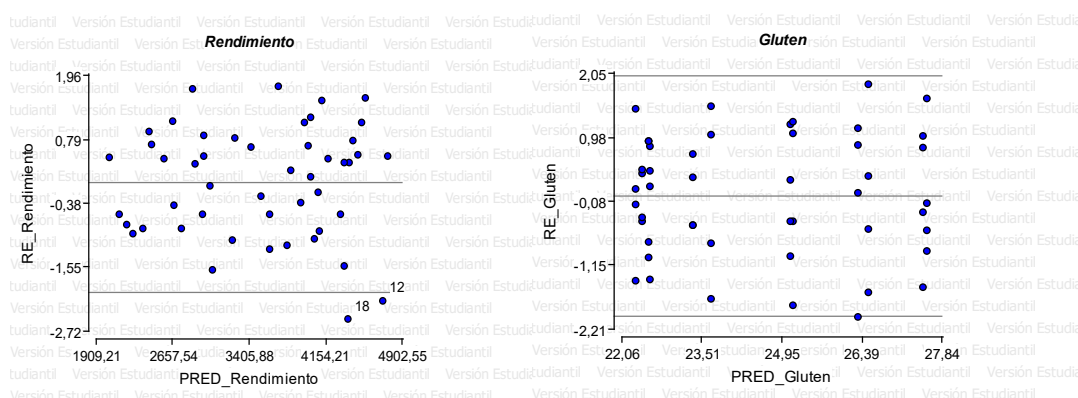
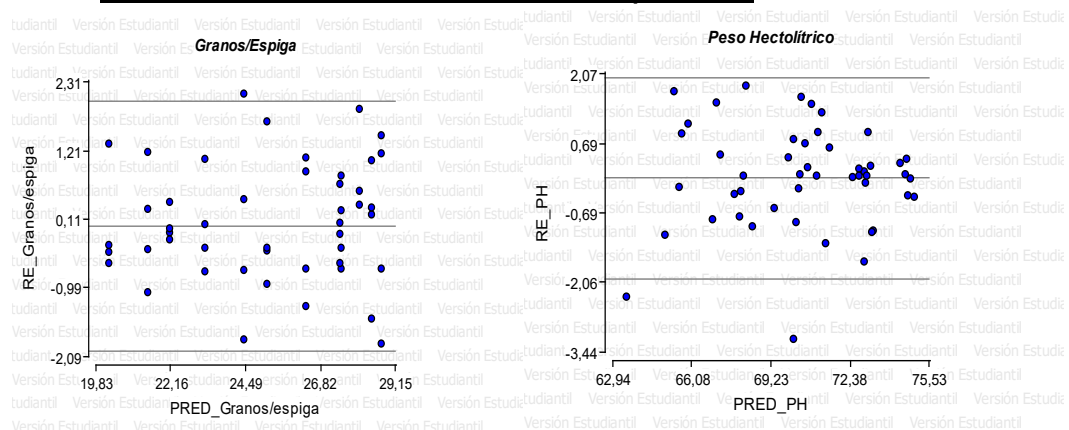
Gluten

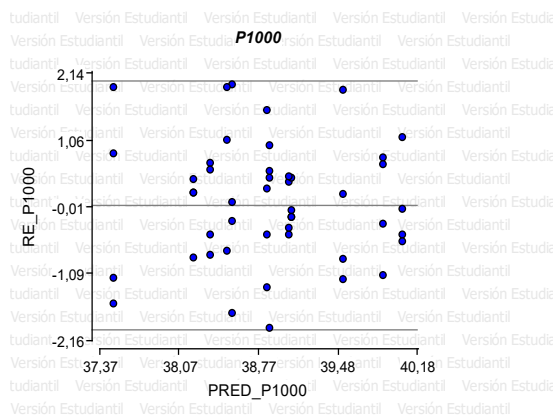
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Gluten 48	48	0,05	0,00	65,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,67	6	0,28	0,39	0,8783
Fertilizante	0,13	1	0,13	0,19	0,6663
Dosis	1,53	5	0,31	0,44	0,8210
Error	28,87	41	0,70		
Total	30,54	47			

2. Método Gráfico: Gráficos de Dispersión





Supuesto de Normalidad

1. Método Analítico: Prueba de Saphiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE Rendimiento	48	0,00	1,01	0,95	0,2746
RE Espigas/m2	47	-0,07	0,89	0,98	0,8401
RE Granos/espiga	48	0,00	1,01	0,98	0,8836
RE P1000	48	0,00	1,01	0,96	0,4482
RE PH	47	0,07	0,90	0,97	0,7085
RE Proteína	48	0,00	1,01	0,96	0,4610
RE Gluten	48	0,00	1,01	0,95	0,1448

2. Método Gráfico: Q-Q Plot

