

Biblioteca Central "Vicerrector Ricardo A. Podestá"

Repositorio Institucional

Efecto de fertilizantes nitrogenados de diferente liberación sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de trigo (Triticum Aestivum, L.) en la zona de Villa María

Año 2016

Autor Lombardo, Melina

Director Montalvo, Raúl

Este documento está disponible para su consulta y descarga en el portal on line de la Biblioteca Central "Vicerrector Ricardo Alberto Podestá", en el Repositorio Institucional de la **Universidad Nacional de Villa María.**

CITA SUGERIDA

Lombardo, M. (2016). Efecto de fertilizantes nitrogenados de diferente liberación sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de trigo (Triticum Aestivum, L.) en la zona de Villa María. Villa María: Universidad Nacional de Villa María



Universidad Nacional de Villa María

Instituto A. P. Ciencias Básicas y Aplicadas

Trabajo Final de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo

EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE DIFERENTE LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum aestivum, L.*) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

AUTOR

Melina Lombardo

Villa María - Córdoba Octubre 2016

EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE DIFERENTE
LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS
COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum aestivum*L.) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

Universidad Nacional de Villa María

IAP Ciencias Básicas y Aplicadas

Trabajo **Final** de Título del Grado: **EFECTO** DE **FERTILIZANTES NITROGENADOS** DE DIFERENTE LIBERACIÓN **SOBRE** EL **RENDIMIENTO** SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (Triticum

Nombre y Apellido	Firma
N°77/2006 del Consejo Directivo IAP Cs. Básicas y Aplicad	
Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerenc	cias del Asesor (Art. N°2, Res.
Nombre y Apellido	Firma
Nombre y Apellido	Firma
Nombre y Apellido	Firma
Res. N°48/2000 del Concejo Superior).	
Aprobado y corregido de acuerdo con la sugerencia de	el Tribunal Evaluador (Art. N°15,
Director: Ing. Agr. Raúl Montalvo	
, tator. Monita Zombardo	
Autor: Melina Lombardo	
aestivum L.) EN LA ZONA DE VILLA MAR	IIA
) I A

Lugar y fecha de aprobación:

Universidad Nacional de Villa María

Instituto A. P. Ciencias Básicas y Aplicadas

Trabajo Final de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo

DE DIFERENTE LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum aestivum L.*) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

AUTOR

Melina Lombardo

DIRECTOR

Ing. Agr. Raúl Montalvo

Villa María - Córdoba Octubre 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Generalidades del cultivo	4
2.1.1. Producción de trigo en Argentina	4
2.1.2. Características morfológicas del trigo	4
2.1.3. Zonas de producción	4
2.1.4. Componentes del rendimiento del cultivo de trigo	5
2.1.5. Clasificación del trigo	6
2.1.6. Aspectos ecofisiológicos	7
2.2. Fertilizantes	7
2.2.1. Factores que determinan la fertilidad de los suelos	7
2.2.2. Clasificación de los fertilizantes	8
2.2.3. Fertilización en trigo	9
2.2.4. Modalidad de aplicación de fertilizantes nitrogenados en trigo	11
2.3. Calidad Panadera del trigo	111
3. OBJETIVOS	144
3.1. Objetivo General	144
3.2. Objetivos Específicos	144
4. MATERIALES Y MÉTODOS	155
4.1. Caracterización del área experimental	155
4.1.1. Ubicación	15
4.1.2. Descripción del suelo	15
4.1.3. Régimen térmico y pluviométrico	15
4.2. Descripción del ensayo	16
4.3. Diseño experimental y tratamientos	177
4.4. Determinaciones	178
4.5. Análisis Estadístico	19
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1. Análisis de la fertilidad del suelo	20
5.2. Densidad de plantas a cosecha	200
5.3. Determinación del rendimiento en granos y sus componentes	21

6. CONCLUSIONES	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1.	Requerimientos	nutricionales	de	trigo	para	un	determinad	0
rendim	ient	0							9
Tabla 2	2. V	ariables climáticas	s registradas d	uran	te el a	ño 20	10	¡Erroi	٢!
Marca	dor	no definido.6							
Tabla :	3. A	nálisis del suelo	previo a la sie	mbr	a reali	zados	para	a la campañ	a
2010-2	011							2	0
Tabla 4	1 . C	onteo de plantas	emergidas a co	sec	ha			2	0
Tabla	5 . F	Rendimiento en g	granos y sus	com	oonen	tes, ni	úmei	o y peso d	е
granos	, pa	ra diferentes nive	les de nitróger	no lo	grados	s con e	el us	o de distinto	s
fertiliza	ntes	3						2	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regiones de cultivo de trigo en Argentina¡Error! Marcador no definid	Ο.
Figura 2. Componentes del rendimiento del trigo	
Figura 3. Respuesta del rendimiento y el porcentaje de proteínas al	
agregado de fertilizante nitrogenado en un cultivo de trigo	
Figura 4. Diseño experimental	
Figura 5. Rendimiento en granos (A) y número de granos por unidad de	
superficie (B) para distintos niveles de N	
Figura 6. Relación entre rendimiento y número de granos para distintos	
niveles de N	
Figura 7. Respuesta a la fertilización (A) y eficiencia agronómica (B) de Urea	
y Sulfammo23	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NG: número de granos

PG: peso medio del grano

N: nitrógeno **NH+4:** amonio

MO: materia orgánica

Pe: fósforo extractable

EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE DIFERENTE LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum*aestivum L.) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

Autor: Melina Lombardo

Director: Ing. Agr. Raúl Montalvo

RESUMEN

El trigo (Triticum aestivum L.) es uno de los principales cultivos utilizados en las rotaciones agrícolas de la región central de Córdoba. Su producción se ve limitada por distintos factores, siendo el nivel de nitrógeno (N) en suelo uno de los principales. El N constituye el principal nutriente que limita la productividad de los sistemas agropecuarios en la región pampeana. Por esto, es necesario el agregado de fertilizantes para maximizar el rendimiento en granos por unidad de superficie. Actualmente, existen fertilizantes donde sus componentes nitrogenados varían de acuerdo al grado de liberación en el suelo, aunque no se conoce en profundidad cuales son más beneficiosos para lograr el máximo rendimiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los rendimientos alcanzados del cultivo de trigo sobre parcelas tratadas con fertilizantes nitrogenados de diferente liberación. El experimento fue llevado a cabo en la campaña 2010/2011 en Villa María, Córdoba, Argentina. Se utilizó como fertilizante de liberación lenta a Sulfammo (compuesto por 26% de N, 10% de S, 4% de Ca, 2% de Mg, 0,2% de B y 10% de Calcáreo Marino. El fertilizante granulado de liberación rápida utilizado fue Urea (46-0-0). Ambos, fueron aplicados al momento de la siembra en una única dosis a razón de ~70 kg N ha⁻¹. La utilización de sulfammo (fertilizante de liberación lenta) incrementó los niveles de rendimiento respecto del testigo en un 13% mientras que la aplicación de urea (fertilizante de liberación rápida) produjo resultados equivalentes a un 7% de los rendimientos obtenidos respecto del testigo. Las diferencias en el rendimiento fueron explicadas por el NG, ya que no se registraron

 \mathbf{X}

diferencias significativas para el PG en ninguno de los tratamientos

analizados. La utilización de sulfammo aumentó la magnitud de la respuesta

a la fertilización e incrementó la eficiencia agronómica de dicho nutriente,

comparado con la urea. Por lo tanto, el uso de fertilizantes que liberan el N

en forma gradual, como sulfammo, puede incrementar los rendimientos y

disminuir el impacto de la contaminación ambiental.

Palabras claves: trigo, fertilización, nitrógeno, urea.

EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE DIFERENTE LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (*Triticum*aestivum L) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

Autor: Melina Lombardo

Director: Ing. Agr. Raúl Montalvo

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad en las condiciones ambientales existentes en Argentina son el principal factor condicionante del rendimiento potencial de los cultivos, siendo la fecha de siembra, elección del cultivar, temperaturas, humedad edáfica y ambiental, precipitaciones y calidad de suelos, los factores que determinarán el rendimiento final (Slafer *et al.*, 2003).

Como resulta imposible mantener un nivel óptimo de todos estos factores durante la estación de crecimiento, es necesario identificar los momentos críticos del cultivo en que el rendimiento guarda una estrecha relación con la disponibilidad de recursos (Slafer *et al.*, 2003).

La cantidad de agua y nutrientes absorbida por el cultivo se encuentra en estrecha relación con su crecimiento, donde una restricción hídrica o nutricional podrá resultar en una disminución del rendimiento. La magnitud de esta reducción dependerá del momento en el ciclo del cultivo en que ocurra el estrés, como también de la intensidad y duración del mismo (Slafer et al., 2003).

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes que más limita la producción en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum L.*). Una disponibilidad adecuada del mismo, como también de otros nutrientes, desde etapas tempranas posibilita un alto grado de expansión foliar y tasa de macollaje y, por lo tanto, de la captura de la radiación incidente y formación de biomasa vegetal. Otros efectos relevantes de la fertilización con nitrógeno incluyen la menor incidencia de enfermedades fúngicas y la mayor calidad de los productos

cosechados (Echeverria y Garcia, 1998). No obstante, antes de decidir por el agregado del mismo a través de fertilizantes, se debe conocer su disponibilidad en el suelo (Keller y Fontanetto, 2004). Para ello, el análisis de suelo constituye una herramienta imprescindible al momento de determinar la disponibilidad de nutrientes que más limitan el rendimiento en granos, en particular, nitrógeno, fósforo y azufre (Godwin y Jones, 1991).

La fertilización nitrogenada es una de las tecnologías que mayor impacto ha causado en los planteles productivos de trigo al ser el nutriente de mayor demanda por el cultivo y aquel que generalmente manifiesta los primeros síntomas de deficiencia. En promedio, se requieren de 25 a 30 kg ha⁻¹ de N para producir 1000 kg ha⁻¹ de granos (Godwin y Jones, 1991).

Existen numerosos trabajos científicos que evalúan los efectos de la fertilización nitrogenada en trigo. Entre ellos se cita el estudio de Fontanetto y Keller (2004) quienes compararon diferentes dosis y fuentes nitrogenadas y concluyeron que la fertilización provoca un efecto significativo y positivo sobre la determinación del rendimiento en trigo.

Otros estudios han sido realizados con el objeto de evaluar el efecto de diferencias en la velocidad de liberación del N sobre la eficiencia en el uso del recurso y el rendimiento en granos. Por ejemplo, el uso de zeolitas (compuesto de origen natural) conjuntamente con urea permite que la molécula de amonio quede retenida en su estructura interna y externa, funcionando como un fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Actualmente, también existen en el mercado, formulaciones de fertilizantes que entregan el N a la solución del suelo en forma más gradual, como por ejemplo, sulfammo. La información existente al presente indica que el uso de zeolitas mezcladas conjuntamente con la urea permiten reducir el agregado de N incrementando significativamente el rendimiento del cultivo (Osuna-Ceja et al., 2012) o mejorando la eficiencia en el uso del mismo (Rodríguez y Giberti, 2008). No obstante, la información disponible sobre el uso de fertilizantes como sulfammo es reducida y en muchos casos referida a otras zonas del país. Por consiguiente, en el presente estudio se evaluará la respuesta en términos del rendimiento en granos del cultivo de trigo al agregado de N utilizando urea y sulfammo. La urea es un fertilizante químico

de liberación rápida y origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos disponibles en el mercado, la urea es la fuente nitrogenada de mayor concentración de N (46%), siendo de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de N. En lo que respecta a su comportamiento en el suelo, en su forma original, no contiene Amonio (NH+4), sin embargo al hidrolizarse (por efecto de la enzima "ureasa" y por la temperatura del suelo) produce más bicarbonato, resultando absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el amonio nitrificado o absorbido por las plantas (Slafer et al., 2003). Respecto al fertilizante de liberación lenta, se seleccionó a sulfammo ya que está formulado por fuentes de N tanto amoniacal como ureica más calcáreo marino peleteado. Dicho producto es de liberación progresiva, es decir asegura una entrega de N de una manera más aprovechable para las plantas, mientras que el calcáreo marino genera un ambiente en el entorno del gránulo cercano a la neutralidad (pH 7), favoreciendo tanto la mejor asimilación de los nutrientes por la planta como también una mayor actividad microbiana en el suelo. También se contrarresta el efecto de acidificación en el suelo que generarían fuentes tradicionales de N como la urea (Slafer et al., 2003)

Por consiguiente, en este trabajo se evaluará el efecto de fertilizantes nitrogenados con distinto grado de liberación del N sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de trigo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Producción de trigo en Argentina

Argentina ha sido a lo largo de su historia uno de los principales actores en el comercio internacional de trigo. Tradicionalmente se ubicaba entre los cinco principales exportadores de trigo con una participación del 10% dentro del volumen total de exportaciones mundiales. La superficie destinada a la siembra del cultivo alcanzó las 7 millones de has en la campaña 2001/02 para caer hasta el piso de 2.760.000 has sembradas en la campaña 2009/10 (la menor superficie de los últimos cien años). Las causas de esta decadencia se deben a distintos motivos, algunos de origen climático y otros políticos (Cappi y Colombo, 2010).

Un aspecto tal vez, aún más importante, es el aporte que hace el cultivo de trigo a la estabilidad del sistema agrícola de las rotaciones en Argentina (Cappi y Colombo, 2010).

2.1.2. Características morfológicas del trigo

El trigo es una planta herbácea, su sistema radical es adventicio; el tallo o caña es verde, rígido, formado por nudos y entrenudos; las hojas son envainadoras y nacen de los nudos, acintadas y sin pecíolo, poseen vaina (parte que sobresale del tallo); el limbo es una lámina verde, angosta y con nervaduras longitudinales. La inflorescencia es la espiga conformada por el raquis; es un adelgazamiento del tallo conformado por nudos y entrenudos y la espiguilla que se compone de un grupo de flores donde no todas son fértiles. El fruto es una cariópside con un solo grano, que es la semilla caracterizada por una hendidura longitudinal en la parte central, compuesta por el embrión y el endosperma (Cappi y Colombo, 2010).

2.1.3. Zonas de producción

El cultivo se realiza en un vasto territorio entre 30-40° de latitud sur y 57-68° de longitud oeste que se divide en cinco sub-regiones trigueras (Lerner *et al.*, 2004), como se detalla en la Figura 1.

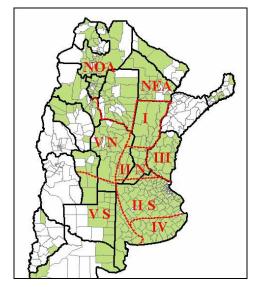


Figura 1. Regiones de cultivo de trigo en Argentina.

La zona de Villa María, lugar donde se realizó el presente trabajo, queda comprendida en el límite de la Región II NORTE y V NORTE. Las características climáticas y sus posibles influencias sobre la calidad de la producción se detallan a continuación:

REGIÓN II NORTE: El clima es templado húmedo y las precipitaciones disminuyen de este a oeste de 950 a 700 mm, haciéndose más evidente la diferencia en invierno. La temperatura media anual es de 16 °C y la mínima media es de 10 °C para el mes más frío (julio). El sudoeste de esta región presenta inviernos más secos y más fríos y con mayores riesgos de heladas tardías que el resto de la zona. Presenta condiciones propicias para la producción de trigo con calidad panadera, condicionada por las heladas y épocas en que se presentan las mismas (FAA, 2004).

SUBREGION V NORTE: El clima es continental semiárido con temperaturas invernales de 10 a 13 °C. Las precipitaciones disminuyen de 700 a 600 mm de este a oeste con distribución estacional (inviernos secos). Presenta vientos desecantes (zonda) que afectan el llenado de los granos (granos chuzos) (FAA, 2004).

2.1.4. Componentes del rendimiento del cultivo de trigo

Los componentes del rendimiento del trigo corresponden al número de plantas m⁻², macollos m⁻², espigas m⁻², granos espiga⁻¹ y peso de mil

granos (Figura 2). Para lograr la expresión máxima de cada uno de estos componentes es necesario realizar una serie de prácticas de manejo agronómico en el cultivo vinculadas al manejo del suelo, fecha de siembra adecuada según la localidad y variedad, profundidad de siembra, densidad de plantas, control de malezas, enfermedades y fertilización (Lerner *et al.*, 2004).

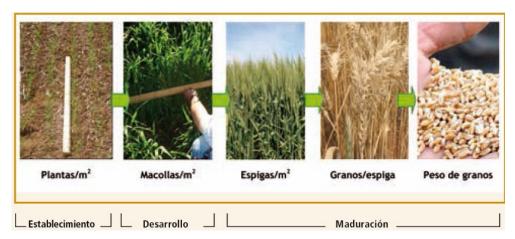


Figura 2. Componentes del rendimiento del cultivo de trigo.

2.1.5. Clasificación del trigo

Según la textura del endosperma, los trigos se clasifican en duros y blandos. Los trigos duros tienen en general mayor rendimiento en harina y mayor porcentaje de proteína que los trigos blandos. Las harinas de los trigos blandos son preferentemente destinadas a la elaboración de galletitas y tortas o forman parte del grueso de harinas comerciales (Turnbull y Rahman, 2002). Las harinas de trigos duros son destinadas a productos panificados que deben soportar grandes esfuerzos según el tipo de producto y proceso industrial involucrado (pan dulce, hojaldres, fermentaciones largas, etc.) (De Sá Souza, 2009).

La clasificación de la producción triguera permite satisfacer la demanda de la industria y de la exportación, aumentando la credibilidad y confiabilidad de Argentina en el comercio mundial como país exportador de trigo (Trombetta y Cuniberti, 1994).

2.1.6. Aspectos ecofisiológicos

La duración de las distintas etapas ontogénicas del cultivo de trigo están reguladas por 3 factores determinantes: i) la temperatura, ii) el fotoperiodo (o duración del día) y iii) la vernalización (requerimientos de horas de frío). De los 3 factores mencionados, la temperatura es el factor que afecta la duración de todas las etapas ontogénicas del cultivo comprendidas entre la emergencia hasta la madurez fisiológica. Así, temperaturas más cálidas acelerarán la tasa de desarrollo del cultivo y promoverán, por ejemplo, una floración más temprana comparada con la ocurrencia de temperaturas frescas para el mismo período. Una forma de expresar la relación entre la tasa de desarrollo de los distintos estadios fenológicos y la temperatura es a través del uso del tiempo térmico (o unidades térmicas). A diferencia de lo que ocurre con la temperatura, la respuesta a la vernalización ocurre en el período que media entre la inhibición de la semilla y el cambio de estado del ápice de crecimiento de vegetativo a reproductivo. Las temperaturas vernalizantes se dan en un rango de 0 a 12 °C siendo la óptima entre 5-7 °C. (Miralles et al., 2003). Con respecto al fotoperiodo, el trigo comienza a censar el estímulo de la duración de horas de luz a partir de la emergencia de la primera hoja y responde a este factor hasta la floración. La respuesta al fotoperiodo es de tipo cuantitativa y puede definirse como una planta de día largo; es decir que a medida que se incrementa la duración del día, la duración de las etapas tiende a acortarse (Miralles et al., 2003).

2.2. Fertilizantes

2.2.1. Factores que determinan la fertilidad de los suelos

La fertilidad de un suelo puede definirse como la capacidad que posee para proveer nutrientes en condiciones óptimas y de manera balanceada en el momento requerido por las plantas, además de servir de sustento para su desarrollo.

Los factores que determinan su fertilidad se pueden clasificar en:

- ✓ <u>Físicos:</u> condicionan el desarrollo del sistema radicular y el movimiento del agua en el suelo. La fertilidad física se identifica por: textura, estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención hídrica, etc.
- ✓ Químicos: hacen referencia a la reserva de nutrientes y su aporte a las plantas. Se caracteriza por la capacidad de cambio de cationes, pH, materia orgánica (MO), macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Mg, Zn, Cu, Na y Cl) y sus formas químicas en el suelo que condicionan su biodisponibilidad.
- ✓ <u>Biológicos:</u> determinados por la actividad de los microorganismos en el suelo. La micro flora del suelo utiliza la MO como sustrato y fuente de energía, interviniendo en la producción de enzimas, ciclo del C y del N, transformaciones biológicas de nutrientes y procesos de humificación y mineralización (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

El N constituye el principal nutriente que limita la productividad de los sistemas agropecuarios en la región pampeana. Con el objeto de detectar su insuficiencia es necesario realizar un análisis de la composición del suelo para determinar el estado de fertilidad y pH del mismo, los requerimientos específicos de fertilizantes, según los cultivos considerados, como así también determinar una condición específica del suelo que pueda ser mejorada por el agregado de enmiendas (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

Además del análisis del suelo y el diagnóstico se deben considerar: el cultivo a implantar y su potencial de producción, el método de aplicación de los fertilizantes, como así también es necesario considerar al cultivo antecesor ya que influye en el balance de N para el cultivo siguiente, la cantidad de rastrojos que aporta al suelo y la residualidad de fertilizantes aplicados para su desarrollo (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

2.2.2. Clasificación de los fertilizantes

Los fertilizantes minerales son los insumos característicos de la agricultura moderna utilizados para corregir deficiencias de fertilidad y suministrar nutrientes a las plantas cuando la oferta del suelo es insuficiente o la demanda de los cultivos es muy alta.

Se clasifican en: simples, aquellos que suministran un único nutriente principal (fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos); y compuestos, los que aportan dos o más nutrientes. Pueden ser gránulos mezclados químicamente, por compactación o simples mezclas físicas.

Los fertilizantes se definen por su grado, análisis y formulación, es decir por los porcentajes mínimos garantizados contenidos en los mismos, tales como nitrógeno total (N), fósforo disponible (P₂ O₅) y potasio soluble (como K₂ O). Además del grado, se definen por la relación o proporción entre nutrientes (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

2.2.3. Fertilización en trigo

Los requerimientos nutricionales para diversos niveles de rendimiento se expresan en la Tabla 1.

-		-				
Rendimiento	N	Р	К	S		
qq/ha		kg/ha				
20	60	10	60	9		
30	90	15	90	13		
40	120	20	120	18		
50	150	25	150	22		
60	180	30	180	26		
70	210	35	210	30		

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de trigo para un determinado rendimiento.

Adaptado de Melgar y Díaz Zorita (1997).

La aplicación balanceada de nutrientes determina que sus efectos interactúen positivamente, lográndose efectos sinérgicos. Generalmente se aplica Fósforo, Potasio, Azufre, encalado y Nitrógeno. Las entradas de nitrógeno al agro-ecosistema de la región pampeana tienen su origen en los aportes por lluvia, por fijación biológica y por fertilización (Álvarez *et al.*, 2006).

El trigo es uno de los cultivos extensivos más fertilizados del país. En la región pampeana húmeda, un 90 % del área sembrada con trigo es fertilizada anualmente con fertilizantes nitrogenados, mientras que en el oeste semiárido no alcanza al 30 %. A pesar del gran aumento en el uso de fertilizantes en dicha región, no se llegan a compensar los niveles de

extracción de N de los cultivos. En trigo se repone alrededor de un 80 % del N extraído por cosecha. Entre las salidas de N de mayor magnitud se encuentran la volatilización, por la que se emite amoníaco, la desnitrificación, que se produce en condiciones de anaerobiosis y la lixiviación, por la que se lavan los nitratos por debajo de la profundidad de enraizamiento (Álvarez *et al.*, 2006).

Como consecuencia de lo expuesto, la mayor parte de los lotes cultivados con trigo poseen insuficientes niveles de N para cubrir las necesidades por parte del cultivo en planteos de alta producción. La determinación de las cantidades necesarias a fertilizar dependen del N aportado por el suelo, que a su vez depende del acumulado o no utilizado por el cultivo anterior, del manejo previo, y por las necesidades definidas por el rendimiento potencial que depende de la disponibilidad de agua del ciclo del cultivo (Melgar y Díaz Zorita, 1997).

El método del balance de N se usa con distintas variantes por la mayoría de los laboratorios para hacer recomendaciones de N para trigo, expresando la necesidad de fertilización a través del siguiente cálculo:

N Fertilizante = [N Demandado - N-NO en el suelo - N mineralizado] x Eficiencia

Este método de cálculo es el más simple y ampliamente usado. En relación a los componentes de la fórmula es importante considerar:

- ✓ El N demandado por el cultivo es dependiente del rendimiento potencial del cultivo y de las condiciones ambientales. Generalmente se consideran valores de rendimiento esperado en función del promedio de los mejores años del lote en cuestión.
- ✓ El N inorgánico de referencia más usual es el N en forma de nitratos (N-NO₃).
- ✓ El N mineralizado durante el ciclo del cultivo está en relación con la temperatura y la humedad del suelo. Con las temperaturas normales de suelo entre junio y septiembre la mineralización es casi nula. Al aumentar la temperatura y las lluvias de primavera, hay un gran aporte de N del suelo por mineralización, aunque para ese momento las necesidades de N del trigo, para lograr un buen macollaje, quedan insatisfechas si es que no se aporta el N por fertilización.

2.2.4. Modalidad de aplicación de fertilizantes nitrogenados en trigo

Existe la posibilidad de pérdidas de eficiencia de los fertilizantes nitrogenados si estos no son utilizados adecuadamente. A continuación se identifican las distintas modalidades de aplicación de fertilizantes nitrogenados:

- ✓ <u>Aplicaciones a la siembra:</u> el trigo requiere poco N al inicio de su desarrollo, a causa de su relativamente escaso crecimiento invernal. Una adecuada preparación del suelo previa a la siembra permite acumular suficiente N en forma de nitratos para cubrir los requerimientos iniciales.
- ✓ <u>Aplicaciones al macollaje:</u> representan una estrategia muy utilizada por la mayoría de los productores trigueros debido a que las necesidades de N comienzan a ser importantes al inicio del macollaje. Una alta disponibilidad de nutrientes en este estadio permiten alcanzar altos rendimientos. La fuente nitrogenada ampliamente utilizada es la urea, por lo que no se conoce en profundidad si el manejo de fuentes alternativas podría significar ventajas agronómicas, económicas o logísticas.
- ✓ <u>Aplicaciones fraccionadas:</u> implica sincronizar las dosis de N con las necesidades del cultivo, por lo que es una herramienta de manejo que permiten manejar el riesgo. Por ejemplo, si el stand de plantas al comienzo del macollaje es reducido (i.e., menor de 50 plantas por metro lineal), una alternativa de manejo sería aplicar hasta 50 kg ha⁻¹ de N para favorecer la tasa de macollaje y compensar la reducción del stand de plantas. El N adicional debe suministrarse al comienzo de la encañazón para cubrir las necesidades durante el período subsiguiente (i.e., desde encañazón hasta antesis). que es el de mayor demanda y por ende, absorción de N (Melgar y Díaz Zorita, 1998).

2.3. Calidad Panadera del trigo

La calidad panadera depende de muchos factores y varía de acuerdo al genotipo o variedad, las condiciones climáticas, la fertilización nitrogenada y la interacción genotipo por ambiente.

El grano de trigo contiene muchos componentes de los cuales los más importantes son almidón y proteínas. El almidón está constituido por diversos azúcares y tiene un papel determinante a la hora de licuarse y retener el agua. Además alimenta las levaduras asegurando su multiplicación y crecimiento. Las proteínas se componen de diversas fracciones como albúminas, globulinas, gliadinas y gluteninas. Albúminas y globulinas contienen diferentes enzimas de actuación como α-amilasa (indicadora de la germinación), β-amilasa, etc. Las gluteninas y gliadinas tienen la capacidad, cuando se hidratan, de formar una red que da sus propiedades a la harina: elasticidad, tenacidad y viscosidad. El gluten es la proteína que caracteriza el trigo blando y le da la capacidad única de transformación en pan (De Sá Souza, 2009).

La relación entre la disponibilidad de N y el rendimiento en granos ha sido muy estudiada y se han propuesto modelos como el que se presenta en la Figura 3.

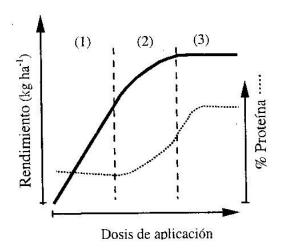


Figura 3. Respuesta del rendimiento y el porcentaje de proteínas al agregado de fertilizante nitrogenado en un cultivo de trigo. Referencias: líneas llena: rendimiento (kg/ha); línea punteada: % de proteína en grano.

Cuando la disponibilidad de N es reducida, la fertilización nitrogenada produce un aumento de rendimiento proporcional a la dosis aplicada (Fase 1 en Figura 3). Durante esta fase, sin embargo, el porcentaje de proteína en granos presenta los menores valores y se mantiene constante, es decir, no responde a estas dosis crecientes de N. A medida que se incrementa el

aporte de N vía fertilización (Fase 2), aumentos del rendimiento son provocados por un mayor número de granos (NG) y peso de los mismos y el porcentaje de proteína aumenta exponencialmente hacia el final de la Fase 2. Hacia fines de la Fase 2 y comienzos de la Fase 3, el rendimiento alcanza un óptimo y/o máximo mientras que el porcentaje de proteína continua en aumento, alcanzándose la máxima concentración de proteína a valores más altos de N disponible que el rendimiento en granos. (Satorre et al., 2003).

La acumulación de proteínas en los granos presenta un patrón de tipo sigmoideo y es dependiente del genotipo, de la disponibilidad de N y de la temperatura (De Sá Souza, 2009).

De lo expuesto se desprende que la calidad panadera del trigo es inversamente proporcional al rendimiento, aunque también, existen diversos factores que intervienen en el proceso de llenado de granos, modificando las condiciones de la producción. La fertilización nitrogenada y dentro de ella, la aplicación tardía de N, es una estrategia de manejo adecuada para mejorar el porcentaje de proteínas en trigo. Dichas aplicaciones de N deben ser realizadas en el estadio de espigazón, al voleo en forma de urea o a través de fertilizantes líquidos que suelen coincidir con las aplicaciones preventivas de fungicidas. Esta práctica puede elevar entre un 1 y 2 % el nivel de proteína en el grano y así alcanzar los valores bonificables en la comercialización (Melgar y Díaz Zorita, 1998).

En síntesis, para el productor es importante la proteína ya que incide en el precio del grano al formar parte del estándar de comercialización, con bonificaciones y descuentos por encima o por debajo de la base de comercialización del 11 %.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos fertilizantes nitrogenados que difieren en la velocidad de liberación del N sobre la determinación del rendimiento en granos en el cultivo de trigo en la zona de Villa María.

3.2. Objetivos Específicos

Cuantificar la respuesta del rendimiento en granos al agregado de fertilizantes de N con distinta velocidad de liberación en comparación con el testigo sin fertilizar.

Evaluar la incidencia de la aplicación de los fertilizantes mencionados sobre la cantidad de plantas al momento de la cosecha y los componentes numéricos del rendimiento, número y peso de mil granos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Caracterización del área experimental

4.1.1. Ubicación

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Villa María, situado en el campus de la Universidad, latitud 32º 25'S, longitud 63º 15'W, altitud 198 m S.N.M. (Google Earth, 2015).

4.1.2. Descripción del suelo

El lote utilizado tiene una capacidad de uso de tipo clase III con limitaciones a nivel de suelo y clima cuya simbología es III_{SC}, representado en la carta de suelos de la República Argentina con el símbolo Ot8 y pertenece al complejo de series Oncativo en un 50 %, Ballesteros en un 30 % y Villa María en un 20 % (INTA, 1987).

4.1.3. Régimen térmico y pluviométrico

Para la zona de Villa María, la temperatura media anual es de 16,05 °C, con una amplitud térmica de 14,5 °C entre el mes más cálido (enero) y el mes más frío (julio).

La fecha media de primeras heladas se ubica alrededor de la primera quincena de Mayo, siendo la segunda quincena de Septiembre, la fecha media de las últimas heladas. En consecuencia, el período medio libre de heladas es superior a los 212 días (INTA, 1987).

El régimen pluviométrico es de tipo monzónico, ya que las lluvias de los seis meses primavero-estivales triplican a las del semestre otoño-invernales (INTA, 1987). La precipitación media anual de la zona es de 799 mm, siendo los meses más lluviosos Diciembre, Enero y Febrero, mientras que los menos lluviosos son Junio, Julio y Agosto.

Los registros de la temperatura media y de las precipitaciones ocurridas durante el año 2010 en que se realizó el ensayo del presente estudio (Tabla 2) fueron extraídos de la estación meteorológica de la UNVM.

Tabla 2. Variables climáticas registradas durante el año 2010 en que se realizó el ensayo
del presente estudio.

Mes	Temperatura (°C)	Precipitaciones	
Wics	Media	(mm)	
Enero	24,6	240	
Febrero	24,1	186,4	
Marzo	23,6	49	
Abril	17,4	92	
Mayo	10,6	46,6	
Junio	11,3	3	
Julio	9,5	0	
Agosto	10,8	0	
Septiembre	14,9	88	
Octubre	16,5	75	
Noviembre	21,3	87	
Diciembre	23,9	133	
Total		1000	

El ciclo del cultivo se desarrolló en una situación de escasa ocurrencia de precipitaciones durante el invierno (3 mm). Las lluvias se restablecieron durante la primavera registrándose en septiembre precipitaciones por encima de su valor histórico lo que le permitió al cultivo afrontar el período crítico para la formación y desarrollo de granos sin estrés hídrico. Durante septiembre y octubre, cuando el cultivo se encontraba en el período de mayor sensibilidad a bajas temperaturas, no ocurrieron heladas de importancia que afectaran el rendimiento en granos.

4.2. Descripción del ensayo

La siembra del cultivo de trigo en el sitio experimental fue realizada el 16 de julio de 2010 mediante la técnica de siembra directa, siendo el cultivo antecesor soja destinada a cosecha.

La variedad sembrada fue Castor (ciclo corto) y se empleó una densidad de siembra de 120 kg de semillas ha⁻¹ con un 80 % de poder germinativo y un espacio entre hileras de 0,19 m.

Finalmente, insectos, enfermedades y malezas fueron adecuadamente controlados a través de aplicaciones de productos químicos.

4.3. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones (Figura 4). En este esquema se diferencian tres niveles del factor nitrógeno: fertilizante nitrogenado de liberación rápida (urea), fertilizante nitrogenado de liberación lenta (sulfammo) y sin fertilizante o testigo (T). Las unidades experimentales tuvieron una superficie rectangular de 80 m⁻².

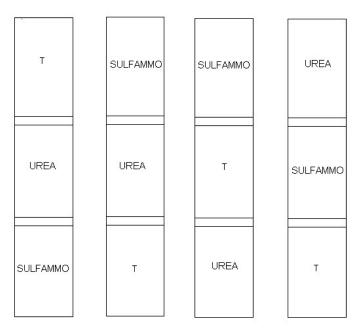


Figura 4. Diseño experimental.

El fertilizante nitrogenado de liberación lenta, Sulfammo, está compuesto por un 26% de N, 10% de Azufre (S), 4% de Calcio (Ca), 2% de Magnesio (Mg), 0,2% de Boro (B) y 10% de Calcáreo Marino, mientras que el fertilizante de liberación rápida, Urea, está compuesto por 46 % de N, 0% de Fósforo (P) y 0% de Potasio (K). La dosis utilizada para sulfammo fue de 260 kg ha⁻¹ y de 150 kg ha⁻¹ para urea. Por consiguiente, la cantidad de N aplicada para cada tipo de fertilizante fue de 67,6 y 69 kg ha⁻¹ para sulfammo y urea, respectivamente. Ambos fertilizantes fueron aplicados al momento de la siembra. La mitad de la dosis se aplicó sobre la línea de siembra y el resto al costado de la misma para evitar problemas de fitotoxicidad.

4.4. Determinaciones

- ✓ Análisis de la fertilidad del suelo: previo a la siembra del cultivo se tomaron muestras de suelo con un barreno a 20 cm de profundidad, para evaluar la disponibilidad de N como nitratos. Conjuntamente se determinaron los siguientes parámetros de fertilidad: pH, MO, Fósforo extractable, Nitrógeno Total y Nitrógeno de Nitratos, tomando varias submuestras para obtener una muestra compuesta.
- ✓ Conteo de plantas emergidas por m² a cosecha: se realizó con la finalidad de evaluar los efectos de los fertilizantes utilizados, cuantificar la densidad de plantas y evitar errores posteriores por mala implantación. De cada una de las parcelas se cuantificaron tres sub-muestras.
- ✓ Rendimiento: cuando el cultivo alcanzó el estadio de madurez fisiológica se realizó la cosecha mecánica y a través de una mono tolva con balanza de precisión se registraron los pesos de granos obtenidos en cada unidad experimental.
- ✓ Peso de mil granos: una vez realizada la cosecha se procedió al conteo de 1000 semillas, utilizando un contador automático de granos, para luego llevar a cabo el pesaje de dicha muestra en una balanza electrónica.
- ✓ Número de granos por unidad de superficie: el cálculo de dicha variable se cuantificó como el cociente entre el rendimiento en granos (expresado en gramos m⁻²) y el peso por grano (expresado en gramos por grano⁻¹).
- ✓ Respuesta a la fertilización: para cada tipo de fertilizante se calculó de la siguiente forma:

Respuesta fertilización (kg ha⁻¹) = Rendimiento Tratamiento – Rendimiento Testigo

- ✓ Eficiencia agronómica: el cálculo para para cada tipo de fertilizante se realizó de la siguiente manera:
- **Ef. Agronómica Urea=** Respuesta fertilización / (kg de fertilizante aplicado x 0.46)
- **Ef. Agronómica Sulfammo=** Respuesta fertilización / (kg de fertilizante aplicado x 0.26).

4.5. Análisis estadístico

Los efectos del agregado de fertilizante y de sulfammo vs urea sobre el rendimiento y sus componentes numéricos fueron analizados a través de ANAVA y la comparación entre medias a través del test LSD Fisher con un nivel de significancia del 5 %. Para esto se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015). La eficiencia agronómica y la respuesta a la fertilización fueron analizadas a través del promedio de los tratamientos y representadas a través de gráficos de columna.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de la fertilidad del suelo

Los datos obtenidos de fertilidad de suelo previo a la siembra del cultivo son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis del suelo previo a la siembra realizados para la campaña 2010-2011.

PH (0-20 cm)	MO% (0-20 cm)	N TOTAL (0-20 cm)	N-NO₃ (ppm) (0-20 cm)	Pe (ppm) (0-20 cm)	Agua útil inicial hasta 2 m de profundidad
7,3	1,51	0,10	13,7	25	203

Los análisis de suelo arrojaron valores de pH neutro, baja disponibilidad de N-NO₃ hasta los 20 cm de profundidad, moderado contenido de nitrógeno total y de MO. El lote presentó una adecuada disponibilidad de fósforo extractable (Pe). Al momento de la siembra, el contenido de agua en el perfil del suelo fue de un 65% del total de mm que puede almacenar hasta los 2 m de profundidad.

5.2. Densidad de plantas a cosecha

En la Tabla 4 se presenta el número de plantas al momento de la cosecha del cultivo para cada nivel de disponibilidad de N.

Tabla 4. Conteo de plantas emergidas m⁻² a cosecha.

	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Promedio
Testigo	207	210	211	208	209
Urea	210	210	207	209	209
Sulfammo	211	209	211	212	211

En las parcelas donde se fertilizó con urea y en el testigo se contabilizaron un total de 209 plantas m⁻² mientras que en las que se empleó sulfammo dicho valor fue de 211 plantas m⁻², contando con un promedio de 40 plantas m lineal⁻¹ en los tres niveles de tratamientos. Estos resultados muestran que la disponibilidad de N y la aplicación de fertilizantes con distinta velocidad de liberación de N no provocan variaciones en la densidad de plantas a cosecha.

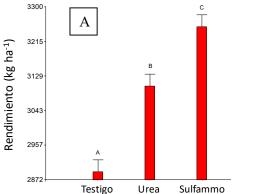
5.3. Determinación del rendimiento en granos y sus componentes numéricos

El rango registrado para el rendimiento en granos fue de 2891 a 3251 kg ha⁻¹. Tales valores son similares a los reportados por la Red Nacional de Cultivares de Trigo (INASE, 2015) para la localidad de Manfredi (región V Norte) durante la campaña 2014-15. En este estudio, el rendimiento en granos aumentó (p < 0.0001) un 7 y 13 % ante el agregado de N en forma de urea y sulfammo, respectivamente. Dichos resultados coinciden con numerosos trabajos que muestran respuestas positivas a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo (Álvarez y Steinbach, 2012). También se registraron diferencias significativas entre el rendimiento alcanzado con la aplicación de urea y sulfammo, donde la fertilización con urea resultó en un menor rendimiento (ca. 3104 kg ha⁻¹) que con sulfammo (ca. 3251 kg ha⁻¹) (Tabla 5 y Figura 5A).

Tabla 5. Rendimiento en granos y sus componentes, número y peso de granos para diferentes niveles de N logrados con el uso de distintos fertilizantes.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻)	Número de granos	Peso de mil granos
		(m ²)	(g)
Testigo	2891 a	10362 a	27.9
Urea	3104 b	11225 b	27.7
Sulfammo	3251 c	11632 c	28.0
Tratamiento	***	***	NS

Letras distintas indican diferencias significativas, NS (no significativas a p > 0.05) y *** diferencias significativas a p < 0.0001.



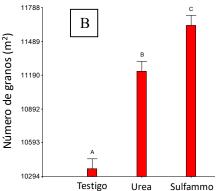


Figura 5. Rendimiento en granos (A) y número de granos por unidad de superficie (B) para distintos niveles de N.

Las variaciones registradas en el rendimiento en granos fueron explicadas (r² 0.98) por el NG por unidad de superficie (Figura 6). Por otro lado, no se registraron diferencias significativas para el PG en ninguno de los tratamientos analizados (Tabla 5). Por consiguiente, la fuerte asociación entre el rendimiento y NG y las diferencias significativas registradas para el NG indican que la respuesta positiva al agregado de N con respecto al testigo y entre urea vs sulfammo se debió a incrementos en el número de granos por unidad de superficie (Tabla 5 y Figura 5B).

El rendimiento en grano resulta del producto entre el NG por superficie y el peso medio del grano. El NG depende de la tasa de crecimiento del cultivo durante 20 días antes y 15 días después del estadío de antesis, mientras que el PG, de la tasa de crecimiento y duración del período de llenado de granos (Abbate *et al.*, 1995). Debido a que los tratamientos de fertilización no produjeron diferencias significativas sobre el PG, variaciones en la disponibilidad de N afectaron las condiciones fisiológicas del cultivo durante las etapas que definen la determinación del NG. En este sentido, se conoce que deficiencias de N afectan la tasa de crecimiento del cultivo debido a una menor captura de la radiación y eficiencia en el uso de la radiación (Abbate et al., 1995). Por lo tanto, el mayor rendimiento de sulfammo con respecto al testigo y urea a través de un mayor NG podrían ser atribuidas a incrementos en la tasa de crecimiento del cultivo debido a aumentos en la captura de radiación y/o eficiencia en el uso de la radiación.

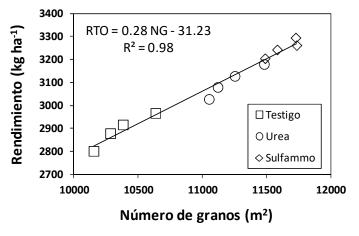


Figura 6. Relación entre el rendimiento y número de granos para distintos niveles de N.

La utilización de fertilizantes que liberan el N a la solución del suelo en forma más gradual posibilita que el nutriente permanezca por más tiempo en el suelo para el crecimiento del cultivo. Además, estas cualidades permiten reducir pérdidas del N vía volatilización o lixiviación, lo que aumenta la disponibilidad para la generación de rendimiento y por ende, eficiencia en el uso del N. Estos aspectos permitirían explicar porque la fertilización con sulfammo permite mayores rendimientos que con urea. No obstante, los resultados de este estudio deberían ser considerados con cierta precaución debido a que los fertilizantes comerciales utilizados en este trabajo difieren en su composición, tanto física como química. Por lo tanto, el efecto de la velocidad de liberación del N (sulfammo vs urea en este estudio) sobre el rendimiento en granos debería ser evaluado considerando la aplicación adicional de los nutrientes mencionados conjuntamente con la urea.

En la Figura 7 se observa la respuesta a la fertilización (A) y la eficiencia agronómica (B) de Urea y Sulfammo.

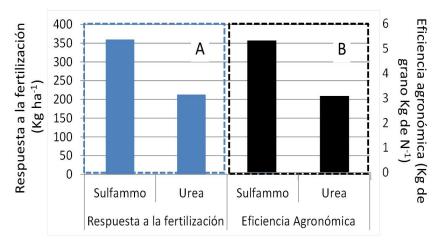


Figura 7. Respuesta a la fertilización (A) y eficiencia agronómica (B) de Urea y Sulfammo.

Por otro lado, comparado con la urea, la utilización de sulfammo aumenta la magnitud de la respuesta a la fertilización (Figura 7A) e incrementa la eficiencia agronómica de dicho nutriente (i.e., incremento de rendimiento con respecto al testigo por unidad de N aplicado; Figura 7B). Otros estudios, también encontraron efectos benéficos de una menor velocidad de liberación de N. Rodríguez y Giberti (2008) evaluaron, en

condiciones de campo en la provincia de Buenos Aires, la respuesta del trigo a la aplicación conjunta de urea y zeolitas. Tales autores demostraron que el rendimiento aumentó significativamente tanto a la aplicación de urea como a la de la mezcla urea mas zeolitas (i.e., 1000 kg ha⁻¹ con respecto al testigo) y que el uso de zeolitas generó una mayor eficiencia en el uso del N.

Es importante remarcar, sin embargo, que tanto la magnitud de la respuesta al agregado de N como la eficiencia agronómica en este trabajo fue reducida con respecto a la reportada en otros estudios (por ej. Álvarez y Steinbach, 2012). Los métodos utilizados para evaluar la respuesta al agregado de fertilizantes de los cultivos de granos, y en particular trigo, consisten en evaluar la relación entre el rendimiento y la disponibilidad de N proveniente del suelo a la siembra más el agregado a través del fertilizante. En general, la función resultante de ésta relación es de tipo lineal-plateu o cuadrática (Steinbach, 2012) lo que permite detectar, un umbral de N disponible + fertilizante por encima del cual el cultivo no responde a la fertilización, y por otro, evaluar la disminución de la respuesta (en términos de rendimiento) por cada unidad de N aplicada, que describe la ley de rendimientos decrecientes. Es probable que las menores respuestas a la fertilización encontradas en este estudio estén asociadas con un alto nivel de N disponible al momento de la siembra próximo a los umbrales de menor respuesta a la fertilización. Por lo tanto, debido a la baja respuesta a la fertilización, sería preciso realizar más estudios para i) determinar umbrales de respuesta a la fertilización nitrogenada para un manejo adecuado del N y ii) evaluar el costo de la aplicación de ambos fertilizantes (urea y sulfammo) para determinar la viabilidad de su uso en los actuales sistemas de producción, en particular, debido al mayor costo del sulfammo por unidad de N respecto al de la urea.

Finalmente, para evaluar el impacto de diferencias en la velocidad de liberación del N sobre los componentes del rendimiento y calidad del grano, futuros estudios deberían ampliar el número de tratamientos con mayores variaciones en la dosis de fertilizante y aplicaciones del mismo en diferentes momentos del ciclo del cultivo (ej, encañazón, pre-antesis – post-antesis).

7. CONCLUSIONES

La disponibilidad de N y la aplicación de fertilizantes con distinta velocidad de liberación de N no provocaron variaciones en la densidad de plantas a cosecha.

El rendimiento en granos aumentó significativamente debido a la aplicación de fertilizantes nitrogenados de distinta liberación de N aplicados a la siembra. La utilización de sulfammo (fertilizante de liberación lenta) incrementó los niveles de rendimiento respecto del testigo en un 13% mientras que la aplicación de urea (fertilizante de liberación rápida) produjo resultados equivalentes a un 7% de los rendimientos obtenidos respecto del testigo. Las diferencias en el rendimiento fueron explicadas por el NG, ya que no se registraron diferencias significativas para el PG en ninguno de los tratamientos analizados.

La utilización de sulfammo aumentó la magnitud de la respuesta a la fertilización e incrementó la eficiencia agronómica de dicho nutriente, comparado con la urea.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABBATE, P.F.; ANDRADE, A. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. Journal of Agricultural Science 124: 351-360.

ALVAREZ, R.; STEINBACH, H.; LAVADO, R.; GUTIERREZ BOEM, F. 2006. Materia Orgánica. Valor Agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

ÁLVAREZ, S.R.; STEINBACH, H.S. 2012. Dosificación de la fertilización en trigo. p 145-182. En R. Álvarez, P. Prystupa, M. Rodríguez y C. Álvarez, Eds. Fertilización de cultivos y pasturas, diagnóstico y recomendación en la región pampeana. Bs. As., Editorial Facultad de Agronomía, UBA. p. 656.

ÁLVAREZ, S.R.; STEINBACH, H.S. 2012. Análisis de la variabilidad de la fertilidad del suelo. p 27-48. En R. Álvarez, P. Prystupa, M. Rodríguez y C. Álvarez, Eds. Fertilización de cultivos y pasturas, diagnóstico y recomendación en la región pampeana. Bs. As., Editorial Facultad de Agronomía, UBA. p. 656.

BENECH ARNOLD, R.L.; DE LA FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; OTEGUI, M.E.; SATORRE, E.H.; SAVIN, R; SLAFER, G.A. 2008. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía, Buenos Aires. Orientación Gráfica Editora. Pág. 33, 34, 86 y 93.

BERGH, R.; ZAMORA, M.; SEGHEZZO, M.L.; MOLFESE, E. 2003. Fertilización nitrogenada foliar en trigo en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires. Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 19. CEI Barrow (Convenio INTA – MAAyP). Tres Arroyos, Argentina.

CAPPI M.; COLOMBO F. 2010. La importancia del cultivo de trigo en Argentina y su decadencia actual. Publicado en revista "conciencia rural" – Diciembre 2010. pp 1 y 2

CAPUCCINO, V.; MOLINO J. 2010. Evaluación de cultivares de trigo en el área de influencia de la Unidad de Experimentación y Extensión INTA Oncativo. Información técnica de trigo. INTA Oncativo. pp. 1

CUNIBERTI, M. 1996. Fertilización nitrogenada, proteínas y calidad del trigo. Información para extensión Nº 33. INTA Marcos Juárez.

DE SÁ SOUZA, E. 2009. Tecnología de productos panificados. Procesos de panificación de panes, facturas y repostería, AATA, junio 2009.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L., TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2015. InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

ECHEVERRÍA R.; GARCÍA L. 1998. Factores que alteran la concentración de nitratos en plantas de trigo. Ciencia del Suelo 3: 115-123.

FAA (Federación Agraria Argentina). 2004. Cátedra de Cereales y Oleaginosas. Programa Nacional de Calidad de trigo.

GAMBAUDO F.; FONTANETTO P. 1994. Pautas para la elección del momento de fertilización en cultivos extensivos. En Tecnología de los fertilización de cultivos extensivos en la Región Pampeana. Ed. Facultad de Agronomía, pp. 53-60.

GODWIN G.; JONES J. 1991. Efecto residual del nitrógeno en trigo. Resultados de dosis y momentos aplicados al cultivo antecesor de soja. INTA Rafaela, Santa Fe, pp. 47-52 pp.

GOOGLE EARTH, 2015. Sistema de Información Geográfica. EE.UU. Centros urbanos y rutas más próximas al campo experimental. Disponible en: http://www.earth.google.com.

INFOSTAT, 2013. *Programa de Análisis de Datos Estadísticos*. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba.

INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE). 2016. Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo. Extraído de http://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=102 &Itemid=91. Fecha de consulta 30/06/2016.

INTA – Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación. 1987.
 Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-9. Villa María.

KELLER P.; FONTANETTO P. 2004. Resultados económicos de distintas alternativas de fertilización en el sistema trigo-soja. INTA Rafaela, Santa Fe, pp. 38-45.

LERNER, S.E.; COGLIATTI, M.; PONZIO, N.R.; SEGHEZZO, M.L.; MOLFESE, E.R.; ROGERS, W.J. 2004. Genetic variation for grain protein components and industrial quality of durum wheat cultivars sown in Argentina. Cereal Chemistry, 40:161-166.

MELGAR, R.; DIAZ ZORITA, M. 1997. La Fertilización de Cultivos y Pasturas. INTA. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

MIRALLES D; SLAFER G.A; SAVIN R.; GONZALEZ F. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: Producción de granos, E. Satorre y otros. Ed: Facultad de Agronomía (UBA), pp. 18-26.

OSUNA CEJA, E.S.; MARÍA RAMÍREZ, A.; PAREDES MELESIO, R.; PADILLA RAMÍREZ, J.S.; BÁEZ GONZÁLEZ, A.D. 2012. Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea e inoculación micorrizica en el cultivo de trigo. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3 (6), 1101-1113.

RODRÍGUEZ, M.B.; GIBERTI V. 2008. Aplicación conjunta de urea y zeolitas en un hapludol típico bajo cultivo de trigo. Cátedra de Fertilidad y

Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, pp. 8-15.

SATORRE, E.; BENECH-ARNOLD, R.; SLAFER, G.; DE LA FUENTE, E.; MIRALLES, D.; OTEGUI, M.; SAVIN, R. 2003. Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Ed.: Facultad de Agronomía, UBA.

TOMBETTA E. Y CUNIBERTI, M. 1994. Muestreo en Pre-cosecha y clasificación del trigo. INTA Marcos Juárez.

TURNBULL, K.M.;RAHMAN,S. 2002.Endosperm texture in wheat. Journal of Cereal Science, 36, 327-337.

EFECTO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE DIFERENTE LIBERACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DE TRIGO (TRITICUM AESTIVUM L.) EN LA ZONA DE VILLA MARÍA

AUTOR: MELINA LOMBARDO

DIRECTOR: ING. AGR. RAÚL MONTALVO

Universidad Nacional de Villa María, 2016

INTRODUCCIÓN

O FECHA DE SIEMBRA, ELECCIÓN DEL CULTIVAR, TEMPERATURA, HUMEDAD EDÁFICA Y AMBIENTAL, PRECIPITACIONES Y CALIDAD DE SUELOS, SON LOS FACTORES QUE DETERMINARÁN EL RENDIMIENTO FINAL DEL CULTIVO DE TRIGO.

O EL NITRÓGENO ES UNO DE LOS NUTRIENTES QUE MÁS LIMITA LA PRODUCCIÓN EN TRIGO. UNA DISPONIBILIDAD ADECUADA DEL MISMO POSIBILITA UN ALTO GRADO DE EXPANSIÓN FOLIAR Y TASA DE MACOLLAJE Y, POR LO TANTO, DE LA CAPTURA DE LA RADIACIÓN INCIDENTE Y FORMACIÓN DE BIOMASA VEGETAL.

O FERTILIZANTE DE LIBERACIÓN RÁPIDA

URFA

O FERTILIZANTE DE LIBERACIÓN LENTA

SULFAMMO

EN ESTE TRABAJO SÉ EVALUARÁ
EL EFECTO DE FERTILIZANTES
NITROGENADOS CON DISTINTO
GRADO DE LIBERACIÓN DEL N
SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS
COMPONENTES EN EL CULTIVO
DE TRIGO.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Producción de trigo en Argentina

ARGENTINA SE UBICA ENTRE LOS 5 PRINCIPALES
 EXPORTADORES DE TRIGO CON UNA PARTICIPACIÓN DEL
 10% DENTRO DEL VOLUMEN TOTAL DE EXPORTACIONES
 MUNDIALES.

Características morfológicas del trigo

- O SISTEMA RADICAL: ADVENTICIO
- o TALLO: VERDE, RÍGIDO
- O HOJAS: ENVAINADORAS, ACINTADAS
- Y SIN PECÍOLO
- O INFLORESCENCIA: LA ESPIGA
- O FRUTO: UN CARIÓPSIDE



Zonas de producción

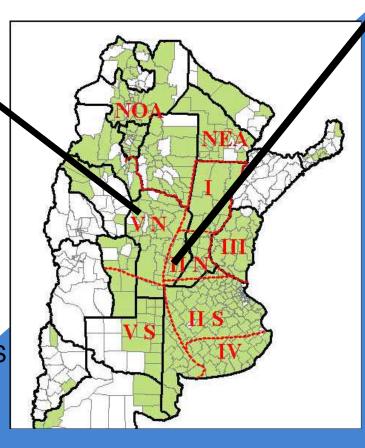
SUBREGION V NORTE

CLIMA CONTINENTAL SEMIÁRIDO

TEMPERATURAS INVERNALES DE 10 A 13°C

PRECIPITACIONES
DISMINUYEN DE
700 A 600 MM DE
ESTE A OESTE

VIENTOS DESECANTES (ZONDA)



REGIÓN II NORTE

CLIMA TEMPLADO HÚMEDO

PRECIPITACIONES
DISMINUYEN DE
ESTE
A OESTE DE 950 A
700 MM

LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL ES 16 °C Y LA MÍNIMA MEDIA ES 10°C PARA JULIO

Componentes del rendimiento en el cultivo de trigo



Clasificación del trigo

- ODUROS: HARINAS DESTINADAS A PRODUCTOS
 PANIFICADOS QUE DEBEN SOPORTAR GRANDES ESFUERZOS
 (PAN DULCE, HOJALDRES, FERMENTACIONES LARGAS, ETC.)
- <u>BLANDOS</u>: HARINAS DESTINADAS A LA ELABORACIÓN DE GALLETITAS Y TORTAS.

Aspectos ecofisiológicos

LA DURACIÓN DE LAS ETAPAS ONT**OGÉNICAS DEL** TRIGO ESTÁN REGULADAS POR 3 FAC**TORES**:

- TEMPERATURA: LAS MÁS CÁLIDAS ACELERAN LA TASA DE DESARROLLO DEL CULTIVO Y PROMUEVEN UNA FLORACIÓN MÁS TEMPRANA.
- <u>FOTOPERIODO</u>: LA RESPUESTA AL FOTOPERIODO ES DE TIPO CUANTITATIVA Y PUEDE DEFINIRSE AL TRIGO, COMO UNA PLANTA DE DÍA LARGO
- VERNALIZACIÓN O REQUERIMIENTOS DE HORAS DE FRÍO: SE DAN EN UN RANGO DE 0 A 12°C SIENDO LA ÓPTIMA ENTRE 5-7°C.

<u>Fertilizantes</u>

Factores que determinan la fertilidad de los suelos

- FÍSICOS: TEXTURA, ESTRUCTURA, POROSIDAD,
 AIREACIÓN, CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA, ETC.
- QUÍMICOS: CAPACIDAD DE CAMBIO DE CATIONES, PH, MATERIA ORGÁNICA (MO), MACRONUTRIENTES (N, P, K, CA, MG, S) Y MICRONUTRIENTES (B, FE, MG, ZN, CU, NA Y CL).
- O BIOLÓGICOS: PRODUCCIÓN DE ENZIMAS, CICLO DEL C Y DEL N, TRANSFORMACIONES BIOLÓGICAS DE NUTRIENTES Y PROCESOS DE HUMIFICACIÓN Y MINERALIZACIÓN.

Clasificación de los fertilizantes

- SIMPLES: SUMINISTRAN UN ÚNICO NUTRIENTE PRINCIPAL (FERTILIZANTES NITROGENADOS, FOSFATADOS Y POTÁSICOS).
- O COMPUESTOS; APORTAN DOS O MÁS NUTRIENTES.

Fertilización en trigo

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL TRIGO PARA DIVERSOS

RENDIMIENTOS

1770	2.0					
TOS Rendimiento	N	Р	K	S		
qq/ha	kg/ha					
20	60	10	60	9		
30	90	15	90	13		
40	120	20	120	18		
50	150	25	150	22		
60	180	30	180	26		
70	210	35	210	30		

- O EL TRIGO ES UNO DE LOS CULTIVOS EXTENSIVOS MÁS FERTILIZADOS DEL PAÍS.
- O SE REPONE UN 80 % DEL N EXTRAÍDO POR COSECHA.
- SALIDAS DE N VOLATILIZACIÓN NH₃

LIXIVIACIÓN SE LAVAN LOS NITRATOS

DESNITRIFICACIÓN EN CONDICIONES DE

ANAEROBIOSIS

N FERTILIZANTE = [N DEMANDADO - N-NO3 EN EL SUELO - N MINERALIZADO] X EFICIENCIA

Modalidad de aplicación de fertilizantes nitrogenados en trigo



A LA SIEMBRA

POCO
REQUERIMIEN
TO INICIAL DE
N POR
ESCASO
CRECIMIENTO
INVERNAL

AL MACOLLAJE

COMIENZAN A
SER
IMPORTANTES
LAS
NECESIDADES DE

PERMITEN
ALCANZAR ALTOS
RENDIMIENTOS

APLICACIONES FRACCIONADAS

SINCRONIZAR
LAS DOSIS DE N
CON LAS
NECESIDADES
DEL CULTIVO

PERMITEN MANEJAR EL RIESGO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

O EVALUAR EL EFECTO DE DOS FERTILIZANTES
NITROGENADOS QUE DIFIEREN EN LA VELOCIDAD DE
LIBERACIÓN DEL N SOBRE LA DETERMINACIÓN DEL
RENDIMIENTO EN GRANOS EN EL CULTIVO DE TRIGO EN LA
ZONA DE VILLA MARÍA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O CUANTIFICAR LA RESPUESTA DEL RENDIMIENTO EN GRANOS AL AGREGADO DE FERTILIZANTES DE N CON DISTINTA VELOCIDAD DE LIBERACIÓN EN COMPARACIÓN CON EL TESTIGO SIN FERTILIZAR.

○ EVALUAR LA INCIDENCIA DE LA APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES MENCIONADOS SOBRE LA CANTIDAD DE PLANTAS AL MOMENTO DE LA COSECHA Y LOS

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR: CAMPO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE VILLA MARÍA.

SUELO: COMPLEJO DE SERIES ONCATIVO UN 50%, BALLESTEROS 30% Y VILLA MARÍA 20%, CON UNA CAPACIDAD DE USO DE TIPO CLASE III CON LIMITACIONES A NIVEL DE SUELO Y CLIMA.

CLIMA: LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL ES DE 16,05 °C. LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL ES DE 799 MM

Descripción del ensayo

CULTIVO ANTECESOR: SOJA.

SIEMBRA: 16 DE JULIO DE 2010.

DISTANCIA ENTRE SURCOS: 19 CM.

DENSIDAD DE SIEMBRA: 120 KG DE SEMILLAS HA-1.

PODER GERMINATIVO: 80%.

VARIEDAD: CASTOR (CICLO CORTO).

Diseño experimental y tratamientos

DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO CON 4
REPETICIONES POR TRATAMIENTO

FERTILIZANTE N DE LIBERACIÓN LENTA SULFAMMO, COMPUESTO POR 26% N, 10% AZUFRE (S), 4% CALCIO (CA), 2% MAGNESIO (MG), 0,2% BORO (B)Y10% CALCÁREO MARINO. DOSIS APLICADA A LA SIEMBRA, 260 KG HA-1.

FERTILIZANTE DE LIBERACIÓN RÁPI**DA UREA, COMPUESTO POR** 46 % N, 0% FÓSFORO (P) Y 0% POTASIO (K). DOSIS APLICADA A LA SIEMBR T SULFAMMO UREA SULFAMMO. SUPERFICIE RECTANGULAR DE LAS UNIDADES UREA UREA T EXPERIMENTALES SULFAMMO 80 M-2 UREA SULFAMMO Т

Determinaciones

- O ANÁLISIS DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.
- O CONTEO DE PLANTAS EMERGIDAS POR M-2 A COSECHA.
- O RENDIMIENTO.
- OPESO DE MIL GRANOS.
- O NÚMERO DE GRANOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE.
- O RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN.

RESPUESTA FERTILIZACIÓN (KG HA-1) = RENDIMIENTO TRATAMIENTO - RENDIMIENTO TESTIGO

O EFICIENCIA AGRONÓMICA:

EF. AGRONÓMICA UREA = RESPUESTA FERTILIZACIÓN/(KG DE FERTILIZANTE APLICADO X 0,46)

EF. AGRONÓMICA SULFAMMO = RESPUESTA FERTILIZACIÓN/(KG DE FERTILIZANTE APLICADO X 0,26)

Análisis de datos

O ANAVA Y TEST LSD FISHER

EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO SE REALIZÓ CON EL SOFTWARE INFOSTAT

RESULTADOS

Análisis de la fertilidad del suelo

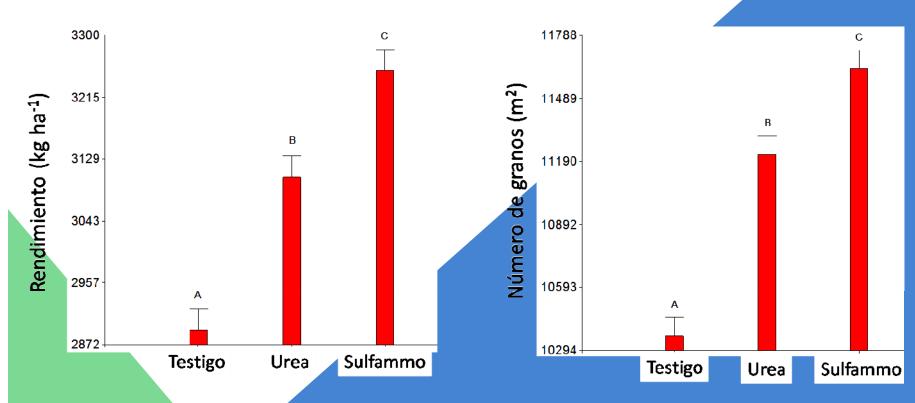
PH (0-20 cm)	MO% (0-20 cm)	N TOTAL (0-20 cm)	N-NO ₃ (ppm) (0-20 cm)	Pe (ppm) (0-20 cm)	Agua útil inicial hasta 2 m de profundidad
7,3	1,51	0,10	13,7	25	203

Densidad de plantas a cosecha

	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Promedio
Testigo	207	210	211	208	209
Urea	210	210	207	209	209
Sulfammo	211	209	211	212	211

LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NO PROVOCARON VARIACIONES EN LA DENSIDAD DE PLANTAS A COSECHA

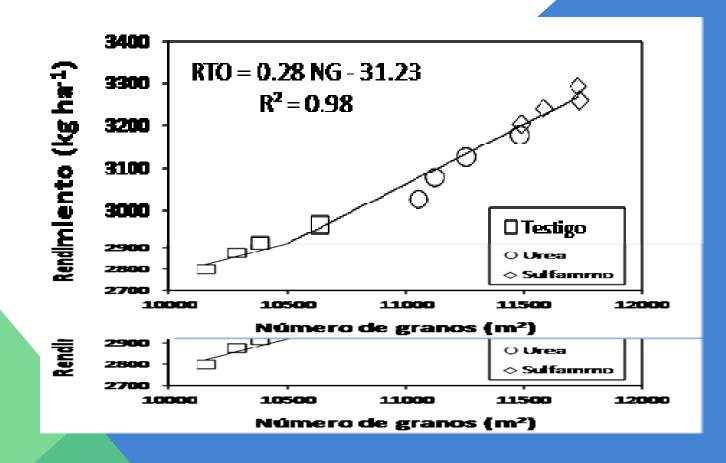
Rendimiento en granos



SE REGISTRARON
DIFERENCIAS
SIGNIFICATIVAS EN EL
RENDIMIENTO OBTENIDO
CON SULFAMMO, EL CUAL
FUE MAYOR (3251 KG/HA)
QUE EL ARROJADO POR EL
TESTIGO Y UREA (3104
KG/HA)

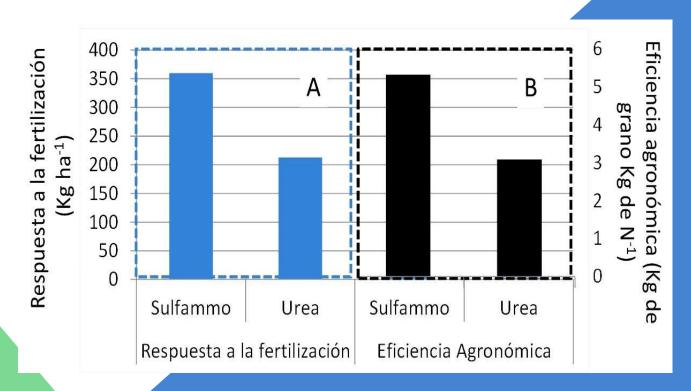
TAMBIÉN SE REGISTRARON
DIFERENCIAS
SIGNIFICATIVAS EN EL
NÚMERO DE GRANOS, NO
ASÍ EN EL PESO DE LOS
GRANOS PARA NINGÚN
TRATAMIENTO

Relación entre el rendimiento y número de granos para distintos niveles de N



LAS VARIACIONES EN EL RENDIMIENTO FUERON EXPLICADAS POR EL NÚMERO DE GRANOS/UNIDAD DE SUPERFICIE

Respuesta a la fertilización y eficiencia agronómica de Urea y Sulfammo



COMPARADO CON LA UREA, LA UTILIZACIÓN DE SULFAMMO AUMENTA LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN E INCREMENTA LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DE DICHONUTORIO NUTRENTE

POSIBILITA QUE EL NUTRIENTE PERMANEZCA POR MÁS TIEMPO EN EL SUELO PARA EL CULTIVO

DISCUSIÓN

RED NACIONAL DE CULTIVARES DE TRIGO (MANFREDI)

CAMPAÑA 2014/15

RESPUESTAS POSITIVAS A
LA FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN EL
CULTIVO DE TRIGO

RODRIGUEZ Y GIBERTI

PROVINCIA DE BUENOS AIRES, CAMPAÑA 2008

APLICACIÓN DE UREA Y ZEOLITAS EN FORMA CONJ_IUNTA

EL RENDIMIENTO AUMENTÓ (1000 KG/HA) CON RESPECTO AL TESTIGO

EL USO DE ZEOLITAS GENERÓ UNA MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DE N

CONCLUSIONES

OLA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES CON DISTINTA VELOCIDAD DE LIBERACIÓN DE N, NO PROVOCARON VARIACIONES EN LA DENSIDAD DE PLANTAS A COSECHA.

OLA UTILIZACIÓN DE SULFAMMO INCREMENTÓ LOS RENDIMIENTOS EN UN 13% MIENTRAS QUE LA APLICACIÓN DE UREA PRODUJO RESULTADOS EQUIVALENTES A UN 7% DE LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS RESPECTO DEL TESTIGO.

ONO SE REGISTRARON DIFERENCIAS EN CUANTO AL PESO DE LOS GRANOS, PERO SÍ EN EL NÚMERO DE GRANOS/UNIDAD DE SUPERFICIE.

O LA UTILIZACIÓN DE SULFAMMO AUMENTÓ LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN E INCREMENTÓ LA EFICIENCIA AGRONÓMICA DE DICHO NUTRIENTE, COMPARADO CON LA UREA.

MUCHAS GRACIAS.