



**Trabajo final para acceder al Grado de Especialista en Fertilidad de Suelos y Fertilización
de la Universidad de Buenos Aires.**

**EFICIENCIA AGRÓNOMICA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DEL
CULTIVO DE TRIGO, CON DOS FUENTES Y EN DOS ZONAS DEL SUR
BONAERENSE**

Alumno: Ing. Agr. Daniel H. Germinara

Directora: Dra. Mónica Rodríguez

2011

INDICE

| | |
|----------------------------------|----------------|
| Resumen..... | pág. 3 |
| Introducción..... | pág. 3 |
| Materiales y Métodos..... | pág. 6 |
| Resultados..... | pág. 8 |
| Discusión..... | pág. 17 |
| Conclusiones..... | pág. 19 |
| Bibliografía..... | pág. 20 |

RESUMEN

La eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) aplicado con el fertilizante es un dato importante para maximizar la inversión de esta práctica. Existen opiniones encontradas en cuanto a que las diferentes fuentes presentarían diferencias respecto de este parámetro. El objetivo del presente trabajo fue determinar la EUN de dos fertilizantes nitrogenados (urea y nitrato de amonio calcáreo-CAN) aplicados en el cultivo de trigo en dos zonas del sudeste bonaerense, Necochea y Pigüé. Para ello, se realizó un ensayo de fertilización nitrogenada aplicado en cobertura con dosis crecientes de ambos fertilizantes (100, 150 y 250 kg ha⁻¹ en Necochea y 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ en Pigüé). Las dosis de fertilizantes se fijaron tomando como referencia las dosis más utilizadas en cada zona. Los resultados evidenciaron diferencias en EUN de los dos fertilizantes evaluados, siendo de 36.2, 37 y 20.7 kg de trigo kg N aplicado⁻¹ para las dosis de 100, 150 y 250 kg ha⁻¹ de CAN y 16.3, 15.1 y 12.2 de trigo kg N aplicado⁻¹ para las dosis de 100, 150 y 250 kg ha⁻¹ de urea respectivamente. Para la localidad de Pigüé se obtuvieron 22.7, 19.2, 19.2, 21.8 kg de trigo kg N aplicado⁻¹ para las dosis de 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de CAN y 6.7, 14.4, 10.4 y 11.7 de trigo kg N aplicado⁻¹ para las dosis de 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de urea respectivamente. En base a los resultados obtenidos se aceptaría la hipótesis de que en ambos ambientes existirán diferencias a favor del CAN en la EUN en fertilizaciones de trigo en cobertura.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de nitrógeno (N) es una práctica agronómica habitual e imprescindible en el cultivo de trigo para aprovechar el potencial genético y ambiental del sur bonaerense. Esta práctica impacta tanto en rendimiento como en el contenido de proteína de los granos. La

nutrición nitrogenada de un cultivo, comprende varios aspectos para su correcta implementación. Dentro de ellos, el diagnóstico, en base al análisis de suelos es el punto de partida esencial para una correcta determinación de la dosis a aplicar (Darwich, 2006). Debido a la dinámica de transformación de este nutriente en el suelo, el diagnóstico debe realizarse lo más cerca del momento de siembra de cada cultivo que requiera su aplicación, e incluso, existen metodologías de diagnóstico que permiten correcciones de la dosis dentro del período de crecimiento del cultivo de trigo (Gonzalez et al., 1991, 1992 y 1997; Berardo 1994; Satorre et al., 2001; Echeverría, 2003). En base al dato de nitrógeno del análisis de suelos y, en función del potencial productivo zonal, se determinará la dosis del fertilizante nitrogenado para arribar a dicho rendimiento y en algunos casos, proteína. En el cultivo de trigo se puede aplicar a la siembra o postergado, siendo ésta última una práctica recomendada en las zonas más húmedas (Ron y Loewy, 2000). Siguiendo con la estrategia de fertilización, el método de aplicación puede ser incorporado o en cobertura.

La fuente a utilizar es otro factor a tener en cuenta para finalizar este proceso de diseño del plan de fertilización. Toda la combinación de los factores mencionados deben apuntar a maximizar la EUN aplicado con el menor impacto ambiental posible. De esta manera la práctica será sustentable, como así también, el cultivo (Fontanetto, 2006).

Entre los fertilizantes nitrogenados más utilizados en Argentina, la Urea es el principal, con un contenido de N del 46%, bajo la forma amídica. Este debe transformarse en el suelo (hidrólisis) para estar disponible para que los cultivos lo puedan absorber bajo la forma de amonio o, preferentemente, nitrato. Para ello, el nitrógeno amídico sufre un proceso de transformación, que

consta de dos etapas, la amonificación, que es el pasaje de nitrógeno amídico a amonio (NH_4) y, la segunda etapa la nitrificación, que finaliza en la formación de nitrato (NO_3). Por otro lado, el UAN es el segundo fertilizante nitrogenado más utilizado en Argentina. Se trata de una solución de 50% de N-ureico, más un 25% de N-amoniaco y 25% de N-nítrico, con una concentración total de 28 a 32% en las formulaciones más utilizadas. Finalmente, el CAN es el tercer fertilizante nitrogenado más utilizado, el cual posee un contenido de 27% de N, 50% bajo la forma de N-amoniaco y 50% bajo la forma de N-nítrico (García y Salvagiotti, 2009).

Varios autores confirmaron la existencia de diferencias en la EUN entre fuentes (García, 1996; Ron y Loevy, 1997, Martínez 1996, Fontanetto, 2006, Rodríguez et al., 1999; 2001), dando como resultado una mayor EUN aplicado cuando se utiliza CAN respecto de Urea. En cambio, otros investigadores concluyen que todos los fertilizantes nitrogenados tienen comportamientos similares en cuanto a la EUN. (Álvarez, 2008; Echeverría y García, 2005). Esta diversidad de opiniones fue el punto de partida del presente trabajo para determinar si existe dicha diferencia en la EUN aplicado en función de la fuente. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue establecer las diferencias en la eficiencia de uso del N aplicado con diferentes fuentes. Además, se exploraron dosis crecientes de las dos fuentes evaluadas (Urea y CAN) para determinar cuál sería la dosis de igualación de cada fuente y verificar si existe alguna interacción en dos zonas de diferentes características agroecológicas (sudeste y sudoeste) del sur bonaerense.

La hipótesis de este trabajo es verificar la mayor EUN del CAN respecto de la Urea, cuando se aplican en cobertura total, en dos zonas agroecológicamente diferentes del sur bonaerense (sudeste y sudoeste).

MATERIALES Y MÉTODOS

Características y ubicación de los sitios experimentales

Se condujeron 2 experimentos en lotes de producción de trigo durante la campaña 2008. Los mismos se realizaron en establecimientos agropecuarios, uno ubicado en el sudeste bonaerense, en el partido de Necochea, en el km 10 de la Ruta Nacional 228, a 3 km de la ruta hacia el sur. El segundo se estableció en el sudoeste bonaerense, dentro del partido de Pigüé, ubicado a 30 km al noreste. Los suelos en ambos casos fueron clasificados como Argiudoles típicos.

Esta región presenta un clima templado-templado frío, con precipitaciones anuales de 900-1000 mm para Necochea (sudeste) y de 700-750 en Pigüé (sudoeste), y las temperaturas medias anuales, para ambas zonas, se encuentran entre 15-16 °C. El cultivo antecesor fue soja en ambos experimentos.

Tratamiento y diseño experimental

En ambos casos, se realizaron ensayos con un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones para cada dosis de fertilizante, en parcelas de 10 m x 3 m. Cada ensayo, comprendió dosis crecientes de Urea y CAN. El rango de dosis en kg ha^{-1} de producto, se definieron en base al uso zonal. Los fertilizantes fueron Urea granulada (46-0-0) y CAN (27-0-0). El análisis de suelos fue realizado sobre muestras extraídas del estrato 0 a 20 cm.

En Necochea (sudeste) se utilizó la variedad de trigo Baguette 10, sembrado con un distanciamiento de 17,5 cm. entre hileras, con una densidad de 150 kg ha⁻¹, sembrada bajo siembra directa. La fecha de siembra fue 27/07. La fertilización a la siembra se realizó con un dosis de 100 kg ha⁻¹ de una mezcla física (9-20-0-2S). Se realizó la aplicación de tres dosis de ambos fertilizantes nitrogenados (Tabla 1), en el estadio de inicio de macollaje (Zadok 21-22) el día 12/9/2008, en cobertura total de manera manual.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el ensayo ubicado en Necochea.

Dosis en kg ha⁻¹ de fertilizante y de nitrógeno de urea (46-0-0) y CAN (27-0-0).

| Tratamientos | Dosis de fertilizante kg ha ⁻¹ | Dosis de nitrógeno kg ha ⁻¹ |
|--------------|--|---|
| Testigo | 0 | 0 |
| Urea-100 | 100 | 46 |
| Urea-150 | 150 | 69 |
| Urea-250 | 250 | 115 |
| CAN-100 | 100 | 27 |
| CAN-150 | 150 | 40,5 |
| CAN-250 | 250 | 67,5 |

En la localidad de Pigüe (sudoeste), se sembró bajo siembra directa la variedad de Trigo Temix, con un distanciamiento entre hileras de 19 cm y con una densidad de 130 kg ha⁻¹. La fertilización a la siembra fue con una dosis de 50 kg ha⁻¹ de una mezcla (20-7-O-4S). Se evaluaron cuatro dosis de N de ambos fertilizantes nitrogenados (Tabla 2), en el estadio de inicio de macollaje (Zadok 21-22), el día 02/09/2008 en cobertura total de manera manual.

Tabla 2. Tratamientos aplicados en el ensayo ubicado en Pigüé..

Dosis en kg ha^{-1} de fertilizante y de nitrógeno de urea (46-0-0) y CAN (27-0-0).

| Tratamientos | Dosis de fertilizante kg ha^{-1} | Dosis de nitrógeno kg ha^{-1} |
|--------------|---|--|
| Testigo | 0 | 0 |
| Urea-50 | 50 | 23 |
| Urea-100 | 100 | 46 |
| Urea-150 | 150 | 69 |
| Urea-200 | 200 | 92 |
| CAN-50 | 50 | 13,5 |
| CAN-100 | 100 | 27 |
| CAN-150 | 150 | 40,5 |
| CAN-200 | 200 | 54 |

RESULTADOS

Necochea

Rendimientos.

Se observó una respuesta positiva y significativa ($p>0,05$) en rendimiento de trigo a dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados, aunque el testigo mostró alto rendimiento (Figuras 1 y 2).

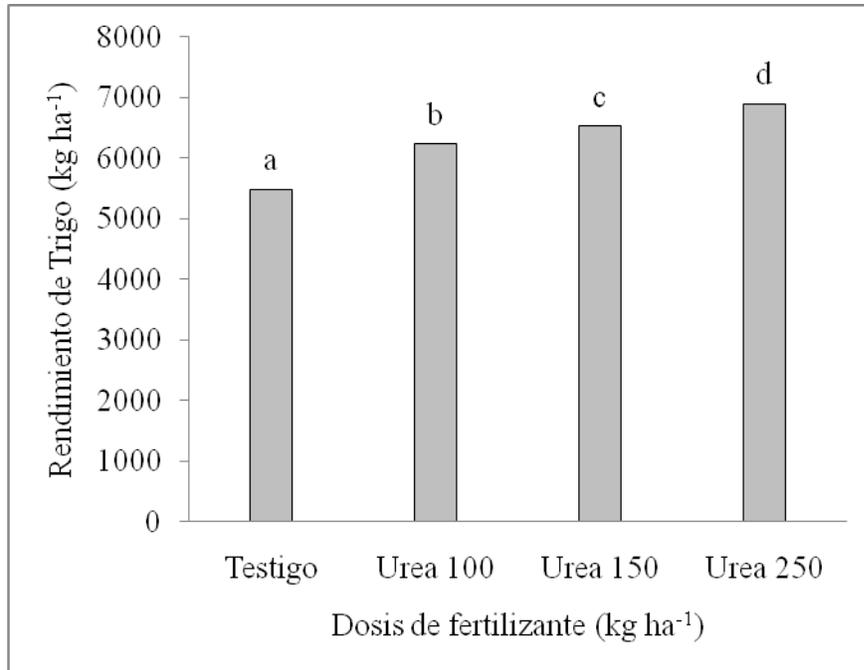


Figura 1. Respuesta de rendimiento del cultivo de trigo (kg ha⁻¹), con dosis comerciales crecientes de urea en Necochea (sudeste).

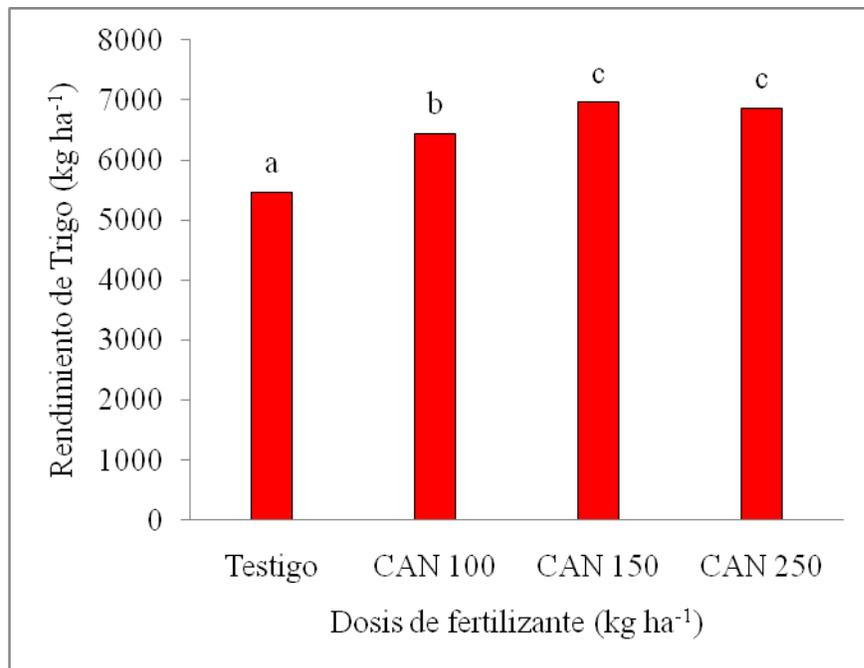


Figura 2. Respuesta de rendimiento del cultivo de trigo (kg ha⁻¹), con dosis comerciales crecientes de CAN en Necochea (sudeste).

Los rendimientos registrados fueron muy buenos para la zona teniendo en cuenta el año climático que presentó una leve deficiencia hídrica. En el caso de los tratamientos fertilizados con urea, el mayor rendimiento de trigo (6892 kg ha^{-1}) se alcanzó con la dosis de 250 kg ha^{-1} de fertilizante (115 kg N ha^{-1}) mientras que el mayor rendimiento de trigo ($6960,7 \text{ kg ha}^{-1}$) en los tratamientos fertilizados con CAN correspondió a la dosis de 150 kg ha^{-1} de fertilizante ($40,5 \text{ kg N ha}^{-1}$).

En los tratamientos realizados con urea, con las dosis experimentadas, no se obtuvo la máxima expresión de rendimiento del cultivo de trigo (Figura 3). En base a la función de respuesta, el valor máximo de rendimiento de trigo corresponde a valor de *N suelo (0-20 cm) + N - Urea*, de 228 kg ha^{-1} . Por otra parte, el 90% del rendimiento máximo de trigo corresponde a 121 kg N ha^{-1} (N suelo (0-20 cm) + N fertilizante urea).

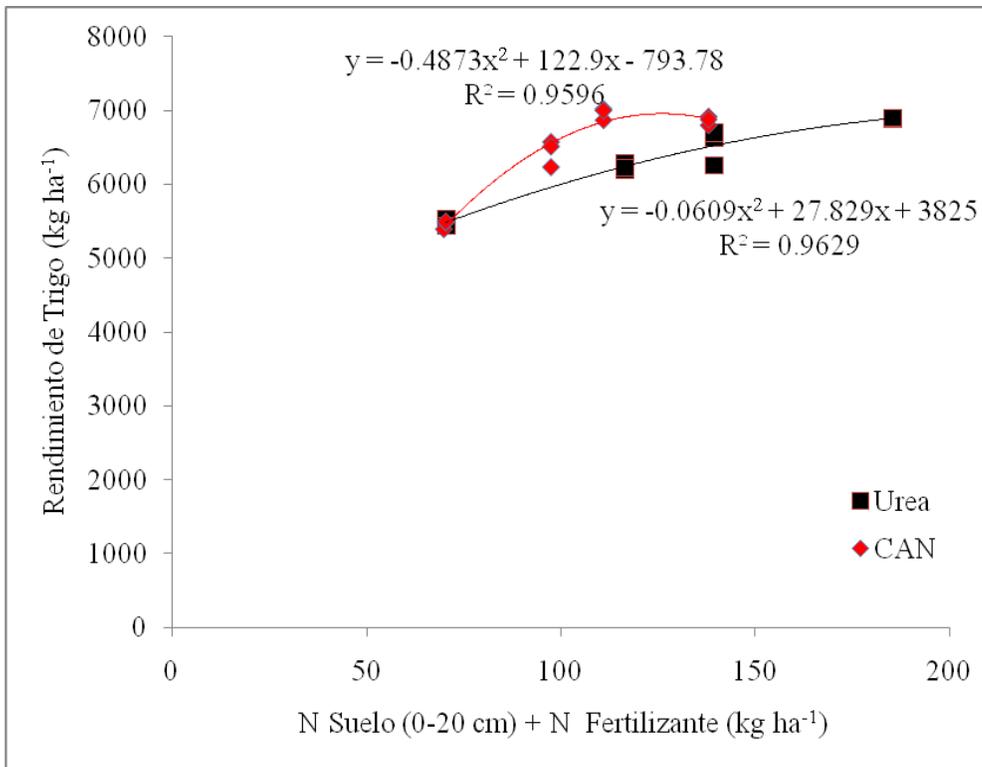


Figura 3. Relación entre el rendimiento de trigo (kg ha^{-1}) y la cantidad de nitrógeno disponible del suelo (kg ha^{-1} 0-20 cm) más el nitrógeno aplicado con urea y CAN en Necochea.

En la misma figura, con el CAN sí se pudo determinar el máximo rendimiento de trigo, que corresponde según la función a $125,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ (N Suelo (0-20 cm) + N Fertilizante CAN). Para lograr el 90% del rendimiento potencial de trigo, la función determinó que se requiere $88,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ (N suelo (0-20 cm) + N fertilizante CAN). En base a estos resultados, y a las curvas comparativas se podría determinar que para lograr 6000 kg ha^{-1} de trigo, bajo estas condiciones se precisarían aplicar $29,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ de urea y $11,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ de CAN, que representó 64 kg ha^{-1} y 43 kg ha^{-1} de producto respectivamente.

Eficiencia de uso del N (EUN)

En la Figura 4, se presentan las diferencias entre las EUN de cada uno de los fertilizantes ensayados. En ambos casos la eficiencia decrece con el aumento de la dosis, siendo más paulatino el descenso en el caso de urea.

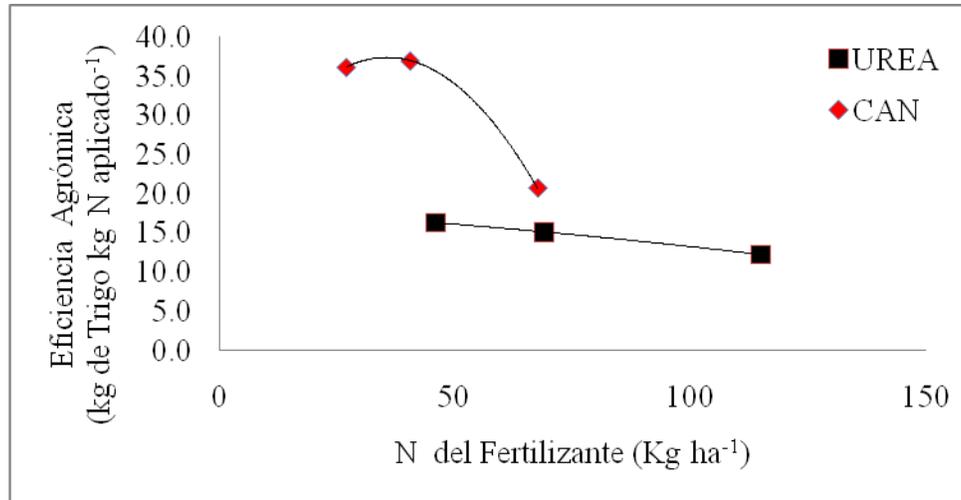


Figura 4. Eficiencia Agronómica del Nitrógeno aplicado en trigo, con diferentes dosis y dos fertilizantes nitrogenados en Necochea.

Comparativamente, se puede observar la mayor EUN del fertilizante CAN respecto de Urea para todas las dosis de N ensayadas, logrando un valor máximo de EUN de 37 kg de trigo kg de N-CAN⁻¹ aplicado, con la dosis de 40,5 kg N ha⁻¹. En el caso de urea, la mayor EUN fue de 16,3 kg de trigo kg de N-urea⁻¹ aplicado, con la dosis de 46 kg N ha⁻¹.

Pigüé

Rendimientos

Se observó una respuesta positiva y significativa ($p < 0,05$) en rendimiento de trigo a dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados (Figuras 5 y 6).

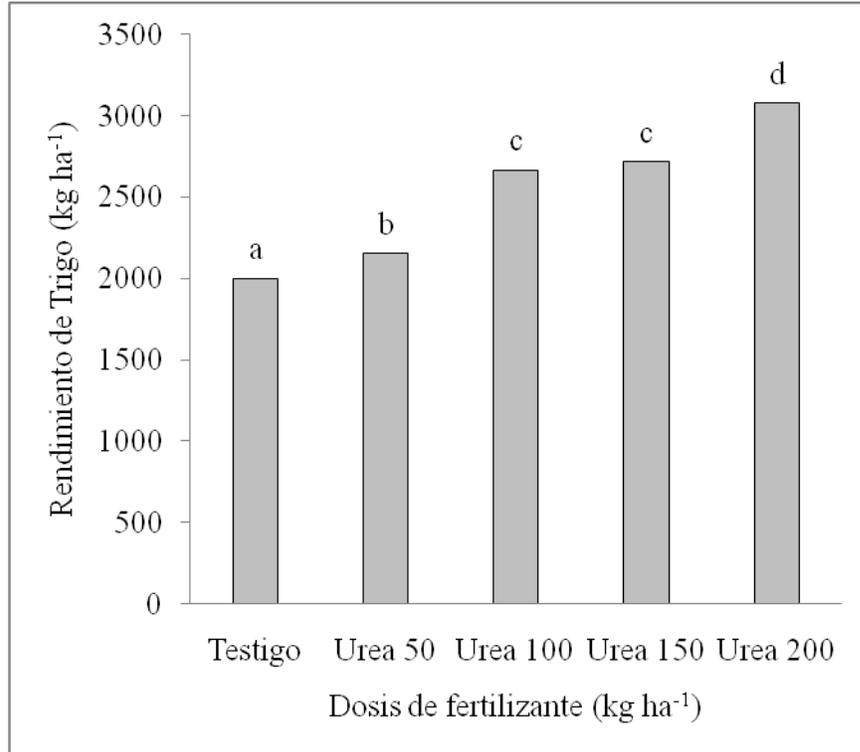


Figura 5. Respuesta de rendimiento del cultivo de trigo (kg ha⁻¹), con dosis comerciales crecientes de urea en Pigüe (suroeste).

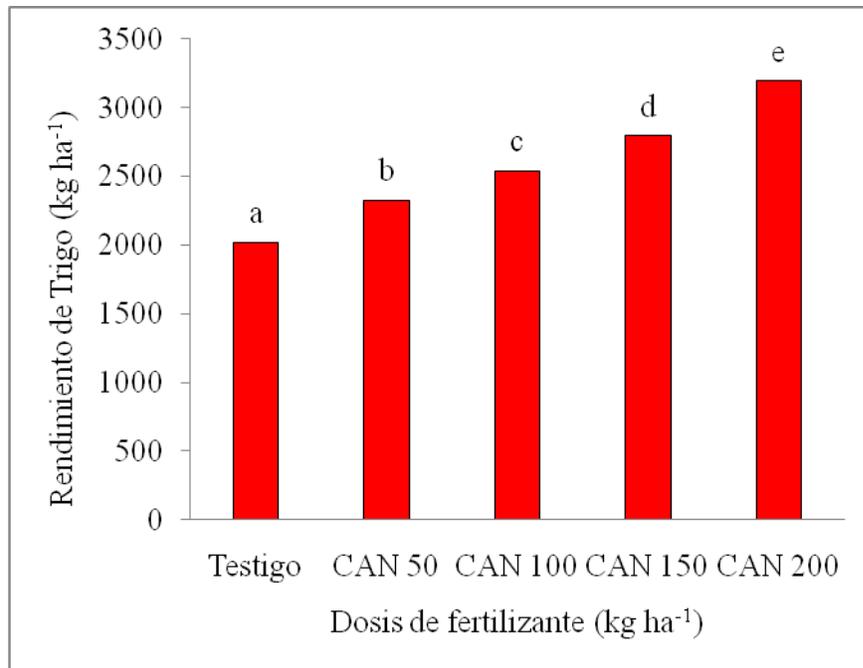


Figura 6. Respuesta de rendimiento del cultivo de trigo (kg ha⁻¹), con dosis comerciales crecientes de CAN en Pigüe (sudoeste).

Los rendimientos observados fueron similares a los rendimientos medios obtenidos en la zona. . El mayor rendimiento de trigo (3194,7 kg ha¹) de los tratamientos fertilizados con CAN se alcanzó con la dosis de 200 kg ha¹ de fertilizante (54 kg N ha¹). En el caso de los tratamientos fertilizados con Urea, el mayor rendimiento de trigo (3077 kg ha¹) dentro de las dosis exploradas se alcanzó con la dosis de 200 kg ha⁻¹ de fertilizante (92 kg N ha¹).

La relación entre el rendimiento y las dosis de N de cada fertilizante, no evidenció una saturación de la respuesta al incremento de dosis (Figura 7). Aparentemente, y según lo experimentado, seguiría la respuesta en rendimiento al incrementarse la dosis de fertilizante nitrogenado con ambas fuentes. Posiblemente, a mayores dosis la respuesta en rendimiento sería menor, dando como resultado la curva clásica de pendiente negativa. De igual modo, se pudo observar una

mayor respuesta en rendimiento de trigo, con la aplicación de nitrógeno bajo la forma de CAN respecto de urea en todas las dosis ensayadas. Incluso, en las dosis más altas, las diferencias entre fuentes se incrementaron.

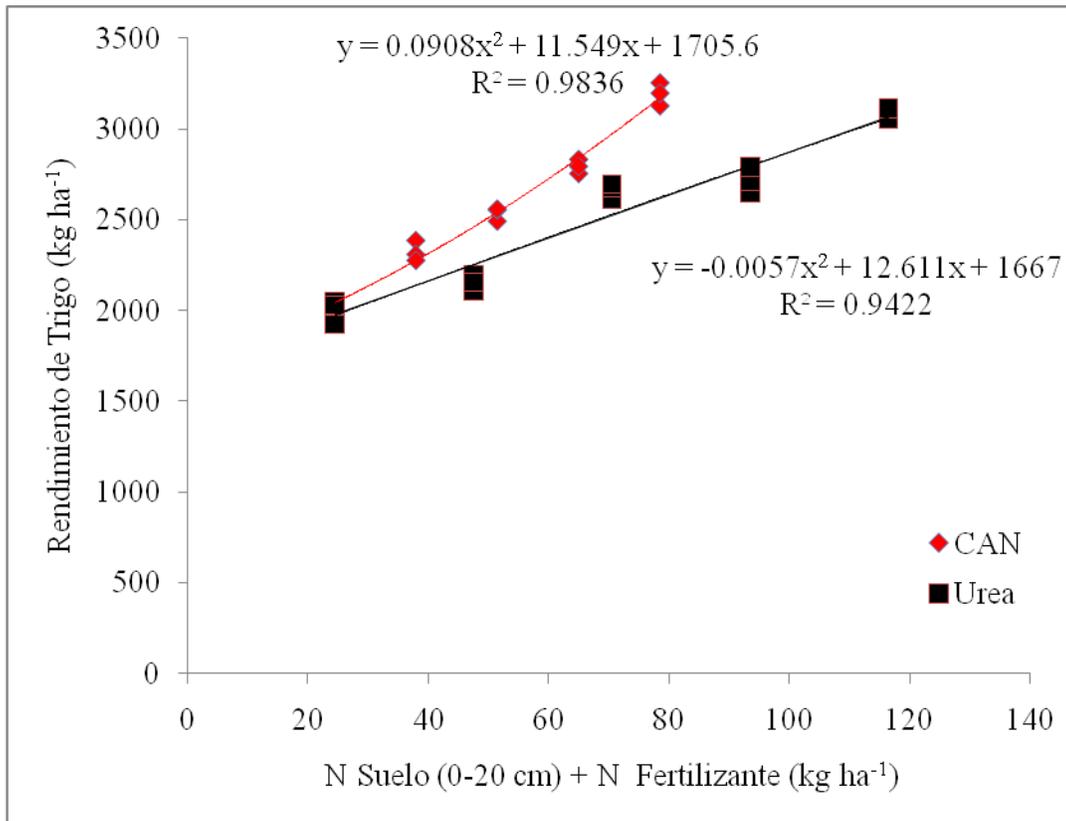


Figura 7. Relación entre el rendimiento de trigo (kg ha⁻¹) y la cantidad de nitrógeno disponible del suelo (kg ha⁻¹ 0-20 cm) más el nitrógeno aplicado con urea y CAN en Pigüé.

En base a estos resultados, y a las curvas comparativas se podría determinar que para lograr 2500 kg ha⁻¹ de trigo, bajo estas condiciones se deberían aplicar 41 kg N ha⁻¹ de urea y 22 kg N ha⁻¹ de CAN. Dichas dosis representaron 89 kg ha⁻¹ y 81 kg ha⁻¹ de producto respectivamente.

Eficiencia en el uso del N (EUN)

En la Figura 8, se pueden observar las diferencias entre las EUN de cada fertilizante a favor del CAN. A diferencia de lo esperado, no se evidenció que las EUN decrecieran con el aumento de dosis de ambos fertilizantes.

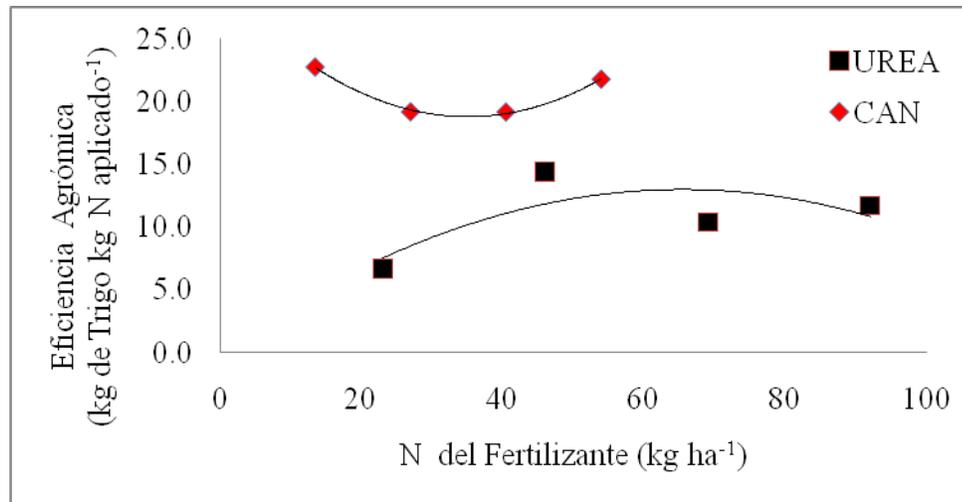


Figura 8. Eficiencia Agronómica del Nitrógeno aplicado en trigo, con diferentes dosis y dos fertilizantes nitrogenados en Pigüé.

En cuanto a la EUN de cada una de las dosis y fertilizantes evaluados, se pudieron observar las diferencias entre cada uno de los fertilizantes ensayados (Figura 8). Si bien, en ambos casos la EUN decrece con el aumento de la dosis, es más paulatino el descenso en el caso de urea. Comparativamente, se puede observar la mayor eficiencia de uso del fertilizante CAN respecto de Urea para todas las dosis de N ensayadas, logrando un valor máximo de EUN de 37 kg de trigo kg de N⁻¹ aplicado, con la dosis de 40,5 kg N ha⁻¹. En el caso de urea, la mayor EUN fue de 16,3 kg de trigo kg de N⁻¹ aplicado, con la dosis de 46 kg N ha⁻¹. En ninguna de las dosis aplicadas, la EUN del CAN fue equiparada por la de la urea.

DISCUSIÓN

En las dos zonas se observaron respuestas en rendimiento de trigo al agregado de nitrógeno. Las respuestas en rendimiento de este cultivo, también variaron en función de la fuente evaluada, dando como resultado una mayor eficiencia de uso del nitrógeno aplicado bajo la forma de CAN. Varios podrían ser los factores que pueden explicar dichos comportamientos.

Por una parte, las aplicaciones de urea pueden sufrir pérdidas de nitrógeno por volatilización, reduciendo la EUN, las cuales son mayores en siembra directa respecto de labranza convencional. Cuando el nitrógeno es incorporado, todos los fertilizantes nitrogenados presentan similares EUN (García y Berardo, 2005). Sin embargo, en el sur bonaerense, para aplicaciones de nitrógeno en cultivos de invierno, las pérdidas por volatilización no superan el 10%. En este sentido, las aplicaciones superficiales en trigo de CAN, Urea, UAN chorreado y UAN pulverizado mostraron EA de 18, 15.7, 14.8 y 6.8 kg de grano/ kg N aplicado respectivamente (García et al., 1999).

Por otro lado, en aplicaciones de nitrógeno en cobertura en lotes de siembra directa, la inmovilización microbiana es otro factor que reduce la disponibilidad del N aplicado para el cultivo. Así, se evidenció en un ensayo en Rafaela, donde se aplicó Urea y CAN en un cultivo de trigo sembrado sobre rastrojo de soja y de maíz (Fontanetto, 2006). La esperable diferencia en rendimiento del trigo sería utilizado para reflejar el grado de inmovilización de N aplicado con las dos fuentes de nitrógeno. El resultado mostró que el trigo fertilizado con urea rindió un 20% menos en la parcela con rastrojo de maíz respecto de la parcela con rastrojo de soja. En el caso de los tratamientos fertilizados con CAN la diferencia de rendimiento de trigo fue de 16% menos. En base a este ensayo, comparativamente el nitrógeno del CAN sufre un 20% menos de inmovilización respecto del nitrógeno ureico.

Los resultados presentados no coinciden con la recopilación realizada por Alvarez y Steinbach (2005) quienes afirman que “no se detectan efectos en la forma química en que se aplica el nitrógeno sobre el rendimiento”. En contraposición a esto, y para las dos zonas analizadas existen evidencias de que las formas de nitrógeno tienen impacto en el rendimiento. Así lo afirmaron Ron y Loewy (2000) como conclusión después de varios años de trabajo comparativo entre CAN y Urea para la zona del Sudoeste bonaerense. En dichos trabajos, donde la aplicación en la mayoría de los casos fue al macollaje de trigo y en cebada, concluyeron que la inmediata biodisponibilidad del nitrógeno del CAN, en virtud de su contenido de amonio y nitrato, es una de las características responsables de esa diferencia en el cultivo y en la zona. La conclusión numérica es que la relación de eficiencia del CAN vs. Urea es de 1,35, significa que a misma dosis de nitrógeno aplicado el trigo rendiría un 35% más si se aplicara nitrógeno bajo la forma de CAN. Esto coincide con lo informado por Amberger y Vilsmeier (1984) quienes informaron que con temperaturas de suelo de 8°C el tiempo de transformación de nitrógeno ureico a 50% de nitrato demora 34 días y a 5°C este lapso se prolonga por 46 días, sin contar el tiempo de disolución física del fertilizante. El CAN, posee el 100% del nitrógeno biodisponible lo cual podría en parte explicar el impacto de la oportunidad (o momento) de aplicación sobre la disponibilidad del nitrógeno proveniente del fertilizante y su influencia sobre el rendimiento del cultivo, cuando se lo aplica al macollaje, etapa en el cual el cultivo comienza a incrementar la demanda de este nutriente.

En función de los datos obtenidos en estos dos ensayos, se podría establecer la siguiente equivalencia de dosis de producto entre urea y CAN aplicados en trigo en macollaje para Necochea (Figura 9) y Pigüé (Figura 10).

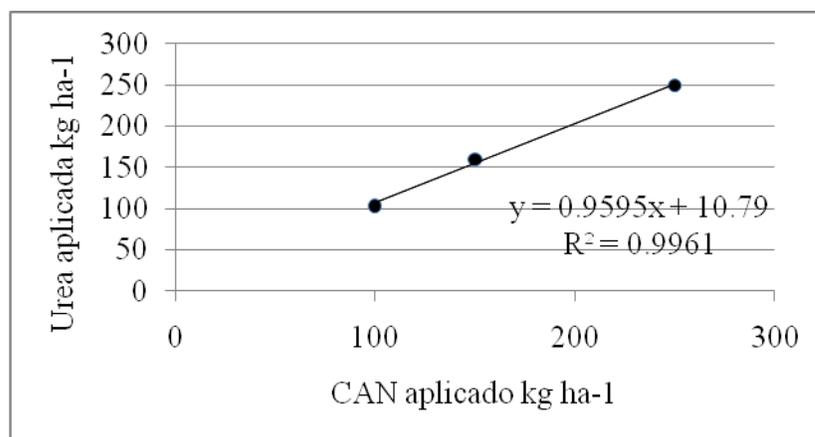


Figura 9. Equivalencia de dosis de producto aplicados en macollaje de trigo en Necochea.

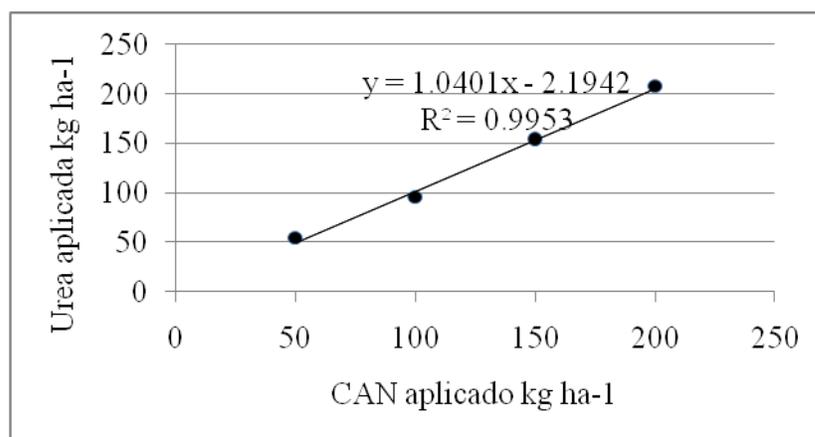


Figura 10. Equivalencia de dosis de producto aplicados en macollaje de trigo en Pigüé.

CONCLUSIONES

En base a los resultados de una campaña y en las condiciones bajo las cuales se desarrollaron los ensayos, se evidenciaron diferencias en EUN de dos fuentes nitrogenadas (urea y CAN), aplicados en cobertura en las dos zonas agroecológicamente diferentes del sur bonaerense, por lo cual se acepta la hipótesis planteada. Las diferencias en EUN de los fertilizantes ensayados podrían deberse a una combinación de factores que regulan la EUN a favor de CAN y en

detrimento de la urea. La forma química del N presente en cada fertilizante explicarían dichas diferencias, ya que el N-Amídico que posee la urea posee un mayor riesgo de pérdidas por volatilización, mayor susceptibilidad de inmovilización microbiana y más lenta disponibilidad. En cambio el CAN, que posee N-Amoniacal y N-Nítrico, poseen un riesgo por volatilización despreciable, una menor inmovilización microbiana y una más rápida disponibilidad.

La información obtenida en este trabajo permitirá mejorar la tecnología de la fertilización ya que aporta datos que permiten ajustar la elección de la fuente de N en diferentes zonas.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, R.,** 2005. Fertilización de trigo. Fertilización de cultivos de granos y pasturas, diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. 1era edición, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Darwich, N.,** 2005. Fertilización del cultivo de trigo. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. 2^{da} Edición.
- Echeverría, H. y H.Sainz Rosas.**2005. Nitrógeno. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos, Ediciones INTA.
- Fontanetto, H.,** 2006. Ensayos de formas de aplicación, dosis y fuentes de fertilizantes nitrogenados en trigo..
- Fontanetto, H., H.Vivas y F. Llambías.** 2001. Volatilización de amoníaco de diferentes fuentes nitrogenadas aplicadas en trigo en siembra directa. V Congreso nacional de trigo, III Simposio nacional de cereales de siembra otoño invernal.
- García, F. y A.Berardo.** 2005. Nitrógeno. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos, Ediciones INTA.
- García, F. y A.Berardo.,** 2005. Trigo. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos, Ediciones INTA.
- García, F. y A.Bianchini.,** 2005. Fuente de fertilizantes y sistemas de aplicación. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos, Ediciones INTA.
- García, F., K. Fabrizzi, A. Berardo y F.Justel.** 1998. Fertilización de trigo en el sudeste bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso argentino de la ciencia del suelo: 109-110.
- García, F., K. Fabrizzi, L. Picone y F.Justel.** 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados en superficie en siembra directa y labranza convencional en Argentina. Actas 14^o . Congreso latinoamericano de la ciencia de suelo. Pucín, Chile

- García F. y F. Salvagiotti.** 2009. Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas del Cono Sur de Latinoamérica. En: Actas del XVIII Congreso latinoamericano de la ciencia del suelo. San José, Costa Rica. 16 al 20 de noviembre de 2009. Simposio “Eficiencia de la utilización de nutrientes en sistemas agrícolas”. 18p.
- Melgar, R y M. Camuzzi** 2002. Guía de fertilizantes y enmiendas y productos nutricionales. 2da Edición INTA-Fertilizar. EEA INTA Pergamino.
- Mengel, K. y E.A. Kirby.** 2000. Nitrógeno, principios de nutrición vegetal, 4^{ta} edición, Instituto Internacional de la Potasa.
- Rodríguez, M.B.; A. Otaegui y A. Barroso.** 1999. Fertilización nitrogenada de maíz en siembra directa. Revista CREA 228: 56-57.
- Rodríguez, M.B. ; F. Trípodí ; J. Favre y R.S. Lavado.** 2001. Determinación de la eficiencia en el uso del N en maíz de secano: correspondencia entre el método de la diferencia y la marcación con ¹⁵N. Congreso argentino de maíz, Pergamino. 4-6 de Noviembre de 2001. En actas.
- Steinbach A.** 2005. Funciones de producción. Fertilización de cultivos de granos y pasturas, diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana. 1era edición, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Zubillaga, M. y H. Rimski-Korsacov.** 2007. Fuente de nutrientes: reacciones y efectos sobre el agroecosistema, Tecnología de la fertilización de cultivos extensivos en la Región Pampeana. 1era edición, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.